БИОГРАФИИ НОБЕЛЕВСКИХ ЛАУРЕАТОВ

В науке нет откровения, нет постоянных догматов;
всё в ней, напротив того, движется и совершенствуется.
А. И. Герцен

АЛФЁРОВ, Жорес Иванович

род. 15 марта 1930 г.
Нобелевская премия по физике, 2000 г.
совместно с Хербертом Кроемером и Джеком Килби

До этого дня российским ученым принадлежало восемь Нобелевских премий, столько же, например, сколько и датчанам (Николай Семёнов – премия по химии за 1956 г.; Илья Франк, Игорь Тамм, Павел Черенков – премия по физике за 1958 г.; Лев Ландау – 1962 г.; Александр Прохоров, Николай Басов – 1964 г.; Петр Капица – 1978 г.). И вот – успех Алфёрова.

Правда, и тут не обошлось не то чтобы без ложки дегтя, но не без маленькой психологической занозы: приз в 1 млн долларов Жорес Иванович в паре с Хербертом Кроемером разделит пополам с Джеком Килби. По решению Нобелевского комитета Алфёров и Килби удостоены Нобелевской премии (одной на двоих) за «работы по получению полупроводниковых структур, которые могут быть использованы для сверхбыстрых компьютеров». (Любопытно, что так же пришлось поделить Нобелевскую

премию по физике за 1958 г. между советскими физиками Павлом Черенковым и Ильей Франком и за 1964 г. – между опять-таки советскими физиками Александром Прохоровым и Николаем Басовым.) Еще один американец, сотрудник корпорации «Техас Инструментс» Джек Килби, удостоен награды за работы в области интегральных схем.

Итак, кто же он, новый российский нобелевский лауреат?

Жорес Иванович Алфёров родился в белорусском городе Витебске. После 1935 года семья переехала на Урал. В г. Туринске А. учился в школе с пятого по восьмой классы. 9 мая 1945 года его отец, Иван Карпович Алфёров, получил назначение в Минск, где А. окончил мужскую среднюю школу №42 с золотой медалью. Он стал студентом факультета электронной техники (ФЭТ) Ленинградского электротехнического института (ЛЭТИ) им. В.И. Ульянова по совету школьного учителя физики, Якова Борисовича Мельцерзона.

На третьем курсе А. пошел работать в вакуумную лабораторию профессора Б.П. Козырева. Там он начал экспериментальную работу под руководством Наталии Николаевны Созиной. Со студенческих лет А. привлекал к участию в научных исследованиях других студентов. Так, в 1950 году полупроводники стали главным делом его жизни.

В 1953 году, после окончания ЛЭТИ, А. был принят на работу в Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе в лабораторию В.М. Тучкевича. В первой половине 50-х годов перед институтом была поставлена задача создать отечественные полупроводниковые приборы для внедрения в отечественную промышленность. Перед лабораторией стояла задача: получение монокристаллов чистого германия и создание на его основе плоскостных диодов и триодов. При участии А. были разработаны первые отечественные транзисторы и силовые германиевые приборы За комплекс проведенных работ в 1959 году А. получил первую правительственную

награду, им была защищена кандидатская диссертация, подводившая черту под десятилетней работой.

После этого перед Ж.И. Алфёровым встал вопрос о выборе дальнейшего направления исследований. Накопленный опыт позволял ему перейти к разработке собственной темы. В те годы была высказана идея использования в полупроводниковой технике гетеропереходов. Создание совершенных структур на их основе могло привести к качественному скачку в физике и технике.

В то время во многих журнальных публикациях и на различных научных конференциях неоднократно говорилось о бесперспективности проведения работ в этом направлении, т.к. многочисленные попытки реализовать приборы на гетеропереходах не приходили к практическим результатам. Причина неудач крылась в трудности создания близкого к идеальному перехода, выявлении и получении необходимых гетеропар.

Но это не остановило Жореса Ивановича. В основу технологических исследований им были положены эпитаксиальные методы, позволяющие управлять такими фундаментальными параметрами полупроводника, как ширина запрещенной зоны, величина электронного сродства, эффективная масса носителей тока, показатель преломления и т.д. внутри единого монокристалла.

Для идеального гетероперехода подходили GaAs и AlAs, но последний почти мгновенно на воздухе окислялся. Значит, следовало подобрать другого партнера. И он нашелся тут же, в институте, в лаборатории, возглавляемой Н.А. Горюновой. Им оказалось тройное соединение AIGaAs. Так определилась широко известная теперь в мире микроэлектроники гетеропара GaAs/AIGaAs. Ж.И. Алфёров с сотрудниками не только создали в системе AlAs – GaAs гетероструктуры, близкие по своим свойствам к идеальной модели, но и первый в мире полупроводниковый гетеролазер, работающий в непрерывном режиме при комнатной температуре.

Открытие Ж.И. Алфёровым идеальных гетеропереходов и новых физических явлений – «суперинжекции», электронного и оптического ограничения в гетероструктурах – позволило также кардинально улучшить параметры большинства известных полупроводниковых приборов и создать принципиально новые, особенно перспективные для применения в оптической и квантовой электронике. Новый этап исследований гетеропереходов в полупроводниках Жорес Иванович обобщил в докторской диссертации, которую успешно защитил 1970 году.

Работы Ж.И. Алфёрова были по заслугам оценены международной и отечественной наукой. В 1971 году Франклиновский институт (США) присуждает ему престижную медаль Баллантайна, называемую «малой Нобелевской премией» и учрежденную для награждения за лучшие работы в области физики. Затем следует самая высокая награда СССР – Ленинская премия (1972 год).

С использованием разработанной Ж.И. Алфёровым в 70-х годах технологии высокоэффективных, радиационностойких солнечных элементов на основе AIGaAs/GaAs гетероструктур в России (впервые в мире) было организовано крупномасштабное производство гетероструктурных солнечных элементов для космических батарей. Одна из них, установленная в 1986 году на космической станции «Мир», проработала на орбите весь срок эксплуатации без существенного снижения мощности.

На основе предложенных в 1970 году Ж.И. Алфёровым и его сотрудниками идеальных переходов в многокомпонентных соединениях InGaAsP созданы полупроводниковые лазеры, работающие в существенно более широкой спектральной области, чем лазеры в системе AIGaAs. Они нашли широкое применение в качестве источников излучения в волоконно-оптических линиях связи повышенной дальности.

В начале 90-х годов одним из основных направлений работ, проводимых под руководством Ж.И. Алфёрова, становится получение и

исследование свойств наноструктур пониженной размерности: квантовых проволок и квантовых точек.

В 1993...1994 годах впервые в мире реализуются гетеролазеры на основе структур с квантовыми точками – «искусственными атомами». В 1995 году Ж.И. Алфёров со своими сотрудниками впервые демонстрирует инжекционный гетеролазер на квантовых точках, работающий в непрерывном режиме при комнатной температуре. Принципиально важным стало расширение спектрального диапазона лазеров с использованием квантовых точек на подложках GaAs. Таким образом, исследования Ж.И. Алфёрова заложили основы принципиально новой электроники на основе гетероструктур с очень широким диапазоном применения, известной сегодня как «зонная инженерия».

Награда нашла героя

В одном из своих многочисленных интервью (1984 год) на вопрос корреспондента: «По слухам, Вы нынче были представлены к Нобелевской премии. Не обидно, что не получили?» Жорес Иванович ответил: «Слышал, что представляли уже не раз. Практика показывает – либо ее дают стразу после открытия (в моем случае это середина 70-х годов), либо уже в глубокой старости. Так было с П.Л. Капицей. Значит, у меня еще все впереди».

Здесь Жорес Иванович ошибся. Как говорится, награда нашла героя раньше наступления глубокой старости. 10 октября 2000 года по всем программам российского телевидения сообщили о присуждении Ж.И. Алфёрову Нобелевской премии по физике за 2000 год.

...Современные информационные системы должны отвечать двум простым, но основополагающим требованиям: быть быстрыми, чтобы большой объем информации, можно было передать за короткий промежуток

времени, и компактными, чтобы уместиться в офисе, дома, в портфеле или кармане.

Своими открытиями Нобелевские лауреаты по физике за 2000 год создали основу такой современной техники. Жорес И. Алфёров и Герберт Кремер открыли и развили быстрые опто- и микроэлектронные компоненты, которые создаются на базе многослойных полупроводниковых гетероструктур.

Гетеролазеры передают, а гетероприемники принимают информационные потоки по волоконно-оптическим линиям связи. Гетеролазеры можно обнаружить также в проигрывателях CD-дисков, устройствах, декодирующих товарные ярлыки, в лазерных указках и во многих других приборах.

На основе гетероструктур созданы мощные высокоэффективные светоизлучающие диоды, используемые в дисплеях, лампах тормозного освещения в автомобилях и светофорах. В гетероструктурных солнечных батареях, которые широко используются в космической и наземной энергетике, достигнуты рекордные эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую.

Джек Килби награжден за свой вклад в открытие и развитие интегральных микросхем, благодаря чему стала быстро развиваться микроэлектроника, являющаяся – наряду с оптоэлектроникой – основой всей современной техники.

Учитель, воспитай ученика...

В 1973 году А., при поддержке ректора ЛЭТИ А.А. Вавилова, организовал базовую кафедру оптоэлектроники (ЭО) на факультете электронной техники Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе.

В невероятно сжатые сроки Ж.И. Алфёров совестно с Б.П. Захарченей и другими учеными Физтеха разработал учебный план подготовки инженеров по новой кафедре. Он предусматривал обучение студентов первого и второго курсов в стенах ЛЭТИ, поскольку уровень физико-

математической подготовки на ФЭТ был высоким и создавал хороший фундамент для изучения специальных дисциплин, которые, начиная с третьего курса, читались учеными Физтеха на его территории. Там же с использованием новейшего технологического и аналитического оборудования выполнялись лабораторные практикумы, а также курсовые и дипломные проекты под руководством преподавателей базовой кафедры.

Прием студентов на первый курс в количестве 25 человек осуществлялся через вступительные экзамены, а комплектование групп второго и третьего курсов для обучения по кафедре ОЭ проходило из студентов, обучавшихся на ФЭТ и на кафедре диэлектриков и полупроводников Электрофизического факультета. Комиссию по отбору студентов возглавлял Жорес Иванович. Из примерно 250 студентов, обучавшихся на каждом курсе, было отобрано по 25 лучших. 15 сентября 1973 года начались занятия студентов вторых и третьих курсов. Для этого был подобран прекрасный профессорско-преподавательский состав.

Ж.И. Алфёров очень большое внимание уделял и уделяет формированию контингента студентов первого курса. По его инициативе в первые годы работы кафедры в период весенних школьных каникул проводились ежегодные школы «Физика и жизнь». Ее слушателями были учащиеся выпускных классов школ Ленинграда. По рекомендации учителей физики и математики наиболее одаренным школьникам вручались приглашения принять участие в работе этой школы. Таким образом набиралась группа в количестве 30...40 человек. Они размещались в институтском пионерском лагере «Звездный». Все расходы, связанны с проживанием, питанием и обслуживанием школьников, наш вуз брал на себя.

На открытие школы приезжали все ее лекторы во главе с Ж.И. Алфёровым. Все проходило и торжественно, и очень по-домашнему. Первую лекцию читал Жорес Иванович. Он так увлекательно говорил о физике, электронике, гетероструктурах, что все его слушали как завороженные. Но и после лекции не прекращалось общение Ж.И. Алфёрова с ребятами.

Окруженный ими, он ходил по территории лагеря, играл в снежки, дурачился. Насколько не формально он относился к этому «мероприятию», говорит тот факт, что в эти поездки Жорес Иванович брал свою жену Тамару Георгиевну и сына Ваню...

Результаты работы школы не замедлили сказаться. В 1977 году состоялся первый выпуск инженеров по кафедре ОЭ, количество выпускников, получивших дипломы с отличием, на факультете удвоилось. Одна группа студентов этой кафедры дала столько же «красных» дипломов, сколько остальные семь групп.

В 1988 году Ж.И. Алфёров организовал в Политехническом институте физико-технический факультет.

Следующим логическим шагом стало объединение этих структур под одной крышей. К реализации данной идеи Ж.И. Алфёров приступил еще в начале 90-х годов. При этом он не просто строил здание Научно-образовательного центра, он закладывал фундамент будущего возрождения страны... И вот первого сентября 1999 года здание Научно-образовательного центра (НОЦ) вступило в строй.

На том стоит и стоять будет русская земля...

Алфёров всегда остается самим собой. В общении с министрами и студентами, директорами предприятий и простыми людьми он одинаково ровен. Не подстраивается под первых, не возвышается над вторыми, но всегда с убежденностью отстаивает свою точку зрения.

Ж.И. Алфёров всегда занят. Его рабочий график расписан на месяц вперед, а недельный рабочий цикл таков: утро понедельника – Физтех (он его директор), вторая половина дня – Санкт-Петербургский научный центр (он председатель); вторник, среда и четверг – Москва (он член Государственной думы и вице-президент РАН, к тому же нужно решать многочисленные вопросы в министерствах) или Санкт-Петербург (тоже вопросов выше головы); утро пятницы – Физтех, вторая половина дня – Научно-образовательный центр (директор). Это только крупные штрихи, а между

ними – научная работа, руководство кафедрой ОЭ в ЭТУ и физико-техническим факультетом в ТУ, чтение лекций, участие в конференциях. Всего не перечесть!

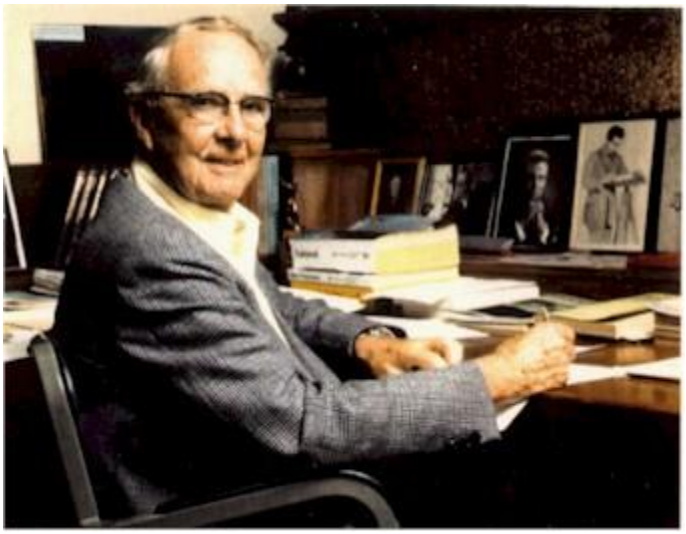
Наш лауреат прекрасный лектор и рассказчик. Неслучайно все информационные агентства мира отметили именно Алфёровскую Нобелевскую лекцию, которую он прочитал на английском языке без конспекта и с присущим ему блеском.

При вручении Нобелевских премий существует традиция, когда на банкете, который устраивает король Швеции в честь Нобелевских лауреатов (на нем присутствуют свыше тысячи гостей), представляется слово только одному лауреату от каждой «номинации». В 2000 году Нобелевской премии по физике были удостоены три человека: Ж.И. Алфёров, Герберт Кремер и Джек Килби. Так вот двое последних уговорили Жореса Ивановича выступить на этом банкете. И он эту просьбу выполнил блестяще, в своем слове удачно обыграв нашу российскую привычку делать «одно любимое дело» на троих.

В своей книге «Физика и жизнь» Ж.И. Алфёров, в частности, пишет: «Все, что создано человечеством, создано благодаря науке. И если уж суждено нашей стране быть великой державой, то она ею будет не благодаря ядерному оружию или западным инвестициям, не благодаря вере в Бога или Президента, а благодаря труду ее народа, вере в знание, в науку, благодаря сохранению и развитию научного потенциала и образования.

...Десятилетним мальчиком я прочитал замечательную книгу Вениамина Каверина «Два капитана». И всю последующую жизнь я следовал принципу ее главного героя Сани Григорьева: «Бороться и искать, найти и не сдаваться». Правда, очень важно при этом понимать, за что ты берешься».

АЛЬВАРЕС (Alvarez), Луис У.



13 июня 1911 г., 1 сентября 1988 г.
Нобелевская премия по физике, 1968 г.

Американский физик Луис Уолтер Альварес родился в Сан-Франциско (штат Калифорния). Его мать – Харриет Скидмор (в девичестве Смит) Альварес, отец – Уолтер Клемент Альварес, профессор Калифорнийского университета, врач и журналист, освещавший медицинские темы. В 1926 г., когда отец Луиса перешел на работу в клинику Мейо, вся семья переехала в Рочестер (штат Миннесота). А., один из четырех детей, окончил рочестерскую школу в 1928 г. и поступил в Чикагский университет. Вначале он специализировался в области химии, но затем, ободренный одним из своих преподавателей, предпочел изучать физику. Окончив с отличием университет в 1932 г., он остался в Чикаго для дальнейшего обучения, стал магистром в 1934 г., и доктором в 1936 г. Большой поклонник авиации. А., обучаясь в университете, посещал одновременно курсы самолетовождения. В этом деле он оказался столь талантлив, что совершил свой первый самостоятельный полет всего лишь после трех часов пятнадцати минут инструктажа.

Вернувшись в Калифорнию, А. занялся исследованиями в области ядерной физики, будучи ассистентом-исследователем в Калифорнийском университете в Беркли, затем там же стал преподавателем в 1938 г. В конце 30-х годов он вместе с Джекобом Х. Вайенсом на циклотроне в Беркли получил искусственный изотоп ртути с атомным весом 198. В дальнейшем Бюро стандартов США приняло длину волны света, который испускает ртутная лампа, заполненная парами этого изотопа, в качестве эталона длины. В результате своих дальнейших исследований А. в 1937 г. экспериментально доказал, что ядро атома может захватывать некоторые электроны, расположенные на самых близких к ядру орбитах этого атома (К-захват), Развитый им метод получения пучков очень медленных нейтронов открыл

путь к фундаментальным исследованиям рассеяния нейтронов и позволил впервые измерить магнитный момент нейтрона. Незадолго до начала второй мировой войны А. с одним из своих коллег открыл тритий (радиоактивный изотоп водорода) и гелий-3 (изотоп, играющий важную роль в физике низких температур).

В 1940 г. А. взял в Беркли отпуск для проведения военных исследований в радиационной лаборатории Массачусетского технологического института (МТИ). Здесь совместно с Лоуренсом Джонстоном он разработал три важные радарные системы, в частности усовершенствовал микроволновую радарную систему, позволившую обнаруживать самолеты, затерянные в тумане над аэродромом, и сопровождать их до благополучной посадки. Эта система, основанная на наземном контроле, вскоре стала широко использоваться, сначала военными службами, а затем и в гражданских аэропортах. За это А. был награжден в 1946 г. Почетным ожерельем высшей авиационной наградой в США, присуждаемой Национальным обществом аэронавтики. Занимаясь во время войны научными исследованиями в МТИ, он, кроме того, разработал высотную радарную установку «Игл», облегчившую точное бомбометание при бомбардировках японских нефтеперегонных заводов, а также микроволновый приемник раннего предупреждения, передававший изображение воздушного боя.

В 1943 г. А. оставил МТИ и переехал в Лос-Анджелес (штат Нью-Мексико), где как участник Манхэттенского проекта работал с Энрико Ферми. Дж. Робертом Оппенгеймером, Эдвардом Теллером и другими учеными над созданием атомной бомбы. Именно А. предложил способ, с помощью которого был взорван один из вариантов бомбы. После того как в 1946 г. он присутствовал при первом ядерном взрыве на полигоне Аламогордо (штат Нью-Мексико), его послали на одну из тихоокеанских военных баз, откуда он вылетал на самолете Б-29 наблюдать за взрывом атомной бомбы над Хиросимой. Несколько лег спустя он был среди тех ученых, которые в отличие от Оппенгеймера и многих других членов Научного консультативного совета при Комиссии по атомной энергии настаивали, чтобы президент Гарри С. Трумэн санкционировал работы по созданию водородной бомбы.

Вернувшись после войны в Беркли, А. заведовал строительством радиационной лаборатории для фундаментальных исследований в области атомной энергии, в т.ч. 40-футового линейного ускорителя протонов, первого в своем роде.

Для исследования множества элементарных частиц, образующихся в новых ускорителях, необходимо регистрировать их следы, или треки. Первым прибором, позволявшим осуществлять такую регистрацию, была ионизационная камера, изобретенная в 1911 г. Ч.Т.Р. Вильсоном. Когда Вильсон расширял и тем самым охлаждал перенасыщенный пар в своей камере, атомные частицы, пролетая через нее, оставляли за собой следы из капелек жидкости, которые можно было сфотографировать. Дальнейшие

продвижения в области регистрации частиц были сделаны в 40-е годы, когда Сесил Ф. Пиуэлл разработал фотографические эмульсии, на которых удавалось получать изображение треков непосредственно. Впрочем, с появлением новых более мощных ускорителей в начале 50-х годов эти методы устарели, поскольку образующиеся в таких ускорителях частицы с высокой энергией обладали очень коротким временем жизни и малой длиной треков. Преодолеть эти трудности удалось в 1952 г., когда Доналд А. Глизер изобрел пузырьковую камеру, в которой частицы, пролегая через перегретую жидкость-жидкость, нагретую выше ее температуры кипения, – оставляли след из пузырьков газа.

Познакомившись с работой Глазера на конференции в 1953 г., А. значительно усовершенствовал пузырьковую камеру. использовав в качестве жидкости и жидкий водород. В течение следующих пяти лет была создана целая серия возраставших в диаметре камер: от 1-дюймовой до 72-дюймовой камеры в 1959 г. В 1960 г. впервые многие новые элементарные частицы наблюдались в Беркли.

Чтобы фотографировать треки таких частиц, коллега А. Джек Франк создал вращающуюся стереографическую систему. Прозванная «Франкенштейном», она начала действовать в 1957 г., а затем многократно использовалась специалистами, занимавшимися физикой высоких энергий. Для того чтобы проанализировать миллионы фотографий, снимавшихся ежегодно на этих установках, А. и его коллеги применяли быстродействующие компьютеры. В конце 50-х годов они разработали хитроумные компьютерные программы, позволявшие сортировать и анализировать данные с беспрецедентными скоростью и точностью. В результате подобных исследований к началу 60-х годов число известных частиц возросло приблизительно с 30 до более чем 100. Многие из них были «резонансами» – короткоживущими частицами, которые нельзя наблюдать непосредственно, но чье существование проявляется во внезапном увеличении числа других частиц, возникающих при определенной энергии. Почти все резонансы были открыты либо самим А., либо его коллегами, либо другими учеными, использовавшими его пузырьковую камеру и аналитическую технику.

В 1968 г. А. была присуждена Нобелевская премия по физике «за исключительный вклад в физику элементарных частиц, в частности за открытие большого числа резонансов, что стало возможно благодаря разработанной им технике с использованием водородной пузырьковой камеры и оригинальному анализу данных». При презентации лауреата Стен фон Фризен, член Шведской королевской академии наук, сказал: «Создание водородной пузырьковой камеры открыло совершенно новые возможности для исследований в области физики высоких энергий. Как результат – обнаружение новых элементарных частиц. Практически все открытия, сделанные в этой важной области, стали возможны лишь благодаря методам, разработанным профессором Альваресом».

Ученый с широким кругом интересов, А. возглавил в 1965 г. совместную американо-египетскую экспедицию, которая путем зондирования с помощью космических лучей пыталась выяснить, существуют ли потайные комнаты в пирамиде фараона Хефрена в Гизе (не было найдено ни одной такой комнаты). Если обратиться к области еще более далекой от физики элементарных частиц, то в 1979 г. он вместе со своим сыном Уолтером, профессором геологии в Беркли, выдвинул радикальную теорию, объясняющую исчезновение динозавров и других форм жизни 65 млн лет назад. Они предположили, что некий астероид столкнулся с Землей с такой силой, что возникшие в результате этого облака пыли и дыма прекратили доступ к ней солнечного света, из-за чего погибла растительность, служившая пищей динозаврам. Эта идея была подкреплена в 1985 г. сообщением об открытии широко рассеянных частиц сажи, датируемых возрастом в 65 млн лет и вызванных, возможно, глобальным пожаром, который возник в результате удара внеземного пришельца. Однако эта теория остается пока спорной.

Кроме того, А. получил цепную реакцию, не используя уран, изобрел новую систему цветного телевидения и открыл радиоактивный изотоп гелия. Как-то он придумал электрическую систему для комнатных тренировок в гольф, которой пользовался президент Дуайт Д. Эйзенхауэр. Из-за крайнего разнообразия областей, в которые внес свой вклад А., его прозвали «физиком с безумными идеями».

В 1936 г. А. женился на Джеральдине Смитуик, у них родились сын и дочь. Брак закончился разводом, и в 1958 г. А. женился на Джанет Лендис, от этого брака у него также сын и дочь.

Среди других премий А. – премия Джона Скотта г. Филадельфии (1953), премия Альберта Эйнштейна Мемориального фонда Льюиса и Розы Страусс (1961), премия «За новаторские исследования» Института инженеров по электротехнике и электронике (1963) и Национальная медаль «За научные достижения» Национального научного фонда. Он был президентом Американского физического общества в 1969 г. и являлся членом американской Национальной академии наук и Национальной инженерной академии. Ему были присуждены почетные ученые степени Чикагского университета, Университета Карнеги – Меллона, Кенион-колледжа и Университета Нотр-Дам.

АЛЬФВЕН (Alfven), Ханнес

род. 30 мая 1908 г.
Нобелевская премия по физике, 1970 г.
совместно с Луи Неелем

Шведский физик Ханнес Улоф Иеста Альфвен родился в Норчепинге в семье Йоханнеса и Анны-Клары (в девичестве Романус) Альфвен. Оба его родителя были практикующими врачами. Окончив школу в Норчепинге, А. в 1926 г. поступил в Упсальский университет, в 1934 г. получил докторскую степень и остался в университете, где читал лекции по физике вплоть до 1937 г., когда он стал заниматься исследовательской работой в области физики в Нобелевском институте физики в Стокгольме. А. занял пост профессора по теории электричества в Королевском технологическом институте в Стокгольме в 1940 г., профессора электроники – в 1945 и профессора в области физики плазмы – в 1963 г. Спустя четыре года он покинул Швецию отчасти из-за своих разногласий с правительством по ряду вопросов – от политики в области образования до разработки ядерного реактора – и занял пост профессора в Калифорнийском университете, г. Сан-Диего.

Ранние исследования А. касались природы солнечных пятен и полярных сияний. Поскольку температура Солнца очень высока, оно состоит из особой формы материи, называемой плазмой, представляющей собой газообразную смесь электронов, оторвавшихся от атомов и молекул при их высокоэнергетических столкновениях, и заряженных ионов, также

возникших в результате подобных столкновений. Звезды и большая часть материи во Вселенной состоят из плазмы; из плазмы состоит и солнечный ветер поток частиц, излучаемых Солнцем. Когда эти частицы попадают в магнитное поле Земли, они отклоняются к полюсам, и при столкновении с ионосферой образуются полярные сияния. А. сделал много пророческих открытий в области физики плазмы, которые выглядели неожиданно и даже отвергались в свое время. Так, например, он показал, что в плазме существует магнитное поле, связанное с потоками заряженных частиц в ней (электрическими токами), и что при определенных условиях это магнитное поле может оказаться «вмороженным» в плазму (если такая плазма движется, то поле движется вместе с ней). Для того чтобы такие условия образовались, электропроводность в сочетании с другими характеристиками должна быть достаточно высока, а частицы должны располагаться достаточно близко друг к другу, дабы сходство столкновений с соседями предотвращало потерю электронов.

Рассматривая сложное движение заряженной частицы в магнитном поле, А. ввел упрощенную аппроксимацию, в которой это движение рассматривается как быстрое вращение частицы вокруг «ведущего центра», который сам перемещается вдоль магнитных линий (магнитные силовые линии показывают направление поля в каждой точке; близость линий друг к другу отражает величину поля).

Он применил этот принцип при исследовании магнитных бурь и полярных сияний, обнаружив, что частицы в магнитном поле Земли должны дрейфовать вдоль магнитных силовых линий, отражаясь от областей с повышенной напряженностью магнитного поля. Понятие магнитного черкала оказалось весьма полезным в работах по контролируемому термоядерному синтезу, где возникает необходимость изолировать раскаленную плазму, контакт с которой разрушил бы стенки любого сосуда. Идеи А., хотя и не всегда разделявшиеся другими учеными, оказались плодотворными при истолковании таких явлений, как, например, радиационный пояс Ван-Аллена (горообразные потоки электронов, циркулирующих в магнитном поле Земли) или уменьшение магнитного поля Земли во время магнитных бурь. Еще одним из ранних предположений А., подтвердившихся позднее, было существование крупномасштабных слабых магнитных полей в Галактике из-за присутствия даже малого количества плазмы-Полей, которые влияют на движение космических лучей.

В 1942 г. А. предсказал, что магнитные линии в плазме ведут себя подобно натянутой резине и могут передавать возмущения, во многом подобные тем, какие происходят при щипке скрипичной струны, назвав это явление магнитогидродинамическими волнами. Эта идея противоречила господствующим представлениям, согласно которым электромагнитные волны не способны глубоко проникать в электрический проводник. И действительно, использование металлических листов, дабы избежать такого проникновения, было обычным делом. Хотя теория А., казалось, не находила экспериментального подтверждения, она начала завоевывать признание и

была поддержана Энрико Ферми, который слушал лекцию А. в Чикагском университете в 1948 г. В противовес всеобщим ожиданиям эти волны, которые стали известны как волны Альфвена, были обнаружены в жидком металле в 1949 и в плазме в 1959 г.

Волны Альфвена помогли объяснить небольшие изменения в магнитном поле Земли и тесную связь между магнитными возмущениями, разделенными большими расстояниями, но связанными геомагнитными линиями.

В 1942 г. А. показал также, как с точки зрения эволюции Солнечной системы из плазменного состояния объясняется гот факт, что почти весь ее импульс (произведение массы на скорость) приходится на долю планет, а не Солнца. Многие идеи А. появились в связи с исследованием солнечных пятен, и он пришел к выводу, что они представляют собой области интенсивных магнитных полей, вкрапленных в массу Солнца. В 1943 г., рассматривая связь между плазмой и ее магнитным полем, он объяснил, почему солнечные пятна, которые холоднее (и, следовательно, обладают большей плотностью) своего окружения, ибо темнее его, не тонут. Причина здесь в магнитном давлении, которое противодействует гравитационным силам.

Новая область физики, получившая название магнитной гидродинамики, основы которой заложил А., оказалась важной не только для исследований по термоядерному синтезу, но и для разработок по таким темам, как сверхзвуковые полеты, ракетные двигатели и торможение спускаемых космических аппаратов, хотя самого А. интересует прежде всего поведение плазмы в звездах, а также в межпланетном и межзвездном пространстве. Сборник его ранних работ «Космическая электродинамика» («Cosmical Electrodynamics», 1950) оказал огромное влияние на специалистов по астрофизике и физике плазмы. Более поздние важные работы А. посвящены образованию Солнечной системы.

Запоздалое признание пришло к нему, когда А. получил в 1970 г. Нобелевскую премию по физике «за фундаментальные работы и открытия в магнитной гидродинамике и плодотворные приложения их в различных областях физики плазмы». Он разделил эту премию с Луи Неелем, награжденным за вклад в теорию магнетизма. При презентации лауреата Торстен Густафссон, член Шведской королевской академии наук, сказал в своей речи, что идеи А. «нашли широкое применение в астрофизической области, особенно при изучении той фазы развития Солнечной системы, когда образовались планеты и спутники». В Нобелевской лекции А. сказал, что прояснить, как образовалась Солнечная система, – «это и в самом деле одна из фундаментальных проблем науки», добавив, что с философской точки зрения «это столь же важный вопрос, как и вопрос о строении материи, к которому было привлечено наибольшее внимание в течение первых двух третей нашего века».

Заботясь о том, чтобы теория твердо базировалась на физических наблюдениях, А. долго боролся за использование космических аппаратов для

научных исследований. В частности, он ратовал за то, чтобы космические аппараты посылались преимущественно на астероиды и к кометам, а не на их естественные спутники, полагая, что на больших телах информация об изначальных условиях почти полностью утрачена из-за внутреннего перемешивания и поверхностной эрозии.

Бывший ранее сторонником развития ядерной энергетики, А. в дальнейшем стал предупреждать о той опасности, которую представляют собой ядерные установки. Обеспокоенный гонкой ядерных вооружений, он стал принимать активное участие в Пагуошском движении ученых.

А. женился на Керстин Марии Эриксон в 1935 г.; у них пятеро детей. Кроме научных работ, им написаны научно-популярные книги, некоторые из них в соавторстве с женой. В книге «Миры – антимиры: антиматерия в космологии» («Worlds-Antiworlds: Antimatter in Cosmology», 1965) выдвинуто предположение, что Вселенная, возможно, состоит из равного количества материи и антиматерии, предположение, противоречащее многим современным теориям. Под псевдонимом Улоф Иоханнессон он сочинил научно-фантастический роман «Великий компьютер: предвидение» («The Great Computer: A Vision», 1968), в котором описывается, как все усложняющиеся компьютеры устанавливают контроль вначале над правительствами, а затем и над всем земным шаром.

Первый астрофизик, получивший Нобелевскую премию, А. был также награжден золотой медалью Королевского астрономического общества в Лондоне (1967) и золотой медалью имени Ломоносова АН СССР (1971). Он член Шведской королевской академии наук, Лондонского королевского общества, других академий.

АНДЕРСОН (Anderson), Филип У.

род. 13 декабря 1923 г.
Нобелевская премия по физике, 1977 г.
совместно с Невиллом Моттом и Джоном Х. Ван Флеком

Американский физик Филип У. Андерсон родился в г. Индианаполисе (штат Индиана), затем жил в г. Урбана (штат Иллинойс), где его отец, Гарри Уоррен Андерсон, был профессором патологии растений в Иллинойском университете. Его мать, Элси (в девичестве Осборн) Андерсон, была дочерью профессора математики, его дяди и многие друзья семьи были учителями. «В Иллинойсе, писал позднее Андерсон, мои родители входили в тесную компанию сердечных, преданных друзей, чья основная жизнь протекала вне дома, и мои счастливейшие часы в годы моего детства и отрочества проходили в совместно устраиваемых путешествиях, гребле на лодках, отдыхе на природе, пикниках, пении вокруг костра».

Закончив среднюю школу, А. поступил в Гарвардский университет и блестяще закончил его, получив степень бакалавра по электронной физике в 1943 г. Из-за второй мировой войны ему пришлось отложить аспирантуру, поступив старшим унтер-офицером в ВМФ США. Следующие два года он работал в Военно-морской исследовательской лаборатории в Вашингтоне (округ Колумбия) в качестве радиоинженера и занимался конструированием антенн. В конце войны он вернулся в Гарвард, где его научным руководителем стал Джон Х. Ван Флек.

В своих магистерской и докторской диссертациях. А. развивал приложения квантовой механики, пытаясь с ее помощью объяснить расширение спектральных линий. Хотя обычно принимается, что такая линия соответствует единственной частоте, на самом деле каждая линия в спектре вещества (специальные частоты света или иного электромагнитного излучения, поглощаемого или испускаемого данным веществом) соответствует небольшому интервалу частот. Ширина спектральной линии зависит частично от внутримолекулярных взаимодействий. А. обнаружил, что новейшие математические методы квантовой теории поля, которую он изучал под руководством Джулиуса С. Швингера и других, можно использовать для объяснения того, каким образом расширение линий в спектре зависит от давления газа. Его результаты принадлежали к числу первых количественных характеристик ширины линии как функции внутримолекулярных взаимодействий. Некоторые из его методологических подходов широко употребляются в настоящее время.

За эту работу А. получил степень магистра в 1947 г. и степень доктора в 1949 г. Затем он был принят в штат техников лабораторий компании «Белл», которая была в то время одним из наиболее передовых исследовательских центров в области физики твердого тела. Среди теоретиков, занимавшихся этой областью физики в этих лабораториях, были Джон Бардин, Леон Н. Купер, Чарлз Киттел и Уильям Шокли. Продолжая заниматься вопросами расширения спектральных линий, А. начал также исследовать магнитные свойства твердых тел под руководством Чарлза Киттела. Ему удалось объяснить некоторые свойства изоляционных магнитных материалов, таких, как ферриты и антиферромагнитные окислы. Позже, в 1961 г., с помощью еще одной квантовой модели. А. объяснил

магнитное поведение отдельных ионов магнетика в немагнитных материалах (например, ионов железа в алюминии).

Эта работа оживила интерес А. к явлению сверхпроводимости – полному отсутствию электрического сопротивления в некоторых веществах при очень низких температурах. В 1957 г. Бардин, Купер и Дж. Роберт Шриффер дали первую удовлетворительную теорию сверхпроводимости (названную по инициалам ее создателей БКШ-теорией). В содружестве с другими учеными из лабораторий компании «Белл» А. провел дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования в этом направлении, и в результате ему удалось связать сверхпроводимость с другими свойствами сверхпроводящих материалов.

Влияние примесей в сверхпроводниках долгое время было загадочным: иногда это влияние было мало, иногда велико. А. разработал то, что он назвал «теорией грязных сверхпроводников», которая во многом прояснила ситуацию. Работая с Пьером Морелем, он предсказал в 1960 г., что у сверхпроводящего жидкого гелия должна существовать анизотропная фаза – форма жидкости, проявляющая разные свойства по разным направлениям. Двенадцать лет спустя это явление было подтверждено экспериментально Дугласом Ошероффом и его коллегами в лабораториях компании «Белл».

А. тем самым внес вклад в понимание сверхтекучести течения без трения, которое наблюдалось в жидком гелии. В 1962 г., работая с Дж. М. Роуэллом, А. получил лабораторное подтверждение эффекта Джозефсона («туннельное» просачивание электрона сквозь тонкий изолирующий барьер, предсказанное в 1962 г. Брайаном Д. Джозефсоном). Итоговая работа А. по спонтанному нарушению симметрии часто цитируется специалистами по физике элементарных частиц.

Во время работы приглашенным лектором в Токийском университете в 1953...1954 гг. А. овладело остававшееся на всю жизнь восхищение японской культурой и страсть к японской игре го. В тот год на Киотской международной конференции по теоретической физике он встретился с английским физиком Невиллом Моттом, который пригласил его в Кавендишскую лабораторию Кембриджского университета, где между А. и Моттом проходили частые дискуссии по поводу поведения электронов в аморфных (некристаллических) телах.

Почти все опубликованные до того работы по физике твердого тела касались кристаллических тел, поскольку регулярное (решетчатое) расположение атомов в кристалле облегчает математическое решение задачи, опирающееся на квантовую теорию. А. показал, что при некоторых условиях так называемые свободные электроны в аморфном теле связываются в некоторых специальных положениях – явление, ныне известное как локализация Андерсона. Хотя немногие ученые оценили важность этой работы, Мотт признавал, что аморфные материалы можно применять столь же эффективно, как и более упорядоченные системы, производство которых стоит дороже. Исследования А., касающиеся проводимости, помогли заложить основы для создания аморфных полупроводников, которые

используются сегодня в таких приборах, как солнечные батареи и фотокопировальные машины.

С 1967 по 1975 г., после того как Мотту удалось организовать уникальную по продолжительности ставку приглашенного профессора, А. половину каждого года проводил в Кембридже, а другую половину – в лабораториях «Белл». В 1974 г. он стал заместителем директора этих лабораторий, а в следующем году оставил свой пост в Кембридже, чтобы устроиться на полставки в Принстонском университете на должность профессора физики.

А., Мотт и Ван Флек разделили в 1977 г. Нобелевскую премию по физике «за фундаментальные теоретические исследования электронной структуры магнитных и неупорядоченных систем». При презентации лауреатов. Пер Улоф Левдин, член Шведской королевской академии наук, описал активность атомных частиц как «танец электронов, ответственных за электрические, магнитные и химические свойства материи... В своих работах А,, Мотт и Ван Флек показали, что электронная хореография не только удивительно красива с точки зрения науки, но также весьма важна для развития технологии в нашей повседневной жизни».

В 1976 г. А. был назначен директором-консультантом одной из лабораторий компании «Белл», а именно физической исследовательской лаборатории в Мюррей-Хилл (штат Нью-Джерси), и занимал этот пост вплоть до 1984 г., когда вышел в отставку. В 1987 г., когда произошло несколько существенных продвижений в области сверхпроводимости, А. первым из физиков опубликовал теорию, объясняющую, каким образом некоторые новые материалы могут достигнуть состояния сверхпроводимости при температурах значительно более высоких, чем те, которые применялись ранее. Согласно А., не существует теоретических ограничений на достижение сверхпроводимости даже при комнатной температуре.

А. продолжает преподавать в Принстоне, где живет со своей женой Джойс, до замужества Госуэйт. Поженились они в 1947 г., у них одна дочь. На досуге А. любит возиться в саду, совершать пешие прогулки, а также увлекается изучением биологии и романской архитектуры.

Кроме Нобелевской премии, А. получил премию по физике твердого тела Оливера Бакли Американского физического общества (1964), премию Дэнни Хейнемана Геттингенской академии наук (1975), медаль Гутри Лондонского физического института (1978) и Национальную медаль «За научные достижения» Национального научного фонда (1982). Он является членом американской Национальной академии наук. Американской академии наук и искусств, Японского физического общества и Американской ассоциации фундаментальных наук.

АНДЕРСОН (Anderson), Карл Д.

род. 3 сентября 1905 г.
Нобелевская премия по физике, 1936 г.
совместно с Виктором Ф. Гессом

Американский физик Карл Дейвид Андерсон родился в Нью-Йорке и был единственным сыном Эммы Адольфины (в девичестве Айякссон) и Карла Дейвида Андерсона. После того как семья переехала в Калифорнию, он посещал лос-анджелесскую среднюю школу, окончил се в 1924 г. и поступил в Калифорнийский технологический институт (Калтех), расположенный в окрестностях Пасадены.

Получив в Калтехе степень бакалавра по физике и инженерному делу в 1927 г., А. начал аспирантскую работу по физике под руководством Роберта Э. Милликена. В 1930 г. он блестяще защитил докторскую диссертацию о пространственном распределении электронов, выбиваемых из газов рентгеновскими лучами. Затем А. продолжал работать научным сотрудником у Милликена, который посоветовал ему заняться изучением космического излучения (электромагнитное излучение и атомные частицы от внеземных источников). Через год Милликен решил доверить А. повседневное осуществление проекта по идентификации и измерению энергии различных типов космического излучения, и совместно они разработали более эффективный вариант конденсационной камеры, созданной еще Ч.Т.Р. Вильсоном и предназначенной для обнаружения заряженных частиц. Конденсационная камера представляет собой замкнутый сосуд, заполненный газом (обычно – воздухом), который перенасыщен водяным паром; сосуд помещен между полюсами электромагнита. Когда заряженные частицы проходят сквозь сосуд, они ионизируют на своем пути молекулы газа, и

последние играют роль центров конденсации водяного пара. Каждый тип частиц оставляет характерный конденсационный след, который можно сфотографировать, причем положительно заряженные и отрицательно заряженные частицы отклоняются в противоположных направлениях.

Изучая тысячи фотографий конденсационных треков, оставленных высокоэнергетическими частицами, летящими из внеземного пространства, А. заметил несколько следов, которые отличались от следов электронов только одним: они отклонялись в противоположном направлении. Другие исследователи тоже замечали время от времени подобные следы, но, поскольку теоретическое обоснование для существования положительно заряженной похожей на электрон частицы отсутствовало, они относили их за счет погрешностей эксперимента, Однако в 1928 г. П.А.М. Дирак предсказал существование целого семейства античастиц – частиц, соответствующих известным, но с противоположным зарядом и магнитным моментом. Поначалу физики скептически отнеслись к этому предсказанию, и А. не искал античастицы до тех пор, пока не заметил странные треки. Открытие, за которое он получил Нобелевскую премию, говорил он позднее, было совершенно случайным. Тем не менее, вместо того чтобы отмахнуться от обнаруженного факта, он попытался определить, не являются ли эти треки следами гипотетических «антиэлектронов». Экспериментально устранив все другие возможные объяснения, А. пришел к выводу, что его наблюдения можно объяснить, только признав существование положительно заряженной частицы с массой, приблизительно равной массе электрона. В сентябре 1932 г. он объявил об открытии частицы, которую назвал позитроном.

Открытие А. подтвердило существование антиматерии и привело к интенсивным исследованиям взаимодействий материи с антиматерией, А. и другие обнаружили, что, когда электрон встречается с позитроном, оба аннигилируют, порождая вспышку гамма-лучей (высокоэнергетическое электромагнитное излучение). И наоборот, если гамма-лучи достаточно высокой энергии остановить, то они исчезают, оставляя вместо себя вновь созданную пару электрон – позитрон. Эти переходы служат выразительным подтверждением эквивалентности массы и энергии, выраженной в формуле Альберта Эйнштейна $E = mc2$. Другие античастицы (антипротоны и антинейтроны) не были найдены вплоть до 50-х гг., но к тому времени физики были убеждены, что у каждой частицы есть своя античастица. Античастицы, достигающие земли с космическими лучами или созданные из гамма-лучей в лаборатории, быстро уничтожаются при взаимодействии с обычными частицами. Однако физики склонны считать, что где-то могут быть галактики, состоящие из антиматерии, в которой атомные ядра содержат антипротоны и окружены позитронами, давая тем самым обратное соотношение между зарядами по сравнению с нашими «местными» атомами.

«За открытие позитрона» А. получил в 1936 г. Нобелевскую премию по физике. Он разделил ее с Виктором Ф. Гессом, который открыл космические лучи в 1912 г., и доказал их внеземное происхождение. При презентации лауреата Ханс Плейель, член Шведской королевской академии наук, сказал,

обращаясь к Андерсону: «Используя остроумные приборы, вам удалось найти один из строительных кирпичей Вселенной – положительный электрон».

А. был назначен ассистент-профессором физики в Калтехе в 1933 г., адъюнкт-профессором в 1937 г. и полным профессором в 1939 г. Через два года после того, как он открыл позитрон, ему вместе с С. Неддермайером удалось обнаружить еще одну ранее не встречавшуюся частицу в космических лучах, Но они ждали до 1937 г., терпеливо собирая дополнительные свидетельства по фотографиям треков, прежде чем объявили об открытии частицы, ныне известной как мюон. Масса этой частицы была приблизительно в 200 раз больше, чем у электрона.

В течение второй мировой войны А. работал над военными проектами, включая проекты создания ракет, для Национального комитета по оборонным исследованиям и Управления научных исследований и развития, В 1944 г. он провел месяц на побережье в Нормандии, чтобы наблюдать за функционированием авиационных ракет в боевых условиях. После войны А. вернулся в Калтех, где вел преподавательскую и научно-исследовательскую работу, особенно в области космических лучей и элементарных частиц, вплоть до своего ухода в отставку в 1976 г.

А. женился на Лоррей Эльвире Бергман в 1946 г.; они воспитали двух сыновей. В свободное время он любит играть в теннис.

Помимо Нобелевской премии, А. получил множество наград и почетных степеней. включая медаль Эллиота Крессона Франклиновского института (1937) и медаль Джона Эриксона Американского общества шведских инженеров (1960). Он обладатель почетных ученых степеней университетов Колгейта и Темпля. А. является членом американской Национальной академии наук, Американской академии наук и искусств. Американского физического общества и Американского философского общества.

БАРДИН (Bardeen), Джон

23 мая 1908 г. – 30 января 1991 г.
Нобелевская премия по физике, 1956 г.
совместно с Уолтером Браттейном и Уильямом Шокли
Нобелевская премия по физике, 1972 г.
совместно с Леоном Купером и Дж. Робертом Шриффером

Американский физик и инженер-электрик Джон Бардин родился в г. Мэдисон (штат Висконсин) в семье Чарлза Р. Бардина, профессора анатомии и декана медицинской школы при Висконсинском университете, и Элси (в девичестве Хармер) Бардин. После смерти матери мальчика в 1920 г. его отец женился на Рут Хеймс. У Б. есть два брата, сестра и сводная сестра.

Б. посещал начальную школу в Мэдисоне, перескочив через четвертый, пятый и шестой классы, затем поступил в университетскую среднюю школу, перешел из нее в мэдисонскую центральную среднюю школу, которую и окончил в 1923 г. Несмотря на врожденный порок – тремор руки, он в молодости был чемпионом по плаванию и умелым игроком в бильярд.

В Висконсинском университете Б. получил степень бакалавра по электротехнике в 1928 г., изучив в качестве непрофилирующих дисциплин физику и математику. Еще студентом старших курсов он работал в

инженерном отделе «Вестерн электрик компани» (этот отдел позднее вошел в систему лабораторий компании «Белл»). В 1929 г. он получил степень магистра по электротехнике в Висконсинском университете, проведя исследование по прикладной геофизике и излучению антенн. В следующем году он последовал за одним из своих руководителей, американским геофизиком Лео Дж. Питерсом, в Питсбург (штат Пенсильвания), где в компании «Галф ризерч» они разработали новую методику, позволявшую, анализируя карты гравитационной и магнитной напряженностей, определять вероятное расположение нефтяных месторождений.

В 1933 г. Б. поступил в Принстонский университет, где изучал математику и физику под руководством Эугена П. Вигнера. Он сосредоточил свое внимание на применении квантовой теории к физике твердого тела. К тому времени квантовая механика довольно успешно описывала поведение индивидуальных атомов и частиц внутри атома. Твердые тела подчиняются тем же самым квантово-механическим законам, но, поскольку макроскопическое тело состоит из большого числа атомов, задача анализа его свойств значительно сложнее. Докторскую степень Б. получил в Принстоне в 1936 г. за диссертацию, посвященную силам притяжения, удерживающим электроны внутри металла. За год до окончания своей диссертации он принял предложение стать на год после защиты временным научным сотрудником Гарвардского университета, каковым и оставался до 1938 г. В Гарварде Б. работал с Джоном Г. Ван Флеком и П.У. Бриджменом над проблемами атомной связи и электрической проводимости в металлах.

Когда оговоренный срок закончился, Б. стал ассистент-профессором в Миннесотском университете, где он продолжил свои исследования поведения электронов в металлах. Между 1941 и 1945 гг. он служил гражданским физиком военно-морской артиллерийской лаборатории в Вашингтоне (округ Колумбия), изучая магнитные поля кораблей – важный по тем временам вопрос, учитывая его приложения к торпедному делу и тралению мин.

В 1945 г. Б. перешел в компанию «Белл», где, работая совместно с Уильямом Шокли и Уолтером Браттейном, ему удалось создать полупроводниковые приборы, которые могли как выпрямлять, так и усиливать электрические сигналы. Полупроводники, такие, как германий и кремний, – это материалы, чье электрическое сопротивление занимает промежуточное положение между сопротивлениями металла и изолятора.

В процессе этой работы Шокли пытался построить то, что теперь называется полевым транзистором. В таком приборе электрическое поле, индуцированное напряжением, приложенным к полупроводнику, должно было влиять на движение электронов внутри материала. Шокли надеялся использовать электрическое поле, чтобы управлять свободными электронами в одном из участков полупроводника и тем самым модулировать ток, текущий через прибор. Кроме того, транзистор должен был обладать потенциальной возможностью стать усилителем, поскольку небольшой

сигнал (приложенное напряжение) мог вызвать большие изменения тока, текущего через полупроводник.

Все попытки построить прибор, следуя этому плану, закончились неудачей. Тогда Б. выдвинул предположение, что внешнее напряжение не создает внутри полупроводника желаемого поля из-за слоя электронов, находящихся на его поверхности. В процессе дальнейших исследований выяснилось, что свойства прибора зависят от освещенности, температуры, поверхности и изменяются при контакте с жидкостями или напылении на полупроводник металлической пленки. В 1947 г., как только группа по-настоящему разобралась в поверхностных свойствах полупроводников, Б. и Браттейн построили первые работающие транзисторы.

Одним из первых был создан точечно-контактный транзистор, сделанный из одного куска германия. Точечными контактами были два тонких «усика» из металла, названных эмиттером и коллектором и прикрепленных к верхней части германиевого блока; третий контакт, названный базой, был связан с нижней частью блока. Для управления током между эмиттером и коллектором использовался небольшой ток, текущий между эмиттером и базой. Эта идея заменила собой первоначальную идею управления с помощью внешнего электрического поля. В более позднем варианте, названном плоскостным триодом, точечные контакты были удалены, а эмиттер и коллектор были образованы из полупроводниковых материалов, в которые вкраплены небольшие количества специальных примесей. Полевые транзисторы не находили практического применения, пока германий не был заменен кремнием в качестве основного материала.

Подобно радиолампе, транзистор позволяет с помощью небольшого сигнала (напряжение для лампы, ток для транзистора) в одном контуре управлять относительно большим током в другом контуре. Благодаря небольшим размерам, простоте структуры, низким энергетическим потребностям и малой стоимости транзисторы быстро вытеснили электронные лампы во всех радиотехнических приборах, за исключением устройств высокой мощности, используемых, например, в радиовещании или промышленных радиочастотных нагревательных установках. В настоящее время во всех высокоскоростных радиотехнических устройствах, а также во многих мощных высокочастотных установках, где можно обойтись без электронных ламп, обычно используются биполярные транзисторы. Усовершенствование технологии сделало возможным создание многих транзисторов из крохотных кусочков кремния, способных выполнять более сложные функции. Число транзисторов в одном подобном кусочке возросло с 10 до примерно 1 млн., в частности, благодаря уменьшению размеров соединений и самих транзисторов до величины от половины микрона до нескольких микрон (микрон равен 0,001 мм). Такие кусочки позволяют строить современные компьютеры, средства связи и управления, причем технология продолжает быстро развиваться.

Б. разделил в 1956 г. Нобелевскую премию с Шокли и Браттейном «за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта».

«Транзистор во многом превосходит радиолампы», – отметил Е.Г. Рудберг, член Шведской королевской академии наук, при презентации лауреатов. Указав, что транзисторы значительно меньше электронных ламп и в отличие от последних не нуждаются в электрическом токе для накала нити, Рудберг добавил, что «для акустических приборов, вычислительных машин, телефонных станций и многого другого требуется именно такое устройство».

В 1951 г. Бардин покинул телефонную компанию «Белл» и принял предложение занять одновременно два поста: профессора электротехники и профессора физики в Иллинойском университете. Здесь у него возобновился серьезный интерес к теме, которой он занимался в аспирантские годы и которая была прервана второй мировой войной и не возобновлялась им до 1950 г., – проблеме сверхпроводимости и свойств материи при сверхнизких температурах.

Сверхпроводимость была открыта в 1911 г. нидерландским физиком Хейке Камерлинг-Оннесом, который обнаружил, что некоторые металлы совершенно теряют сопротивление к электрическому току при температурах, на несколько градусов превышающих абсолютный нуль. Электрический ток представляет собой поток электронов, движущихся в определенном направлении.

В металлах многие электроны настолько слабо связаны со своими атомами, что электрическое поле, возникающее благодаря приложенному внешнему напряжению, заставляет их перемещаться в направлении поля. Однако электроны также совершают колебания в случайных направлениях из-за наличия тепла. Это рассеянное движение служит причиной противодействия (сопротивления) потоку электронов под влиянием поля. Когда в результате охлаждения тепловое движение уменьшается, то сопротивление тоже уменьшается. При абсолютном нуле, когда тепловое движение совсем прекращается, можно ожидать, что сопротивление совсем исчезнет. Однако абсолютный нуль практически недостижим. Удивительно в сверхпроводимости то, что сопротивление исчезает при температуре, несколько превышающей абсолютный нуль, когда еще имеется тепловое движение. Никакого удовлетворительного объяснения этому найти тогда не удалось.

Оказалось, что сверхпроводники обладают еще одной необычной характеристикой, открытой в 1933 г. немецким физиком Вальтером Мейснером. Он обнаружил, что они являются совершенными диамагнетиками, т.е. препятствуют проникновению внутрь металла магнитного поля. Парамагнитные материалы, среди которых находятся обычные магнитные металлы вроде железа, более или менее поддаются намагничиванию со стороны близко расположенного магнита. Поскольку магнитное поле магнита индуцирует поле противоположной направленности в парамагнитном теле, это тело притягивается к магниту. Но так как диамагнитное тело противодействует магнитному полю, это тело и магнит взаимно отталкиваются, независимо от того, какой именно полюс магнита мы подносим к нему. Магнит, помещенный над сверхпроводником, будет

покоиться «на подушке магнитного отталкивания». Однако, если приложенное магнитное поле достаточно велико, сверхпроводник теряет свои свойства и ведет себя подобно обычному металлу. В 1935 г. немецкий физик Фриц Лондон выдвинул предположение, что диамагнетизм является фундаментальным свойством сверхпроводников и что сверхпроводимость, возможно, представляет собой некий квантовый эффект, проявляющийся каким-то образом во всем теле.

Признаки того, что Ф. Лондон был на верном пути, появились в 1950 г. Несколько американских физиков обнаружили, что различные изотопы одного и того же металла становятся сверхпроводящими при различных температурах и что критическая температура обратно пропорциональна атомной массе. Изотопы представляют собой формы элемента, имеющие одинаковое число протонов в своих ядрах (и, следовательно, одинаковое число окружающих ядро электронов) и химически подобны друг другу, но их ядра содержат различное число нейтронов и, следовательно, обладают различными массами. Б. знал, что единственное влияние различных атомных масс на свойства твердого тела проявляется в различиях при распространении колебаний внутри тела. Поэтому он предположил, что в сверхпроводимости металла участвует взаимодействие между подвижными электронами (которые относительно свободны, так что могут двигаться, образуя электрический ток) и колебаниями атомов металла и что в результате этого взаимодействия создается связь электронов друг с другом.

К исследованиям Б. позднее присоединились два его студента по Иллинойскому университету – Леон Н. Купер, который вел исследовательскую работу после защиты докторской диссертации, и Дж. Роберт Шриффер, аспирант. В 1956 г. Купер показал, что электрон (который несет отрицательный заряд), движущийся сквозь регулярную структуру (решетку) металлического кристалла, притягивает ближайшие положительно заряженные атомы, слегка деформируя решетку и создавая кратковременное увеличение концентрации положительного заряда. Эта концентрация положительного заряда в свою очередь притягивает второй электрон, и два электрона образуют пару, связанную друг с другом благодаря искажению кристаллической решетки. Таким путем многие электроны в металле объединяются по два, образуя куперовские пары.

Б. и Шриффер попытались с помощью концепции Купера объяснить поведение обширной популяции свободных электронов в сверхпроводящем металле, но их постигла неудача. Когда Б. в 1956 г. отправился в Стокгольм получать Нобелевскую премию, Шриффер уже готов был признать поражение, но напутствие Б. запало ему в душу, и ему удалось-таки развить статистические методы, необходимые для решения данной проблемы.

После этого Б., Куперу и Шрифферу удалось показать, что куперовские пары, взаимодействуя между собой, заставляют многие свободные электроны в сверхпроводнике двигаться в унисон, единым потоком. Как и догадывался Ф. Лондон, сверхпроводящие электроны образуют единое квантовое состояние, охватывающее все металлическое тело. Критическая температура,

при которой возникает сверхпроводимость, определяет ту степень уменьшения температурных колебаний, когда влияние куперовских пар на координацию движения свободных электронов становится доминирующим. Поскольку возникновение сопротивления при отклонении даже одного электрона от общего потока с необходимостью повлияет на другие электроны, участвующие в сверхпроводимости, и тем самым нарушит единство квантового состояния, такое возмущение весьма мало вероятно. Поэтому сверхпроводящие электроны перемещаются коллективно, без потери энергии.

Достижение Б., Купера и Шриффера было названо одним из наиболее важных в теоретической физике с момента создания квантовой теории. В 1958 г. они с помощью своей теории предсказали сверхтекучесть (отсутствие вязкости и поверхностного натяжения) у жидкого гелия-3 (изотоп гелия, ядро которого содержит два протона и один нейтрон) вблизи абсолютного нуля, что и подтвердилось экспериментально в 1962 г. Сверхтекучесть наблюдалась ранее у гелия-4 (наиболее распространенный изотоп с одним дополнительным нейтроном), и считалось, что она невозможна у изотопов с нечетным числом ядерных частиц.

Б., Купер и Шриффер разделили в 1972 г. Нобелевскую премию по физике «за совместное создание теории сверхпроводимости, обычно называемой БКШ-теорией». Стиг Лундквист, член Шведской королевской академии наук, при презентации лауреатов отметил полноту объяснения ими сверхпроводимости и добавил: «Ваша теория предсказала новые эффекты и весьма стимулировала дальнейшие разработки в теоретических и экспериментальных исследованиях». Он также указал на то, что «дальнейшее развитие... подтвердило огромное значение и ценность идей, заложенных в этой фундаментальной работе 1957 г.»

БКШ-теория привела к далеко идущим последствиям в технологии и теории. Создание материалов, которые становились сверхпроводниками при более высоких температурах или выдерживали сильные магнитные поля, позволило сконструировать исключительно мощные электромагниты небольших размеров, потребляющие мало энергии. Магнитное поле, создаваемое электромагнитом, прямо связано с током в его обмотках. Для обычного провода присутствие сопротивления служит серьезным ограничением, поскольку выделяемое тепло пропорционально сопротивлению и квадрату силы тока. Дело не только в том, что на тепловые потери расходуется дорогостоящая энергия, но при этом также изнашивается материал. Сверхпроводящие магниты используются при изучении ядерного синтеза, в магнитной гидродинамике, в ускорителях частиц высокой энергии, в поездах, движущихся без трения на магнитной подушке над рельсами, в биологических и физических исследованиях взаимодействия атомов и электронов с сильными магнитными полями и при конструировании компактных мощных электрических генераторов. Английский физик Брайан Д. Джозефсон обнаружил, что при определенных условиях при соединении сверхпроводников возникают так называемые сверхтоки (эффекты

Джозефсона), чувствительные к магнитным полям. Датчики, основанные на эффектах Джозефсона, способны определять малейшие изменения магнитной активности в живых организмах и помогают обнаруживать месторождения полезных ископаемых и нефти по их магнитным свойствам.

В 1959 г. Б. начал работать в Центре фундаментальных исследований Иллинойского университета, продолжая свои изыскания в области физики твердого тела и физики низких температур. В 1975 г. он стал почетным профессором в отставке.

Б. женился на Джейн Максвелл в 1938 г.; у них два сына и дочь. В свободное время он путешествует и играет в гольф.

Среди многочисленных наград Б. – медаль Стюарта Баллантайна Франклиновского института (1952), премия Джона Скотта г. Филадельфии (1955), премия по физике твердого тела Оливера Бакли Американского физического общества (1954), Национальная медаль «За научные достижения» Национального научного фонда (1965), почетная медаль Института инженеров по электротехнике и электронике (1971) и президентская медаль Свободы правительства Соединенных Штатов (1977). В течение многих лет Б. был соиздателем журнала «Physical Review». Он член американской Национальной академии наук и Американской академии наук и искусств и был избран членом Американского физического общества.

БАРКЛА (Barkla), Чарлз Г.

27 июня 1877 г. – 23 октября 1944 г.
Нобелевская премия по физике, 1917 г.

Английский физик Чарлз Главер Баркла родился в г. Уиднесе (графство Ланкашир). Его родители – Джон Мартин Баркла, служащий химической компании, и Сара (в девичестве Главер) Баркла. Б. закончил среднюю школу при Ливерпульском институте и в 1895 г. поступил в Университетский колледж в Ливерпуле на средства стипендиального фонда; там он изучал математику и экспериментальную физику. В 1898 г. он получил степень бакалавра с высшими отличиями по физике. В следующем году он получил степень магистра.

На стипендию в Тринити-колледже (Кембридж) в 1899 г. Б. изучал физику у Джорджа Стоукса и проводил исследования в Кавендишской лаборатории под руководством Дж.Дж. Томсона. Полтора года спустя он перешел в Кингс-колледж, где смог петь в его знаменитом хоре; обладая превосходным баритоном, он часто солировал. В 1902 г. Б. отказался от хоровой стипендии в Кембридже и вернулся в Ливерпуль в качестве стипендиата; здесь два года спустя он получил докторскую степень по физике. Он оставался в Ливерпуле до 1909 г. сначала в качестве лаборанта, затем ассистента и, наконец, лектора по специальным курсам. Все эти годы Б. работал над исследованием рентгеновских лучей, которое начал еще в 1901 г., на третий год своего пребывания в Кембридже. В 1909 г. он покинул Ливерпуль, чтобы занять ставку профессора физики в Кингс-колледже в Лондоне.

Открытие рентгеновских лучей (икс-лучей) Вильгельмом Рентгеном в 1895 г. вызвало среди физиков сильные споры. Одни считали, что эти лучи представляют собой разновидность электромагнитного излучения вроде света, тогда как другие полагали, что они состоят из частиц. Эксперимент, поставленный Б. в 1904 г., подтвердил представление о том, что рентгеновские лучи представляют собой колебания электромагнитных волн, возникающих в результате торможения электронов, которые ударяют в анод катодной трубки. Классическая электромагнитная теория предсказывала (и эксперимент Б. подтвердил это), что такие колебания должны быть частично поляризованы, а это означало, что излучение, испускаемое в плоскости, перпендикулярной движению электронов, обладает более сильным электрическим полем в направлении, перпендикулярном этой плоскости, чем в направлениях, параллельных ей.

В 1897 г. было замечено, что под воздействием рентгеновских лучей, падающих на вещество – неважно, на твердое тело, жидкость или газ, – возникает вторичное излучение. В 1903 г. Б. опубликовал свои первые результаты по вторичному излучению, которое, как он считал, было вызвано исключительно рассеянием первичного луча. Установленный им результат, что интенсивность рассеяния увеличивается пропорционально атомному весу вещества, на котором происходит рассеяние, придал вес электронной теории материи, еще не полностью тогда признанной.

Дальнейшие наблюдения Б. над рентгеновскими лучами показали, что в случае более тяжелых элементов вторичное излучение на самом деле

состоит из двух компонент: таких же рентгеновских лучей, что и первичное излучение, и менее проникающего, или более «мягкого», излучения, которое испускается рассеивающим веществом и характерно для него. У этого более мягкого излучения, которое стали называть характеристическим излучением, проникающая сила увеличивалась согласно положению, занимаемому излучающим элементом в периодической таблице. Г.Дж. Мозли позднее воспользовался этим результатом, чтобы установить смысл атомного номера элемента (число единиц заряда у ядра), что стало важным шагом к пониманию строения атомного ядра.

К 1911 г. Б. показал, что характеристическое излучение тяжелых элементов бывает двух типов: более проникающее излучение, которое он назвал K-излучением, и менее проникающее, названное им L-излучением. Позднее выяснилось, что K- и L-излучения возникают при переходах внутренних электронов (после того, как они были предварительно возбуждены рентгеновскими лучами) в атоме, квантовая модель которого была предложена Нильсом Бором и Арнольдом Зоммерфельдом для объяснения излучения видимого света.

Исследования Б. принесли ему международное признание: он был награжден Нобелевской премией по физике за 1917 г. «за открытие характеристического рентгеновского излучения элементов» (Мозли, который мог бы разделить Нобелевскую премию с Б., был убит в ходе боев в Галлиполи во время первой мировой войны). «Открытие Б. характеристического рентгеновского излучения оказалось явлением весьма важным для исследований в области физики», – писал Г.Д. Гранквист, член Шведской королевской академии наук, в 1918 г. в специальной статье. «Открытие дифракции рентгеновских лучей на кристаллах дало в руки средство измерения длин их волн, и последовавшие затем исследования K- и L-серий принесли плоды огромной важности для понимания внутреннего строения атомов». Поскольку во время войны поездки были ограничены, церемонию награждения пришлось отложить, и только в 1920 г. Б. смог прочитать свою Нобелевскую лекцию «Характеристическое рентгеновское излучение» («Characteristic Rontgen Radiation»).

Начиная с 1913 г. Б. был профессором натурфилософии в Эдинбургском университете в Шотландии и оставался на этом посту до самой смерти. Однако к тому времени, когда он получил Нобелевскую премию, его авторитет как физика начал падать, и он самоизолировался от физического сообщества. Пользующийся уважением как сильный экспериментатор, он тем не менее не сумел осознать свою слабость в качестве теоретика. Он игнорировал экспериментальные работы других ученых и во все большей степени переоценивал те задачи, которые исследовал сам. В 1916 г. он отверг квантовую теорию, развитую Максом Планком, Альбертом Эйнштейном и Нильсом Бором. К этому времени убеждение Б. в том, что энергия не квантуется, с трудом выдерживало критику перед лицом очевидных фактов. Он отказался признать существование открытого Артуром Х. Комптоном в 1923 г. эффекта

Комптона, который сыграл крайне важную роль в развитии квантовой теории в 20-х гг. (В эффекте Комптона падающий рентгеновский луч выбивает электрон из атома и рассеивается, подтверждая тем самым, что рентгеновские лучи так же, как и видимый свет, иногда действуют, как частицы.) После 1916 г. Б. посвятил себя исследованию того, что он назвал «J-явлением», в котором имеет место излучение, обладающее большей проникающей способностью, чем излучение K-типа. Однако подобное явление никогда не было подтверждено.

В 1907 г. Б. женился на Мэри Эстер Коуэлл, дочери главного судебного исполнителя острова Мэн. У них было три сына и одна дочь. Вскоре после гибели младшего сына во второй мировой войне, здоровье Б. пошатнулось. Он умер в своем доме в Эдинбурге 23 октября 1944 г.

Б. отличался дружелюбием и мягкостью характера, был глубоко религиозным прихожанином методистской церкви. За долгие годы пребывания членом экзаменационного комитета британских университетов он снискал себе репутацию знающего и честного человека. Кроме пения, он любил играть в гольф и ездить на автомобиле по шотландским предгорьям.

Б. был членом Лондонского королевского общества, награжден медалью Хьюза этого общества (1917). Ему были присвоены почетные ученые степени Ливерпульского университета и нескольких других учебных заведений.

БАСОВ, Николай

14 декабря 1922 г. – 1 июля 2001 г.
Нобелевская премия по физике, 1964 г.
совместно с Александром Прохоровым и Чарлзом Х. Таунсом

Русский физик Николай Геннадиевич Басов родился в деревне (ныне городе) Усмань, вблизи Воронежа, в семье Геннадия Федоровича Басова и Зинаиды Андреевны Молчановой. Его отец, профессор Воронежского лесного института, специализировался на влиянии лесопосадок на подземные воды и поверхностный дренаж. Окончив школу в 1941 г., молодой Б. пошел служить в Советскую Армию. Во время второй мировой войны он прошел подготовку на ассистента врача в Куйбышевской военно-медицинской академии и был прикомандирован к Украинскому фронту.

После демобилизации в декабре 1945 г. Б. изучал теоретическую и экспериментальную физику в Московском инженерно-физическом институте. В 1948 г., за два года до окончания института, он стал работать лаборантом в Физическом институте им. П.Н. Лебедева АН СССР в Москве. Получив диплом, он продолжал обучение под руководством М.А. Леонтовича и Александра Прохорова, защитив кандидатскую диссертацию (аналогичную магистерской диссертации) в 1953 г. Три года спустя он стал доктором физико-математических наук, защитив диссертацию, посвященную теоретическим и экспериментальным исследованиям молекулярного генератора, в котором в качестве активной среды использовался аммиак.

Основной принцип, лежащий в основе молекулярного генератора (ныне известного как мазер, по начальным буквам английского выражения, означающего микроволновое усиление с помощью стимулированного излучения), был впервые разъяснен Альбертом Эйнштейном в 1917 г. Исследуя взаимодействие между электромагнитным излучением и группой молекул в замкнутом пространстве, Эйнштейн вывел уравнение с тремя членами, содержащее нечто неожиданное. Эти члены описывали поглощение и испускание излучения молекулами. Специалисты по квантовой механике показали, что электромагнитное излучение состоит из дискретных единиц энергии, называемых фотонами, и что энергия каждого фотона пропорциональна частоте излучения. Точно так же энергия атомов и молекул, связанная с конфигурацией и движением их электронов, ограничена некоторыми дискретными значениями, или энергетическими уровнями. Множество энергетических уровней индивидуально для конкретного атома или молекулы. Фотоны, чья энергия равна разности двух энергетических уровней, могут поглощаться, и тогда атом или молекула переходят с более низкого на более высокий энергетический уровень. Некоторое время спустя они спонтанно вновь возвращаются на более низкий уровень (не обязательно на тот, с которого стартовали) и выделяют энергию, равную разности между прежним и новым уровнями, в виде фотона излучения.

Первые два члена в уравнении Эйнштейна связаны с уже известными процессами поглощения и спонтанного излучения. Третий член, открытый Эйнштейном, был связан с неизвестным тогда типом излучения. Это был переход с более высокого на более низкий энергетический уровень, вызванный просто наличием излучения подходящей частоты, чьи фотоны обладали энергией, равной разности между этими двумя уровнями.

Поскольку данное излучение происходит не спонтанно, а провоцируется специальными обстоятельствами, оно было названо стимулированным (индуцированным) излучением. Хотя это было интересное явление, его польза была вовсе не очевидной. Физический закон, сформулированный австрийским физиком Людвигом Больцманом, показывал, что в состоянии равновесия более высокие энергетические уровни заняты меньшим числом электронов, чем более низкие. Поэтому в индуцированном излучении принимает участие относительно мало атомов.

Б. придумал способ, как использовать индуцированное излучение, чтобы усилить поступающее излучение и создать молекулярный генератор. Чтобы добиться этого, ему пришлось получить состояние вещества с инверсной заселенностью энергетических уровней, увеличив число возбужденных молекул относительно числа молекул, находящихся в основном состоянии. Этого удалось добиться с помощью выделения возбужденных молекул, используя для этой цели неоднородные электрические и магнитные поля. Если после этого облучить вещество излучением нужной частоты, чьи фотоны обладают энергией, равной разности между возбужденным и основным состояниями молекул, то возникает индуцированное излучение той же частоты, усиливающее подающий сигнал. Затем ему удалось создать генератор, направляя часть излучаемой энергии на то, чтобы возбудить больше молекул и получить еще большую активизацию излучения. Полученный прибор был не только усилителем, но и генератором излучения с частотой, точно определяемой энергетическими уровнями молекулы.

На Всесоюзной конференции по радиоспектроскопии в мае 1952 г. Б. и Прохоров предложили конструкцию молекулярного генератора, основанного на инверсной заселенности, идею которого они, однако, не публиковали до октября 1954 г. В следующем году Б. и Прохоров опубликовали заметку о «трехуровневом методе». Согласно этой схеме, если атомы перевести из основного состояния на наиболее высокий из трех энергетических уровней, на промежуточном уровне окажется большее число молекул, чем на нижнем, и можно получить индуцированное излучение с частотой, соответствующей разности энергий между двумя более низкими уровнями.

Американский физик Чарлз Х. Таунс, работая независимо в том же направлении в Колумбийском университете, создал работающий мазер (он с коллегами и придумал этот термин) в 1953 г., как раз за десять месяцев до того, как Б. и Прохоров опубликовали свою первую работу по молекулярным генераторам. Таунс использовал резонансную полость, заполненную возбужденными молекулами аммиака и достиг невероятного усиления микроволн с частотой в 24000 мегагерц. В 1960 г. американский физик Теодор Меймен, работая в компании «Хьюз эйркрафт», построил прибор, основанный на трехуровневом принципе, для усиления и генерирования красного света. Резонансная полость Меймена представляла собой длинный кристалл синтетического рубина с зеркальными концами; возбуждающее излучение получалось при вспышках окружающей рубин спиральной трубки,

заполненной ксеноном (аналогичной неоновой трубке). Прибор Меймена стал известен как лазер – название, образованное от начальных букв английского выражения, означающего световое усиление с помощью индуцированного излучения.

«За фундаментальную работу в области квантовой электроники, которая привела к созданию генераторов и усилителей, основанных на лазерно-мазерном принципе», Б. разделил в 1964 г. Нобелевскую премию по физике с Прохоровым и Таунсом. Два советских физика уже получили к тому времени за свою работу Ленинскую премию в 1959 г.

Б. написал один и в соавторстве несколько сотен статей по мазерам и лазерам. Его работы по лазерам восходят к 1957 г., когда он с коллегами начал их разработку и конструирование. Они последовательно разработали множество типов лазеров, основанных на кристаллах, полупроводниках, газах, различных комбинациях химических элементов, а также лазеров многоканальных и мощных короткоимпульсных. Б., кроме того, первым продемонстрировал действие лазера в ультрафиолетовой области электромагнитного спектра. В дополнение к своим фундаментальным исследованиям по инверсной заселенности в полупроводниках и по переходным процессам в различных молекулярных системах он уделял существенное внимание практическим приложениям лазера, особенно возможности его использования в термоядерном синтезе.

С 1958 по 1972 г. Б. был заместителем директора в институте им. П.Н. Лебедева, а с 1973 по 1989 г. – его директором. В этом же институте он возглавляет лабораторию радиофизики с момента ее создания в 1963 г. С этого года он также профессор Московского инженерно-физического института.

В 1950 г. Б. женился на Ксении Тихоновне Назаровой, физике из МИФИ. У них два сына.

Кроме Нобелевской премии, Б. получил звание дважды Героя Социалистического Труда (1969, 1982), награжден золотой медалью Чехословацкой академии наук (1975). Он был избран членом-корреспондентом АН СССР (1962), действительным членом (1966) и членом Президиума АН (1967). Он состоит членом многих других академий наук, включая академии Польши, Чехословакии, Болгарии и Франции; он также является членом Германской академии естествоиспытателей «Леопольдина», Шведской королевской академии инженерных наук и Американского оптического общества. Басов является вице-председателем исполнительного совета Всемирной федерации научных работников и президентом Всесоюзного общества «Знание». Он является членом Советского комитета защиты мира и Всемирного Совета Мира, а также главным редактором научно-популярных журналов «Природа» и «Квант». Был избран в Верховный Совет в 1974 г., был членом его Президиума в 1982 г.

БЕТЕ (Bethe), Ханс А.

род. 2 июля 1906 г.
Нобелевская премия по физике, 1967 г.

Немецко-американский физик Ханс Альбрехт Бете родился в Страсбурге, Эльзас-Лотарингия (тогда входила в Германию), и был единственным ребенком у Альбрехта Теодора Юлиуса Бете, видною физиолога и профессора медицины, и Анны (в девичестве Кюн) Бете из семьи профессора. С 1915 по 1924 г. Б. учился в гимназии Гете во Франкфурте-на-Майне, после чего два года был студентом Франкфуртского университета. Проучившись еще два с половиной года в аспирантуре Мюнхенского университета под руководством Арнольда Зоммерфельда, внесшего большой вклад в современную физику, он получил докторскую степень по теоретической физике в 1928 г.

Еще аспирантом Б. проявил интерес к квантовой механике, ее математической теории, описывающей взаимодействие между материей и излучением. Сформулированная в середине 20-х гг. Вернером Гейзенбергом, Эрвином Шредингером и П.А.М. Дираком, она явилась результатом более ранних исследований в области квантовой теории: Макс Планк обнаружил, что излучение не является непрерывным, а состоит из дискретных порций энергии, впоследствии названных квантами; Альберт Эйнштейн показал, что фотоны, кванты света (электромагнитного излучения), при фотоэлектрическом эффекте действуют подобно частицам; Нильс Бор применил квантовую теорию к описанию атомных энергетических уровней, отвечающих за характеристические спектры испускаемого излучения;

наконец, Луи де Бройль выдвинул смелое предположение, что если излучение (свет) может вести себя подобно частице, то и частица может вести себя подобно волне. Идея де Бройля была экспериментально подтверждена Клинтоном Дж. Дэвиссоном, который обнаружил волновое поведение электронов. В 1927 г. Б. написал научную статью, посвященную дифракции электронов на кристаллах, в которой для объяснения наблюдений Дэвиссона использовал квантовую механику, еще не понятую в то время большинством физиков. Б. был одним из первых ученых, убедительно продемонстрировавших применение новой теории.

Получив докторскую степень, Б. работал в 1928...1929 гг. преподавателем физики в университетах Франкфурта и Штутгарта. Он был назначен лектором Мюнхенского университета в 1929 г., однако большую часть времени в течение следующих трех лет провел в Кембридже (Англия), где встречался с Эрнестом Резерфордом, и в Риме, где работал с Энрико Ферми. Он также наладил контакт с Нильсом Бором. В течение этою времени Б. разработал применение математического метода, известного как теория групп, для выяснения квантово-механического поведения кристаллов. Сделав значительный вклад в теорию строения атома, Б. в начале 30-х гг. начал теоретическое изучение процесса быстрой потери энергии частицами, проходящими сквозь вещество; к этому вопросу он периодически возвращался в течение всей своей научной деятельности.

Назначенный ассистент-профессором в Тюбингенском университете в 1932 г., Б., мать которого была еврейкой, потерял этот пост' в следующем году, после издания Гитлером, ставшим канцлером Германии, антисемитского указа. Б. покинул Германию в 1933 г., год читал лекции в Манчестерском университете в Англии, а затем в 1934...1935 гг. стал членом ученого совета Бристольского университета. В 1935 г. он стал ассистент-профессором в Корнеллском университете в Итаке (штат Нью-Йорк), а затем и полным профессором в 1937 г.

Здесь Б. вернулся к изучению ядерной физики. В 1936 г. в содружестве с американскими физиками Робертом Ф. Бэчером и М.С. Ливингстоном Б. написал несколько обстоятельных работ, где суммировались известные к тому времени результаты в этой, тогда еще находившейся в младенческом состоянии, области. Три выпуска журнала с этими статьями тут же стали классикой и свыше 20 лет широко использовались в качестве основного учебного пособия по ядерной физике.

В 1938 г. на конференции по теоретической физике в Вашингтоне (округ Колумбия) внимание Б. привлек один нерешенный вопрос о природе получения энергии Солнцем и другими звездами. Астрономы накопили немало информации о крайне высоких температурах и других звездных характеристиках и пришли к выводу, что источник энергии должен иметь термоядерную природу. Однако они не могли определить реакции, которые дали бы количественные характеристики, согласующиеся с наблюдаемым излучением, размером, возрастом и другими свойствами звезд. Быстро освоившись с астрономическими данными и применив свои

энциклопедические познания в области ядерной физики, Б. решил эту задачу за шесть недель.

Впервые немецким астрономом Карлом Фридрихом фон Вайцзеккером был предложен для объяснения данного вопроса синтез двух протонов (ядер водорода, в большом количестве находящихся внутри Солнца), при котором образуется дейтерий (называемый также тяжелым водородом, ядро которого содержит протон и нейтрон) и выделяется энергия в виде позитрона (положительного электрона) и нейтрино (незаряженной частицы). Протоны положительно заряжены, а число протонов в ядре определяет элемент (ядро водорода содержит один протон, но может содержать и нейтроны, чья масса примерно равна массе протона, но они не несут заряда). При синтезе двух протонов испускается положительная частица (позитрон), в результате чего один из протонов превращается в нейтрон. Б. рассмотрел такие солнечные характеристики, как температура, плотность, состав, а также ожидаемые скорости реакции, и подсчитал, что реакция синтеза идет как раз при такой скорости, которая обеспечивает наблюдаемое выделение энергии Солнцем. Однако его выкладки показывали, что для звезд более массивных, чем Солнце, в реакции должны участвовать более тяжелые ядра.

Для массивных звезд Б. предложил шестиступенчатый углеродно-азотный цикл. На первом шаге углерод с атомным весом 12 (наиболее распространенная и устойчивая форма углерода с 6 протонами и 6 нейтронами в ядре) захватывает протон, превращаясь в азот-13 (7 протонов, 6 нейтронов) и испуская энергию в виде гамма-лучей. Нестабильный азот-13 распадается, испуская позитрон (который превращает протон в нейтрон) и нейтрино и превращаясь при этом в углерод-13 (6 протонов, 7 нейтронов). Углерод-13 далее захватывает один из всегда имеющихся протонов и превращается в азот-14 (7 протонов, 7 нейтронов), снова испуская гамма-лучи. Азот-14 в свою очередь захватывает протон и становится кислородом-15 (8 протонов, 7 нейтронов), опять испуская гамма-лучи. Нестабильный кислород-15 испускает позитрон (заменяя протон нейтроном) и нейтрино, превращаясь в азот-15 (7 протонов, 8 нейтронов). На последнем шаге азот-15 захватывает протон, но в результате получается не более тяжелое ядро, содержащее 8 протонов и 8 нейтронов, что дало бы кислород-16. Вместо этого образуется два ядра: углерод-12 и гелий-4 (2 протона, 2 нейтрона). Углерод-12 может теперь повторить цикл, а гелий-4 пополняет звездный запас этого газа. На каждом шаге цикла высвобождается энергия в виде различного рода излучений, которые и придают звезде ее яркость. Расчеты Б. позволили глубже понять поведение и эволюцию звезд.

В конце 30- гг. Б. продолжал свои теоретические исследования атомных ядер. Среди его многочисленных достижений было первое математическое обоснование того, что вновь открытый мезон мог быть связанным с силой, удерживающей ядра от распада. Он также исследовал очень сложные ударные волны, образующиеся при взрыве, что оказалось полезным для его дальнейшей работы над Манхэттенским проектом при создании атомной бомбы.

В 1941 г., незадолго до того, как США вступили во вторую мировую войну, Б. стал американским гражданином. В течение недолгого времени он работал над микроволнами и их приложениями к радиолокации в радиационной лаборатории Массачусетского технологического института, а затем в 1943 г. присоединился к Манхэттенскому проекту в Лос-Аламосе (штат Нью-Мексико). Там, будучи директором отдела теоретической физики, он отвечал за расчеты возможного поведения атомной бомбы. Его глубокие знания в области ядерной физики, ударных волн и электромагнитной теории сыграли существенную роль в успехе программы.

Вернувшись в Корнеллский университет в 1946 г., Б. продолжил исследования во многих интересовавших его областях – например, сделал важный вклад в современную квантовую электродинамику. Он также немало сделал – вместе с другими учеными – для уяснения общественным мнением той опасности, которую несет человечеству ядерное оружие. Он всегда был сторонником контроля над вооружениями, поддерживая в то же время идею использования ядерной энергии в мирных целях. С 1956 по 1959 г. Б. служил в Президентском научно-консультативном комитете.

В 1967 г. Б. был награжден Нобелевской премией по физике «за вклад в теорию ядерных реакций, особенно за открытия, касающиеся источников энергии звезд». При презентации лауреата Оскар Клейн, член Шведской королевской академии наук, отметил широту знаний Б. и сказал, что некоторые из его открытий в области физики, каждое в отдельности, заслуживали самостоятельной Нобелевской премии. Работа Б. над источниками энергии звезд, сказал Клейн, «представляет собой одно из наиболее важных приложений фундаментальной физики в наше время и ведет к углублению наших знаний о Вселенной».

В дальнейшем Б. изучал распределение материи в нейтронных звездах, а также коллапс гигантских звезд. Его исследования по высокоскоростному входу в земную атмосферу помогли при разработке как военных, так и гражданских космических аппаратов. Вспоминая о своей работе в Лос-Аламосе как об «ужасно захватывающей», он выступал против поддерживавшейся правительством программы развертывания антиракетного щита, рассматривая ее как практически неосуществимую.

В 1939 г. Б. женился на Розе Эвальд, дочери известного немецкого физика, также покинувшего нацистскую Германию. У них двое детей. Скромный и внимательный к другим, Б. некогда увлекался лыжами и горными восхождениями, а позже, как говорят, стал интересоваться экономикой. Его коллеги весьма уважают его за светлый ум и тщательно разрабатываемые научные методы.

Кроме Нобелевской премии, Б. получил правительственную награду США – медаль «За заслуги» (1946), медаль Генри Дрейпера американской Национальной академии наук (1947), медаль Макса Планка Германского физического общества (1955), медаль Энрико Ферми Комиссии по атомной энергии США (1961), медаль Эддингтона Лондонского королевского астрономического общества (1963) и премию Вэнневара Буша американской

Национальной академии наук (1985). Он является членом Американского философского общества, американской Национальной академии наук, Американского физического общества и Американского астрономического общества, а также иностранным членом Лондонского королевского общества. Он получил почетные ученые степени от университетов Бирмингема и Манчестера.

БИННИГ (Binnig), Герд

род. 20 июля 1947 г.
Нобелевская премия по физике, 1986 г.
совместно с Гейнрихом Рорером и Эрнстом Руской

Немецкий физик Герд Карл Бинниг родился во Франкфурте-на-Майне в семье Карла Франца Биннига, заводского инженера, и Рут (в девичестве Браке) Бинниг, чертежницы. Завершив среднее образование в школе Рудольфа Коха, он получил докторскую степень по физике за работу по сверхпроводимости во Франкфуртском университете в 1978 г.

Сразу же после получения степени Б. стал научным сотрудником исследовательской лаборатории в корпорации «Интернэшнл бизнес мэшинс» (ИБМ) в Цюрихе, Швейцария. Здесь он стал сотрудничать с в исследованиях поверхности материалов. Ученые обратились к данной проблеме, привлеченные тем, что прежде полного анализа поверхности материалов получить, по существу, не удавалось. Трудности заключались в том, что расположение атомов на поверхности твердого тела существенно отличается от их расположения внутри него, так что известные методы исследования бесполезны, когда дело касается поверхности. Однако поверхность

представляет большой интерес, поскольку именно здесь происходит большинство взаимодействий между телами.

Для исследования поверхности материалов Б. и Ропер решили использовать один из вариантов квантово-механического эффекта, известного под названием туннельного. Этот эффект, впервые экспериментально подтвержденный в 1960 г., представляет собой один из путей, в которых проявляется так называемый принцип неопределенности Гейзенберга. Согласно этому принципу, названному по имени немецкого физика Вернера Гейзенберга, невозможно измерить одновременно положение и скорость элементарной частицы. В результате положение такой частицы, как электрон, «размазывается» по пространству: частица ведет себя как размытое облако материи. Такое материальное облако может «туннелировать», или дифундировать, между двумя поверхностями, даже если они и не соприкасаются, во многом подобно тому, как вода может просачиваться сквозь почву из одной лужи в другую.

Туннельный эффект был хорошо известен к тому времени, когда Б. и Ропер начали совместную работу, и даже использовался – хотя порой и довольно грубо – при исследовании природы поверхностных взаимодействий в «сандвичах» из материалов. Все, что оставалось сделать Б. и Роперу, так это позволить электронам туннелировать сквозь вакуум, и это идея неожиданно оказалась плодотворной. Их подход привел в конце концов к созданию нового инструмента, названного сканирующим туннелирующим микроскопом. Основной принцип, лежащий в основе этого прибора, включает в себя сканирование поверхности твердого тела в вакууме тонким кончиком иглы. Между кончиком и образцом приложено напряжение, а расстояние между ними поддерживается настолько малым, чтобы электроны могли через него туннелировать. Появляющийся в итоге поток электронов называется туннельным током. Величина туннельного тока экспоненциально зависит от расстояния между образцом и кончиком иглы. Следовательно, водя иглой по образцу и измеряя ток, можно составить карту поверхности в атомном масштабе.

Б. и Ропер впервые успешно опробовали туннелирующий микроскоп весной 1981 г. Вместе с двумя другими служащими компании ИБМ Кристофом Гербером и Эдмундом Вейбелем им удалось различать особенности высотой всего в один атом на поверхности кальциево-иридиево-оловянных кристаллов. Аналогичный прибор был создан раньше и независимо американским физиком Расселом Янгом в Национальном бюро стандартов США с помощью несколько отличного принципа, который обеспечивал значительно более низкую разрешающую способность.

При разработке сканирующего туннелирующего микроскопа группа из ИБМ встретилась с существенными трудностями: прежде всего пришлось устранить все источники вибрационного шума. Вертикальное положение сканирующего кончика должно контролироваться с точностью до доли диаметра атома, поскольку туннельный ток существенно зависит от расстояния между кончиком и исследуемым образцом. Уличные шумы и

даже шаги могли вызвать сотрясение тонкого прибора. Сначала Б. и Рорер решили справиться с задачей, подвесив микроскоп с помощью постоянных магнитов над чашей из сверхпроводящего свинца, поставленной на тяжелый каменный стол. Сам стол они изолировали от здания лаборатории с помощью надувных резиновых шин. Чтобы передвигать кончик иглы с высокой точностью, использовались пьезоэлектрические материалы, которые сжимаются или расширяются, если к ним приложить соответствующее напряжение. В результате дальнейших усовершенствований сканирующий туннелирующий микроскоп может ныне разрешить по вертикали размеры до 0,1 ангстрема (1 стомиллиардная доля метра, или приблизительно около одной десятой диаметра атома водорода). Разрешающая способность по горизонтали в 2 ангстрема достигнута благодаря использованию сканирующих кончиков шириной всего лишь в несколько атомов, а кончики шириной в 1 атом разрабатываются в настоящее время. После того как в конструкцию сканирующего туннелирующего микроскопа были внесены усовершенствования, он стал обычным инструментом во многих исследовательских лабораториях. Кроме вакуума, этот инструмент оказывается эффективным и во многих других средах, включая воздух, воду и криогенные жидкости. Он применяется для изучения различных образцов, отличных от неорганических веществ, в частности вирусов.

Б. и Рорер разделили в 1986 г. половину Нобелевской премии по физике «за изобретение сканирующего туннелирующего микроскопа». Другую половину премии получил Эрнст Руска за работу над электронным микроскопом. Награждая премией Б. и Рорера, представитель Шведской королевской академии наук заявил: «Очевидно, что эта техника обещает чрезвычайно много и что мы до сих пор были свидетелями лишь начала ее развития. Многие исследовательские группы в различных областях науки пользуются сейчас сканирующим туннелирующим микроскопом. Изучение поверхностей является важной частью физики, особенно необходимой в физике полупроводников и в микроэлектронике. В химии поверхностные реакции тоже играют важную роль, например в катализе. Можно, кроме того, фиксировать органические молекулы на поверхности и изучать их строение. Среди прочих приложений эту технику можно использовать для исследования молекул ДНК». Вспоминая о том, что он чувствовал, узнав о награждении, Б. отметил: «Это было прекрасно и ужасно одновременно», поскольку это было признанием большого успеха, но одновременно означало завершение «захватывающего открытия».

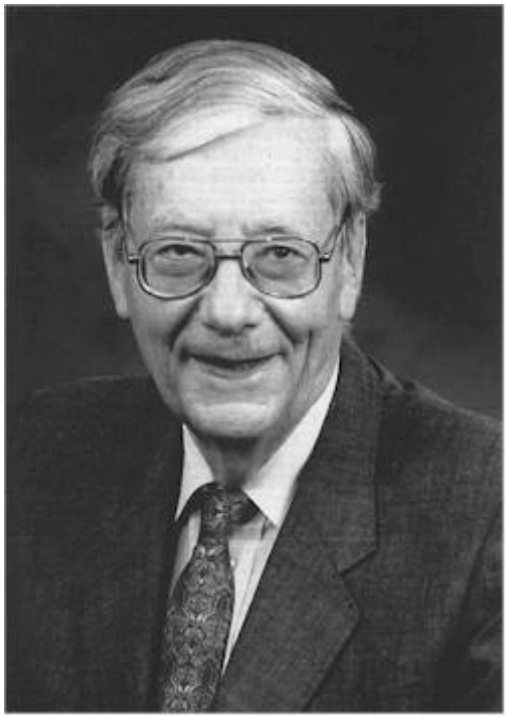
В 1969 г. Б. женился на Лоре Ваглер, психологе; у них дочь и сын.

Кроме исследований, Б. интересуют лыжи, футбол, теннис, гольф и парусный спорт. Талантливый музыкант, он сочиняет музыку, играет на скрипке и гитаре и поет. С 1986 г. является членом ученого совета ИБМ, т.е. занимает один из высших научных постов в корпорации.

Б. и Рорер получили за свою работу, кроме Нобелевской премии, и другие награды. В 1984 г. они разделили премию Хьюлетта-Паккарда Европейского физического общества и международную научную премию

короля Фейсала и правительства Саудовской Аравии за усилия по созданию сканирующего туннелирующего микроскопа. Б. также награжден Физической премией Германского физического общества (1982).

БЛОМБЕРГЕН (Bloembergen), Николас



род. 11 марта 1920 г.
Нобелевская премия по физике, 1981 г.
совместно с Артуром Л. Шавловом и Каем Сигбаном

Нидерландско-американский физик Николас Бломберген родился в Дордрехте (Нидерланды) и был вторым из шести детей у Оке Бломбергена и Софии Марии (в девичестве Квинт) Бломберген. Его отец был инженером-химиком со степенью и работал служащим в компании по производству удобрений. Его мать, дочь директора школы, имевшего докторскую степень по математической физике, обладала дипломом, который позволял ей преподавать французский язык, однако она посвятила себя заботам о семье. Воспитанный в консервативной, дисциплинированной и интеллектуальной атмосфере, мальчик любил читать, а вне дома активно проводил время: плавал, занимался парусным спортом, катался на коньках, что всячески поощрялось в его семье.

Вскоре после того, как семья переселилась в Билтховен, пригород Утрехта, Николас поступил в начальную школу. В двенадцать лет он стал учиться в муниципальной гимназии Утрехта, где упор делался на гуманитарные дисциплины, а ученики готовились к поступлению в университет. Почти у всех его учителей были докторские степени. Его склонность к естественным наукам выявилась лишь в последних классах, когда он стал изучать основы физики и химии.

В 1938 г. Бломберген поступил в Утрехтский университет, чтобы изучать физику. «Выбор физики, – писал он позднее, – был, вероятно, вызван тем, что этот предмет казался мне наиболее трудным». После оккупации Германией Нидерландов в 1940 г. многие сотрудники факультета были уволены или схвачены гестапо. Тем не менее Бломберген получил эквивалент магистерской степени в 1943 г., как раз перед тем, как нацисты закрыли университет. В течение следующих двух лет он скрывался от нацистов. К концу войны Европа была разорена, так что Б. для получения дальнейшего образования пришлось обратиться в американские учебные заведения, и он был принят в аспирантуру Гарвардского университета в 1945 г. Поддержанный своей семьей, он продолжал там занятия, посещая лекции таких ведущих физиков, как Джулиус С. Швингер и Джон Х. Ван Флек.

Всего лишь за шесть недель до приезда Б. в США Эдуард М. Перселл и двое его коллег обнаружили ядерный магнитный резонанс (ЯМР) – поглощение и испускание атомным ядром электромагнитной энергии высокой частоты, связанной с ядерным спином. Ядро ведет себя подобно вращающемуся волчку. Поскольку оно положительно заряжено, его движение равносильно электрическому току, который генерирует магнитное поле, аналогичное полю, создаваемому током в обмотках электромагнита. Ядерный магнетизм, как и всякий магнетизм, обладает величиной и направлением, а также взаимодействует с внешними электромагнитными полями.

Как аспирант Перселла Б. помогал разрабатывать первые ЯМР-приборы и вместе с Перселлом и Р.В. Паундом в 1948 г. опубликовал важную статью о релаксационном эффекте в ЯМР возвращении ядерных магнитных ориентации к прежнему состоянию после возбуждения электромагнитными полями от внешнего источника. Это возвращение вызывается окружающей структурой и зависит от деталей этой структуры. Многие из этих материалов вошли в докторскую диссертацию Б., которую он представил в Лейденский университет в этом же году, а сам он, получив стипендию для проведения исследовательской работы, переехал туда в 1947 г. и начал работать в лаборатории имени нидерландского физика Хейке Камерлинг-Оннеса.

Вернувшись в Соединенные Штаты в 1949 г., Б. был избран членом весьма престижного Общества выпускников Гарварда. Он стал там же адъюнкт-профессором в 1951 г., полным профессором в 1957 г., профессором физики в 1974 г. и университетским профессором в 1980 г.

В 1953 г. Чарлз Г. Таунс вместе с двумя коллегами испытал в Колумбийском университете мазер (аббревиатура от английского выражения, означающего «микроволновое усиление с помощью стимулированного излучения»), прибор, дающий интенсивный, узконаправленный, монохроматический пучок микроволн. Стимулированное (индуцированное) излучение было предсказано еще Альбертом Эйнштейном в 1917 г. на основе квантовой теории и модели атома, предложенной Нильсом Бором, согласно которой отрицательно заряженные электроны вращаются вокруг положительно заряженного плотного центрального ядра. Движение

электронов ограничено некоторыми орбитами (или энергетическими уровнями), и они могут переходить с более низкого на более высокий уровень, возбуждаясь в результате поглощения электромагнитного излучения. Макс Планк показал, что такое излучение состоит из дискретных порций, ныне называемых фотонами, и что его частота пропорциональна энергии фотона. Фотон, поглощаемый атомом, обладает энергией, равной разности между двумя характеристическими энергетическими уровнями атома. Возбужденный электрон вскоре переходит обратно на более низкий уровень, излучая фотон соответствующей энергии (и соответствующей частоты), равной разности между двумя уровнями. Обычно фотоны излучаются в случайные моменты времени и совершенно не связаны фазами Эйнштейн показал, что если бы атомы (или молекулы, которые также обладают энергетическими уровнями, но устроены сложнее атомов) удалось возбудить до определенного энергетического уровня и удержать на нем, то излучение с подходящей энергией (частотой) фотонов вызвало бы их одновременный переход на более низкий уровень. Подходящая частота и энергия фотонов должны соответствовать разности между двумя энергетическими уровнями. В результате должно возникнуть лавинообразное выделение в одно и то же время фотонов, обладающих одинаковой частотой и одинаковой фазой (положением в колебательном цикле), порождающих мощное когерентное (все в одной фазе) излучение. Поскольку относительно небольшой электромагнитный сигнал вызывает относительно большой сигнал той же частоты на выходе, то в результате индуцированного излучения происходит усиление.

В мазере Таунса использовался газообразный аммиак с двумя особыми энергетическими уровнями, разность которых соответствовала фотонам с частотой радиодиапазона. Когда Б. писал в 1956 г. свою работу по магнитному резонансу, он предложил взять за основу при разработке мазеров принцип трех уровней, позволяющий использовать твердые материалы, такие, как кристаллы. По этой схеме кристалл, возбуждаясь под воздействием подающегося излучения подходящей частоты, переходит на самый верхний из трех специальных энергетических уровней. В результате естественного выхода из возбужденного состояния произойдет переход на промежуточный уровень, служащий источником индуцированного излучения. Излучение с частотой, соответствующей разности между двумя самыми низкими уровнями, вызывает затем испускание нужного излучения. Артур Л. Шавлов позднее назвал схему Б. первым практически полезным мазером.

Первый прибор, дающий индуцированное (стимулированное) излучение видимого света, был построен в 1960 г. американским физиком Теодором Мейменом и получил название «лазер» (л – от английского слова "light" – «свет»). В том же году Шавлов и другие физики также построили лазеры.

За тот же период и мазер, и лазер были независимо созданы Николаем Басовым и Александром Прохоровым. В 1965 г. Арно А. Пензиас и Роберт У.

Вильсон использовали твердотельный мазер на основе кристалла рубина для обнаружения космического реликтового излучения, остатка гипотетического «большого взрыва», в результате которого родилась наша Вселенная.

Б. известен как один из создателей нелинейной оптики, общей теории взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, более общей, чем та, которая была сформулирована в XIX в. Джеймсом Клерком Максвеллом. Согласно теории Максвелла, воздействие на вещество со стороны видимого света или любой другой формы электромагнитного излучения прямо пропорционально интенсивности излучения.

В 1962 г. Б. вместе с тремя коллегами опубликовал общую теорию нелинейной оптики, которую впоследствии существенно расширил. Он сделал значительный вклад в разработку лазеров, показав, что в силу законов нелинейной оптики в лазере могут появиться гармоники, кратные основной частоте и подобные обертонам в звуке, в результате произойдет излучение пучков энергии более высокой частоты. Описав предполагаемое взаимодействие трех лазерных пучков, в результате которого образуется четвертый пучок, частотой которого можно управлять с высокой точностью, Б. заложил теоретические основы для создания настраиваемого лазера. Используя настраиваемые лазеры, другие исследователи, среди которых нужно выделить Шавлова, разработали утонченную методику лазерной спектроскопии, позволившую получить новые, весьма подробные сведения о строении атомов и молекул. В спектроскопии лазерные пучки возбуждают атомы, переводя их на энергетические уровни, более высокие по сравнению с самым низким (основным) состоянием. Отмечая, какие именно частоты предпочтительно поглощаются или испускаются, спектроскопист может определить характеристические энергетические уровни, т.е. строение исследуемого материала. Точное знание частоты пучка, что обеспечивается монохроматической (одночастотной) природой лазерного света, а также возможность точно настраивать частоту на различные энергетические уровни позволяют провести более глубокий анализ.

«За вклад в развитие лазерной спектроскопии» Б. и Шавлов разделили между собой в 1981 г. половину Нобелевской премии по физике. Другой половиной был награжден Кай Сигбан за электронную спектроскопию с помощью рентгеновских лучей. В заключение Нобелевской лекции Б. указал на некоторые приложения нелинейных оптических процессов, включая развитие оптических систем связи, временной и линейной метрологии, и сбор информации.

На конференции физиков в Нидерландах в 1948 г. Б. встретил Хуберту Делиану Бринк, уроженку Индонезии, которая изучала медицину. Она последовала за ним в следующем году в Америку по студенческому обмену, и Б. сделал ей предложение в первый же день после ее приезда. Они поженились в 1950 г., у них сын и две дочери. Он стал американским гражданином в 1958 г. «Добрый старый голландский джентльмен», как охарактеризовал его один из коллег, Б. любит играть в теннис, совершать

пешие прогулки и кататься на лыжах Семья живет в Лексингтоне (штат Массачусетс).

Кроме Нобелевской премии, Б. получил премию Оливера Бакли Американского физического общества (1958), премию Мориса Либмана Института радиоинженеров (1959), медаль Стюарта Баллантайна Франклиновского института (1961), Национальную медаль «За научные достижения» Национального научного фонда (1974) и медаль Фредерика Айвса Американского оптического общества (1979).Он является членом Американской академии наук и искусств, американской Национальной академии наук и Голландской королевской академии наук.

БЛОХ (Bloch), Феликс

23 октября 1905 г. – 10 сентября 1983 г.
Нобелевская премия по физике, 1952 г.
совместно с Эдуардом М. Пёрселлом

Швейцарско-американский физик Феликс Блох родился в Цюрихе, в семье Густава Блоха, оптового торговца зерном, и Агнес (в девичестве Майер) Блох. Он учился в гимназии Цюрихского кантона, которую окончил в 1924 г. Мальчика, интересовавшегося математикой и астрономией, записали по инженерной специализации в Федеральном технологическом институте в Цюрихе. Однако, прослушав первый физический курс, Б. решил стать физиком-теоретиком, а не инженером. С 1924 по 1927 г. он учился в Федеральном институте, где среди его учителей были Петер Дебай и Эрвин Шредингер. Затем он учился в Лейпцигском университете у Вернера Гейзенберга. Докторскую степень он получил в 1928 г. в Лейпциге за диссертацию, посвященную проводимости электронов в металлах. В этой

диссертации, которая, как сейчас признано, заложила основы физики твердого тела, он сформулировал теорему, определявшую вид волновых функций электрона в металлах (функции Блоха).

После завершения докторской диссертации Б. стал обладателем нескольких стипендий, позволивших ему работать с Гейзенбергом, Нильсом Бором, Энрико Ферми и Вольфгангом Паули; в течение этого периода он сделал свой основной вклад в теоретическую физику. Б. теоретически вывел эмпирический закон немецкого физика Эдуарда Грюнейзена, касающийся зависимости проводимости металлов от температуры, который ныне известен как соотношение Блоха – Грюнейзена. Благодаря его вкладу в теорию сверхпроводимости и в теоретическое осмысление магнитных систем целый ряд теорем и эффектов названы его именем: теорема Блоха в теории сверхпроводимости, закон Блоха, касающийся зависимости намагниченности ферромагнитных материалов от температуры (материалов типа железа, чья атомная структура позволяет им легко намагничиваться), стенки Блоха (зоны перехода между областями ферромагнитного материала с различными магнитными ориентирами). В 1932 г. Б. развил работу Бора и Ханса А. Бете по торможению движущихся заряженных частиц в веществе, получив формулу Бете – Блоха для этого эффекта.

Когда Гитлер в 1933 г. пришел к власти, Б., который был евреем, покинул Германию и поселился в Соединенных Штатах. Он стал адъюнкт-профессором в Станфордском университете в 1934 г., а два года спустя занял там пост полного профессора. В это время он выполнил ряд важных работ по квантовой теории электромагнитного поля. Затем он исследовал недавно открытый нейтрон, предсказав, что его магнитный момент (мера величины магнитного поля) можно будет определить по рассеянию медленных нейтронов на железе и что пучок нейтронов окажется поляризованным после рассеяния на железной мишени. Эти предсказания были подтверждены в следующем году. Затем Б. вернулся к экспериментальным исследованиям. В 1939 г. он вместе с Луисом У. Альваресом измерил магнитный момент нейтрона, используя циклотрон Калифорнийского университета в Беркли в качестве источника нейтронов. Во время второй мировой войны, как член Манхэттенского проекта по созданию атомной бомбы, Б. исследовал свойства изотопов урана. Позднее он стал помощником руководителя группы, занимавшейся военными противорадарными разработками в исследовательской радиолаборатории Гарвардского университета.

После войны Б. вернулся в Станфордский университет. Здесь он применил радиоволновую технику, изученную им во время работы в годы войны над радаром, к изучению магнитных моментов ядер. Физикам, которые пытались понять поведение атомных ядер, нужно было знать относительные магнитные моменты различных типов ядер с высокой степенью точности. В 30-х гг. И.А. Раби разработал методику измерения ядерных магнитных моментов, но в его методе требовалось испарять образец, а сам метод был не очень точным. В 1946 г. Б. предложил метод, который отличался высокой точностью и совершенно не повреждал образец. Хотя Б.

известен многими достижениями в области физики, именно за разработку этой методики он удостоился Нобелевской премии.

Когда атом находится в магнитном поле, магнитный момент его ядра вынуждает ядро прецессировать (эффект, аналогичный действию силы тяжести на вращающийся волчок, заставляющей качаться его ось). Частота, или скорость, прецессии ядра зависит от величины магнитного поля и от магнитного момента ядра. Таким образом, если известна сила поля и удается определить частоту прецессии, то можно вычислить магнитный момент. Для того чтобы определить частоту прецессии, Б. помещал образец исследуемого материала в магнитное поле мощного электромагнита, вынуждая ядра образца прецессировать с постоянной скоростью. Затем он возбуждал образец с помощью гораздо более слабого магнитного поля, управляемого радиосигналами; это второе поле флуктуировало (меняло направление) с частотой, соответствующей частоте управляющих радиоволн. Когда частота возбуждающего поля становилась равной прецессионной частоте ядер, ориентация спинов ядер внезапно менялась на противоположную – этот легко обнаруживаемый эффект носит название ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Известная частота радиосигналов, соответствующая этому резонансу, равна частоте прецессии ядра. Зная точную частоту прецессии данного ядра в поле заданной напряженности, можно определить магнитный момент этого ядра с необыкновенной точностью. Метод Блоха дал физикам-ядерщикам точную и весьма желанную информацию, причем образец совершенно не повреждался. Более того, с помощью данного метода стало возможно совсем по-новому и очень просто измерять магнетизм: как только становится известен магнитный момент заданного ядра, его можно использовать для определения напряженности магнитного поля.

В то же самое время Эдуард М. Перселл (который также занимался радарами во время войны) исследовал эту же проблему. Одновременно и независимо он продумал методику измерения ядерных магнитных моментов, которая была почти идентичной методу Блоха. Пользуясь методом ЯМР, Перселл обнаружил, что водород испускает сигнал в радиочастотном диапазоне (открытие, которое привело к развитию радиоастрономии).

Исследователи с помощью ЯМР обнаружили, что результирующий магнитный момент атомного ядра в молекуле изменяется под воздействием магнитных полей окружающих электронов. Именно в этих изменениях лежит ключ к строению молекул. ЯМР быстро стал одним из важнейших аналитических инструментов химии. Более того, измерения с помощью ЯМР нисколько не затрагивают образец, и их можно проводить с живыми организмами, не повреждая их. Приемы и методы вычислений, применявшиеся в компьютерной томографии (томографы были разработаны Алланом Кормаком и Годфри Хаунсфилдом), стали в 70-х гг. объединять с методикой наблюдений ЯМР; в результате появились сканирующие ЯМР-устройства, позволявшие наблюдать специфические химические реакции внутри человеческого тела. Оказалось, что эти устройства имеют огромное значение для научных исследований и представляют собой могучий

инструмент медицинской диагностики. Диагностические сканирующие ЯМР-устройства стали доступны медикам для работы в середине 80-х гг.

Б. и Перселл были награждены в 1952 г. Нобелевской премией по физике «за развитие новых методов для точных ядерных магнитных измерений и связанные с этим открытия». При презентации лауреатов Эрик Хультен, член Шведской королевской академии наук, отметил, что «методы Перселла и Б. дают огромное упрощение и обобщение» метода молекулярных пучков И.А. Раби, «что позволяет применять их к твердым, жидким и газообразным веществам». Хультен продолжал: «Поскольку каждый вид атома и его изотопы обладают строго определенной и характерной ядерной частотой, мы можем в любом объекте, помещенном между полюсами электромагнита, искать и исследовать с помощью радиоволн всевозможные виды атомов и изотопов, присутствующих в исследуемом объекте... не оказывая заметного воздействия на образец». Применение их физических исследований к астрономии, химии и медицине являет собой выдающийся пример того, как фундаментальное исследование оказывает воздействие, выходящее далеко за рамки той области, где оно проводилось.

Большинство изысканий Б. после 1946 г. связано с применениями ЯМР или, как он первоначально это назвал, «ядерной индукции». В 1954...1955 гг. он взял двухгодичный отпуск в Станфорде, чтобы стать генеральным директором ЦЕРНа (Европейского центра ядерных исследований) в Женеве (Швейцария). В 1963 г. он занял пост профессора физики в Станфорде. Уйдя в отставку в 1971 г., Б. вернулся в Цюрих, где и умер 10 сентября 1983 г.

В 1940 г. Б. женился на Лоре К. Миш, физике и тоже беженке из Германии; у них было три сына и дочь. Он стал гражданином США в 1939 г.

Б. был членом американской Национальной академии наук. Американской академии наук и искусств. Швейцарской академии естественных наук и Американского физического общества, президентом которого он был в 1965 г.

БЛЭКЕТТ (Blackett), П.М.С.

18 ноября 1897 г. – 13 июля 1974 г.
Нобелевская премия по физике, 1948 г.

Английский физик Патрик Мейнард Стюарт Блэкетт родился в Лондоне и был единственным сыном из трех детей Артура Стюарта Блэкетта, биржевого маклера, и Каролины Фрэнсис (в девичестве Мейнард) Блэкетт. В девять лет Блэкетт начал посещать небольшую приготовительную школу в Лондоне. Потом, мечтая о морской карьере, он в 1910 г. поступил в Осборнский королевский морской колледж, а затем, в 1912 г. в Дартмутский королевский морской колледж, где он стал одним из первых в классе.

Когда в 1914 г. разразилась первая мировая война, Б. начал морскую службу в качестве гардемарина на военном корабле «Карнарвон». Он принимал участие в сражениях у Фолклендских островов и Ютландии и получил звание лейтенанта в 1918 г., за несколько месяцев до прекращения военных действий. После войны он поступил на шестимесячные курсы в Магдален-колледж (Кембридж). В том же году он вышел в отставку и стал изучать физику в Кембридже, закончив его со степенью бакалавра в 1921 г.

Получение стипендии позволило ему остаться в Кембридже и работать под руководством Эрнста Резерфорда в университетской Кавендишской лаборатории, ведущем центре изучения радиоактивности и строения атома. Здесь он использовал конденсационную камеру Ч.Т.Р. Вильсона, бомбардируя атомы азота альфа-частицами (ядрами гелия). Камера Вильсона представляет собой прозрачный цилиндр, заполненный перенасыщенным паром и помещенный между полюсами электромагнита. Заряженные частицы, проходя через сосуд, создают на своем пути ионы, на которых конденсируется пар, образующий видимые следы (треки), поддающиеся фотографированию. Б. хотел выяснить природу конечных

продуктов взаимодействия между альфа-частицами и атомами азота. В 1924 г., изучив более 25 тыс. фотопластинок, он показал, что в результате столкновения альфа-частицы с атомом азота образуются ядро водорода (протон) и изотоп кислорода, подтвердив тем самым предположение Резерфорда, что из одного элемента можно искусственно получить другой.

Б. взял в Кембридже отпуск в 1924...1925 гг., чтобы изучать квантовую механику и спектральный анализ под руководством Джеймса Франка в Геттингенском университете в Германии. По возвращении он продолжил свои исследования в Кавендише и в 1930 г. стал лектором.

В 1932 г. Б. вместе с итальянским физиком Джузеппе П.С. Окьялини начал изучать космические лучи. Чтобы осуществить управление камерой Вильсона от счетчика, они соединили два счетчика Гейгера (один был расположен выше камеры, а другой ниже нее) с электрическим реле, которое включало фотокамеру как только через сосуд пролетала заряженная частица. Эта система заменила более раннюю, где фотографирование производилось через определенные промежутки времени, которая была гораздо менее эффективной при регистрации треков частиц в камере. За год работы Б. и Окьялини удалось обнаружить следы позитрона, положительно заряженной частицы с массой, равной массе электрона, тем самым подтвердив открытие позитрона, сделанное несколькими месяцами ранее американским физиком Карлом Д. Андерсоном. Более того, они были первыми, кто обнаружил, что позитроны и электроны обычно появляются парами, образующими «ливни».

Исследуя излучение радиоактивных веществ, Б. и Окьялини заметили, что ливни позитронно-электронных пар, по-видимому, возникают из гамма-лучей (коротковолновое излучение, испускаемое ядром). Поскольку позитрон обычно не встречается на Земле, они сделали вывод, что превращение гамма-излучения в электронно-позитронные пары должно удовлетворять уравнению Альберта Эйнштейна, утверждающего эквивалентность массы и энергии ($E = mc2$). Тем самым Б. и Окьялини дали первое экспериментальное подтверждение уравнения Эйнштейна в той ситуации, когда энергия переходит в массу.

Оставив Кембридж, чтобы стать профессором физики в Биркбек-колледже, вечернем колледже Лондонского университета, Б. продолжал исследования космических лучей. В 1935...1936 гг. он служил в Комитете Тизарда, созданном министерством авиации с целью усовершенствования военно-воздушной защиты Великобритании перед лицом нарастающей угрозы со стороны германских люфтваффе. В 1937 г. Б. сменил У.Л. Брэгга на посту профессора физики в Манчестерском университете. В течение года он заменил большую часть преподавателей и служащих физического факультета, которые работали в области рентгеновской кристаллографии, специализации Брэгга, служащими и преподавателями из Биркбек-колледжа, поскольку ему нужна была их помощь в исследовании космических лучей.

Во время второй мировой войны Б. оставил работу в университетской лаборатории. В качестве главного научного представителя отдела приборостроения управления Королевских военно-воздушных сил он

работал над усовершенствованием прицельного бомбометания, по линии командования противовоздушной обороны он занимался проблемой совмещения радарных систем с зенитными орудиями, по линии британского берегового командования, а затем как директор морских операционных исследований в Адмиралтействе Б. работал над совершенствованием противолодочного вооружения. Международная репутация Б. как физика способствовала его назначению в подкомитет комиссии научных исследований ВВС, возглавляемый Дж. П. Томсоном. Когда этот подкомитет представил в 1941 г. доклад правительству, в котором настаивал, чтобы Великобритания занялась производством атомной бомбы, Б. был единственным его членом, который не был с этим согласен. Убежденный, что правительство не располагает средствами для того, чтобы быстро осуществить проект, он рекомендовал Англии объединить свои усилия с Соединенными Штатами, что и было сделано.

После войны Б. критиковал решение США сбросить атомные бомбы на японские города Хиросиму и Нагасаки, считая, что это решение было вызвано политическими, а не военными причинами и представляло собой «первый акт холодной дипломатической войны с Россией». Он выразил свои взгляды в книге «Военные и политические последствия использования атомной энергии» («Military and Political Consequences of Atomic Energy»), которая появилась в 1948 г. После ее публикации роль Б. как советника правительства резко уменьшилась на многие годы.

Вернувшись в Манчестер, Б. возобновил свои исследования космических лучей. Он также предложил новую теорию, связывающую воедино магнитные свойства Земли, Солнца и звезд, но объявил ее несостоятельной несколько лет спустя. Позже он вернулся к вопросам, близким к скальному магнетизму – изучению магнитных материалов, найденных в древних скальных образованиях. По результатам полученных здесь измерений Б. сделал вывод, что смещение полюса и дрейф континентов действительно имели место.

Б. был награжден в 1948 г. Нобелевской премией по физике «за усовершенствование метода камеры Вильсона и сделанные в связи с этим открытия в области ядерной физики и космической радиации». При презентации лауреата Г.А. Айзинг, член Шведской королевской академии наук, отметил, что «огромное значение метода Вильсона для исследовательских целей не было вполне очевидным до начала 20-х гг. и это изменение отношения к нему во многом вызвано работами Б.»

Б. покинул Манчестер в 1953 г., чтобы сменить Дж. П. Томсона на посту главы физического факультета научно-технологического Империал-колледжа в Лондоне. Два года спустя он стал, кроме того, деканом по науке Королевского колледжа, входящего в Империал-колледж, и оставался на этом посту до 1960 г. В 1963 г. он ушел в отставку и стал служить советником лейбористской партии по вопросам науки и техники. Когда эта партия победила на всеобщих выборах в 1964 г., Б. возглавил

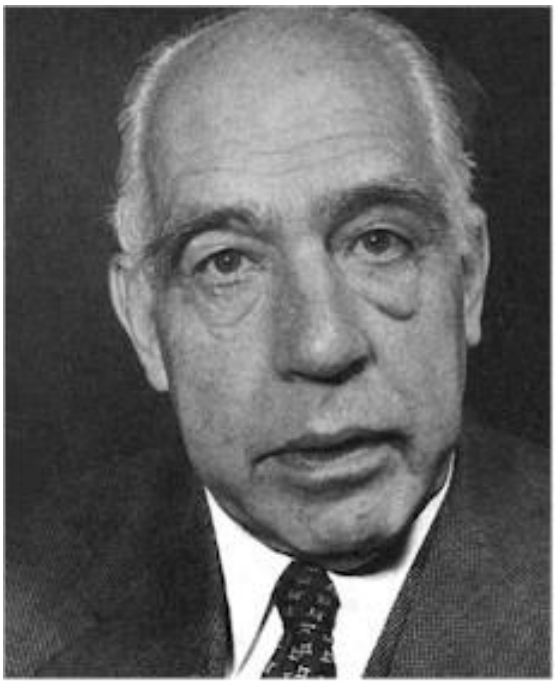
Консультативный совет по технике. В 1965 г. он ушел с этого поста, чтобы стать президентом Лондонского королевского общества.

Последние годы своей жизни Б., который называл себя фабианским социалистом, много времени и энергии посвящал политическим вопросам. Избранный в 1943 г. президентом Ассоциации научных работников, входящей в состав Британского конгресса тред-юнионов, он заявил, что «способ, с помощью которого ученые могут лучше всего помочь изменению общества, – это разделить свою судьбу с организованным рабочим классом, поскольку именно он в конечном счете получит больше всего от развития науки». Он часто читал лекции по проблемам науки и ее отношений с обществом и входил в множество организаций, в том числе в совет Института развития заморских территорий. Конференцию ООН по использованию науки и техники для экономического развития, Совет по научной политике. Посетив Ассоциацию индийского научного конгресса в 1947 г., Б. заинтересовался проблемами развития науки в Индии, а также экономическими и политическими проблемами этой страны.

В 1924 г. Б. женился на Констанции Бейон; у них родились дочь и сын. Человек высокого роста, с энергичными манерами, хороший оратор, Б. привносил энтузиазм в интересующие его области жизни, включающие не только науку, но и политические, социальные и экономические вопросы. Он умер в Лондоне 13 июля 1974 г.

Среди его многочисленных наград можно назвать Королевскую медаль (1940) и медаль Копли (1956) Лондонского королевского общества, медаль «За заслуги» правительства США (1946), медаль Дальтона Манчестерского литературного и философского общества (1949) и орден Орла Ацтеков мексиканского правительства (1970). Он был членом десяти иностранных научных обществ и обладал двадцатью почетными учеными степенями. В 1965 г. он был награжден британским орденом «За заслуги», а в 1969 г. стал пожизненным пэром, бароном Блэкеттом.

БОР (Bohr), Нильс



7 октября 1885 г. – 8 ноября 1962 г.
Нобелевская премия по физике, 1922 г.

Датский физик Нильс Хенрик Давид Бор родился в Копенгагене и был вторым из трех детей Кристиана Бора и Эллен (в девичестве Адлер) Бор. Его отец был известным профессором физиологии в Копенгагенском университете; его мать происходила из еврейской семьи, хорошо известной в банковских, политических и интеллектуальных кругах. Их дом был центром весьма оживленных дискуссий по животрепещущим научным и философским вопросам, и на протяжении всей своей жизни Б. размышлял над философскими выводами из своей работы. Он учился в Гаммельхольмской грамматической школе в Копенгагене и окончил ее в 1903 г. Б. и его брат Гаральд, который стал известным математиком, в школьные годы были заядлыми футболистами; позднее Нильс увлекался катанием на лыжах и парусным спортом.

Когда Б. был студентом-физиком Копенгагенского университета, где он стал бакалавром в 1907 г., его признавали необычайно способным исследователем. Его дипломный проект, в котором он определял поверхностное натяжение воды по вибрации водяной струи, принес ему золотую медаль Датской королевской академии наук. Степень магистра он получил в Копенгагенском университете в 1909 г. Его докторская диссертация по теории электронов в металлах считалась мастерским теоретическим исследованием. Среди прочего в ней вскрывалась неспособность классической электродинамики объяснить магнитные явления в металлах. Это исследование помогло Бору понять на ранней стадии своей научной деятельности, что классическая теория не может полностью описать поведение электронов.

Получив докторскую степень в 1911 г., Б. отправился в Кембриджский университет, в Англию, чтобы работать с Дж.Дж. Томсоном, который открыл электрон в 1897 г. Правда, к тому времени Томсон начал заниматься уже другими темами, и он выказал мало интереса к диссертации Б. и содержащимся там выводам. Но Б. тем временем заинтересовался работой Эрнеста Резерфорда в Манчестерском университете. Резерфорд со своими коллегами изучал вопросы радиоактивности элементов и строения атома. Б. переехал в Манчестер на несколько месяцев в начале 1912 г. и энергично окунулся в эти исследования. Он вывел много следствий из ядерной модели атома, предложенной Резерфордом, которая не получила еще широкого признания. В дискуссиях с Резерфордом и другими учеными Б. отрабатывал идеи, которые привели его к созданию своей собственной модели строения атома.

Летом 1912 г. Б. вернулся в Копенгаген и стал ассистент-профессором Копенгагенского университета. В этом же году он женился на Маргрет Норлунд. У них было шесть сыновей, один из которых, Оге Бор, также стал известным физиком.

В течение следующих двух лет Б. продолжал работать над проблемами, возникающими в связи с ядерной моделью атома. Резерфорд предположил в 1911 г., что атом состоит из положительно заряженного ядра, вокруг которого по орбитам вращаются отрицательно заряженные электроны. Эта модель основывалась на представлениях, находивших опытное подтверждение в физике твердого тела, но приводила к одному трудноразрешимому парадоксу. Согласно классической электродинамике, вращающийся по орбите электрон должен постоянно терять энергию, отдавая ее в виде света или другой формы электромагнитного излучения. По мере того как его энергия теряется, электрон должен приближаться по спирали к ядру и в конце концов упасть на него, что привело бы к разрушению атома. На самом же деле атомы весьма стабильны, и, следовательно, здесь образуется брешь в классической теории. Бор испытывал особый интерес к этому очевидному парадоксу классической физики, поскольку все слишком напоминало те трудности, с которыми он столкнулся при работе над диссертацией. Возможное решение этого парадокса, как полагал он, могло лежать в квантовой теории.

В 1900 г. Макс Планк выдвинул предположение, что электромагнитное излучение, испускаемое горячим веществом, идет не сплошным потоком, а вполне определенными дискретными порциями энергии. Назвав в 1905 г. эти единицы квантами, Альберт Эйнштейн распространил данную теорию на электронную эмиссию, возникающую при поглощении света некоторыми металлами (фотоэлектрический эффект). Применяя новую квантовую теорию к проблеме строения атома, Б. предположил, что электроны обладают некоторыми разрешенными устойчивыми орбитами, на которых они не излучают энергию. Только в случае, когда электрон переходит с одной орбиты на другую, он приобретает или теряет энергию, причем величина, на которую изменяется энергия, точно

равна энергетической разности между двумя орбитами. Идея, что частицы могут обладать лишь определенными орбитами, была революционной, поскольку, согласно классической теории, их орбиты могли располагаться на любом расстоянии от ядра, подобно тому как планеты могли бы в принципе вращаться по любым орбитам вокруг Солнца.

Хотя модель Бора казалась странной и немного мистической, она позволяла решить проблемы, давно озадачивавшие физиков. В частности, она давала ключ к разделению спектров элементов. Когда свет от светящегося элемента (например, нагретого газа, состоящего из атомов водорода) проходит через призму, он дает не непрерывный включающий все цвета спектр, а последовательность дискретных ярких линий, разделенных более широкими темными областями. Согласно теории Б., каждая яркая цветная линия (т.е. каждая отдельная длина волны) соответствует свету, излучаемому электронами, когда они переходят с одной разрешенной орбиты на другую орбиту с более низкой энергией. Б. вывел формулу для частот линий в спектре водорода, в которой содержалась постоянная Планка. Частота, умноженная на постоянную Планка, равна разности энергий между начальной и конечной орбитами, между которыми совершают переход электроны. Теория Б., опубликованная в 1913 г., принесла ему известность; его модель атома стала известна как атом Бора.

Немедленно оценив важность работы Б., Резерфорд предложил ему ставку лектора в Манчестерском университете – пост, который Бор занимал с 1914 по 1916 г. В 1916 г. он занял пост профессора, созданный для него в Копенгагенском университете, где он продолжал работать над строением атома. В 1920 г. он основал Институт теоретической физики в Копенгагене; за исключением периода второй мировой войны, когда Б. не было в Дании, он руководил этим институтом до конца своей жизни. Под его руководством институт сыграл ведущую роль в развитии квантовой механики (математическое описание волновых и корпускулярных аспектов материи и энергии). В течение 20-х гг. боровская модель атома была заменена более сложной квантово-механической моделью, основанной главным образом на исследованиях его студентов и коллег. Тем не менее атом Бора сыграл существенную роль моста между миром атомной структуры и миром квантовой теории.

Б. был награжден в 1922 г. Нобелевской премией по физике «за заслуги в исследовании строения атомов и испускаемого ими излучения». При презентации лауреата Сванте Аррениус, член Шведской королевской академии наук, отметил, что открытия Б. «подвели его к теоретическим идеям, которые существенно отличаются от тех, какие лежали в основе классических постулатов Джеймса Клерка Максвелла». Аррениус добавил, что заложенные Б. принципы «обещают обильные плоды в будущих исследованиях».

Б. написал много работ, посвященных проблемам эпистемологии (познания), возникающим в современной физике. В 20-е гг. он сделал решающий вклад в то, что позднее было названо копенгагенской

интерпретацией квантовой механики. Основываясь на принципе неопределенности Вернера Гейзенберга, копенгагенская интерпретация исходит из того, что жесткие законы причины и следствия, привычные нам в повседневном, макроскопическом мире, неприменимы к внутриатомным явлениям, которые можно истолковать лишь в вероятностных терминах. Например, нельзя даже в принципе предсказать заранее траекторию электрона; вместо этого можно указать вероятность каждой из возможных траекторий.

Б. также сформулировал два из фундаментальных принципов, определивших развитие квантовой механики: принцип соответствия и принцип дополнительности. Принцип соответствия утверждает, что квантово-механическое описание макроскопического мира должно соответствовать его описанию в рамках классической механики. Принцип дополнительности утверждает, что волновой и корпускулярный характер вещества и излучения представляют собой взаимоисключающие свойства, хотя оба эти представления являются необходимыми компонентами понимания природы. Волновое или корпускулярное поведение может проявиться в эксперименте определенного типа, однако смешанное поведение не наблюдается никогда. Приняв сосуществование двух очевидно противоречащих друг другу интерпретаций, мы вынуждены обходиться без визуальных моделей – такова мысль, выраженная Б. в его Нобелевской лекции. Имея дело с миром атома, сказал он, «мы должны быть скромными в наших запросах и довольствоваться концепциями, которые являются формальными в том смысле, что в них отсутствует столь привычная нам визуальная картина».

В 30-х гг. Б. обратился к ядерной физике. Энрико Фермы с сотрудниками изучали результаты бомбардировки атомных ядер нейтронами. Б. вместе с рядом других ученых предложил капельную модель ядра, соответствующую многим наблюдаемым реакциям. Эта модель, где поведение нестабильного тяжелого атомного ядра сравнивается с делящейся каплей жидкости, дало в конце 1938 г. возможность Отто Р. Фришу и Лизе Майтнер разработать теоретическую основу для понимания деления ядра. Открытие деления накануне второй мировой войны немедленно дало пищу для домыслов о том, как с его помощью можно высвобождать колоссальную энергию. Во время визита в Принстон в начале 1939 г. Б. определил, что один из обычных изотопов урана, уран-235, является расщепляемым материалом, что оказало существенное влияние на разработку атомной бомбы.

В первые годы войны Б. продолжал работать в Копенгагене, в условиях германской оккупации Дании, над теоретическими деталями деления ядер. Однако в 1943 г., предупрежденный о предстоящем аресте, Б. с семьей бежал в Швецию. Оттуда он вместе с сыном Оге перелетел в Англию в пустом бомбовом отсеке британского военного самолета. Хотя Б. считал создание атомной бомбы технически неосуществимым, работа по созданию такой бомбы уже начиналась в Соединенных Штатах, и союзникам потребовалась его помощь. В конце 1943 г. Нильс и Оге отправились в Лос-

Аламос для участия в работе над Манхэттенским проектом. Старший Б. сделал ряд технических разработок при создании бомбы и считался старейшиной среди многих работавших там ученых; однако его в конце войны крайне волновали последствия применения атомной бомбы в будущем. Он встречался с президентом США Франклином Д. Рузвельтом и премьер-министром Великобритании Уинстоном Черчиллем, пытаясь убедить их быть открытыми и откровенными с Советским Союзом в отношении нового оружия, а также настаивал на установлении системы контроля над вооружениями в послевоенный период. Однако его усилия не увенчались успехом.

После войны Б. вернулся в Институт теоретической физики, который расширился под его руководством. Он помогал основать ЦЕРН (Европейский центр ядерных исследований) и играл активную роль в его научной программе в 50-е гг. Он также принял участие в основании Нордического института теоретической атомной физики (Нордита) в Копенгагене – объединенного научного центра Скандинавских государств. В эти годы Б. продолжал выступать в прессе за мирное использование ядерной энергии и предупреждал об опасности ядерного оружия. В 1950 г. он послал открытое письмо в ООН, повторив свой призыв военных лет к «открытому миру» и международному контролю над вооружениями. За свои усилия в этом направлении он получил первую премию «За мирный атом», учрежденную Фондом Форда в 1957 г.

Достигнув 70-летнего возраста обязательной отставки в 1955 г., Б. ушел с поста профессора Копенгагенского университета, но оставался главой Института теоретической физики. В последние годы своей жизни он продолжал вносить свой вклад в развитие квантовой физики и проявлял большой интерес к новой области молекулярной биологии.

Человек высокого роста, с большим чувством юмора, Б. был известен своим дружелюбием и гостеприимством. «Доброжелательный интерес к людям, проявляемый Б., сделал личные отношения в институте во многом напоминающими подобные отношения в семье», – вспоминал Джон Кокрофт в биографических мемуарах о Б. Эйнштейн сказал однажды: «Что удивительно привлекает в Б. как ученом-мыслителе, так это редкий сплав смелости и осторожности; мало кто обладал такой способностью интуитивно схватывать суть скрытых вещей, сочетая это с обостренным критицизмом. Он, без сомнения, является одним из величайших научных умов нашего века». Б. умер 18 ноября 1962 г. в своем доме в Копенгагене в результате сердечного приступа.

Б. был членом более двух десятков ведущих научных обществ и являлся президентом Датской королевской академии наук с 1939 г. до конца жизни. Кроме Нобелевской премии, он получил высшие награды многих ведущих мировых научных обществ, включая медаль Макса Планка Германского физического общества (1930) и медаль Копли Лондонского королевского общества (1938). Он обладал почетными учеными степенями

ведущих университетов, включая Кембридж, Манчестер, Оксфорд, Эдинбург, Сорбонну, Принстон, Макгил, Гарвард и Рокфеллеровский центр.

БОР (Bohr), Оге

род 19 июня 1922 г.
Нобелевская премия по физике, 1975 г.
совместно с Бенжамином Р. Моттельсоном и Джеймсом Рейнуотером

Датский физик Оге Нильс Бор родился в Копенгагене и был четвертым из шести сыновей Маргарет (в девичестве Норлунд) Бор и Нильса Бора. Воспитываясь в атмосфере Института теоретической физики (ныне Институт Нильса Бора) в Копенгагене, который возглавлял его отец, мальчик встречал многих ведущих физиков с мировыми именами. Закончив гимназию в Сортсдаме, он начал изучать физику в Копенгагенском университете в 1940 г., в том самом году, когда Германия оккупировала Данию. Чтобы избежать неминуемого ареста службой гестапо, Нильс Бор в 1943 г. бежал в Швецию, где к нему присоединились все остальные члены семьи. После этого Оге сопровождал своего отца в Англию, а затем в США, где Бор-старший играл ведущую роль в Манхэттенском проекте по созданию атомной бомбы. В Лос-Аламосской научной лаборатории (штат Нью-Мексико) Б. был для своего отца секретарем и ассистентом во всех его делах.

Когда закончилась вторая мировая война, семейство Бор вернулось в Данию. Получив степень магистра в Копенгагенском университете в 1946 г., Б. стал ассистентом-исследователем в Институте теоретической физики. Он вернулся в Соединенные Штаты в 1949 г. для работы в Институте

фундаментальных исследований в Принстоне (штат Нью-Джерси), а также для проведения исследований в Колумбийском университете. В Колумбийском университете И.А. Раби пробудил у Б. интерес к сверхтонкой структуре дейтерия, в частности к расщеплению линий его атомного спектра, и Б. остался здесь до 1950 г., чтобы выполнить теоретические исследования. Все это время он работал в одном кабинете с Джеймсом Рейнуотером, с которым он обсуждал фундаментальные вопросы строения атомного ядра.

Б. и Рейнуотер не были удовлетворены двумя предыдущими моделями атомного ядра. Одна из них, капельная модель, была выдвинута в 1936 г. отцом Б. В ней предполагалось, что протоны и нейтроны (собирательное название – нуклоны) удерживаются вместе ядерными силами во многом так же, как молекулы воды удерживаются в капле дождя. Капельная теория давала удовлетворительное объяснение таким явлениям, как деление ядра, но она не могла объяснить некоторые другие свойства ядра и прежде всего спектр возбужденных состояний.

Другая модель была предложена Марией Гепперт-Майер и И. Хансом Д. Йенсеном. Названная оболочечной моделью, она описывает движение нуклонов по независимым концентрическим орбитам, или оболочкам, внутри ядра, аналогичным электронным оболочкам в атоме. Согласно оболочечной модели, именно сумма всех сил, вызванных нуклонами, определяет поведение каждого индивидуального нуклона. В результате возникает так называемое поле сил, которое, как полагали Гепперт-Майер и Йенсен, имеет сферическую форму. Справедливость этой модели вызывала сомнение в связи с тем, что, как показывал эксперимент, распределение электрических зарядов, окружающих некоторые ядра, не сферично.

Послушав лекцию Чарлза Х. Таунса в 1949 г., Рейнуотер понял, что орбиты могут искажаться под действием центробежных сил. Аналогичные идеи пришли и к Б., поэтому по возвращении в Копенгаген в 1950 г. Б. и Бенжамин Р. Моттельсон начали совместную работу, пытаясь дать новое описание ядерной материи. Взяв за основу представления Рейнуотера, они создали синтетическую модель, объединяющую жидкостные свойства ядра с его оболочечной структурой. Эта модель получила название коллективной модели.

В коллективной модели поверхность ядра ведет себя как поверхность капли жидкости, однако оболочечная структура подвержена деформациям, которые проявляются на поверхности в форме колебаний и вращении. Если внешняя оболочка заполнена нуклонами, утверждают Б. и Моттельсон, то ядро имеет сферическую форму, если же внешняя оболочка заполнена не до конца, то форма ядра искажается и становится дыне-образной. В таком деформированном ядре, утверждают они, будут наблюдаться новые моды колебаний и вращении, включая поверхностные волны и колебания размеров ядра.

Коллективная модель позволила Б. и Моттельсону не только вычислить вероятные свойства деформированных ядер, но и подтвердить

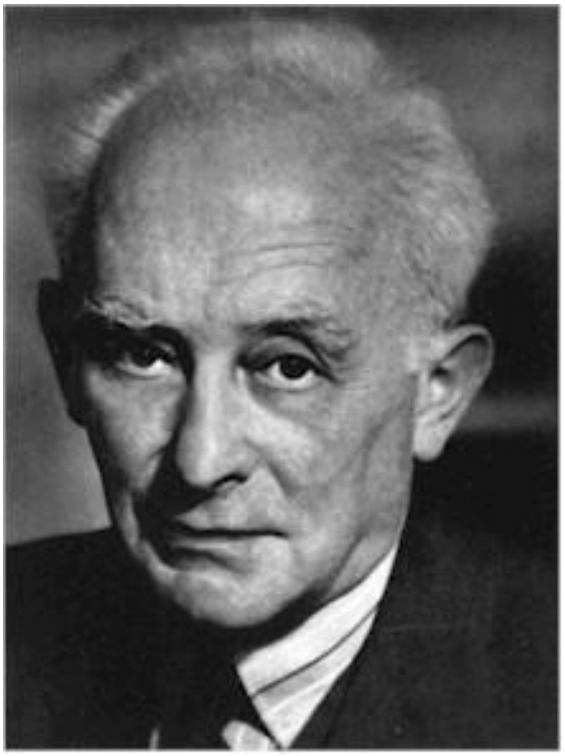
гипотезу Рейнуотера. О своих результатах они сообщили в 1953 г. В следующем году Б. получил докторскую степень в Копенгагенском университете, а в 1956 г. занял там пост профессора физики.

После смерти своего отца в 1962 г. Б. был назначен директором Института теоретической физики, на этом посту он оставался до 1970 г., когда после выхода в отставку начал новый период активной исследовательской работы. Он стал директором Нордического института теоретической атомной физики (Нордита) в 1975 г. Б., Моттельсон и Рейнуотер разделили в 1975 г. Нобелевскую премию по физике «за открытие взаимосвязи между коллективным движением и движением отдельной частицы в атомном ядре и развитие теории строения атомного ядра, базирующейся на этой взаимосвязи». В Нобелевской лекции Б. назвал свою работу с Моттельсоном «важным испытательным полигоном для многих общих идей ядерной динамики». Отклик на эти идеи, сказал он, «сыграл важную роль в развитии динамических концепций, простирающихся от небесной механики до спектров элементарных частиц»

Получив Нобелевскую премию, Б. продолжал теоретические исследования в Нордита вплоть до своего ухода в отставку в 1981 г. Он женился на Мариетте Беттине Соффер в 1950 г.; у них два сына и дочь. Три года спустя после смерти первой жены в 1978 г. он женился на Бенте Мейер. Любит слушать классическую музыку. Выступает за международную кооперацию научных исследований, называя ее «жизненным фактором развития самой науки», а также «средством укрепления знаний друг о друге и взаимопонимания между народами».

Среди прочих наград Б. можно назвать премию Дэнни Хейнемана Американского физического общества (1960), премию «За мирный атом», учрежденную Фондом Форда (1969), медаль Резерфорда Лондонского физического института (1972) и медаль Джона Прайса Уизерилла Франклиновского института (1974). Он обладает почетными учеными степенями университетов Осло, Гейдельберга, Трондхейма, Манчестера и Упсалы. Он член академий наук Дании, Норвегии, Швеции, Польши, Финляндии и Югославии, а также состоит членом американской Национальной академии наук. Американской академии наук и искусств, Американского философского общества и других профессиональных обществ.

БОРН (Born), Макс



11 декабря 1882 г. – 5 января 1970 г.
Нобелевская премия по физике, 1954 г.
совместно с Вальтером Боте

Немецкий физик Макс Борн родился в Бреслау (ныне Вроцлав, Польша) и был старшим из двух детей Густава Борна, профессора анатомии Университета Бреслау, и Маргарет (в девичестве Кауфман) Борн, талантливой пианистки, вышедшей из известной семьи силезских промышленников. Максу было четыре года, когда умерла его мать, а четыре года спустя его отец женился на Берте Липштейн, которая родила ему сына. Поскольку его семья была связана с ведущими интеллектуальными и артистическими кругами Бреслау, Б. рос в атмосфере, благоприятной для его развития. Начальное образование он получил в гимназии кайзера Вильгельма в Бреслау.

Хотя Б. собирался стать инженером, его отец посоветовал ему прослушать разнообразные курсы в Университете Бреслау, куда он и поступил в 1901 г., вскоре после смерти своего отца. В университете Б. изучал многие предметы, однако вскоре увлекся математикой и физикой. Два летних семестра он провел в университетах Гейдельберга и Цюриха. В 1904 г. он поступил в Геттингенский университет, где занимался под руководством известных математиков – Давида Гильберта и Феликса Клейна, а также Германа Минковского. Гильберт, оценив интеллектуальные способности Б., сделал его своим ассистентом в 1905 г. Б., кроме того, изучал в Геттингене астрономию. Ко времени получения степени доктора в 1907 г. за диссертацию по теории устойчивости упругих тел его интересы переместились в область электродинамики и теории относительности.

По окончании университета Б. был призван на год на военную службу в кавалерийский полк в Берлине, но вскоре, спустя несколько месяцев, был демобилизован из-за астмы. Этот краткий опыт воинской службы укрепил в нем неприязнь к войне и милитаризму, которая сохранилась у него на всю жизнь.

Следующие шесть месяцев Б. занимался в Кембриджском университете, где посещал лекции Дж.Дж. Томсона. Вернувшись в Бреслау, он начал проводить экспериментальные исследования, а затем приступил к теоретической работе по теории относительности, развитой Альбертом Эйнштейном в 1905 г. Объединив идеи Эйнштейна с математическим подходом Минковского, Б. открыл новый упрощенный метод вычисления массы электрона. Оценив эту работу, Минковский пригласил Б. вернуться в Геттинген и стать его ассистентом. Однако Борн проработал с ним всего лишь несколько недель вследствие внезапной кончины Минковского, последовавшей в начале 1909 г.

Закончив в том же году теоретическое изучение теории относительности, Б. стал лектором в Геттингене. Здесь он исследовал свойства кристаллов в зависимости от расположения атомов. Вместе с Теодором фон Карманом Б. разработал точную теорию зависимости теплоемкости от температуры – теорию, которая до сих пор лежит в основе изучения кристаллов. Кристаллическая структура оставалась главной областью исследований Б. вплоть до середины 20-х гг.

В 1915 г. Б. стал ассистент-профессором теоретической физики у Макса Планка в Берлинском университете. Во время первой мировой войны, несмотря на свое отвращение к войне, Б. проводил военные исследования по звукометрии и давал оценку новым изобретениям в области артиллерии. Именно во время войны началась его дружба с Эйнштейном. Кроме физики, этих двух людей объединяла любовь к музыке, и они с удовольствием исполняли вместе сонаты – Эйнштейн на скрипке, а Б. на фортепьяно.

После войны Б. продолжал исследования по теории кристаллов, работая вместе с Фрицем Габером над установлением связи между физическими свойствами кристаллов и химической энергией составляющих их компонент. В результате усилий двух ученых была создана аналитическая техника, известная под названием цикла Борна – Габера.

Когда Макс фон Лауэ выразил желание работать с Планком, Б. согласился поменяться с ним временно постами и отправился в 1919 г. во Франкфуртский университет, чтобы занять место профессора физики и директора Института теоретической физики. Вернувшись через два года в Геттинген, он стал директором университетского Физического института, поставив условие, чтобы его старый приятель и коллега Джеймс Франк был назначен в этот же институт руководить экспериментальной работой. Под руководством Б. Физический институт стал ведущим центром теоретической физики и математики.

Вначале Б. продолжил свои исследования по теории кристаллов в Геттингене, но вскоре он стал разрабатывать математические основы

квантовой теории. Хотя его работа с кристаллами была крайне важной и помогла заложить основы современной физики твердого тела, именно вклад Б. в квантовую теорию принес ему Нобелевскую премию.

Квантовая теория, имеющая дело с поведением атомных и субатомных систем, восходит к предположению, выдвинутому Максом Планком в 1900 г., о том, что энергия колеблющихся систем, взаимодействующих с излучением, может принимать лишь дискретные значения. Эйнштейн, обобщая эту идею, описал свет как поток частиц, которые он назвал квантами. Позднее Нильс Бор использовал квантовую теорию, чтобы пролить свет на строение атома и объяснить спектры некоторых элементов. К 20-м гг. большинство физиков было убеждено, что всякая энергия квантуется, однако первоначальная квантовая теория оставляла нерешенными множество проблем. Б. хотел создать общую теорию, которая охватывала бы все квантовые эффекты.

В 1925 г. ассистент Б. Вернер Гейзенберг сделал важнейший шаг в решении этой задачи, предположив, что в основе всех атомных явлений лежат определенные математические принципы. Хотя сам Гейзенберг не смог разобраться в математических основаниях найденных им соотношений, Б. понял, что Гейзенберг пользовался матричными операциями (математические преобразования, совершаемые по определенным правилам над таблицами чисел или переменных). С одним из студентов, Паскуалем Иорданом, Б. формализовал подход Гейзенберга и опубликовал результаты в этом же году в статье, озаглавленной «О квантовой механике» ("Zur Quantenmechanik"). Термин квантовая механика, введенный Б., должен был обозначать новую высокоматематизированную квантовую теорию, развитую в конце 20-х гг. Зимой 1925/26 г. Б. был приглашенным лектором в Массачусетском технологическом институте.

В 1926 г. Эрвин Шредингер развил волновую механику, содержащую формулировки, альтернативные квантовой механике, которая в свою очередь, как он показал, была эквивалентна формулировкам матричной механики. Возвращаясь к некоторым методам классической физики, волновая механика трактует субатомные частицы как волны, описываемые волновой функцией. Применяя принципы волновой механики и матричной механики в теории атомного рассеяния (отклонения одной частицы под воздействием другой при столкновении или прохождении ее на близком расстоянии), Б. сделал вывод, что квадрат волновой функции, вычисленный в некоторой точке пространства, выражает вероятность того, что соответствующая частица находится именно в этом месте. По этой причине, утверждал он, квантовая механика дает лишь вероятностное описание положения частицы. Борновское описание рассеяния частиц, которое стало известным как борновское приближение, оказалось крайне важным для вычислений в физике высоких энергий. Вскоре после опубликования борновского приближения Гейзенберг обнародовал свой знаменитый принцип неопределенности, который утверждает, что нельзя одновременно

определить точное положение и импульс частицы. Снова здесь возможно лишь статистическое предсказание.

Статистическая интерпретация квантовой механики развивалась дальше Б., Гейзенбергом и Бором; поскольку Бор, который жил в Копенгагене, проделал большую работу по этой интерпретации, она стала известна как копенгагенская интерпретация. Хотя ряд основателей квантовой теории, включая Планка, Эйнштейна и Шредингера, не соглашались с таким подходом, поскольку он отвергает причинность, большинство физиков приняло копенгагенскую интерпретацию как наиболее плодотворную. Б. и Эйнштейн вели длительную полемику в письмах по этому вопросу, хотя фундаментальное научное расхождение никогда не омрачало их дружбы. Известность Б. как реформатора квантовой механики, которая легла в основу новой картины строения атома и последующего развития физики и химии, привлекла многих одаренных молодых физиков к нему в Геттинген.

После посещения физической конференции в Ленинграде в 1928 г. у Б. ухудшилось состояние здоровья, сказались физические нагрузки, и он вынужден был провести год в санатории. Здесь он не терял времени даром, написав учебник по оптике, позднее запрещенный нацистами, но широко использовавшийся в англоязычных странах. Это был один из нескольких учебников и популярных трудов, написанных Б. по различным общим физическим вопросам; он опубликовал большое количество и специальных работ.

Б. стал деканом научного факультета в Геттингене в 1932 г., однако после прихода к власти гитлеровцев и издания антисемитских гражданских законов он был изгнан со своего поста. Покинув Германию и перебравшись в Великобританию, он в течение следующих трех лет был лектором в Кембридже. Проведя шесть месяцев в Индийском физическом институте в Бангалоре, где он работал с индийским физиком Венката Романом, Б. занял пост профессора натурфилософии в Эдинбургском университете в 1936 г. Здесь он преподавал и проводил исследования вплоть до своего ухода в отставку в 1953 г., когда он стал почетным профессором в отставке в Эдинбурге.

Хотя некоторые студенты и коллеги Б. уже успели получить Нобелевскую премию за работы по квантовой теории, вклад самого Борна не был столь высоко оценен до 1954 г., когда он был награжден Нобелевской премией по физике «за фундаментальные исследования по квантовой механике, особенно за его статистическую интерпретацию волновой функции». Он разделил премию с Вальтером Боте, который был награжден за экспериментальную работу по элементарным частицам. В Нобелевской лекции Б. описал истоки квантовой механики и ее статистической интерпретации, задавшись вопросом: «Можем ли мы нечто, с чем нельзя ассоциировать привычным образом понятия «положение» и «движение», называть предметом или частицей?» И следующим образом заключил: «Ответ на этот вопрос принадлежит уже не физике, а философии».

Б. женился на Хедвиге Еренберг, дочери геттингенского профессора права, в 1913 г. У них были сын, который стал главой фармакологического факультета в Кембридже, и две дочери.

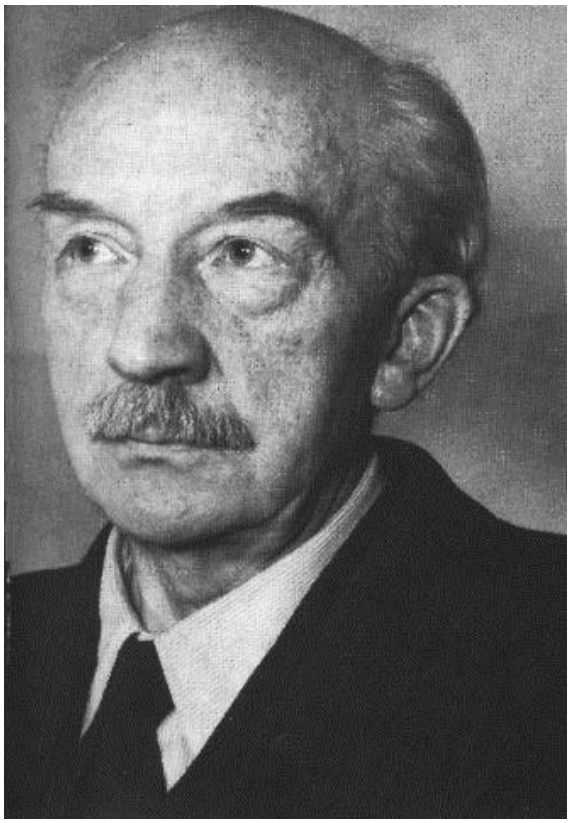
Вскоре после своей отставки Б. с женой поселился в Бад-Пирмонте, небольшом городке вблизи Геттингена, их пенсионные права и конфискованная собственность были восстановлены послевоенным правительством. Здесь Б. продолжал свою научную работу, готовил новые издания своих публикаций, писал и выступал с лекциями о социальной ответственности ученых, особенно в связи с применением ядерного оружия. В 1955 г. он был одним из шестнадцати нобелевских лауреатов, которые собрались на острове Майнау, расположенном на озере Констанс в Швейцарии, чтобы выработать заявление, осуждающее дальнейшую разработку и использование ядерного оружия. В конце концов эту декларацию подписал пятьдесят один нобелевский лауреат. Два года спустя Б. был одним из восемнадцати геттингенцев, все из группы ведущих западногерманских физиков, которые поклялись не принимать участия в разработке и производстве такого оружия и которые участвовали в кампании против ядерного вооружения Западной Германии.

Б. умер в геттингенском госпитале 5 января 1970 г.

Хотя Б. больше всего помнят в связи с его работами в области квантовой механики, его исследования и труды сыграли важную роль во всех тех областях, которых они касались. «Мне никогда не нравилось быть узким специалистом, – написал он в своей автобиографии. – Я не слишком подошел бы к современной манере проводить научные исследования большими группами специалистов. Философское основание науки – вот что всегда интересовало меня больше, чем конкретные результаты».

Многочисленные награды Б., кроме Нобелевской премии, включают Стоуксскую медаль Кембриджского университета (1936), медаль Макса Планка Германского физического общества (1948) и медаль Хьюза Лондонского королевского общества (1950). Он получил девять почетных докторских степеней и был членом многих научных обществ и академий, включая Лондонское королевское общество и американскую Национальную академию наук.

БОТЕ (Bothe), Вальтер



8 июня 1891 г. – 8 февраля 1957 г.
Нобелевская премия по физике, 1954 г.
совместно с Максом Борном

Немецкий физик Вальтер Вильгельм Георг Бою родился в Ораниенбурге. Его отец, Фридрих Боте, был торговцем. В 1908 г. Б. поступил в Берлинский университет, где изучал физику, математику и химию. В 1914 г., работая под руководством Макса Планки. он получил докторскую степень за теоретическое исследование взаимодействия света с молекулами.

Во время первой мировой войны Б. служил в германской армии. В 1915 г. он был взят в плен русскими и отправлен в Сибирь, где изучал русский язык и сумел продолжить свои занятия теоретической физикой. Вернувшись в Германию в 1920 г., он стал работать под руководством Ханса Гейгера (изобретателя счетчика Гейгера) в радиационной лаборатории Государственного физико-технического института, где он недолго работал еще в 1913 г. (Позднее он считал, что именно Гейгер направил его усилия в сторону физики.) Одновременно с этим Б. преподавал физику в Берлинском университете.

В начале 20-х гг. Б. проводил экспериментальные и теоретические исследования отклонений альфа- и бета-частиц в веществе. Большая часть работ в этой области касалась единичных взаимодействий частиц с отдельными атомами. Однако Б. изучал гораздо более трудный случай, когда быстрая частица, пролетающая сквозь вещество, взаимодействует с большим

числом атомов, причем каждый акт взаимодействия приводит к отклонению частицы, пропорциональному его силе. Так как при прохождении сквозь тело сильное однократное взаимодействие маловероятно, то полное отклонение частицы определяется в основном большим числом малых отклонений. Для решения этой задачи Б. разработал специальный статистический подход.

В течение первых двух десятилетий XX в. Макс Планк, Альберт Эйнштейн, Нильс Бор и другие создали квантовую теорию, основу для изучения атомных и субатомных систем. Эта теория, основанная на идее, что энергия передается дискретными порциями, или квантами, разрешила некоторые дилеммы классической физики, хотя взамен поставила собственные проблемы. Из квантовой теории с очевидностью вытекало, что свет, как и вообще электромагнитное поле, обладает характеристиками как волн, так и частиц – дуализм, который многие физики воспринимали с трудом. Эксперименты, проведенные в начале 20-х г., подтвердили идею о том, что объекты, которые очень долго считались волнами (такие, как свет), могут вести себя подобно частицам, тогда как те, что считались частицами (например, электрон), могут вести себя как волны. Одним из наиболее впечатляющих подтверждений этого явилось сделанное в 1923 г. Артуром Х. Комптоном открытие (ныне известное как эффект Комптона), состоящее в том, что рентгеновские лучи. которые ранее считались волнами, рассеиваются электронами в веществе так, как если бы они были частицами.

В 1924 г. Нильс Бор. Хендрик Крамере и Джон Слейтер попытались разрешить проблему волны-частицы, предложив новую формулировку квантовой теории, в которой отвергались некоторые основополагающие принципы классической физики. Согласно хорошо известным законам сохранения, энергия и импульс сохраняются, т.е. при любом взаимодействии полная энергия и импульс системы тел до взаимодействия равны полной энергии и импульсу после взаимодействия. Бор, Крамере и Слейтер предположили, что на атомном уровне при индивидуальных взаимодействиях частиц не должны сохраняться ни энергия, ни импульс, они сохраняются лишь в сумме многих индивидуальных взаимодействий. Однако существовавшие тогда методы исследования элементарных частиц не подходили для проверки статистической интерпретации законов сохранения, предложенной Бором и его коллегами. Прочитав их статью, Б. решил разработать методику, которая позволила бы подтвердить их предположение.

Эксперимент Комптона в 1923 г. показал, что, когда кванты рентгеновских лучей рассеиваются при столкновении с электронами, они теряют часть своей энергии и импульса. Комптон предсказал, а Ч.Т.Р. Вильсон подтвердил, что вовлеченные в такие столкновения электроны получают отдачу, т.е. выбиваются из атомов. Б. понимал, что если классические законы сохранения действуют на атомном уровне, то при столкновении должен получаться как рассеянный квант, гак и отскочивший электрон: энергия и импульс, потерянные квантом, должны переходить к электрону. С другой стороны, если справедлива предложенная статистическая интерпретация сохранения, то при каждом заданном

столкновении должно быть лишь случайное соотношение между рассеиванием кванта и выбиванием электрона из атома. Поэтому Б. решил воспользоваться для проверки гипотезы Бора эффектом Комптона.

Оригинальный счетчик Гейгера, изобретенный в 1913 г., мог регистрировать лишь тяжелые заряженные частицы; однако к 1924 г. Гейгер создал модифицированный счетчик, названный игольчатым, который был способен регистрировать электроны. Работая вместе с Гейгером, Б. придумал специальный метод использования этого счетчика. получивший впоследствии название «метод совпадений». Два игольчатых счетчика, заполненные водородом, были связаны таким образом, что, когда на них направлялся пучок рентгеновских лучей, столкновения между квантами лучей и электронами атомов водорода происходили в первом счетчике. Электроны отдачи регистрировались этим счетчиком, тогда как рассеянные кванты проходили во второй, где они выбивали значительно меньшее число электронов, регистрируемых вторым счетчиком, демонстрируя тем самым наличие рассеянных квантов. Возникающие при регистрации частиц электрические импульсы счетчиков автоматически фиксировались, позволяя исследователю решать, совпадают ли они во времени.

Б. и Гейгер обнаружили, что одновременная регистрация рассеянного кванта и выбитою электрона происходит слишком часто, чтобы это можно было считать случайным, а их статистические оценки показали, что обе частицы всегда возникают при каждом столкновении. Отсюда они сделали вывод, что статистическая гипотеза Бора неверна. Их исследование показало, что классические законы сохранения справедливы и для отдельных актов взаимодействия на субатомном уровне. Их вывод, с которым согласились Бор и другие физики, повлиял на развитие в 20-х гг. квантовой механики, комплексной математической трактовки квантовой теории.

Метод совпадения Б., за который он впоследствии получил Нобелевскую премию по физике, стал важным инструментом в современных системах регистрации и измерения частиц, хотя сегодня физики пользуются значительно более совершенными счетчиками, регистрирующими лишь совпадающие события. Например, при наблюдении за частицами, освобождающимися в результате ядерной реакции, исследователи могут так отрегулировать свои приборы, чтобы они регистрировали только данные, удовлетворяющие ряду указанных критериев. Затем они могут провести статистический анализ полученных данных, чтобы выявить, идет ли речь о случайных совпадениях или о тех реакциях, которые они ищут.

Начиная с 1926 г. Б. изучал превращения элементов, которые происходят при бомбардировке их ядер альфа-частицами, и в 1930 г. он со своими коллегами обнаружил новое, обладающее высокой проникающей способностью излучение, которое возникало при бомбардировке альфа-частицами бериллия. Эта работа привела к открытию в 1932 г. нейтрона Джеймсом Чедвиком. В 1929 г. Б. совместно с Вернером Кольхерстером использовал метод совпадений для обнаружения космических лучей. В этих

исследованиях было установлено, что космические лучи представляют собой поток частиц высокой энергии, а не гамма-лучей, как обычно считалось.

В 1930 г. Б. становится директором Физического института при Гессенском университете. Два года спустя его назначили директором Физического института при Гейдельбергском университете, а в 1934 г. он занял пост директора Физического института при Институте медицинских исследований Макса Планка в Гейдельберге. В Институте Макса Планка он курировал строительство циклотрона, ускорителя частиц, используемого в ядерных исследованиях. Строительство было завершено в 1943 г.

Во время второй мировой войны Б. был одним из ведущих участников проекта по ядерной энергии, возглавляемого Вернером Гейзенбергом. Он изучал свойства ядер урана и разрабатывал теорию диффузии нейтронов, описывающую рассеяние нейтронов, их поглощение и рождение в системах, содержащих расщепляемые элементы, подобные урану. После войны Б. вернулся к проблемам рассеяния электронов и физике космических лучей; он также внес свой вклад в теоретическое понимание бета-распада и гамма-излучения ядер.

В 1954 г. Б. был награжден Нобелевской премией по физике «за метод совпадений и сделанные в связи с этим открытия». Он разделил премию с Максом Борном, который был награжден за его вклад в квантовую механику. Страдающий серьезными нарушениями кровообращения и прикованный к постели, Б. не смог приехать на церемонию награждения и послал свою дочь получить премию от его имени. «Я думаю, что главный урок, который я получил от Гейгера, – писал Б. в своей Нобелевской лекции, – состоял в том, чтобы среди множества возможных и, вероятно, полезных экспериментов суметь выбрать тот, который является наиболее насущным в настоящий момент, и проводить ею, используя самую простую аппаратуру».

Несмотря на свою болезнь, Б. продолжал руководить институтом в Гейдельберге. Его болезнь причиняла ему массу страданий и мешала в полной мере насладиться пришедшей славой.

Б. женился в 1920 г. на москвичке Варваре Беловой, у них было двое детей. Известный своей работоспособностью, Б. был строг в лаборатории, но сердечен и гостеприимен дома. Он был одаренным художником, писавшим как маслом, так и акварелью, и страстным пианистом, который особенно любил играть Баха и Бетховена. Он умер в Гейдельберге 8 февраля 1957 г.

Кроме Нобелевской премии, Б. был награжден медалью Макса Планка Германского физического общества и Большим крестом ордена «За федеральную службу» правительства ФРГ. В 1952 г. он стал кавалером правительственного ордена «За заслуги в науке и искусстве». Он был членом академий наук Гейдельберга и Геттингена, а также Саксонской академии наук в Лейпциге.

БРАТТЕЙН (Brattain), Уолтер

10 февраля 1902 г. – 13 октября 1987 г.
Нобелевская премия по физике, 1956 г.
совместно с Джоном Бардином и Уильямом Шокли

Американский физик Уолтер Хаузер Браттейн родился в г. Амой (Сямынь) на юго-востоке Китая. Сын Росса Р. Браттейна, учителя частной школы для китайских детей, и Оттилии (Хаузер) Браттейн, он был старшим из пятерых детей. В раннем детстве Б. семья вернулась в штат Вашингтон, где выросли старшие Браттейны, и обосновалась в Тонаскете. Его отец приобрел участок земли, стал владельцем скотоводческого ранчо и мельницы. Мальчик посещал школу в Тонаскете, затем поступил в Уайтмен-колледж в Балла Валла, выбрав в качестве профилирующих предметов математику и физику. Он стал бакалавром в 1924 г., получил степень магистра по физике в Орегонском университете в 1926 г. и защитил докторскую диссертацию по физике в Миннесотском университете в 1929 г. Хотя Б. нравилась жизнь на ранчо, на лоне природы, фермерский труд он ненавидел. «Хождение в пыли за тремя лошадьми и бороной вот что сделало из меня физика», – скажет он впоследствии.

В рамках своей докторской программы Б. провел 1928/29 академический год в Национальном бюро стандартов США, где работал над увеличением точности измерений времени и частоты колебаний, а также помогал разрабатывать портативный генератор с температурной регулировкой. В 1929 г. он поступил в лаборатории «Белл телефон» в качестве физика-исследователя и работал здесь до выхода в отставку в 1967 г., после чего вернулся в Уайтмен-колледж, чтобы преподавать физику и заниматься изучением живых клеток.

Первые 7 лет в лабораториях «Белл» Б. изучал такие явления, как влияние адсорбционных пленок на эмиссию электронов горячими поверхностями, электронные столкновения в парах ртути, занимался магнитометрами, инфракрасными явлениями и эталонами частоты В то время главным электронным усилительным устройством была трехэлектродная вакуумная лампа (триод), изобретенная Ли де Форестом в 1907 г. Еще в конце XIX в. Томас Эдисон, занимаясь проблемами электрического освещения, обнаружил, что между раскаленной нитью и вторым электродом, если их поместить в герметическую колбу, откачать воздух и подсоединить батарею, возникает электрический ток. Так родилась двухэлектродная лампа (диод) Позднее физики показали, что нить испускает электроны, которые несут отрицательный заряд и притягиваются положительным электродом. Поскольку диоды проводят ток только в одном направлении, они стали использоваться как выпрямители, превращающие переменный, меняющий направление ток в постоянный ток, текущий только в одном направлении. Де Форест вставил проволочную сетку (решетку) между излучателем электронов (катодом) и положительным электродом (анодом) Небольшое изменение напряжения на сетке ведет к большим изменениям тока, текущего сквозь сетку между катодом и анодом, тем самым позволяя усиливать сигнал, приложенный к сетке. Высокая температура, необходимая для эмиссии электронов, сокращает срок жизни катода и портит электронную лампу. Б. обнаружил, что некоторые тонкие катодные покрытия обеспечивают удовлетворительную эмиссию при меньших температурах, усиливая эффект и продлевая срок жизни лампы.

Когда в 1936 г. в лаборатории «Белл» пришел Уильям Шокли, он быстро включился в исследования свойств материалов, называемых полупроводниками Его целью было заменить вакуумные электронные лампы приборами из твердых материалов, которые были бы меньше размером, менее хрупкими и энергетически более эффективными Электропроводность полупроводников занимает промежуточное положение между электропроводностью проводников (главным образом металлов) и изоляторов и сильно меняется при наличии даже небольших количеств примесей. В первых полупроводниковых радиоприемниках использовался контакт между витком тонкой проволоки (усиком) и куском минерала галенита (полупроводником) для детектирования малых сигналов от принятых антенной радиоволн. Исследуя полупроводники, Б. и Шокли искали материал, который мог бы как детектировать, так и усиливать сигналы Их исследования были прерваны войной. С 1942 по 1945 г. они работали в отделе военных исследований при Колумбийском университете, где занимались применением научных разработок в противолодочной борьбе. Шокли отошел от исследований еще раньше, чтобы работать над радаром.

Когда после войны Б. и Шокли вернулись в лаборатории «Белл», к ним присоединился физик-теоретик Джон Бардин. В этом содружестве Б. выполнял роль экспериментатора, который определял свойства и поведение исследуемых материалов и приборов. Шокли выдвинул теоретическое

предположение, что воздействуя на ток электрическим полем от приложенного напряжения, можно получить усилитель с полевым воздействием. Это поле должно действовать аналогично тому полю, которое возникает на сетке триодного усилителя. Группа создала много приборов, чтобы проверить теорию Шокли, но все безрезультатно.

Тут Бардину пришла в голову мысль, что поле не может проникнуть внутрь полупроводника из-за слоя электронов, расположенных на его поверхности. Это вызвало интенсивные исследования поверхностных эффектов. Поверхности полупроводников были подвергнуты воздействию света, тепла, холода, они смачивались жидкостями (изолирующими и проводящими) и покрывались металлическими пленками. В 1947 г., когда группа глубоко разобралась в поведении поверхности полупроводников, Б. и Бардин сконструировали прибор, в котором впервые проявилось то, что позднее стало известно как транзисторный эффект. Этот прибор, названный точечно-контактным транзистором, состоял из кристалла германия, содержащего небольшую концентрацию примесей. С одной стороны кристалла располагались два контакта из золотой фольги, с другой стороны был третий контакт. Положительное напряжение прикладывалось между первым золотым контактом (эмиттером) и третьим контактом (базой), а отрицательное напряжение – между вторым золотым контактом (коллектором) и базой. Сигнал, поступающий на эмиттер, оказывал влияние на ток в контуре коллектор – база. Хотя этот прибор усиливал сигнал, как и было задумано, но принцип его работы не находил удовлетворительного объяснения, что вызвало новый тур исследований.

Хотя теория полупроводников во многом уже была разработана с помощью квантовой механики, предсказания этой теории еще не нашли адекватного количественного подтверждения в эксперименте. Атомы в кристаллах держатся вместе с помощью электронов, наиболее слабо связанных со своими ядрами. В совершенном кристалле связи, как принято говорить, «насыщены» или «заполнены». Электроны трудно оторвать, они с трудом перемещаются, что приводит к очень высокому электрическому сопротивлению. Такой кристалл представляет собой изолятор. Однако вкрапления чужеродных атомов, которые не вполне подходят к данной структуре, приводят либо к появлению избыточных электронов, способных участвовать в электрическом токе, либо к дефициту электронов, известному как «дырки». В математической модели дырки движутся, как если бы они были положительно заряженными электронами, хотя и с другой скоростью. Фактически дырки представляют собой места, покинутые электронами, и, следовательно, все выглядит так, как если бы дырки двигались в обратном направлении, в то время как электроны двигаются в прямом направлении, заполняя ранее пустые места и образуя новые дырки там, откуда они ушли. Оказалось, что для объяснения действия транзистора нужно учитывать комплексное взаимодействие примесей разных видов и концентраций, локальный характер контактов между различными материалами и вклад,

который дают в ток как электроны, так и дырки. Важная роль дырок не была в должной мере предугадана заранее.

Шокли предсказал, что прибор можно улучшить, заменив металлополупроводниковые контакты более качественными контактами между различными типами полупроводников, в одном из которых доминируют избыточные электроны (n-тип), а в другом дырки (p-тип). Удачная модель, названная плоскостным транзистором, была сделана в 1950 г. Она состояла из тонкого слоя p-типа, расположенного – наподобие сандвича – между двумя слоями n-типа с металлическими контактами в каждом слое. Этот прибор работал именно так, как и предсказывал Шокли. Плоскостные транзисторы стали широко использоваться вместо точечно-контактных типов, поскольку их было легче изготовлять и они лучше работали. Раннюю идею Шокли, транзистор с полевым воздействием, долго не удавалось осуществить, поскольку среди доступных материалов не было подходящих. Работающий полевой транзистор был построен на основе кристаллов кремния, когда методы выращивания и очистки кристаллов достаточно далеко продвинулись вперед.

Подобно электронной лампе, транзисторы позволяют небольшому току, текущему в одном контуре, контролировать гораздо больший ток, текущий в другом контуре. Транзисторы быстро вытеснили радиолампы всюду, за исключением тех случаев, где требуется управлять очень большой мощностью, как, например, в радиовещании или в промышленных нагревательных радиочастотных установках. Биполярные транзисторы обычно используются там, где требуется высокая скорость, так же как и в высокочастотных установках, где нет настоятельной необходимости применять электронные лампы. Полевые транзисторы – это основной тип транзисторов, используемых в электронных приборах. Его легче изготовлять, а энергии он потребляет даже меньше биполярного транзистора. Хотя часть транзисторов еще делают из германия, большая часть их изготовляется из кремния, который более устойчив к воздействию высоких температур. С дальнейшим развитием технологии стало возможным располагать в одном кусочке кремния до миллиона транзисторов, и это число продолжает возрастать. Подобные кремниевые блоки служат основой для быстрого развития современных компьютеров, средств связи и управления.

Нобелевскую премию по физике за 1956 г. Б. разделил с Бардином и Шокли. Они были награждены «за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта». В своей Нобелевской лекции «Поверхностные свойства полупроводников» ("Surface Properties of Semiconductors") Б. подчеркнул важность поверхностей, «где происходит много, если не большинство, интересных и полезных явлений. В электронике с большинством, если не со всеми, элементов контура связаны неравновесные явления, происходящие на поверхностях».

Дальнейшие исследования Б., посвященные свойствам полупроводников и их поверхностей, были чрезвычайно важны для полевых

транзисторов, которые очень чувствительны к поверхностным дефектам, и для солнечных батарей, свойства которых определяются электрическими свойствами поверхности.

В 1935 г. Б. женился на Керен Джилмор, занимавшейся физической химией; у них был сын. В 1957 г. она умерла, а через год Б. женился на Эмме Джейн Кирш Миллер. Б. известен как человек прямой и искренний. Среди его увлечений – гольф, рыбная ловля и чтение книг.

Среди других наград Б. можно назвать медаль Стюарта Баллантайна Франклиновского института (1952 г.), премию Джона Скотта г. Филадельфии (1955 г.) и почетную награду выпускникам Орегонского университета (1976 г.). Он обладает пятью почетными докторскими степенями, состоит членом Национальной академии наук и Почетного общества изобретателей, а также является членом Американской академии наук и искусств, Американской ассоциации содействия развитию науки и Американского физического общества.

БРАУН (Braun), Фердинанд

6 июня 1850 г. – 20 апреля 1918 г.
Нобелевская премия по физике, 1909 г.
совместно с Гульельмо Маркони

Немецкий физик и изобретатель Карл Фердинанд Браун родился в г. Фульда, в семье Конрада Брауна и Франциски (Геринг) Браун. Окончив местную гимназию, он учился в Марбургском университете, а затем выполнял докторскую работу по физике в Берлинском университете. Здесь под руководством немецкого физика Георга Квинке он написал диссертацию о колебаниях упругих стержней и струн и. получил докторскую степень в

1872 г. Когда в том же году Квинке принял назначение на пост в Вюрцбургском университете, Б. последовал за ним в качестве его ассистента. В 1874 г. Б. стал директором гимназии Томаса в Лейпциге. Тогда же он открыл свойство минеральных кристаллов сульфидов металлов, подобных галениту и пириту, проводить электрический ток лишь в одном направлении. Пять десятилетий спустя законы, открытые Б., были использованы в детекторных приемниках.

В 1876 г. Б. вернулся в Марбург в качестве профессора теоретической физики и проработал там четыре года. С 1880 по 1883 г. он был профессором теоретической физики в Страсбургском университете, затем до 1885 г. – профессором физики в Техническом университете в Карлсруэ. В течение следующих десяти лет он работал профессором экспериментальной физики в Тюбингенском университете и организовал при нем Физический институт. В 1895 г. Б. вернулся в Страсбургский университет профессором физики и директором Страсбургского физического института, где и были выполнены его наиболее известные исследования.

В 1897 г. Б. изобрел осциллоскоп – прибор, в котором переменное напряжение перемещало пучок электронов внутри вакуумной трубки с катодными лучами. След, оставляемый этим пучком на поверхности трубки, можно было графически преобразовать с помощью вращающегося зеркала, давая тем самым зрительный образ меняющегося напряжения. Трубка Брауна легла в основу телевизионной техники, т. к. работа кинескопа основана на том же принципе.

Примерно в это время Б. начал исследования по беспроволочной телеграфии. Итальянский инженер-электрик Гульельмо Маркони только что передал беспроволочные послания по воздуху на расстояние в 9 миль. Б. был озадачен теми трудностями, с которыми встретился Маркони, пытаясь увеличить дальность передачи просто за счет увеличения мощности передатчика. В передатчике Маркони использовался электрический искровой аппарат, генерирующий так называемые волны Герца (периодические колебания), которые распространялись в пространстве. До некоторого момента увеличение «искрового промежутка» действительно вело к увеличению дальности передачи. Б. обнаружил, что, когда искровой зазор становится больше некоторого определенного размера, возникающие волны интерферируют друг с другом, что ведет к ослаблению передачи. В течение года он разработал передатчик Брауна, где использовался безискровой антенный контур.

В передатчике Брауна колебательный контур, в котором генерировалась энергия волн, был магнитной цепью с помощью трансформатора связан с антенной, которая ранее включалась непосредственно в цепь контура. Существенной чертой системы Б. было включение конденсатора в контур, содержащий разрядник, что ныне используется в радио- и телепередатчиках и радарах. Более того, трудности изоляции, так досаждавшие в передатчике Маркони, практически не существовали в брауновской безыскровой телеграфии. В приемнике Б.

использовал прямую связь цепи конденсатора и антенны; В силу резонанса колебания от передающей станции производили максимальный эффект в таком приемном устройстве, у которого период колебаний совпадал с периодом колебаний передающей станции, другими словами, когда они настроены на одну частоту. В результате стало возможным выбирать частоту, на которую откликается принимающая станция, так, чтобы сигналы другой частоты от других передатчиков не мешали ее работе.

Б. взял патент на свое изобретение в 1899 г. и основал «Телеграфную компанию профессора Брауна», через которую и внедрял свои последующие изобретения. Среди них был кристаллический детектор (предшественник транзистора), знаменовавший собой огромный шаг вперед по сравнению с когерером, который использовал Маркони. В 1901 г. он опубликовал свои статьи по беспроволочной телеграфии в виде буклета, озаглавленного «Беспроволочная телеграфия по воде и по воздуху» ("Wireless Telegraphy Through Water and Air"). В следующем году он продемонстрировал первую функциональную передачу и прием направленной беспроволочной связи, где использовались направленный передатчик и направленный приемник.

Свой последний важный вклад в науку он сделал в 1904 г. Б. удалось продемонстрировать с помощью узкополосного приемника, что как свет, так и электромагнитные волны одинаково отражаются и поглощаются небольшими решетками, установленными под разными углами к падающему излучению. Это свидетельствовало о том, что свет представляет собой электрические колебания, и служило дополнительным подтверждением теоретических выводов, сделанных в 1860-х гг. шотландским физиком Джеймсом Клерком Максвеллом.

Б. и Маркони получили в 1909 г. Нобелевскую премию по физике «в знак признания их вклада в создание беспроволочной телеграфии». В своей Нобелевской лекции Б. процитировал собственную лекцию, прочитанную им в 1890 г. «Иногда беспроволочную телеграфию определяют как искровую телеграфию, и до сих пор не удается обойтись без искры в том или ином случае. Здесь, однако, она сделана максимально безвредной. Это важно. Ибо искра, порождающая волны, затем их же разрушает... То, к чему мы стремились, правильнее всего следовало бы назвать безыскровой телеграфией...» «Я счастлив думать, – продолжал он, – что мы заметно приблизились к этой цели и в результате сделали передатчик еще более эффективным».

В 1886 г. Б. женился на Амелии Бюхлер, у них было два сына и две дочери. Будучи в общении приятным и дружелюбным человеком. Б., по мнению его коллег и ассистентов, был лишен высокомерия и заносчивости. Он любил заниматься живописью, делать эскизы, путешествовать и писать рассказы для детей. В 1914 г. Б. отправился в Нью-Йорк, чтобы дать свидетельские показания по одному патентному спору. Многочисленные отсрочки дела, а также собственные недомогания задержали его в Нью-Йорке до 1917 г. А поскольку в этом году Соединенные Штаты вступили в первую

мировую войну, Б. не было разрешено вернуться в Германию. Заболев в доме своего сына, он умер 20 апреля 1918 г. в госпитале Бруклина.

БРИДЖМЕН (Bridgman), Перси Уильямс

21 апреля 1882 г. – 20 августа 1961 г.
Нобелевская премия по физике, 1946 г.

Американский физик Перси Уильямс Бриджмен родился в Кембридже (штат Массачусетс). Он был единственным ребенком Раймонда Ландона Бриджмена, газетного репортера, публициста, и Мэри Энн Марии Бриджмен, в девичестве Уильямс. Вскоре после его рождения семья переехала в г. Ньютон, где Б. рос, посещая приходскую церковь, играя в шахматы и занимаясь спортом. Учитель средней школы в Ньютоне посоветовал ему выбрать своей стезей науку.

В 1990 г. Б. поступил в Гарвардский университет, положив начало своему длительному сотрудничеству с этим учебным заведением. Он выбрал для изучения химию, математику и физику, получив с отличием диплом бакалавра в 1904 г. В следующем году ему была присвоена степень магистра, а в 1908 г. он стал доктором наук, защитив диссертацию о влиянии давления на электрическое сопротивление ртути. Начав свою карьеру научным сотрудником в 1908 г., Б. в 1910 г. становится преподавателем, в 1913 г. – ассистент-профессором, в 1919 г. – профессором, в 1950 г. – университетским профессором и в 1954 г. – почетным профессором в отставке.

Результат его научной работы огромен – 260 статей и 13 книг, что не в последнюю очередь связано с его отказом от всех общественных обязанностей: его никогда не видели на факультетских собраниях и очень редко – в университетском комитете. Заявление: «Меня не интересует ваш

колледж, я хочу заниматься исследованиями», которое он сделал ректору университета Эбботту Лоуренсу Лауэллу, характеризует его как индивидуалиста, что выражалось также в его нежелании проводить совместные исследования или брать более самого необходимого числа аспирантов.

В 1905 г. Б. изобрел герметизированный метод изоляции сосудов с газом, находящимся под высоким давлением. Принцип конструкции Б. состоял в том, что изолирующая прокладка, сделанная из резины или мягкого металла, была сжата под давлением большим, чем давление внутри сосуда. Запечатывающая пробка автоматически уплотняется по мере возрастания давления и никогда не дает течи независимо от величины давления, пока выдерживают стенки сосуда.

Создание высокопрочных закаленных легированных стальных сплавов, содержащих карбид вольфрама с кобальтовой добавкой (карболой), позволило Б. использовать свои постоянно совершенствуемые аппараты для измерения сжимаемости, плотности и точки плавления сотен материалов в зависимости от давления и температуры. В своих работах он установил, что многие материалы под действием высокого давления становятся полиморфными, их кристаллическая структура меняется, допуская более плотную упаковку атомов в кристалле. Его исследования порожденного давлением полиморфизма вскрыли две новые формы фосфора и «горячий лед» – лед, который устойчив при 180° по Фаренгейту и давлении около 20 тыс. атмосфер. В последующие годы исследователи, используя высокое давление, создали синтетические алмазы, кубические кристаллы нитрида бора и высококачественные кристаллы кварца. Б. обнаружил, что высокое давление может повлиять даже на электронную структуру атомов, как это видно на примере уменьшения атомного объема элемента цезия при 45 тыс. атмосфер. Его исследования доказали, что при высоких давлениях, существующих в недрах Земли, должны происходить радикальные изменения в физических свойствах и кристаллической структуре горных пород.

С помощью оборудования двойного сжатия, где мощный компрессор действует внутри сосуда с высоким давлением, Б. легко получал в небольших объемах давление около 100 тыс. атмосфер. Время от времени он изучал воздействие на вещество давлений, достигающих 400 тыс. атмосфер.

В 1946 г. Б. был награжден Нобелевской премией по физике «за изобретение прибора, позволяющего создавать сверхвысокие давления, и за открытия, сделанные в связи с этим в физике высоких давлений». В речи на церемонии награждения А.Е. Линд из Шведской королевской академии наук поздравил Б. с «выдающейся исследовательской работой в области физики высоких давлений». Он сказал: «С помощью вашего оригинального прибора в соединении с блестящей экспериментаторской техникой вы весьма существенно обогатили наши знания о свойствах материи при высоких давлениях».

Во время первой мировой войны Б., работая в Нью-Лондоне (штат Коннектикут), создал систему звукового обнаружения для противолодочной борьбы. Во время второй мировой войны он работал над проблемой сжимаемости урана и плутония, внеся тем самым свой вклад в создание первой атомной бомбы.

В 1912 г. Б. женился на Оливии Уэр, дочери Эдмунда Уэра, основателя Атлантского университета. У них были сын и дочь. Живя с семьей то в Кембридже, то в своем летнем доме в Рандолфе (штат Нью-Гемпшир), Питер, как его называли со студенческих лет, уделял много времени работе в саду, альпинизму, фотографии, шахматам, игре в ручной мяч, а также любил читать детективы и играть на фортепьяно.

В возрасте 79 лет, через 7 лет после своей отставки, Б. узнал, что болен раком и что ему осталось жить несколько месяцев. Быстро теряя способность ходить и не найдя доктора, который облегчил бы ему уход из жизни, Б. покончил с собой 20 августа 1961 г. Он оставил записку, где говорилось: «Не очень порядочно со стороны общества заставлять человека самого делать подобные вещи. Вероятно, это последний день, когда я мог сделать это сам. П.У.Б.».

Б. был членом Национальной академии наук, Американского философского общества. Американской академии наук и искусств. Американской ассоциации содействия развитию науки и Американского физического общества. Он был иностранным членом Лондонского королевского общества. Национальной академии наук Мексики и Индийской академии наук. Среди его многочисленных наград были медаль Румфорда Американской академии наук и искусств (1917 г.), медаль Эллиота Крессона Франклиновского института (1932 г.), премия Комстока Национальной академии наук (1933) и научная награда Американской исследовательской корпорации (1937 г.). Он обладал почетными степенями Бруклинского политехнического института, Гарвардского университета, Принстонского университета, Йельского университета и Стивенсовского технологического института.

БРОЙЛЬ Луи де

15 августа 1892 г. – 19 марта 1987 г.
Нобелевская премия по физике, 1929 г.

Французский физик Луи Виктор Пьер Раймон де Бройль родился в Дьеппе. Он был младшим из трех детей Виктора де Бройля и урожденной Полин де ля Форест д'Армайль. Как старший мужчина этой аристократической семьи, его отец носил титул герцога. На протяжении столетий де Бройли служили нации на военном и дипломатическом поприще, но Луи и его брат Морис нарушили эту традицию, став учеными.

Выросший в утонченной и привилегированной среде французской аристократии, Б. еще до поступления в лицей Жансон-де-Сайи в Париже был увлечен различными науками. Особый интерес в нем вызывала история, изучением которой Б. занялся на факультете искусств и литературы Парижского университета, где он в 1910 г. получил степень бакалавра. Не без влияния старшего брата Мориса Б. все больше увлекался физикой и, по его собственным словам, «философией, обобщениями и книгами [Анри] Пуанкаре», знаменитого французского математика. После периода интенсивных занятий он в 1913 г. получил ученую степень по физике на факультете естественных наук Парижского университета.

В тот же год Б. был призван на военную службу и зачислен во французский инженерный корпус. После начала в 1914 г. первой мировой войны он служил в радиотелеграфном дивизионе и провел большую часть военных лет на станции беспроволочного телеграфа при Эйфелевой башне.

Через год после окончания войны Б. возобновил свои занятия физикой в частной научно-исследовательской лаборатории своего брата. Он изучал поведение электронов, атомов и рентгеновских лучей.

Это было увлекательное время для физиков, когда загадки возникали буквально на каждом шагу. В XIX в. классическая физика достигла столь больших успехов, что некоторые ученые начали сомневаться, остались ли нерешенными хотя бы какие-то принципиальные научные проблемы. И лишь в самые последние годы столетия были сделаны такие поразительные открытия, как рентгеновское излучение, радиоактивность и электрон. В 1900 г. Макс Планк предложил свою революционную квантовую теорию для объяснения соотношения между температурой тела и испускаемым им излучением. Вопреки освященному веками представлению о том, что свет распространяется непрерывными волнами, Планк высказал предположение о том, что электромагнитное излучение (всего лишь за несколько десятилетий до этого было доказано, что свет представляет собой электромагнитное излучение) состоит из неделимых порций, энергия которых пропорциональна частоте излучения. Новая теория позволила Планку разрешить проблему, над которой он работал, но она оказалась слишком непривычной, чтобы стать общепринятой. В 1905 г. Альберт Эйнштейн показал, что теория Планка – не математический трюк. Используя квантовую теорию, он предложил замечательное объяснение фотоэлектрического эффекта (испускание электронов поверхностью металла под действием падающего на нее излучения). Было известно, что с увеличением интенсивности излучения число испущенных с поверхности электронов возрастает, но их скорость никогда не превосходит некоторого максимума. Согласно предложенному Эйнштейном объяснению, каждый квант передает свою энергию одному электрону, вырывая его с поверхности металла: чем интенсивнее излучение, тем больше фотонов, которые высвобождают больше электронов; энергия же каждого фотона определяется его частотой и задает предел скорости вылета электрона. Заслуга Эйнштейна не только в том, что он расширил область применения квантовой теории, но и в подтверждении им ее справедливости. Свет, несомненно обладающий волновыми свойствами, в ряде явлений проявляет себя как частицы.

Новое подтверждение квантовой теории последовало в 1913 г., когда Нильс Бор предложил модель атома, которая соединила концепцию Эрнста Резерфорда о плотном центральном ядре, вокруг которого обращаются электроны, с определенными ограничениями на электронные орбиты. Эти ограничения позволили Бору объяснить линейчатые спектры атомов, которые можно наблюдать, если свет, испущенный веществом, находящимся в возбужденном состоянии при горении или электрическом разряде, пропустить через узкую щель, а затем через спектроскоп – оптический прибор, пространственно разделяющий компоненты сигнала, соответствующие различным частотам или длинам волн (различным цветам). В результате возникает серия линий (изображений щели), или спектр. Положение каждой спектральной линии зависит от частоты определенной

компоненты. Спектр целиком определяется излучением атомов или молекул светящегося вещества. Бор объяснял возникновение спектральных линий «перескоком» электронов в атомах с одной «разрешенной» орбиты на другую, с более низкой энергией. Разность энергий между орбитами, теряемая электроном при переходе, испускается в виде кванта, или фотона – излучения с частотой, пропорциональной разности энергий. Спектр представляет собой своего рода кодированную запись энергетических состояний электронов. Модель Бора, таким образом, подкрепила и концепцию дуальной природы света как волны и потока частиц.

Несмотря на большое число экспериментальных подтверждений, мысль о двойственном характере электромагнитного излучения у многих физиков продолжала вызывать сомнения. К тому же в новой теории обнаружились уязвимые места. Например, модель Бора «разрешенные» электронные орбиты ставила в соответствии наблюдаемым спектральным линиям. Орбиты не следовали из теории, а подгонялись, исходя из экспериментальных данных.

Б. первым понял, что если волны могут вести себя как частицы, то и частицы могут вести себя как волны. Он применил теорию Эйнштейна – Бора о дуализме волна-частица к материальным объектам. Волна и материя считались совершенно различными. Материя обладает массой покоя. Она может покоиться или двигаться с какой-либо скоростью. Свет же не имеет массы покоя: он либо движется с определенной скоростью (которая может изменяться в зависимости от среды), либо не существует. По аналогии с соотношением между длиной волны света и энергией фотона Б. высказал гипотезу о существовании соотношения между длиной волны и импульсом частицы (массы, умноженной на скорость частицы). Импульс непосредственно связан с кинетической энергией. Таким образом, быстрый электрон соответствует волне с более высокой частотой (более короткой длиной волны), чем медленный электрон. В каком обличье (волны или частицы) проявляет себя материальный объект зависит от условий наблюдения.

С необычайной смелостью Б. применил свою идею к модели атома Бора. Отрицательный электрон притягивается к положительно заряженному ядру. Для того чтобы обращаться вокруг ядра на определенном расстоянии, электрон должен двигаться с определенной скоростью. Если скорость электрона изменяется, то изменяется и положение орбиты. В таком случае центробежная сила уравновешивается центростремительной. Скорость электрона на определенной орбите, находящейся на определенном расстоянии от ядра, соответствует определенному импульсу (скорости, умноженной на массу электрона) и, следовательно, по гипотезе Б., определенной длине волны электрона. По утверждению Б., «разрешенные» орбиты отличаются тем, что на них укладывается целое число длин волн электрона. Только на таких орбитах волны электронов находятся в фазе (в определенной точке частотного цикла) с самими собой и не разрушаются собственной интерференцией.

В 1924 г. Б. представил свою работу «Исследования по квантовой теории» («Researches on the Quantum Theory») в качестве докторской диссертации факультету естественных наук Парижского университета. Его оппоненты и члены ученого совета были поражены, но настроены весьма скептически. Они рассматривали идеи Б. как теоретические измышления, лишенные экспериментальной основы. Однако по настоянию Эйнштейна докторская степень Б. все же была присуждена. В следующем году Б. опубликовал свою работу в виде обширной статьи, которая была встречена с почтительным вниманием. С 1926 г. он стал лектором по физике Парижского университета, а через два года был назначен профессором теоретической физики Института Анри Пуанкаре при том же университете.

На Эйнштейна работа Б. произвела большое впечатление, и он советовал многим физикам тщательно изучить ее. Эрвин Шредингер последовал совету Эйнштейна и положил идеи Б. в основу волновой механики, обобщившей квантовую теорию. В 1927 г. волновое поведение материи получило экспериментальное подтверждение в исследованиях Клинтона Дж. Дэвиссона и Лестера Х. Джермера, работавших с низкоэнергетическими электронами в Соединенных Штатах, и Джорджа П. Томсона, использовавшего электроны большой энергии в Англии. Открытие связанных с электронами волн, которые можно отклонять в нужную сторону и фокусировать, привело в 1933 г. к созданию Эрнстом Руской электронного микроскопа. Волны, связанные с материальными частицами, теперь принято называть волнами де Бройля.

В 1929 г. «за открытие волновой природы электронов» Б. был удостоен Нобелевской премии по физике. Представляя лауреата на церемонии награждения, член Шведской королевской академии наук К.В. Озеен заметил: «Исходя из предположения о том, что свет есть одновременно и волновое движение, и поток корпускул [частиц], Б. открыл совершенно новый аспект природы материи, о котором ранее никто не подозревал... Блестящая догадка Б. разрешила давний спор, установив, что не существует двух миров, один – света и волн, другой – материи и корпускул. Есть только один общий мир».

Б. продолжил свои исследования природы электронов и фотонов. Вместе с Эйнштейном и Шредингером он в течение многих лет пытался найти такую формулировку квантовой механики, которая подчинялась бы обычным причинно-следственным законам. Однако усилия этих выдающихся ученых не увенчались успехом, а экспериментально было доказано, что такие теории неверны. В квантовой механике возобладала статистическая интерпретация, основанная на работах Нильса Бора, Макса Борна и Вернера Гейзенберга. Эту концепцию часто называют копенгагенской интерпретацией в честь Бора, который разрабатывал ее в Копенгагене.

В 1933 г. Б. был избран членом Французской академии наук, а в 1942 г. стал ее постоянным секретарем. В следующем году он основал Центр исследований по прикладной математике при Институте Анри Пуанкаре для

укрепления связей между физикой и прикладной математикой. В 1945 г., после окончания второй мировой войны, Б. и его брат Морис были назначены советниками при французской Высшей комиссии по атомной энергии.

Б. никогда не состоял в браке. Он любил совершать пешие прогулки, читать, предаваться размышлениям и играть в шахматы. После смерти своего брата в 1960 г. он унаследовал герцогский титул. Б. скончался в парижской больнице 19 марта 1987 г. в возрасте 94 лет.

Помимо Нобелевской премии, Б. был награжден первой медалью Анри Пуанкаре Французской академии наук (1929), Гран-при Альберта I Монакского (1932), первой премией Калинги ЮНЕСКО (1952) и Гран-при Общества инженеров Франции (1953). Он был обладателем почетных степеней многих университетов и членом многих научных организаций, в том числе Лондонского королевского общества, американской Национальной академии наук и Американской академии наук и искусств. В 1945 г. он был выдвинут в состав Французской академии братом Морисом в знак признания его литературных достижений.

БРОЙЛЬ Луи де

15 августа 1892 г. – 19 марта 1987 г.
Нобелевская премия по физике, 1929 г.

Французский физик Луи Виктор Пьер Раймон де Бройль родился в Дьеппе. Он был младшим из трех детей Виктора де Бройля и урожденной Полин де ля Форест д'Армайль. Как старший мужчина этой аристократической семьи, его отец носил титул герцога. На протяжении столетий де Бройли служили нации на военном и дипломатическом поприще, но Луи и его брат Морис нарушили эту традицию, став учеными.

Выросший в утонченной и привилегированной среде французской аристократии, Б. еще до поступления в лицей Жансон-де-Сайи в Париже был увлечен различными науками. Особый интерес в нем вызывала история, изучением которой Б. занялся на факультете искусств и литературы Парижского университета, где он в 1910 г. получил степень бакалавра. Не без влияния старшего брата Мориса Б. все больше увлекался физикой и, по его собственным словам, «философией, обобщениями и книгами [Анри] Пуанкаре», знаменитого французского математика. После периода интенсивных занятий он в 1913 г. получил ученую степень по физике на факультете естественных наук Парижского университета.

В тот же год Б. был призван на военную службу и зачислен во французский инженерный корпус. После начала в 1914 г. первой мировой войны он служил в радиотелеграфном дивизионе и провел большую часть военных лет на станции беспроволочного телеграфа при Эйфелевой башне. Через год после окончания войны Б. возобновил свои занятия физикой в частной научно-исследовательской лаборатории своего брата. Он изучал поведение электронов, атомов и рентгеновских лучей.

Это было увлекательное время для физиков, когда загадки возникали буквально на каждом шагу. В XIX в. классическая физика достигла столь больших успехов, что некоторые ученые начали сомневаться, остались ли нерешенными хотя бы какие-то принципиальные научные проблемы. И лишь в самые последние годы столетия были сделаны такие поразительные открытия, как рентгеновское излучение, радиоактивность и электрон. В 1900 г. Макс Планк предложил свою революционную квантовую теорию для объяснения соотношения между температурой тела и испускаемым им излучением. Вопреки освященному веками представлению о том, что свет распространяется непрерывными волнами, Планк высказал предположение о том, что электромагнитное излучение (всего лишь за несколько десятилетий до этого было доказано, что свет представляет собой электромагнитное излучение) состоит из неделимых порций, энергия которых пропорциональна частоте излучения. Новая теория позволила Планку разрешить проблему, над которой он работал, но она оказалась слишком непривычной, чтобы стать общепринятой. В 1905 г. Альберт Эйнштейн показал, что теория Планка – не математический трюк. Используя квантовую теорию, он предложил замечательное объяснение фотоэлектрического эффекта (испускание электронов поверхностью металла под действием падающего на нее излучения). Было известно, что с увеличением интенсивности излучения число испущенных с поверхности электронов возрастает, но их скорость никогда не превосходит некоторого

максимума. Согласно предложенному Эйнштейном объяснению, каждый квант передает свою энергию одному электрону, вырывая его с поверхности металла: чем интенсивнее излучение, тем больше фотонов, которые высвобождают больше электронов; энергия же каждого фотона определяется его частотой и задает предел скорости вылета электрона. Заслуга Эйнштейна не только в том, что он расширил область применения квантовой теории, но и в подтверждении им ее справедливости. Свет, несомненно обладающий волновыми свойствами, в ряде явлений проявляет себя как частицы.

Новое подтверждение квантовой теории последовало в 1913 г., когда Нильс Бор предложил модель атома, которая соединила концепцию Эрнста Резерфорда о плотном центральном ядре, вокруг которого обращаются электроны, с определенными ограничениями на электронные орбиты. Эти ограничения позволили Бору объяснить линейчатые спектры атомов, которые можно наблюдать, если свет, испущенный веществом, находящимся в возбужденном состоянии при горении или электрическом разряде, пропустить через узкую щель, а затем через спектроскоп – оптический прибор, пространственно разделяющий компоненты сигнала, соответствующие различным частотам или длинам волн (различным цветам). В результате возникает серия линий (изображений щели), или спектр. Положение каждой спектральной линии зависит от частоты определенной компоненты. Спектр целиком определяется излучением атомов или молекул светящегося вещества. Бор объяснял возникновение спектральных линий «перескоком» электронов в атомах с одной «разрешенной» орбиты на другую, с более низкой энергией. Разность энергий между орбитами, теряемая электроном при переходе, испускается в виде кванта, или фотона – излучения с частотой, пропорциональной разности энергий. Спектр представляет собой своего рода кодированную запись энергетических состояний электронов. Модель Бора, таким образом, подкрепила и концепцию дуальной природы света как волны и потока частиц.

Несмотря на большое число экспериментальных подтверждений, мысль о двойственном характере электромагнитного излучения у многих физиков продолжала вызывать сомнения. К тому же в новой теории обнаружились уязвимые места. Например, модель Бора «разрешенные» электронные орбиты ставила в соответствии наблюдаемым спектральным линиям. Орбиты не следовали из теории, а подгонялись, исходя из экспериментальных данных.

Б. первым понял, что если волны могут вести себя как частицы, то и частицы могут вести себя как волны. Он применил теорию Эйнштейна – Бора о дуализме волна-частица к материальным объектам. Волна и материя считались совершенно различными. Материя обладает массой покоя. Она может покоиться или двигаться с какой-либо скоростью. Свет же не имеет массы покоя: он либо движется с определенной скоростью (которая может изменяться в зависимости от среды), либо не существует. По аналогии с соотношением между длиной волны света и энергией фотона Б. высказал гипотезу о существовании соотношения между длиной волны и импульсом

частицы (массы, умноженной на скорость частицы). Импульс непосредственно связан с кинетической энергией. Таким образом, быстрый электрон соответствует волне с более высокой частотой (более короткой длиной волны), чем медленный электрон. В каком обличье (волны или частицы) проявляет себя материальный объект зависит от условий наблюдения.

С необычайной смелостью Б. применил свою идею к модели атома Бора. Отрицательный электрон притягивается к положительно заряженному ядру. Для того чтобы обращаться вокруг ядра на определенном расстоянии, электрон должен двигаться с определенной скоростью. Если скорость электрона изменяется, то изменяется и положение орбиты. В таком случае центробежная сила уравновешивается центростремительной. Скорость электрона на определенной орбите, находящейся на определенном расстоянии от ядра, соответствует определенному импульсу (скорости, умноженной на массу электрона) и, следовательно, по гипотезе Б., определенной длине волны электрона. По утверждению Б., «разрешенные» орбиты отличаются тем, что на них укладывается целое число длин волн электрона. Только на таких орбитах волны электронов находятся в фазе (в определенной точке частотного цикла) с самими собой и не разрушаются собственной интерференцией.

В 1924 г. Б. представил свою работу «Исследования по квантовой теории» («Researches on the Quantum Theory») в качестве докторской диссертации факультету естественных наук Парижского университета. Его оппоненты и члены ученого совета были поражены, но настроены весьма скептически. Они рассматривали идеи Б. как теоретические измышления, лишенные экспериментальной основы. Однако по настоянию Эйнштейна докторская степень Б. все же была присуждена. В следующем году Б. опубликовал свою работу в виде обширной статьи, которая была встречена с почтительным вниманием. С 1926 г. он стал лектором по физике Парижского университета, а через два года был назначен профессором теоретической физики Института Анри Пуанкаре при том же университете.

На Эйнштейна работа Б. произвела большое впечатление, и он советовал многим физикам тщательно изучить ее. Эрвин Шредингер последовал совету Эйнштейна и положил идеи Б. в основу волновой механики, обобщившей квантовую теорию. В 1927 г. волновое поведение материи получило экспериментальное подтверждение в исследованиях Клинтона Дж. Дэвиссона и Лестера Х. Джермера, работавших с низкоэнергетическими электронами в Соединенных Штатах, и Джорджа П. Томсона, использовавшего электроны большой энергии в Англии. Открытие связанных с электронами волн, которые можно отклонять в нужную сторону и фокусировать, привело в 1933 г. к созданию Эрнстом Руской электронного микроскопа. Волны, связанные с материальными частицами, теперь принято называть волнами де Бройля.

В 1929 г. «за открытие волновой природы электронов» Б. был удостоен Нобелевской премии по физике. Представляя лауреата на

церемонии награждения, член Шведской королевской академии наук К.В. Озеен заметил: «Исходя из предположения о том, что свет есть одновременно и волновое движение, и поток корпускул [частиц], Б. открыл совершенно новый аспект природы материи, о котором ранее никто не подозревал... Блестящая догадка Б. разрешила давний спор, установив, что не существует двух миров, один – света и волн, другой – материи и корпускул. Есть только один общий мир».

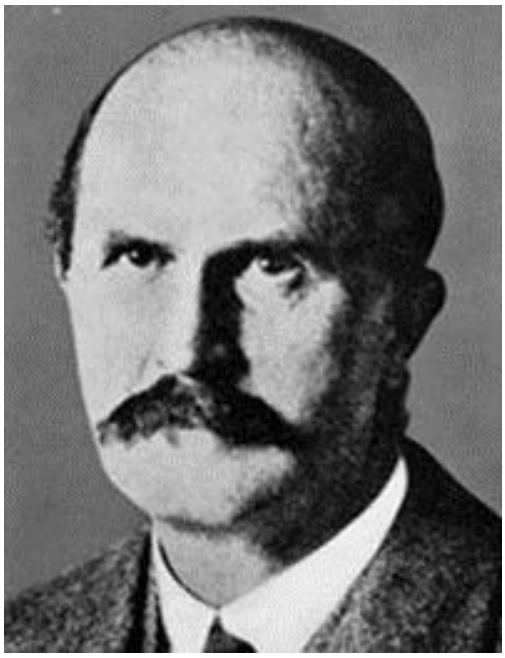
Б. продолжил свои исследования природы электронов и фотонов. Вместе с Эйнштейном и Шредингером он в течение многих лет пытался найти такую формулировку квантовой механики, которая подчинялась бы обычным причинно-следственным законам. Однако усилия этих выдающихся ученых не увенчались успехом, а экспериментально было доказано, что такие теории неверны. В квантовой механике возобладала статистическая интерпретация, основанная на работах Нильса Бора, Макса Борна и Вернера Гейзенберга. Эту концепцию часто называют копенгагенской интерпретацией в честь Бора, который разрабатывал ее в Копенгагене.

В 1933 г. Б. был избран членом Французской академии наук, а в 1942 г. стал ее постоянным секретарем. В следующем году он основал Центр исследований по прикладной математике при Институте Анри Пуанкаре для укрепления связей между физикой и прикладной математикой. В 1945 г., после окончания второй мировой войны, Б. и его брат Морис были назначены советниками при французской Высшей комиссии по атомной энергии.

Б. никогда не состоял в браке. Он любил совершать пешие прогулки, читать, предаваться размышлениям и играть в шахматы. После смерти своего брата в 1960 г. он унаследовал герцогский титул. Б. скончался в парижской больнице 19 марта 1987 г. в возрасте 94 лет.

Помимо Нобелевской премии, Б. был награжден первой медалью Анри Пуанкаре Французской академии наук (1929), Гран-при Альберта I Монакского (1932), первой премией Калинги ЮНЕСКО (1952) и Гран-при Общества инженеров Франции (1953). Он был обладателем почетных степеней многих университетов и членом многих научных организаций, в том числе Лондонского королевского общества, американской Национальной академии наук и Американской академии наук и искусств. В 1945 г. он был выдвинут в состав Французской академии братом Морисом в знак признания его литературных достижений.

БРЭГГ (Bragg), Уильям Генри



2 июля 1862 г. – 12 марта 1942 г.
Нобелевская премия по физике, 1915 г.
совместно с У.Л. Брэггом

Английский физик Уильям Генри Брэгг родился на ферме вблизи Уигтона, Камберленд, в семье Роберта Джона Брэгга, бывшего офицера торгового флота, и Мэри (Вуд) Брэгг, дочери викария Уэствордского прихода. Мать Б. умерла, когда ему было 7 лет, и с тех пор он жил у своего дяди, который заботился о его образовании. Когда мальчику исполнилось 13 лет, отец послал его в Кинг-Уильям-колледж, среднюю школу на острове Мэн, где мальчик прекрасно занимался по всем предметам, за исключением церковной истории и греческого языка.

В 1881 г. Б. поступил в Тринити-колледж в Кембридже, где он стал блестящим студентом-математиком. На последнем курсе он слушал лекции по физике Дж.Дж. Томсона, который и сообщил Б. о вакансии в Аделаидском университете в Австралии. Б. подал заявление и был назначен на должность профессора математики и физики, которую занимал в течение 18 лет. Поскольку его подготовка в области физики уступала его познаниям в математике, большую часть долгого морского путешествия он провел, изучая учебники по физике, которые взял с собой.

Б. прибыл в Аделаиду в 1885 г. Здесь он занялся педагогической деятельностью, участвовал в общественной жизни университета, работал в Австралийской ассоциации содействия развитию науки. Почти 20 лет он не пытался проводить какие-либо самостоятельные исследования. В 1889 г. он женился на Гвендолин Тодц, дочери сэра Чарлза Тодда, министра почт Южной Австралии. У них было два сына, младший из которых погиб в первую мировую войну, и дочь. За эти годы Б. занял видное положение в

южноавстралийском обществе, но опубликовал всего лишь несколько небольших статей.

В 1904 г., когда Б. было 42 года, его глубоко заинтересовали результаты последних исследований в области радиоактивности, включая работы Эрнеста Резерфорда и Марии и Пьера Кюри. Он провел свое первое самостоятельное исследование, дабы пролить свет на феномен радиоактивности. Следующие три года Б. изучал проникающую способность альфа-частиц (ядер атома гелия), которые испускаются атомами радиоактивных веществ при распаде, то есть когда их ядра распадаются на ядра других элементов. Он обнаружил, что альфа-частицы, испускаемые данным радиоактивным веществом, можно разбить на хорошо различимые группы, так что все частицы из одной группы проходят одинаковое расстояние до того, как будут поглощены расположенным на их пути веществом. Открытие этих групп, которое оказалось весьма неожиданным, показало, что альфа-частицы испускаются только с определенными начальными скоростями. Отсюда вытекало, что распад родительского радиоактивного ядра проходит поэтапно, причем каждое промежуточное дочернее ядро испускает альфа-частицу с отличной от других начальной скоростью. Следовательно, пройденное альфа-частицей расстояние можно было использовать для определения типа ядра, испускающего эту частицу. Это открытие вместе с экспериментальным исследованием других радиоактивных излучений принесло Б. международную известность.

В 1908 г. Б. получил должность профессора физики в университете Лидса и в начале следующего года вместе с семьей возвратился в Англию. В течение нескольких следующих лет Б. проводил интенсивные исследования свойств рентгеновских и гамма-лучей, считая, что они больше похожи на поток частиц, чем на волны. В этот период он вел бурные дебаты с Чарлзом Г. Баркла о природе рентгеновских лучей. Однако в 1912 г. Макс фон Лауэ обнаружил дифракцию (отклонение) рентгеновских лучей на кристаллах, причем возникавшая интерференционная картина напоминала аналогичную картину для света. Поскольку подобные картины могли быть порождены только волнами, Б. перестал защищать корпускулярную теорию, сказав, что «теории – это не более чем удобные и привычные инструменты». Проблема, заявил он, «не в том, чтобы выбрать между двумя теориями рентгеновских лучей, а в том, чтобы построить теорию, которая совместила бы сильные стороны обеих точек зрения». Квантовая теория, создававшаяся в первой четверти XX в. трудами Макса Планка, Альберта Эйнштейна и Нильса Бора, подвела к выводу, что электромагнитное излучение (и свет, и рентгеновские лучи) обладает свойствами как волн, так и частиц.

Старший сын Б., У.Л. Брэгг, который по возвращении семьи в Англию поступил в Кембридж для изучения физики, начал в 1912 г. исследования под руководством Дж.Дж. Томсона. Обсудив проблему дифракции рентгеновских лучей со своим отцом, У.Л. Брэгг пришел к убеждению, что волновая картина этих лучей, описанная Лауэ, верна, однако он чувствовал, что в своих объяснениях Лауэ излишне усложнил детали

дифракции. У.Л. Брэгг выдвинул предположение, что атомы кристалла располагаются в плоскостях и что рентгеновские лучи отражаются от этих плоскостей, образуя дифракционные картины, которые определяются специфическим расположением атомов. Из этой теории следовало, что дифракционные картины рентгеновских лучей можно использовать для определения атомной структуры кристаллов. В 1913 г. У.Л. Брэгг опубликовал формулу, ныне носящую название закона Брэгга и указывающую угол, под которым нужно направить рентгеновские лучи на кристалл, чтобы определить его структуру по дифракционной картине.

Пока его сын работал над теоретическими аспектами дифракции рентгеновских лучей, Б. изобрел инструмент, названный рентгеновским спектрометром и предназначенный для регистрации и измерения длины волн дифрагированных рентгеновских лучей. Работая вместе, Брэгги использовали рентгеновский спектрометр для определения структуры различных кристаллов, и к 1914 г. они свели анализ простых кристаллов к стандартной процедуре.

Проводя дифракционные исследования кристаллов хлористого натрия (поваренной соли), Брэгги обнаружили, что это вещество состоит не из молекул, а из расположенных определенным образом ионов натрия и ионов хлора (ион – это заряженный атом). Ранее предполагалось, что все соединения имеют молекулярную природу, что, например, поваренная соль образована отдельными молекулами, состоящими из атомов натрия и атомов хлора. Открытие Брэггов, что некоторые соединения носят ионный характер и не существует, например, такого объекта, как молекула хлористого натрия, имело фундаментальное значение для химиков. Голландский химик Петер Дебай использовал эти результаты в своих основополагающих исследованиях поведения ионов в растворах.

Изобретение Б. рентгеновского спектрометра и его работа вместе с сыном по исследованию кристаллов легли в основу современной науки – рентгеновской кристаллографии. Рентгеновская дифракционная техника используется специалистами по материалам, минералогами, керамистами и биологами. Она помогла решить ряд проблем, начиная с диагностики внутренних напряжений в металлических деталях машин и кончая определением строения биологических молекул, таких, как дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК). Хотя современные рентгеновские спектрометры в высокой степени автоматизированы, принципиальная схема и методы анализа остаются теми же самыми, которые были разработаны Брэггами.

В 1915 г. Брэгги были награждены Нобелевской премией по физике «за заслуги в исследовании структуры кристаллов с помощью рентгеновских лучей». За год до этого разразилась первая мировая война, и церемония награждения была отменена. Г.Д. Гранквист из Шведской королевской академии наук в своем эссе, написанном в 1919 г., так охарактеризовал работу Брэггов. Благодаря их методам, указал он, «был открыт совершенно

новый мир, который частично был ими исследован с отменной тщательностью». Б. не читал Нобелевской лекции.

В том же году, когда он получил Нобелевскую премию, Б. стал профессором физики Университетского колледжа в Лондоне. Первая мировая война затормозила его исследования по строению кристаллов, во время войны Б. возглавлял группу ученых, занимавшихся вопросами морской акустики и подводных акустических датчиков. После войны он собрал большую исследовательскую группу, которая занялась рентгеновским анализом органических кристаллов, что привело к возникновению еще одной современной науки – молекулярной биологии. Сам Б. преуспел в определении структуры нафталина и его производных, тогда как другие члены группы исследовали различные классы органических соединений и провели теоретический анализ дифракции рентгеновских лучей на сложных кристаллах.

В 1923 г. Б. стал директором Королевского института в Лондоне, и его группа продолжила там исследование органических кристаллов. Блестящий оратор, Б. получал много приглашений из разных концов Англии прочитать лекции как для студентов, так и для своих коллег по профессии. Во время второй мировой войны Б. активно работал в нескольких правительственных научно-консультационных комитетах, так что времени для научных исследований оставалось немного. Тем не менее он сохранил живой интерес к работе Королевского института и продолжал писать статьи о новых достижениях в рентгеновской кристаллографии почти до самой своей смерти, которая наступила в Лондоне 12 марта 1942 г.

Известный своим дружелюбием, щедростью и простотой, Б. преклонялся перед традициями и мастерством. Будучи глубоко религиозным человеком, он интересовался взаимоотношениями между наукой и религией и написал об этом книгу. Его самой большой привязанностью была его семья, и смерть жены в 1929 г. была для него страшным ударом. Б. был заядлым игроком в гольф и талантливым художником-любителем, а кроме того, играл на флейте.

Кроме Нобелевской премии, Б. получил много наград, в том числе медаль Румфорда (1916 г.) и медаль Копли (1930 г.) Королевского общества. Он получил дворянское звание в 1920 г. и орден «За заслуги» в 1931 г. Президент Королевского общества с 1935 по 1940 г., Б. был также членом ведущих научных академий других стран. У него было 16 почетных докторских степеней британских и иностранных университетов.

ВАЙНБЕРГ (Weinberg), Стивен

род. 3 мая 1933 г.
Нобелевская премия по физике, 1979 г.
совместно с Шелдоном Л. Глэшоу и Абдусом Саламом

Американский физик Стивен Вайнберг родился в Нью-Йорке; сын Евы (в девичестве Израэль) Вайнберг и Фредерика Вайнберга, судебного стенографиста. Его ранний интерес к науке стимулировался отцом и поощрялся в научно ориентированной школе в Бронксе, где одним из его учителей был Шелдон Л. Глэшоу. К шестнадцати годам интересы В. сосредоточились на теоретической физике.

Получив в 1954 г. степень бакалавра в Корнеллском университете, В. работал в течение года в Институте теоретической физики в Копенгагене (ныне Институт Нильса Бора). Вернувшись в США, он в 1957 г. получил докторскую степень в Принстонском университете, причем диссертация была посвящена приложениям перенормировки, а также математической технике, занявшей важное место в его более поздних работах.

После защиты докторской диссертации В. с 1957 г. работал в Колумбийском университете, а затем преподавал в Калифорнийском университете в Беркли вплоть до 1969 г., когда он стал преподавателем Массачусетского технологического института. В 1973 г. он перешел в Гарвардский университет на должность профессора физики, унаследовав этот пост от Джулиуса С. Швингера. Одновременно он служил главным научным сотрудником в Смитсоновской астрофизической обсерватории.

Как он указал в собственном отчете, его интересы были весьма широки, включая «большое многообразие тем – высокоэнергическое

поведение диаграмм Фейнмана (по имени Ричарда П. Феиниана), нейтральные токи слабых взаимодействий, нарушение симметрии, теория рассеяния, физика мюонов и т.д., – тем, выбранных зачастую просто потому, что хотелось самостоятельно разобраться в некоторых областях физики». В своем наиболее знаменитом исследовании он попытался унифицировать фундаментальные силы природы.

В начале XIX в. физики свели силы, действующие в природе, к трем гравитации, электричеству, магнетизму. В 1870-х гг. шотландский физик Джеймс Клерк Максвелл установил, что электричество и магнетизм не являются независимыми силами, а представляют собой различные аспекты силы, называемой теперь электромагнетизмом. Максвеллу удалось показать, что свет представляет собой электромагнитное явление, и определить его скорость, предсказать существование радиоволн и воодушевить дальнейших исследователей на поиски глубинного принципа, который свел бы воедино все силы природы.

После открытия атомного ядра в XX в. ученым пришлось добавить еще две дополнительные силы: сильное взаимодействие и слабое взаимодействие Сильное взаимодействие удерживает вместе протоны и нейтроны, составляющие атомное ядро. Напротив, слабое взаимодействие, вместо того чтобы удерживать частицы вместе, разъединяет их, как, например, это происходит при радиоактивном испускании бета-лучей (электронов). В отличие от гравитации и электромагнетизма, которые действуют на неограниченных расстояниях, сильное взаимодействие не распространяется за границы ядра. Слабое взаимодействие распространяется на еще меньшую область. Согласно В., Глэшоу и Абдусу Саламу, электромагнитные и слабые силы представляют собой различные аспекты единой «электрослабой» силы.

С помощью концепции, названной калибровочной симметрией, Глэшоу первым попытался объединить электромагнетизм со слабыми силами (слабыми взаимодействиями) в 1960 г. Существует несколько типов симметрий, в том числе зеркальная симметрия (как у пары перчаток) и зарядовая симметрия (сила взаимодействия между двумя частицами, несущими электрический заряд, не изменится, если частицы обменяются своими зарядами). Симметрия, обусловленная калибровочной инвариантностью, имеет дело с математическими величинами, абсолютные значения которых (в отличие от относительных) не влияют на физические взаимодействия, так что начало отсчета можно произвольно менять, не изменяя при этом ни одной из наблюдаемых величин.

Хотя сам термин «калибровочная симметрия» был введен в 1920 г., данную концепцию можно проследить и в более ранних работах. И в самом деле, теорию электромагнетизма Максвелла можно интерпретировать как применение этого принципа симметрии. Выводы теории Максвелла остаются теми же самыми, независимо от того, от какой точки отсчитывать величины напряжении. За такую точку обычно выбирается та, которая соответствует, как сказал бы инженер-электрик, потенциалу Земли. Абсолютное значение

электрического потенциала не играет никакой роли; напряжение равно разности потенциалов в двух точках, за одну из которых можно принять точку Земли. Пытаясь применить принцип калибровочной симметрии к более сложной физике сильных взаимодействий, Янг Чжэньнин и Роберт Л. Миллс в 1954 г. весьма существенно продвинулись по пути создания единой концепции сил в природе, куда внесла свой вклад и работа Глэшоу, В. и Салама.

Новое продвижение произошло в 19601., когда Глэшоу предположил существование четырех частиц, служащих носителями как электромагнетизма, так и слабого взаимодействия. Одна из них, фотон (или квант света), была уже известна как носитель электромагнитной энергии. Три другие частицы (которые теперь носят название бозонов –W +,W– и Z0) служат посредниками при слабых взаимодействиях. Поскольку частицы-переносчики не имели массы, слабые взаимодействия должны, согласно теории Глэшоу, осуществляться на неограниченных расстояниях, что очевидным образом противоречило экспериментальным данным. Чтобы справиться с этой трудностью, Глэшоу постулировал большие массы бозонов W+,W– и Z0, но теперь теория предсказывала, что некоторые слабые взаимодействия должны осуществляться и с бесконечной силой.

Используя калибровочную теорию, как и Глэшоу, В. предложил в 1967 г. единую теорию. Его решение, которое зависит от механизма, известного как спонтанное нарушение симметрии, состоит в том, что фотон по-прежнему считается не имеющим массы, тогда как остальные три частицы массой обладают. Согласно этой теории, электромагнитные и слабые силы идентичны при крайне высоких энергиях. При этих условиях массы бозонов W и Z слабо влияют на процесс, поскольку массивные частицы легко образуются из имеющейся энергии (в теории относительности Альберта Эйнштейна устанавливается эквивалентность массы и энергии). Таким образом, обмен W- и Z-бозонами в точности таков же, как и обмен фотонами, а силы слабого взаимодействия столь же сильны, как и электромагнитные. Однако при более низких энергиях частицы W и Z образуются редко, так что слабые взаимодействия становятся реже и проявляются на меньших расстояниях, чем электромагнитные. Поскольку мир земной физики существует при относительно низких энергиях, разница между этими двумя силами проявляется больше, чем их сходство.

Год спустя после того, как В. сообщил о своей теории, Абдус Салам независимо от него предложил аналогичную теорию. Их идеи не привлекали к себе особого внимания вплоть до 1971 г., когда нидерландский физик Герхард Хофт применил математическую технику, называемую перенормировкой и предложенную Джулиусом С. Швингером и Синъитиро Томонагой, которая позволила ему и другим исследователям завершить обоснование единых сил в природе. Теория калибровочной симметрии, развитая Глэшоу, В. и Саламом, нашла впечатляющее подтверждение в 1973 г., когда были обнаружены слабые нейтральные токи в экспериментах, проведенных в Лаборатории национального ускорителя им. Ферми близ

Чикаго и в ЦЕРНе (Европейском центре ядерных исследований) близ Женевы. В 1983 г. W- и Z-бозоны были обнаружены в ЦЕРНе Карло Руббиа и его коллегами.

В., Глэшоу и Салам были награждены в 1979 г. Нобелевской премией по физике «за вклад в объединенную теорию слабых и электромагнитных взаимодействий между элементарными частицами, в том числе за предсказание слабых нейтральных токов». В Нобелевской лекции В. говорил о симметриях, или регулярностях, проявляющихся в законах природы. «Мы можем изучать материю только при низких температурах, где, похоже, симметрии спонтанно нарушаются, так что природа не выглядит простой или единой... Но, наблюдая долго и упорно, мы можем выявить формы симметрий, которые, хотя и нарушены, представляют собой именно те принципы, которые управляют всеми ядерными явлениями».

С 1982 г. В. занимает пост профессора Техасского университета в Остине. Он был консультантом Института оборонных исследований (1960...1973) и Агентства по разоружению и контролю над вооружениями США (1971 1973). В дополнение к работе по элементарным частицам и теории поля, включая квантовую теорию и общую теорию относительности, он проявляет большой интерес к астрономии и астрофизике.

В. и Луиза Голдвассер поженились в 1954 г., у них есть дочь. В часы досуга он любит изучать средневековую историю.

В. получил премию Дж. Роберта Оппенгеймера Университета Майами (1973), премию Дэнни Хейнемана (1977) Американского физического общества и медаль Эллиота Крессона Франклиновского института (1979). Он является членом американской Национальной академии наук. Американского физического общества, Американского астрономического общества, Лондонского королевского общества и Американской академии средневековья. Он имеет почетные ученые степени Нокс-колледжа, Чикагского, Рочестерского, Йельского, Нью-йоркского университетов и Университета Кларка.

ВАН ФЛЕК (Van Vieck), Джон Х.

13 марта 1899 г. – 27 октября 1980 г.
Нобелевская премия по физике, 1977 г.
совместно с Филипом У. Андерсоном и Невиллом Моттом

Американский физик Джон Хазбрук Ван Флек родился в Мидлтауне (штат Коннектикут). Он был единственным ребенком у Эдуарда Берра Ван Флека, профессора математики Веслианского университета, и Хестер Лоренс Ван Флек (в девичестве Реймонд). Когда отец мальчика в 1906 г. перешел в Висконсинский университет, вся семья переехала в Мэдисон, где В.Ф. учился в школе до поступления в университет. В 1920 г. он стал бакалавром наук в Висконсинском университете, затем два года учился в аспирантуре Гарвардского университета под руководством П.У. Бриджмена и Э.К. Кембла. В 1921 г. он стал магистром, а год спустя доктором, причем в своей диссертации он вычислял энергию связи в модели атома гелия, предложенной Кемблом и Нильсом Бором.

Макс Планк ввел понятие кванта энергии в 1900 г., однако лишь в 1913 г. Бор предложил начала последовательной квантовой теории атома. Эта «старая» квантовая теория была вытеснена в конце 20-х гг. квантовой механикой, выросшей из волновой механики Эрвина Шредингера и матричной механики Макса Борна, Вернера Гейзенберга и П.А.М. Дирака. В 1926 г. В.Ф. опубликовал работу «Квантовые принципы и линейные спектры» ("Quantum Principles and Line Spectra") о старой квантовой теории.

Прослужив после защиты докторской диссертации преподавателем Гарвардского университета в течение года, В. Ф. поступил работать на физический факультет Миннесотского университета, где оставался с 1923 по 1928 г. Следующие шесть лет он преподавал в Висконсинском университете до своего возвращения в Гарвард в 1934 г.

После того как в 1941 г. США вступили во вторую мировую войну, В.Ф. подготовил два отчета для радиационной лаборатории Массачусетского технологического института. В следующем году он получил приглашение от Артура Х. Комптона войти в состав комитета по расщеплению урана при американской Национальной академии наук, что позволило ему провести лето в Калифорнийском университете в Беркли, где он изучал возможность создания ядерного оружия. По возвращении в Гарвард осенью того же года он, кроме своих факультетских обязанностей, выполняет и военные исследования в университетской радиолаборатории. Так, во время войны он занимался изучением проблем, связанных с отношением сигнала к шумам, и контрмерами для нейтрализации вражеских радаров с помощью тонких полосок алюминиевой фольги.

К концу войны В. Ф. стал преемником Кембла, возглавив физический факультет Гарвардского университета и оставаясь на этом посту до 1949 г. В течение этого времени он привлек на факультет таких замечательных физиков, как Николас Бломберген, Эдуард М. Перселл и Джулиус С. Швингер. С 1951 по 1969 г. В. Ф. занимал пост профессора по математике и натурфилософии.

Работа В. Ф. в 1926 г., касающаяся того, как с помощью квантовой механики можно объяснить электрическую и магнитную восприимчивость (меру отклика вещества на воздействие электрического и магнитного полей), послужила этапом для его дальнейших исследований. Его труд «Теория электрической и магнитной восприимчивости» ("The Theory ofElectric and Magnetic Susceptibilities"), опубликованный в 1932 г., дает ясное и строгое описание того, как можно применять квантовую механику к широкому кругу явлений, происходящих в материальном объеме, включая диэлектрические константы и ферромагнетизм – тип намагниченности, проявляющийся в обычных магнитах. Эта работа помогла становлению новой физики твердого тела, использовалась в качестве учебника в течение 45 лет и принесла ее автору титул «отца современного магнетизма».

Вещество со слабой, хотя и положительной магнитной восприимчивостью называется парамагнетиком. В. Ф. объяснил парамагнетизм в некоторых газах и твердых телах Термин «парамагнетизм Ван Флека» обозначает независимый от температуры магнетизм, проявляющийся у некоторых химических элементов.

Исследования В.Ф. много дали для установления связей между физикой и химией через применение квантовой механики. Он существенно развил методы теории поля в применении к кристаллам, с помощью которых можно вычислить квантово-механические энергетические уровни атома или иона в кристалле. Поскольку энергетические уровни зависят, в частности, от непосредственного окружения данного атома, они отличаются от уровней свободного атома или иона Точное знание этих уровней служит предпосылкой для понимания электрических, магнитных и оптических свойств вещества; развитые методы нашли применение при разработке

лазеров и при исследовании химических соединений. В.Ф. также исследовал свойства парамагнетиков при низких температурах, оптические спектры парамагнитных ионов в твердых телах и много других ферромагнитных явлений.

После второй мировой войны В. Ф. изучал магнитный резонанс, отклик электрона, ядра или атома на электромагнитное излучение. Ядерная магнитная спектрометрия помогает пролить свет на структуру молекул. Изображения, полученные с помощью магнитного резонанса, стали важным диагностическим инструментом в медицине. В. Ф. исследовал также энергию связи металлов, молекулярные спектры и ферримагнетизм (тип магнетизма, в котором две взаимно проникающие решетки магнитных ионов противоположно направлены и обладают разной напряженностью).

В. Ф., Филип У. Андерсон и Невилл Мотт разделили в 1977 г. Нобелевскую премию по физике «за фундаментальные теоретические исследования электронной структуры магнитных и неупорядоченных систем». Как сказал Пер-Улоф Левдин, член Шведской королевской академии наук, при презентации лауреатов, работа В. Ф. по электронной структуре магнитных и неупорядоченных систем не только знаменовала собой теоретический прорыв, но также имела «огромное значение для химии сложных соединений, геологии и новейшей технологии».

В 1927 г. В.Ф. женился на Эбигейл Джун Пирсон; детей у них не было В.Ф. был футбольным болельщиком (предпочитал футбольные матчи между Гарвардским и Йельским университетами), любил играть в бридж и слушать классическую музыку. Он был известен своей необыкновенной памятью на всевозможные расписания поездов, интерес к которым зародился у него в 1906 г., когда он путешествовал с родителями по Европе. Кроме того, он очень любил прогулки и пешие многодневные путешествия. Когда Дирак был в Мэдисоне в 1929 г., то вместе с В. Ф. они подолгу прогуливались по предместьям города, а в 1931 и в 1934 гг. оба ученых совершали пешие путешествия в Скалистые горы. Как считает Эдуард Перселл, В. Ф. «содействовал единению физики и химии», не говоря уже о его фундаментальном вкладе в физику твердого тела. «Он всегда учил нас, продолжал Перселл, – спокойно, с неистощимым терпением и доброжелательностью, абсолютно без всякого намека на высокомерное снисхождение». В.Ф. умер от сердечного приступа у себя дома в Кембридже (штат Массачусетс) 27 октября 1980 г.

Кроме Нобелевской премии, В. Ф. получил премию Ирвинга Ленгмюра по химической физике от компании «Дженерал электрик» (1965), Национальную медаль «За научные достижения» Национального научного фонда (1966), медаль Лоренца Нидерландской королевской академии наук и искусств (1974). Он был награжден почетным учеными степенями Веслианского, Висконсинского, Мэрилендского. Чикагского, Оксфордского и Гарвардского университетов. Он был членом Американского физического общества (и его президентом в 1952...1953 гг.), Американской академии наук и искусств, американской Национальной академии наук. Американского

философского общества и Международного союза теоретической и прикладной физики. Из иностранных академий и обществ, членом которых он являлся, можно указать Французскую академию наук. Нидерландское физическое общество и Лондонское королевское общество.

ВАН-ДЕР-ВААЛЬС Ян Дидерик

23 ноября 1837 г. – 8 марта 1923 г.
Нобелевская премия по физике,1910 г.

Нидерландский физик Ян Дидерик Ван-дер-Ваальс родился в Лейдене; сын Якобуса Ван-дер-Ваальса, плотника, и Элизабет Ван-дер-Ваальс (в девичестве Ван-ден-Бург). Окончив начальную и среднюю школу в Лейдене, Ян стал учителем начальной школы. С 1862 по 1865 г. он посещал Лейденский университет как вольнослушатель. В 1864 г. он получил удостоверение учителя средней школы по математике и физике и преподавал физику сначала в Девентере в 1864 г., а затем в Гааге, где стал в 1866 г. директором школы.

Вскоре после этого он начал аспирантскую работу по физике и получил степень доктора в Лейдене в 1873 г. Его докторская диссертация, посвященная непрерывности газообразного и жидкого состояний, получила горячее одобрение со стороны Джеймса Клерка Максвелла, одного из величайших физиков XIX в., который сказал о работе В.: «Она сразу поставила его имя в один ряд с самыми выдающимися именами в науке». Эта диссертация, которая затем была переведена на немецкий и французский языки, не только утвердила репутацию В. как блестящего физика, но и определила предмет его исследований до конца его научной деятельности. Через четыре года после получения докторской степени он стал первым

профессором физики во вновь организованном Амстердамском университете, где и оставался вплоть до самого ухода в отставку в 1908 г., передав свое дело сыну.

Идеи В. возникли под влиянием написанной в 1857 г. статьи Рудольфа Юлиуса Эмануэля Клаузиуса, немецкого физика, внесшего большой вклад в кинетическую теорию газов. Согласно этой теории, молекулы газа быстро движутся в разных направлениях. Их удары о стенки содержащего их сосуда определяют давление газа, а средняя скорость молекул (их кинетическая энергия) прямо связана с температурой. Клаузиус показал, как можно использовать эту теорию, чтобы вывести закон, найденный экспериментально в 1662 г. (когда еще не было известно о молекулах) Робертом Бойлем, ирландским физиком и химиком. Закон Бойля утверждает, что для заданной массы газа при постоянной температуре произведение давления на объем постоянно. Если, например, объем уменьшается из-за того, что в цилиндр вдвигается поршень, то давление возрастает в такой степени, чтобы сохранялось постоянным данное произведение. Позднее, в XIX в., другие ученые, как, например, французские физики Жак Александр Сезар Шарль и Жозеф Луи Гей-Люссак, показали, что при постоянном давлении отношение объема к абсолютной температуре сохраняет постоянное значение. Этот закон тоже можно непосредственно вывести из кинетической теории. Эти два закона можно объединить в одном уравнении состояния, которое справедливо при не слишком большой плотности: $PV = RT$, где P – давление.

V – объем, T – абсолютная температура, абсолютный нуль, т.е. – 273°C, а R – постоянная для всех газов величина, если в объеме содержится хотя бы одна грамм-молекула газа.

Было известно, что это уравнение не совсем точно, причем в разной степени для различных газов и различных условий. Газы, которые точнее всего удовлетворяют этому уравнению, получили название идеальных. Исследуя возможные источники погрешностей, В. заметил, что уравнение основывалось на двух предположениях: что молекулы действуют как точечные массы (что приблизительно соответствует действительности, если они удалены друг от друга) и что молекулы не оказывают воздействия друг на друга (за исключением соударений). Он ввел конечный объем для каждой молекулы и силу притяжения между молекулами (не уточняя ее природы), которая сокращала увеличивающееся расстояние. (Другие исследователи позже выяснили детали, но слабое притяжение нехимической природы между молекулами до сих пор часто называют силами Ван-дер-Ваальса.) Затем В. вывел модифицированное уравнение состояния реального газа: $(P + \alpha/\nu (\nu - \beta) = RT$, где α выражает взаимное притяжение молекул газа (деленное на $\nu 2$, чтобы учесть ослабление этой силы в большем объеме, т.е. при большем среднем расстоянии между молекулами), а P выражает молекулярный объем. Как α, так и P принимают разные значения для разных газов.

Хотя уравнение Ван-дер-Ваальса и не удовлетворяло полностью экспериментальным данным, оно явилось существенным улучшением более простого закона и обладало важными следствиями. Притяжение между молекулами приводит к тому, что В. назвал внутренним давлением, которое стремится удержать молекулы вместе. По мере того как объем уменьшается под действием внешнего давления, внутреннее давление возрастает гораздо быстрее внешнего. Если оно окажется равным или превысит внешнее давление, то молекулы сцепятся друг с другом и им уже не потребуется более давление со стороны содержащего их сосуда. Газ превратится в жидкость. Это иллюстрирует убеждение В., выраженное в его диссертации, что между газообразным и жидким состояниями нет существенной разницы. Те же самые силы и эффекты молекулярного объема действуют в обоих случаях. Различие свойств газов и жидкостей связано с различием в величине, а не в типе сил и объемных эффектов, поскольку молекулы могут располагаться ближе или дальше друг от друга.

Уравнение Ван-дер-Ваальса значительно прояснило обнаруженное ранее существование критической температуры, различной для разных газов, выше которой газ, независимо от величины давления, нельзя было перевести в жидкое состояние. Критическая температура связана с критическим объемом и критическим давлением, которые вместе определяют критическую точку, совокупность специальных значений температуры, давления и объема, при которых нет видимой грани между газом и жидкостью: при этих условиях оба состояния примерно одинаковы, резкого перехода между ними нет. В. использовал критическую точку для того, чтобы вывести уравнение, в котором переменные температура, давление и объем выражаются через их значения в критической точке. В результате получилось универсальное соотношение, применимое ко всем газам и зависящее в каждом случае только от критической температуры, давления и объема, а не от природы газа.

Это послужило основой для формулировки в 1880 г. его наиболее важного открытия – закона соответственных состояний. Согласно этому закону, если поведение некоторого газа и соответствующей жидкости известно при всех температурах и давлениях, то состояние любого другого газа или жидкости можно вычислить для любой температуры и давления при условии, что известно их состояние при критической температуре. Этот закон не является совершенным описанием чрезвычайно сложного характера газов и жидкостей, однако он достаточно точен для того, чтобы приближенно определить условия, необходимые для сжижения газов, отталкиваясь от имеющихся экспериментальных данных. Руководствуясь этим законом, шотландский физик Джеймс Дьюар в 1898 г. получил жидкий водород, а Хейке Камерлинг-Оннес, нидерландский коллега В., в 1908 г. получил жидкий гелий.

В своих дальнейших исследованиях В. пытался учесть отклонения от уравнения состояния реального газа, вводя переменный молекулярный

объем. Он предположил, что молекулы способны образовывать кластер, который затем ведет себя как одна молекул большего размера. Поскольку кластер мог содержать любое число одиночных молекул, газ способен превратиться в сложную смесь. Хотя исходное уравнение В. оставалось полезным в целом ряде случаев, его простота во многом была принесена в жертву более точному описанию поведения газа.

В. получил в 1910 г. Нобелевскую премию по физике «за работу над уравнением состояния газов и жидкостей». По словам Оскара Монтелиуса, члена Шведской королевской академии наук, во время презентации лауреата, «исследования В. имеют огромное значение не только для чистой науки. Современное конструирование холодильных установок, которые ныне являются столь мощным фактором нашей экономики и индустрии, базируется в основном на теоретических исследованиях награжденного».

В. женился на Анне Магдалене Смит в 1864 г. Она скончалась, когда три их дочери и сын были еще очень юными, и он никогда уже не женился. Невысокий человек, ведший скромный образ жизни, В. проводил свободное время, играя в бильярд, читая или раскладывая пасьянс. Он умер в Амстердаме в 1923 г. В. получил почетную докторскую степень Кембриджского университета. Кроме того, он являлся членом Нидерландской королевской академии наук и искусств и был избран иностранным членом Французской академии наук. Берлинской королевской академии наук. Московского императорского общества естествоиспытателей, Британского химического общества и американской Национальной академии наук.

ВИГНЕР (Wigner), Эуген П.

17 ноября 1902 г. – 1 января 1995 г.
Нобелевская премия по физике, 1963 г.

совместно с Йоханнесом Хансом Д. Йенсеном и Марией Гепперт Майер

Венгерско-американский физик Эуген Пол Вигнер родился в Будапеште в семье Антала Вигнера, представителя деловых кругов, и Элизабет Вигнер (в девичестве Айнхорн). Окончив лютеранскую школу в 1920 г., он в течение года учился в Будапештском технологическом институте, затем перешел в Берлинский технический университет, где получил степень бакалавра по инженерной химии в 1924 г. и степень доктора по техническим наукам в 1925 г. Отработав положенный срок инженером-химиком на кожевенном заводе, В. стал ассистентом-исследователем, а затем лектором по физике в Берлинском техническом университете, проведя в промежутке один год в качестве ассистента в Геттингенском университете.

В 1930 г. он стал ассистентом-профессором по физике в Геттингене и в том же году эмигрировал в США, где навсегда связал свою судьбу с Принстонским университетом. Проработав год лектором по физике, он служил профессором-почасовиком по математической физике с 1931 по 1937 г., исключая отпуск в 1931 г., когда он работал в Институте кайзера Вильгельма в Берлине. В 1937 – 1938 гг. он занимал должность профессора физики в Висконсинском университете, но в 1938 г. вернулся в Принстон, где получил ставку профессора математической физики.

Главным научным вкладом В. было приложение теории групп, определенного раздела математики, к квантовой механике – области, быстро развивавшейся в 30-х гг. Его самые ранние исследования касались скоростей химических реакций, а также теории металлических связей, строения атомов и ядер и характеристик ядерных реакций. В 1933 г., через год после открытия нейтрона английским физиком Джеймсом Чедвиком, В. показал, что силы, удерживающие вместе протоны и нейтроны, должны действовать лишь на очень близких расстояниях и быть намного сильнее дальнодействующих электрических сил, которые притягивают электроны к атомному ядру.

Со своим бывшим одноклассником Джоном фон Нейманом он применил теорию групп, чтобы связать энергетические уровни ядра с наблюдаемым его поведением. Эта работа оказалась особенно полезной при попытке объяснить существование того, что В. назвал магическими числами. Ядра, содержащие магическое число или протонов, или нейтронов, как было установлено эмпирически, оказывались особенно устойчивыми и многочисленными. Исследования В. помогли Марии Гепперт-Майер и И. Хансу Д. Йенсену в их успешных попытках, предпринятых независимо друг от друга, найти глубинный источник магических чисел в квантово-механических движениях протонов и нейтронов в ядре.

В. был одним из первых физиков, который оценил силу принципов симметрии в предсказании инвариантностей физических процессов. Эти принципы касаются сохранения некоторых характеристик, имеющихся до перехода, в конечных продуктах после перехода. Например, принципы симметрии и требования инвариантности могут помочь предсказать, какие ядерные реакции возможны, а какие нет.

С открытием деления ядра, сделанным Отто Ганом и Лизе Майтнер, за которым вскоре, в 1939 г., разразилась вторая мировая война, американские физики были обеспокоены, что нацистская Германия может попытаться создать ядерное оружие. В. присоединился к Альберту Эйнштейну, Энрико Фермы и другим ученым, настаивавшим, чтобы правительство США финансировало ядерные исследования, ив 1941 г. президент Франклин Рузвельт утвердил Манхэттенский проект с целью создания атомной бомбы.

В 1941...1942 гг. В. служил консультантом в Федеральном управлении научных исследований и развития США. Затем он взял отпуск в Принстоне с 1942 г., чтобы присоединиться к Манхэттенскому проекту. Здесь, в металлургической лаборатории Чикагского университета, он проводил теоретические исследования и участвовал в разработке ядерного реактора для производства плутония. Его работы немало способствовали пониманию нейтронных процессов и позволили предсказать поведение сверхкритических масс ядерных зарядов. 2 декабря 1942 г. В. присутствовал при первом запуске ядерной цепной реакции.

После войны В. провел 1946...1947 гг., работая директором научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в клинтонских лабораториях Комиссии по атомной энергии в Ок-Ридже (штат Теннесси), где он возглавлял коллектив из 400 ученых и техников, производивших изотопы для мирных целей. Первый такой материал, углерод-14, был использован Барнардом Фри-Скином в Онкологическом госпитале в Сент-Луисе (штат Миссури).

Вернувшись в Принстон после войны, В. активно выступил против последствий ядерных исследований. Возглавляя конференцию, посвященную будущему атомной науки, которая проводилась по случаю 200-летия Принстонского университета в 1946 г., он призывал своих коллег-ученых быть социально ответственными за последствия, связанные с ядерной технологией. Два года спустя на собрании Американской ассоциации фундаментальных наук в Вашингтоне (округ Колумбия) он настаивал на том, что атомная энергия в мирных целях должна находить применение только при наличии необходимых гарантий безопасности. Позже он выражал свое разочарование тем, что появление водородной бомбы не побудило ООН стать эффективным органом «для ее нейтрализации».

В. помогал разрабатывать атомные реакторы как для производства электроэнергии, так и для производства изотопов, предназначенных для исследований, анализа и медицинских целей. Он опасался гонки ядерных вооружений и был не согласен с той точкой зрения, что ядерная технология носит сугубо военный характер и должна контролироваться военными. В послевоенных исследованиях В. использовал свои работы по теории групп для описания взаимодействия энергичных элементарных частиц.

В. получил Нобелевскую премию 1963 г. по физике «за его вклад в теорию атомного ядра и элементарных частиц, особенно с помощью открытия и приложения фундаментальных принципов симметрии». Он

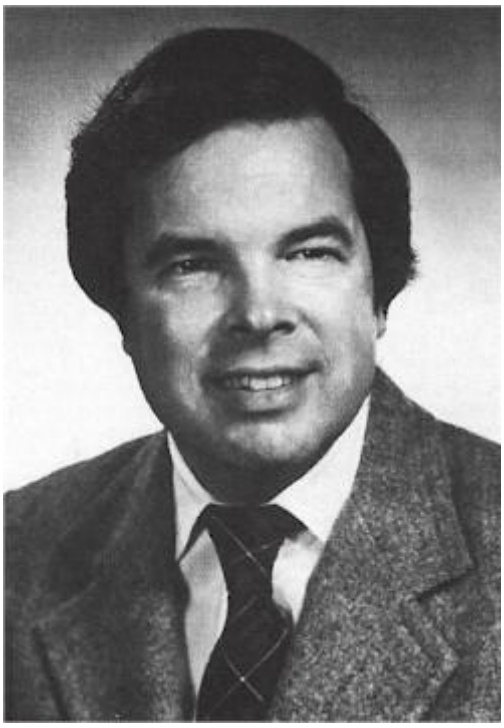
разделил премию с Марией Гепперт-Майер и И. Хансом Д. Йенсеном. По словам Ивара Валлера, члена Шведской королевской академии наук, при презентации лауреата, «важный шаг в исследовании этих сил [между нуклонами] был сделан В. в 1933 г., когда он обнаружил... что сила между двумя нуклонами очень слаба, за исключением тех случаев, когда расстояние между ними крайне мало, но зато тогда эта сила в миллионы раз больше, чем электрические силы между электронами во внешней части атомов... В. сделал и много других важных открытий в ядерной физике. Он построил общую теорию ядерных реакций и сделал решающий вклад в практическое использование ядерной энергии, он проложил совместно с более молодыми учеными новые пути во многих других областях физики».

В 1971 г. В. стал почетным профессором в отставке в Принстоне. У него сохранился активный интерес к философским вопросам квантовой механики и к будущему взаимодействию науки и общества. Он был директором проекта гражданской обороны для американской Национальной академии наук в 1963 г. и директором аналогичного проекта в Ок-Ридже в 1964...1965 гг.

В. женился на Амелии Ципоре Франк в 1936 г. Она умерла в следующем году. Четыре года спустя он женился на Мэри Аннет Уилер, профессоре физики в Вассар-колледже, у них родились сын и дочь. Мэри Вигнер умерла в 1977 г., и в 1979 г. он женился на Эйлин К.П. Гамильтон. С 1937 г. он является гражданином Соединенных Штатов.

Кроме Нобелевской премии, В. был награжден правительством США медалью «За заслуги» (1946), медалью Энрико Ферми Американской комиссии по атомной энергии (1958), медалью Макса Планка Германского физического общества (1961) и Национальной медалью «За научные достижения» Национального научного фонда (1969), а также многими другими наградами. Ему были присвоены почетные ученые степени более чем двадцатью колледжами и университетами США и Европы. Он был членом американской Национальной академии наук, Американского философского общества, Американского математическо общества. Американской академии наук и искусств и Американского физического общества. Он также член-корреспондент Академии наук Геттингена.

ВИЛЬСОН (Wilson), Кеннет Г.



род 8 июня 1936 г.
Нобелевская премия по физике, 1982 г.

Американский физик Кеннет Геддес Вильсон родился в Уолтхэме (штат Массачусетс) и был старшим из четырех детей Эмили (в девичестве Бэккингэм) Вильсон и Эдгара Брайта Вильсона-младшего. Его отец, специалист по микроволновой спектроскопии, преподавал химию в Гарвардском университете. Свое первоначальное образование В. получил в частных школах в Массачусетсе. Он был особенно одарен в области математики и позже вспоминал, что, поджидая школьный автобус, развлекался извлечением в уме кубических корней. Проведя год в школе при Магдаленколледже в Оксфорде (Англия), затем окончил квакерскую Джордж-скул в штате Пенсильвания в 1952 г. Поступив в Гарвардский университет в 16 лет, он изучал математику и физику и получил степень бакалавра там же в 1956 г. Затем он выполнил аспирантскую работу по квантовой теории поля под руководством Марри Гелл-Мана в Калифорнийском технологическом институте (Калтехе), получив докторскую степень в 1961 г. Его докторская диссертация называлась «Исследование уравнения Лоу и уравнений Чу-Мандельштама» ("An Investigation of the Low Equation and the Chew Mandelshtam Equations").
В. был награжден последиссертационной стипендией в Гарварде, а затем получил стипендию фонда Форда (1962...1963) для работы в ЦЕРНе (Европейском центре ядерных исследований). В 1963 г. он поступил на работу на физический факультет Корнеллского университета, где стал профессором в 1970 г.

В своей ранней работе, посвященной элементарным частицам и взаимодействиям между ними, В. использовал математическую технику, называемую перенормировкой, которую предложили Гелл-Ман, Лоу (коллега Гелл-Мана по Калтеху) и другие, чтобы преодолеть некоторые трудности в квантовой электродинамике. При непосредственном приложении квантовой теории к поведению элементарных частиц пришлось столкнуться с такими неудобными величинами, как бесконечный заряд. Гелл-Ман и Лоу использовали группы перенормировок, дабы видоизменить математическое представление, например, точечной частицы, такой, как электрон, чтобы устранить препятствия дальнейшему приложению теории. В. сделал свой вклад в эту теорию, решая в своей докторской диссертации задачу, связанную с К-мезонами (каонами). В Корнеллском университете частично благодаря работам своих коллег Майкла Фишера и Бенджамина Уайдома он заинтересовался критическими явлениями, имея в виду дальнейшие приложения групп перенормировок.

Критические явления – это особое поведение материалов при определенных внешних условиях (например, температуре и давлении), когда свойства материалов резко изменяются. Эти особые условия носят название критической точки. Например, если взять воду, температура, при которой жидкость затвердевает или становится паром, зависит от давления. При кипении жидкость и пар сосуществуют, и если их держать в замкнутом объеме, то можно сказать, что они находятся в равновесии; обычно их легко различить, поскольку у них огромная разница в плотности. Однако, когда точка кипения поднимается вместе с давлением, плотность жидкости уменьшается с увеличением температуры, поскольку жидкость расширяется (давление лишь незначительно уплотняет воду), тогда как пар (газ) сильно сжимается и становится плотнее. Если увеличивать нагревание, чтобы поддерживать точку кипения, когда давление растет, то мы в конце концов достигнем точки (давление 219 атмосфер, температура 374ºС), когда две плотности становятся одинаковыми и кипение исчезает. Теперь уже нельзя отделить жидкость от пара, да и сам вопрос теряет свой обычный смысл. Эти значения давления и температуры определяют критическую точку воды. Другой пример критической точки дает температура (называемая точкой Кюри по имени Пьера Кюри), ниже которой ферромагнитный материал начинает спонтанно намагничиваться и выше которой он остается ненамагниченным. Если магнит нагрет выше точки Кюри, то он теряет свои магнитные свойства и не «вспоминает» о своем первоначальном состоянии, когда его вновь охладят. Критические явления впервые систематически изучались в 1860-х гг. на двуокиси углерода.

Системы с критическими точками обладают особой связью между взаимодействиями на очень коротких расстояниях (микроуровне) и макрохарактеристиками тела. В случае с водой микромасштабные явления сводятся к движению молекул и межмолекулярному притяжению. В случае с магнитами определяющей является способность элементарных магнитов, связанных со спинами электронов, влиять на своих соседей, побуждая их к

определенному упорядочению. Вблизи критической точки эти рядовые воздействия возрастают во много раз по своей величине, что ведет к согласованному макроповедению. Количественное понимание критических явлений сталкивается со сложностью большого числа независимых микровзаимодействий (степеней свободы) и действующих на более значительных расстояниях корреляций между различными областями, которые в конце концов охватывают все материальное тело. Величины флуктуируют от точки к точке и от области к области, образуя множество различных уровней взаимодействия, или величин масштаба.

Ученые энергично взялись за эту проблему, пытаясь найти пути, которые позволили бы уменьшить сложности до приемлемых пределов, не нарушая при этом справедливости самой теории. В 1937 г. русский физик Лев Ландау предложил метод, названный теорией усредненного поля, для случая с магнитами, в котором он усреднял флуктуации намагниченности, предполагая, что имеют значение лишь флуктуации на атомном уровне. В 1944 г. норвежско-американский химик Ларе Онсагер нашел количественное решение для двухмерной модели, которое позволило ему вычислить магнитные свойства, а также показать ошибочность теории Ландау. В результате возникла необходимость создать новую, более общую теорию. В 1965 г. Уайдом предположил, что изменение масштаба взаимодействий вблизи критической точки не должно нарушать справедливости математического описания. В 1966 г. американский физик Лео Каданофф предложил разделить ферромагнитную систему вблизи критической точки на ячейки, в каждой из которых содержалось бы небольшое число магнитов атомного уровня, причем размер ячейки определял бы величину масштаба. Другие ученые тоже внесли свой вклад в возможное решение этой проблемы. Но именно применение В. теории групп перенормировок дало успешный метод для описания поведения вблизи критической точки и позволило находить количественные оценки свойств системы с помощью компьютеров.

В самом деле, В. разбил систему на блоки, расположенные наподобие сетки, как это делал Каданофф. Начиная с мелкого масштаба и большого числа маленьких блоков, он применял процедуру усреднения. Затем, постепенно увеличивая масштаб и размеры блоков, он повторял эту процедуру снова и снова до тех пор, пока она не сводилась к итоговому представлению, которое давало численные результаты, согласующиеся с экспериментальными данными. На каждом шаге флуктуации меньшего масштаба усреднялись, а флуктуации большего масштаба приближались к тому, чтобы включать в себя всю систему. Он также обнаружил, что системы вблизи своих критических точек могут быть охарактеризованы небольшим числом параметров, обладающих качеством универсальности. Иными словами, аналогичные параметры можно использовать для расчетов поведения удивительно большого числа других систем. Позднее В. и Фишер развили некоторые аспекты этого метода дальше, увеличив его ценность.

Другие физики быстро признали важность достижения В. Ландау называл критические явления наиболее важной нерешенной проблемой

теоретической физики, и сам В. позднее говорил, что задачи, к которым применялся его метод, принадлежали к наиболее трудным в физике. «Если бы это было не так, – пояснял он, – то их решили бы с помощью более простых методов гораздо раньше».

В. был награжден в 1982 г. Нобелевской премией по физике «за теорию критических явлений в связи с фазовыми переходами». При презентации лауреата Стиг Лундквист, член Шведской королевской академии наук, в своей речи поздравил В. с его «элегантным и глубоким» решением проблемы фазовых переходов. Разультаты, полученные В., сказал он, «дали полное теоретическое описание поведения вблизи критической точки, а также привели к методам численного нахождения критических значений. За десятилетие, протекшее со времени публикации его первых работ, – продолжал Лундквист, полное торжество его идей и методов подтвердила сама жизнь».

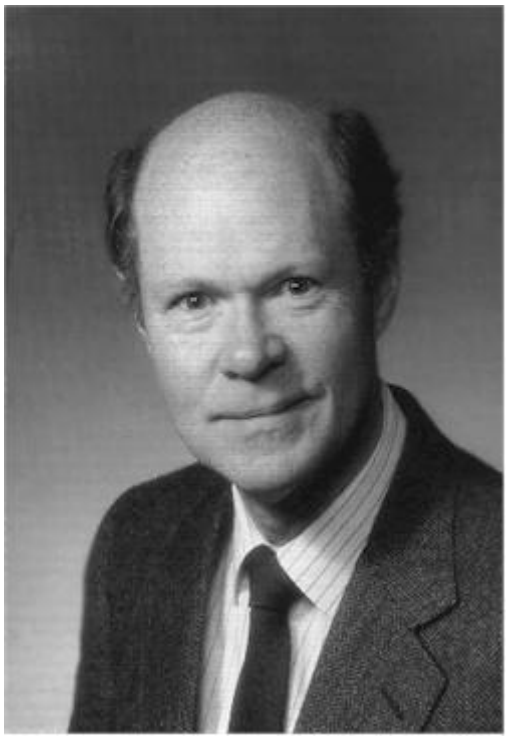
Практического применения перенормировки можно ожидать в таких областях, как просачивание жидкости сквозь твердое тело, замораживание, распространение трещин в металлах и течение нефти в подземных резервуарах, в которых сложные микроскопические физические процессы проявляются в макроскопических эффектах. В последние годы В. пытается применить свои методы к теории кварков – частиц, которые, как полагает Гелл-Ман, служат строительными блоками для протонов, нейтронов и других внутриатомных частиц, считавшихся ранее элементарными.

С 1976 г. В. уделяет основное внимание компьютерному моделированию. Обнаружив, что его теоретическая работа ограничена скоростью и памятью современных компьютеров, он стал выступать за создание суперкомпьютерных центров, обслуживающих ученых.

В 1982 г. В. женился на Элисон Браун, специалистке по компьютерам Корнеллской компьютерной службы. Бывший музыкант-любитель, игравший на гобое, он любит народные танцы и пешие путешествия. Он сам характеризует себя как «трудоголика, который в массе возможностей видит прежде всего их массу».

В. является членом американской Национальной академии наук и Американской академии наук и искусств. Среди прочих его наград: премия Дэнни Хейнемана Американского физического общества (1973), премия Вольфа Фонда Вольфа (1980), которую он разделил с Фишером и Каданоффом и Почетная награда выпускникам Калифорнийского технологического института (1981). Он имеет почетную ученую степень доктора Гарвардского университета

ВИЛЬСОН (Wilson), Роберт В.



род. 10 января 1936 г.
Нобелевская премия по физике, 1978 г.
совместно с Петром Капицей и Арно А. Пензиасом

Американский радиоастроном Роберт Вудро Вильсон родился в Хьюстоне (штат Техас); он единственный сын и старший из трех детей Ральфа Вильсона, инженера-химика, сотрудника нефтяной компании, и Фанни Мэй Вильсон (в девичестве Уиллис). Мальчиком В. часто сопровождал своего отца, когда тот отправлялся к нефтяным вышкам, и «слонялся среди механизмов, всякой электроники и автоагрегатов». Благодаря этому у него выработался устойчивый, сохранившийся на всю жизнь интерес к электронике. Еще школьником он зарабатывал себе карманные деньги, ремонтируя радио- и телеприемники.

В 1953 г. В. поступил в Райсский университет, альма-матер своего отца. Найдя на первом курсе учебный план по радиоэлектронике «не слишком передовым», он переключил основное внимание на физику. Закончив с отличием университет в 1957 г., он проработал лето в компании «Экссон» и получил свой первый патент на изобретение высоковольтного генератора импульсов – прибора, характеризовавшего процесс бурения.

Осенью 1957 г. В. начал аспирантскую работу в Калифорнийском технологическом институте (Калтехе). На первом году аспирантуры его познакомили с Джоном Болтоном, австралийским радиоастрономом, который приехал в Калтех, чтобы построить интерферометр (два радиотелескопа, соединенные между собой электронными устройствами, в результате чего они становятся равносильными гораздо большему телескопу)

в университетской радиообсерватории, расположенной в Оуэнс-Вэлли, в 200 милях к северу от Лос-Анджелеса. В. делал свою докторскую диссертацию под руководством Болтона, составляя карту вариаций излучения, идущего из Млечного пути, с длиной волны в 31 см. Докторскую диссертацию он защитил в 1962 г. Затем он провел, как положено, постдокторский год в Калтехе, а потом поступил в лабораторию телефонной компании «Белл», а конкретнее – в Исследовательскую радиолабораторию в Кроуфорд-Хилл (штат Нью-Джерси). Здесь он работал в содружестве с Арно А. Пензиасом.

В 1960 г. ученые компании «Белл» построили 20-футовую отражательную антенну в Холмделе (штат Нью-Джерси), чтобы принимать сигналы со спутника «Эхо». Когда к 1963 г. антенна выполнила отведенную ей роль, Пензиас и В. переделали ее в радиоастрономический телескоп. Ее точная калибровка и крайняя чувствительность были идеальны для измерения интенсивности внеземных радиоисточников. В. и Пензиас могли также распознавать и удалять из своих измерений радиошумы, возникающие от локальных источников, таких, как грунт, земная атмосфера и сама антенна. Это умение позволило им сделать абсолютные измерения интенсивности фонового излучения от областей неба вблизи интересующего их источника. Контрольный источник, построенный Пензиасом, охлаждался с помощью жидкого гелия, чтобы минимизировать тепловое излучение и тем самым получить точно известную величину слабого шума. В. изобрел переключатель, чтобы связывать телескопный усилитель попеременно с антенной и контрольным источником, дабы сравнивать контрольный шум с шумами, полученными из космоса.

В 1964 г., работая впервые со своей системой, Пензиас и В. измерили сигналы от Кассиопеи-А, ярчайшего радиоисточника в созвездии Кассиопеи. Кас-А, как ее обычно называют между собой специалисты, является сверхновым образованием, расширяющейся газовой оболочкой, образовавшейся при взрыве звезды. Два исследователя, к своему удивлению, обнаружили, что уровень фонового шума превышает ожидаемую величину. Когда этот озадачивающий результат повторился и при дальнейших измерениях, Пензиас и В. внимательно проверили систему антенны и другие источники шума и сделали необходимые измерения, пытаясь устранить погрешности. Однако, что бы они ни делали, им не удавалось существенно снизить аномально большой шум.

Излучение обычно характеризуется длиной волны или связанной с ней частотой. Но поскольку все объекты излучают электромагнитную энергию с длинами волн, которые становятся короче по мере нагревания объектов, длину волны можно также связать с температурой. Белый свет представляет собой смесь всех цветов вплоть до фиолетового, кратчайшей длины волны видимого спектра. Поскольку излучение зависит также от цвета и текстуры поверхности объекта, за точку отсчета берут стандартное черное тело. Хотя черное тело излучает целый спектр излучения, а не единственную длину волны, каждая температура характеризуется доминантной длиной волны, на которой излучение особенно интенсивно. Холодные тела также

излучают, но длины волн у них слишком велики и не принадлежат к видимой части спектра.

Необъяснимое фоновое излучение, обнаруженное Пензиасом и В., шло на длинных (радио-)волнах, соответствующих излучению черного тела при температуре 3,5°К (градусов Кельвина). Абсолютный нуль, или 0°К, – это теоретическая температура, при которой прекращается всякое тепловое движение.

Неизвестная Пензиасу и В. группа теоретиков из Принстонского университета, возглавляемая Робертом Диком, рассматривала тогда же приложения космологической модели, согласно которой Вселенная попеременно расширяется и сжимается. Согласно этой модели. Вселенная в настоящий момент расширяется, но гравитационные силы могут со временем менять расширение на сжатие, и тогда Вселенная сожмется до невероятной плотности, в результате чего произойдет так называемый «большой взрыв», гипотетический коллапс, в результате которого когда-то образовалась вся материя и все излучение во Вселенной. Дик выдвинул предположение, что излучение от крайне раскаленного, высококонденсированного раннего состояния Вселенной после примерно 18 млрд. лет охлаждения можно наблюдать еще и сегодня. Коллега Дика П.Дж. Пиблс подсчитал, что на сегодняшний день эквивалент реликтового излучения равен 10ºК (позднее дано уточненное значение около 3°К), и этот результат он сообщил устно в Университете Джонса Хопкинса. Джордж (Георгий) Гамов, создатель теории «большого взрыва», сделал ранее аналогичное предположение.

В 1965 г. Пензиас получил копию сообщения Пиблса и узнал, что Питер Ролл и Дэвид Т. Уилкинсон, члены группы Дика, строят антенну, чтобы измерить предсказанное космическое реликтовое излучение. Он встретился с принстонской группой, и в результате два исследовательских коллектива согласились работать сообща над одновременной публикацией двух статей в журнале «Астрофизикл джорнэл» ("Astrophysical Journal"). Принстонская группа должна была опубликовать статью по космологической теории, а Пензиас и В. – по обнаруженному ими фоновому излучению. Дополнительные измерения, проделанные в течение нескольких следующих лет, показали, что это излучение обладает тем самым распределением длин волн, которое было предсказано группой Дика для черного тела при вычисленной температуре.

Затем В. и Пензиас обратились к исследованиям совсем другого рода. Их заинтересовала возможность использования лазера на углекислом газе (прибор, усиливающий свет и генерирующий интенсивный монохроматический луч), чтобы пробиться сквозь туман. Они надеялись добиться полезных результатов в области коммуникации, но их усилия оказались бесплодными. В. также построил прибор, который измерял яркость Солнца на длинах волн в 1 и 2 см, на которых излучение светила относительно постоянно. Прохождение этих длин волн сквозь земную атмосферу представляло интерес, поскольку их предлагалось использовать для будущей спутниковой связи.

В. вернулся к радиоастрономии в конце 60-х гг. Работая вместе с Пензиасом и физиком-атомщиком из лабораторий компании «Белл» Кейтом Джеффертсом, он создал приемник, способный обнаружить излучение с длиной волны порядка миллиметров. В 1970 г. они соединили свой приемник со вновь построенным 36-футовым радиотелескопом на участке, принадлежащем Национальной радиоастрономической обсерватории в Китт-Пике (штат Аризона). Когда телескоп был нацелен на туманность Ориона, то на дисплее приемника немедленно появилась спектральная линия (характерное излучение) окиси углерода. В. со своими коллегами позднее обнаружил шесть других межзвездных молекул. В 1972 г. лаборатории компании «Белл» решили строить аппаратуру с миллиметровой длиной волны в Кроуфорд-Хилле. В дополнение к руководству разработкой и строительством антенны на В. была возложена ответственность за сохранность оборудования и подготовку его к радиоастрономическим исследованиям. В 1976 г. он был назначен главой радиофизического исследовательского отдела в лабораториях компании «Белл». Два года спустя он стал адъюнкт-профессором Университета штата Нью-Йорк.

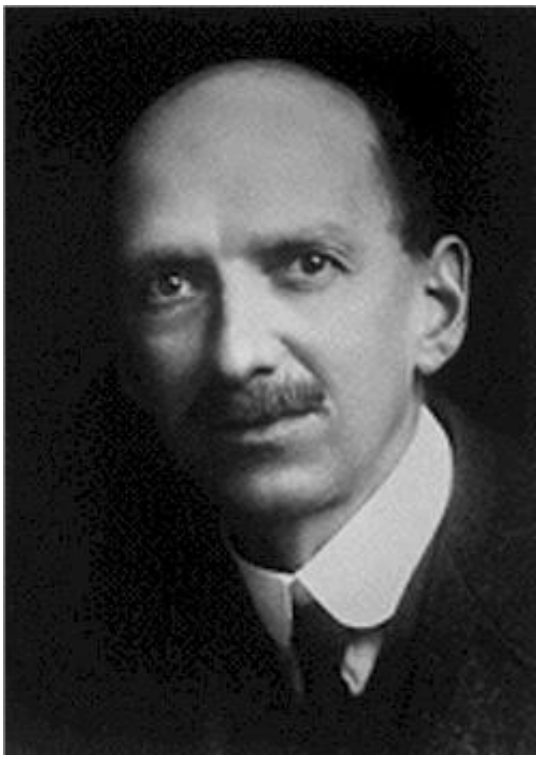
В. и Пензиас разделили между собой половину Нобелевской премии по физике за 1978 г. «за открытие микроволнового реликтового излучения». Другую половину премии получил Петр Капица. В Нобелевской лекции В. сказал: «Космическое микроволновое реликтовое излучение, если рассматривать его как остаточное явление, возникшее после «большого взрыва», который произошел при возникновении Вселенной, является одним из самых мощных вспомогательных средств для определения строения и динамики Вселенной».

После того как он получил Нобелевскую премию, В. остался работать на установке в Холмделе, где он исследовал темные газовые облака в Млечном пути. В процессе работы он обнаружил, что «в таких облаках сосредоточены значительные порции газа в нашей собственной галактике и именно из таких облаков рождаются новые звезды».

В 1958 г. В. женился на Элизабет Роде Соуин, тоже из Хьюстона; у них двое сыновей и дочь. В. и его семья любят кататься зимой на лыжах и коньках; он также в свободные часы играет на пианино.

Кроме Нобелевской премии, В. и Пензиас разделили медаль Генри Дрейпера американской Национальной академии наук (1977) и медаль Гершеля Лондонского королевского астрономического общества (1977). В. является членом Американского астрономического общества, Международного астрономического союза, Американского физического общества, Международного союза радионаук и Американской академии наук и искусств.

ВИЛЬСОН (Wilson), Ч.Т.Р.



14 февраля 1869 г. – 15 ноября 1959 г.
Нобелевская премия по физике, 1927 г.
совместно с Артуром Х. Комптоном

Шотландский физик Чарлз Томсон Рис Вильсон родился на ферме недалеко от Гленкорса, в семье Джона Вильсона, фермера, разводившего овец, и Энни Кларк Вильсон (в девичестве Харпер) из Глазго. В., большую часть своей жизни известный как Ч-Т-Р, был самым младшим из восьми детей, которых имел его отец от двух браков. Мальчику было четыре года, когда его отец умер и семья переехала в английский город Манчестер, где им большую поддержку оказали родственники. Посещая Гринхейскую академическую школу в Манчестере, В. проявил интерес к естественным наукам, никогда не пропуская возможности приготовить препараты для наблюдения под микроскопом. После окончания школы в 1884 г. он, пользуясь финансовой поддержкой своего сводного старшего брата Уильяма, поступил в Оуэнс-колледж (ныне Манчестерский университет). Там он изучал науки в течение трех лет и получил степень бакалавра в 1887 г. Затем он остался в колледже еще на один год для изучения философии, латыни и греческого языка.

В 1888 г. В. поступил в Сидней-Сассекс-колледж в Кембридже на средства стипендиального фонда. Хотя, поступая в Оуэнс-колледж, он собирался изучать медицину, теперь он был убежден, что его призвание – физика. Получив степень в Кембридже в 1892 г., В. остался там для проведения научных исследований, но, поскольку его брат Уильям умер в том же году, семья нуждалась теперь уже в его денежной помощи. В. оставил

Кембридж в 1894 г., чтобы стать учителем в Брэдфордской средней школе, но спустя небольшое время почувствовал, что его тянет вернуться назад и продолжить свои исследования. Зарабатывая на жизнь в качестве лаборанта при студентах-медиках, он продолжал эксперименты в Кавендишской лаборатории, возглавляемой Дж. Томсоном, чьи собственные исследования привели вскоре к открытию электрона.

Поднявшись во время отдыха в 1894 г. на Бен-Невис, горную вершину в Шотландии, В. остался под впечатлением оптических феноменов, таких, как кольца вокруг Солнца, которые образуются, когда Солнце светит сквозь облака и туман; это дало толчок его научным исследованиям. В начале следующего года он приступил к попыткам воспроизвести эти явления в лаборатории с помощью прибора, названного камерой расширения, который предназначался для имитации тумана и дождя. «Почти немедленно, – вспоминал он впоследствии, – я натолкнулся на нечто, представляющее гораздо больший интерес, чем оптические феномены, которые я намеревался изучать». Было известно, что водяные пары в воздухе конденсируются вокруг частиц пыли, служащих ядрами для капель, и считалось, что облака не могут образоваться в атмосфере, свободной от пыли. Однако В. обнаружил, что если удалить всю пыль из камеры, используя повторную конденсацию и осаждение, то туман и дождь все еще будут образовываться, если концентрация водяных паров в воздухе достаточно высока. Это открытие привело его к догадке, что водяные капли могут образовываться, конденсируясь вокруг ионов (электрически заряженных атомов или молекул).

Изучая открытые Вильгельмом Рентгеном в конце 1895 г. Х-лучи (рентгеновские лучи), В. использовал примитивную рентгеновскую трубку, чтобы заряжать воздух в своей камере. Образующийся при этом плотный туман подтверждал не только его теорию конденсации, но и существование (подвергавшееся в то время сомнению некоторыми физиками) атомов, молекул и ионов. В процессе этой работы В. весьма существенно улучшил конструкцию своей камеры, которая стала известна как конденсационная (ионизационная) камера.

Летом 1895 г. В. вновь побывал в шотландских горах, где гроза, от которой «поднимались волосы на голове», возбудила в нем интерес к исследованию электрического поля Земли. В 1896 г. он был награжден стипендией Клерка Максвелла в Кавендишской лаборатории и следующие три года изучал ионную конденсацию и атмосферное электричество. Благодаря его скрупулезной экспериментальной работе удалось получить важную информацию относительно поведения ионов в газах и их влияния на атмосферу.

В 1899 г. В. провел исследования для Метеорологического совета; в следующем году он был избран членом совета Сидней-Сассекс-колледжа и назначен лектором. Он продолжал свои исследования в Кавендишской лаборатории, проводя эксперименты с конденсационной камерой вплоть до 1904 г.; после этого его все более начало интересовать изучение

атмосферного электричества. Он изобрел новую форму электроскопа (прибора для измерения напряжения), который был в 100 раз более чувствительным, чем прежние модели, и с помощью такого прибора ему стало доступно измерение электрического поля в атмосфере.

В. вернулся к работе по конденсации в 1910 г., намереваясь использовать камеру для регистрации пролетающих внутри атомных частиц. Своим зарядом альфа-частицы (ядра атома гелия) и бета-частицы (электроны) на отрезке пути ионизируют молекулы газа. В. решил, что водяной пар, конденсирующийся вокруг ионизированных молекул, должен образовывать следы, которые можно фиксировать на фотоэмульсии. Приспособив камеру для этой цели, он сообщил в 1911 г., что видел впервые «восхитительные облачные следы», сконденсировавшиеся вдоль треков альфа- и бета-частиц. Фотографии треков, сделанные им, произвели глубокое впечатление в научном мире. Они служили зримым свидетельством частиц, чье существование до той поры устанавливалось лишь косвенно, причем частицы можно было отличать друг от друга с невероятной четкостью.

В 1913 г. В. был назначен наблюдателем в области метеорологической физики в обсерватории физики Солнца в Кембридже, где он оставался до 1918 г., продолжая проводить исследования со своей камерой и изучая атмосферное электричество. В время первой мировой войны он работал над проблемой защиты воздушных судов от пожаров, вызванных молнией и другими электрическими разрядами.

Что-либо подобное ионизационной камере В., писал Дж. Дж. Томсон, «трудно сыскать; она служит примером изобретательности, проницательности, умения работать руками, неизменного терпения и несгибаемой целеустремленности». Эта работа стала той основой, на которой проводили свои дальнейшие исследования П.М.С. Блэкетт, Петр Капица, Вальтер Боте, Ирен Жолио-Кюри и другие. Позитрон и другие элементарные частицы были открыты с помощью ионизационной камеры В., которая стала также неоценимым инструментом для исследования космических лучей. В. продолжал работы с камерой до 1923 г., когда опубликовал результаты своих исследований в двух последних статьях. В одной из них давалось экспериментальное подтверждение тому, что при взаимодействии рентгеновских лучей с атомами оттуда выбиваются электроны, – факт, предсказанный ранее в том же году Артуром Х. Комптоном.

Начиная с 1923 г. В. сосредоточился в основном на изучении атмосферных явлений, изобретал приборы, позволяющие измерить суммарный заряд, переносимый молнией, и другие характеристики гроз. Представления В. о происхождении электрических полей в грозах и атмосфере были новаторским вкладом в понимание этих явлений. С 1925 г. по 1934 г. он был профессором натурфилософии в Кембридже.

В 1927 г. В. был награжден Нобелевской премией по физике «за метод визуального обнаружения траекторий электрически заряженных частиц с помощью конденсации пара». «Хотя с той поры, как вы предложили свой элегантный метод конденсации, утекло немало времени, – сказал Кай

Сигбан, член Шведской королевской академии наук, при презентации лауреата, – значение вашего открытия за это время значительно возросло как благодаря вашим неутомимым исследованиям, так и вследствие результатов, полученных другими».

Уйдя в отставку из Кембриджа в 1934 г., В. вернулся в Шотландию, поселившись недалеко от того места, где он родился. Всегда обожавший природу, он и в свои восемьдесят с лишним лет продолжал совершать горные восхождения и долгие пешие прогулки по окрестностям. В возрасте восьмидесяти шести лет он впервые поднялся в воздух и был в восторге, наблюдая грозу с борта самолета. Он представил свою последнюю статью, посвященную грозам, Лондонскому королевскому обществу в 1956 г., будучи старейшим членом этого общества.

В 1907 г. В. женился на Джесси Фрейзер Дик, дочери министра; у них было две дочери и сын. В. был известен как мягкий, тихий человек, испытывавший жажду познания законов природы, но абсолютно равнодушный к почестям и престижу. Томсон охарактеризовал его деятельность как «движение вперед без отдыха и спешки». После непродолжительной болезни В. скончался в своем доме в Карлопсе, вблизи Эдинбурга, 15 ноября 1959 г.

Кроме Нобелевской премии, В. был награжден медалями Хьюза (1911), Королевской (1922) и Копли (1935) Лондонского королевского общества, а также премией Хопкинса Кембриджского философского общества (1920), премией Ганнинга Эдинбургского королевского общества (1921) и медалью Говарда Поттса Франклиновского института (1925). Ему было пожаловано дворянство в 1937 г. Кроме того, он был обладателем многочисленных почетных научных степеней.

ВИН (Wien), Вильгельм

13 января 1864 г. – 30 августа 1928 г.
Нобелевская премия по физике,1911 г.

Немецкий физик Вильгельм Карл Вин родился в г. Гаффкене, тогда входившем в состав Восточной Пруссии (ныне г. Приморск, Россия); был единственным сыном Карла Вина, фермера, и Каролины Вин (в девичестве Герц). Когда мальчику было два года, его семья переехала на меньшую ферму в Драхенштайн. Замкнутый, как и его отец, мальчик не имел друзей и был особенно привязан к своей матери. Как было принято тогда, ему наняли учительницу французского языка, на котором он стал говорить раньше, чем научился писать по-немецки. Официально В. начал учиться в возрасте одиннадцати лет в Растенбургской гимназии.

Он не был внимательным учеником, предпочитая вместо подготовки домашних заданий бродить по полям, и учился плохо, особенно по математике. Родители взяли его из школы в 1879 г. и воспитывали дома, обучая фермерскому делу, а свои школьные занятия он продолжал с частным учителем. Затем осенью 1880 г. В. поступил в гимназию в Кенигсберге и окончил ее ранней весной 1882 г. Позднее, этой же весной, ободренный своей матерью, он поступил в Геттингенский университет. Неудовлетворенный математическими курсами и не любивший жизнь студенческих корпораций, он оставил Геттинген, проучившись там один семестр, и отправился в путешествие по прирейнским областям Германии. Он вернулся домой, намереваясь стать фермером, но, поняв, что эта работа не для него, возобновил занятия математикой и физикой в Берлинском университете осенью 1882 г.

После двух семестров классных занятий и трех лет лабораторной работы под руководством Германа фон Гельмгольца, выдающегося физика, математика и физиолога, проведя также одно лето в Гейдельбергском университете, В. получил докторскую степень в 1886 г. Его диссертация была посвящена дифракции света на остром металлическом крае и влиянию абсорбции металла на получаемые цвета. Дифракция – это явление, вызываемое волновой природой света. Если за металлическим барьером поместить экран со стороны, противоположной источнику света, то при подходящих условиях на нем возникнет дифракционная картина.

Эта картина состоит из перемежающихся ярких и темных полосок, простирающихся ниже геометрической тени барьера, как если бы свет огибал край барьера. Поскольку расположение ярких и темных полос связано с длиной волны (соответствующей определенному цвету) и дифракционная картина различна для разных длин волн, то с помощью дифракции можно разделить свет, содержащий смесь цветов, на окрашенные полоски. В. обнаружил, что после дифракции свет становится поляризованным и что материал, из которого состоит край, влияет на цвета. Он полагал, что этот цветовой эффект нельзя объяснить в рамках существующих теорий, поскольку они не учитывают колебаний молекул дифракционной пластины.

Летом 1886 г. В. приехал домой, чтобы помочь родителям на ферме, на которой возник пожар, повредивший несколько строений. Он оставался здесь в течение следующих четырех лет, продолжая самостоятельно изучать теоретическую физику. Его будущее определилось, когда засуха 1890 г. вынудила его родителей продать землю. В. стал ассистентом у Гельмгольца в новом Государственном физико-техническом институте в Шарлоттенбурге (ныне часть Берлина), где занимался решением задач, поставленных промышленными фирмами.

За 30-летний период В. выполнил широкий круг научных исследований в различных академических институтах. В 1892 г. он стал лектором Берлинского университета, в 1896 г. занял пост профессора физики в Техническом университете в Ахене, сменив на этом посту Филиппа фон Ленарда. В 1899 г. он был профессором физики в Гессенском университете, а затем, в 1900 г., стал преемником Вильгельма Рентгена на посту профессора физики Вюрцбургского университета.

Исследования В. охватывают ряд вопросов, включая, в частности, гидродинамику, особенно поведение морских волн и циклонов. Еще в Государственном физико-техническом институте он начал свои плодотворные исследования по тепловому излучению, т.е. излучению тел, вызванному их нагреванием. При разных температурах тела поглощают, отражают или передают падающее на них излучение. Но независимо от этого они излучают энергию, поскольку обладают определенной температурой. Хорошо знакомым примером служит нить электрической лампочки.

В 1860-х гг. Густав Кирхгоф, проводя теоретические исследования связи между излучением и поглощением энергии, ввел понятие абсолютно черного тела, которое поглощает все падающее на него излучение, ничего не

отражая. Реальное тело, черное, как уголь, – этот превосходный, хотя и не абсолютно идеальный поглотитель излучения – все же отражает небольшую долю света, падающего на него. Оно выглядит черным, потому что отражает слишком мало света. Абсолютно черное тело – это идеальный поглотитель, и Кирхгоф показал, что оно, кроме того, и наилучший возможный излучатель и поэтому может служить эталоном для нахождения связи между интенсивностью излучения и температурой тела – независимо от материала, из которого сделан конкретный излучатель.

Хотя обычное тело не может быть абсолютно черным телом, Кирхгоф показал, обосновав теоретически, что пространство, полностью окруженное стенками при однородной температуре (например, топка), обладает нужными свойствами абсолютно черного тела – независимо от материала стенок. Убедиться в этом можно, если попытаться понять, что произойдет, когда мы проделаем маленькое отверстие в одной из стенок. Излучение, попавшее в отверстие, достигнет противоположной стенки и частично поглотится, а частично отразится. Крайне невероятно, чтобы отраженная часть попала обратно в наше маленькое отверстие. Вместо этого она будет совершать серию отражений и поглощений до тех пор, пока не поглотится полностью (слегка нагрев при этом стенки), и никогда более не выйдет наружу. Другими словами, наш кусок пространства, ограниченный стенками, полностью поглотит попавшее в него излучение, как это и положено абсолютно черному телу. Кирхгоф показал, что излучение внутри такой полости, составленное из перекрещивающихся лучей, которые отражаются от стенок, обладает распределением длин волн и интенсивностей, зависящих только от температуры, но не от материала стенок.

В 1893 г. В. исследовал излучение абсолютно черного тела, используя для этого то, что он назвал «мысленным» (в отличие от лабораторного) экспериментом, опирающимся на законы термодинамики. Австрийский физик Людвиг Больцман использовал термодинамику аналогичным образом для обоснования математической формулы, эмпирически найденной его соотечественником Иозефом Стефаном. Стефан заметил, что общая энергия, излучаемая ежесекундно черным телом и включающая все длины волн, пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры (–273°C) тела. В. развил это теоретическое исследование, подсчитав, каким образом изменение температуры повлияет на энергию, излучаемую на заданной длине волны, или цвете (на самом деле в узком интервале длин волн с центром в заданном значении).

Из экспериментов было известно, что нагретое тело испускает излучение в определенной области, или спектре частот (длин волн), но не однородно. График излучаемой энергии как функции длины волны представляет собой кривую, начинающуюся с низких значений при больших длинах волн, плавно поднимается к закругленной вершине, представляющей максимум интенсивности при некоторой промежуточной длине волны, а затем вновь падает до низких значений энергии при более коротких длинах

волн. В. обнаружил, что эта кривая перемещается в область более коротких или более длинных волн по мере того, как температура соответственно повышается или понижается, согласно простому соотношению, ныне известному как закон смещения Вина. Длина волны, соответствующая пику излучения, умноженная на абсолютную температуру, остается величиной постоянной. Поскольку форма кривой, изображающей зависимость излучаемой энергии от температуры, в основном не меняется, то, зная кривую при одной температуре, можно построить аналогичную кривую и при любой другой температуре, пользуясь законом Вина.

Изменения длины волны очевидны в электронагревательном элементе по мере возрастания температуры. Когда элемент становится достаточно горячим, он светится тусклым красным свечением (длинные волны). Когда температура повышается, он меняет свечение на ярко-красное, затем оранжевое, далее желтое и, наконец, белое, поскольку длина волны становится все короче и короче. Белый цвет – это смесь многих длин волн. Здесь присутствуют короткие волны в соответствии с законом Вина (длины волн по мере возрастания температуры становятся короче) и все волны, включая и менее длинные, которые обладают достаточной энергией, чтобы присутствовать в видимой компоненте в согласии с законом Стефана – Больцмана (общее количество излучаемой энергии возрастает с увеличением температуры).

В 1896 г. В. продвинулся дальше в своих теоретических расчетах, объяснив форму кривой распределения энергии с помощью законов термодинамики и электромагнитной теории, развитой шотландским физиком Джеймсом Клерком Максвеллом. Это объяснение получило известность как закон излучения Вина.

Закон смещения Вина получил экспериментальное подтверждение при измерениях излучения, испускаемого маленьким отверстием в полости черного тела. Исследование было проведено Отто Луммером и Эрнстом Прингсхаймом в 1899 г. с помощью чувствительного прибора, называемого болометром. Однако что касается закона излучения, то обнаружилось, что он очень хорошо согласуется с экспериментами только в области коротких волн и сильно отклоняется от них для длинных волн. Английский физик Дж. У. Стретт (лорд Рэлей) вывел уравнение, которое хорошо работало для длинных, но плохо для коротких волн. Именно попытка согласовать теорию с экспериментом на всем спектре волн привела Макса Планка к созданию его революционной квантовой теории. Как отметил В., Планк решил проблему, «введя знаменитую гипотезу об элементах энергии (квантах), согласно которой энергия не является бесконечно делимой, но может распределяться только довольно большими количествами, которые нельзя дробить дальше».

В. занимался также и другими исследованиями, прежде всего электрическими разрядами в газах под очень низким давлением в вакуумных трубках. При этих разрядах появлялись три типа излучения, казавшихся тогда загадочными. Один тип, названный катодными лучами, двигался от катода (отрицательного электрода) к аноду (положительному электроду).

Второй тип, названный канальными лучами, двигался в противоположном направлении. Третий тип, открытый в 1895 г. Вильгельмом Рентгеном и названный рентгеновскими лучами, возникал в области анода, откуда он выбивался катодными лучами. Катодные лучи, позднее названные электронами, были открыты английским физиком Дж.Дж. Томсоном в 1897 г. В. подтвердил, что катодные лучи – это частицы, несущие отрицательный заряд. Он также показал, что канальные лучи – это положительно заряженные атомы (ионы) остаточных газов в разрядных трубках, и дал впервые оценки длин волн для рентгеновских лучей (гораздо короче видимого света), измеряя отношение их энергии к энергии порождающих их катодных лучей. Его дальнейшие работы также внесли существенный вклад в радиационную физику; здесь можно упомянуть уточненные расчеты длин волн рентгеновских лучей и предложение использовать для их измерения кристаллы за пять лет до того, как Макс фон Лауэ проделал аналогичную работу.

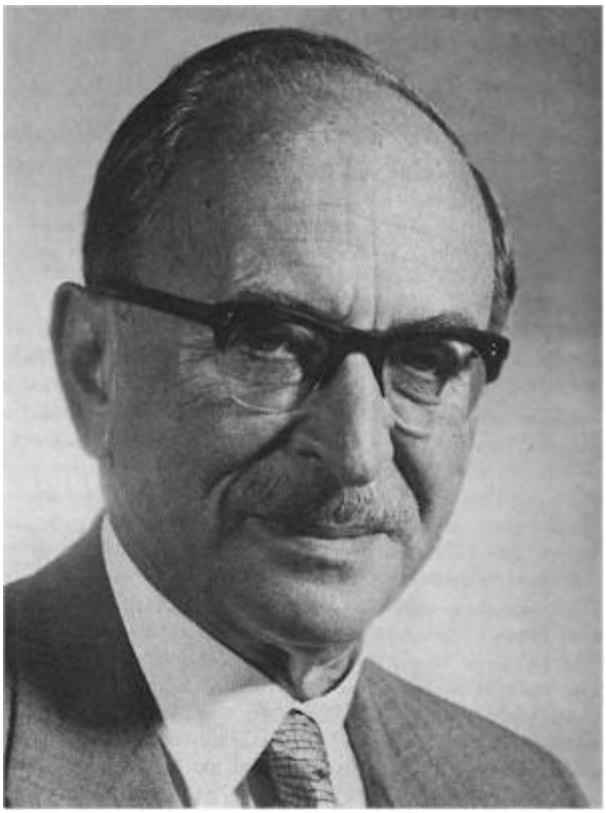
В. был награжден в 1911 г. Нобелевской премией «за открытия в области законов, управляющих тепловым излучением». В Нобелевской лекции он говорил о значении того, что он назвал «мысленными» экспериментами. «В приложениях термодинамики к теории излучения полезно применять те идеальные процессы, которые оказались столь плодотворными в других отношениях, – сказал он. – Я имею в виду мысленные эксперименты, которые зачастую не могут быть реализованы на практике, но тем не менее приводят к надежным результатам... Из этих мысленных экспериментов мы можем извлечь важный вывод: мы можем определить, каким образом спектральный состав излучения абсолютно черного тела меняется при изменении температуры».

Во время своего визита в США в 1913 г. В. читал лекции в Колумбийском университете и посетил как Гарвардский, так и Йельский университеты. В 1920 г. он вновь стал преемником Рентгена, на сей раз в качестве профессора физики Мюнхенского университета, где руководил созданием физического института. В 1925...1926 гг. он был ректором этого университета.

В 1898 г. В. женился на Луизе Мелер, которую он встретил в Ахене; у них было два сына и две дочери. В. любил в свободное время изучать историю, литературу и искусство. Он умер в Мюнхене в 1928 г. «Вероятно, найдется очень мало физиков, которые, как Вилли Вин, в такой же степени равно хорошо разбирались бы как в экспериментальной, так и в теоретической сторонах своей практической деятельности», – написал о своем коллеге Макс Планк.

С 1906 г. до самой смерти Вин был соиздателем (вместе с Максом Планком) журнала «Аннален дер физик» ("Annalen der Physik"). Он был членом американской Национальной академии наук и научных академий Берлина, Геттингена, Вены и Стокгольма.

ГАБОР (Gabor), Деннис



5 июня 1900 г. – 9 февраля 1979 г.
Нобелевская премия по физике, 1971 г.

Венгерско-английский физик Деннис (Денеш) Габор родился в Будапеште и был старшим из трех сыновей Адриенны (Кальман) и Берталана Габор. Его мать до замужества была актрисой, а отец, внук еврея-эмигранта из России, со временем стал директором «Венгерской генеральной угольной компании», крупнейшего промышленного предприятия Венгрии. Родители Г. уделяли большое внимание образованию детей и создали у себя дома атмосферу восхищения интеллектуальными достижениями. Окончив местную школу, Г. поступил в среднюю государственную школу Миклоша Тольди, где занимался изучением языков, математикой и естественными науками. Уже в те годы у него проявились большие способности к физике. Вместе с братом Дьердем Г. повторял в домашней лаборатории опыты, о которых читал в научных книгах и журналах.

Г. был призван на воинскую службу в 1918 г. и за несколько месяцев до окончания первой мировой войны направлен на офицерские курсы, готовившие артиллеристов и кавалеристов. Осенью 1918 г. он получил назначение на итальянский фронт. Из Италии Г. был переведен в Венгрию и в ноябре 1918 г., после окончания войны, демобилизован.

По возвращении на родину Г. поступил в Будапештский технический университет, где выбрал специальность инженера-механика с четырехлетним курсом обучения, так как получить работу в Венгрии дипломированному физику в то время было практически невозможно. Когда

Г. учился на третьем курсе, его снова призвали в армию. Будучи противником монархии, реставрированной в Венгрии в 1920 г., Г. уклонился от призыва и переехал в Берлин, чтобы завершить свое образование в Берлинском техническом университете, который он окончил в 1924 г. с дипломом инженера. В эти годы он часто бывал в Берлинском университете, где ему довелось слушать лекции таких выдающихся ученых, как Макс Планк, Вальтер Нернст, Макс фон Лауэ, а также посещать семинар Альберта Эйнштейна.

После получения в 1927 г. докторской степени по электротехнике Г. работал в физической лаборатории компании «Сименс и Хальске» в Сименсштадте. В числе выполненных там работ было изобретение кварцевой ртутной лампы. Вскоре после прихода Гитлера к власти в 1933 г., по истечении срока контракта с «Сименс и Хальске» Г. вернулся в Венгрию. Работая внештатным сотрудником лаборатории Научно-исследовательского института электронных ламп Тунгсрама, он создал новый тип флуоресцентной лампы, названной им плазменной. Не имея возможности продавать патент на свое изобретение в Венгрии, Г. решил эмигрировать в Англию. Там ему удалось найти место в «Бритиш Томсон-Хьюстон» (БТХ), в которой он проработал с 1934 по 1948 г. В 1946 г. Г. получил британское подданство.

В БТХ Г. пытался усовершенствовать свою плазменную лампу, но через два года проект был оставлен из-за непреодолимых технических трудностей. С 1937 по 1948 г. он занимался главным образом электронной оптикой – областью физики, изучающей способы управления электронными пучками и их фокусировки. Во время второй мировой войны работы Г. по электронной оптике были приостановлены. Дело в том, что в те годы Г. еще не был британским подданным и поэтому официальные власти наложили запрет на его непосредственное участие в военных программах. Была отклонена и его попытка вступить в армию, хотя позднее он был внесен в список иностранцев, пользующихся особыми правами. В этом качестве Г. мог продолжать свои исследования, но не имел допуска к секретной информации. Именно поэтому в годы войны он работал в небольшом домике за пределами строго охраняемой территории БТХ. Не зная о работах по созданию радара, Г. создал систему, которая, по его замыслу, должна была обнаруживать самолеты по теплу их моторов.

Война внесла изменения и в личную жизнь Г. В декабре 1938 г. к нему в гости приехал брат Андрэ, и Г. убедил его остаться в Англии на постоянное жительство. Он настоятельно приглашал к себе и родителей, но те вернулись в Венгрию незадолго до захвата Гитлером Польши. Отец Г. умер в 1942 г., а мать пережила войну и в 1946 г. переехала к нему.

Незадолго до окончания войны Г. вновь обратился к исследованиям по электронной оптике и начал работу, которая в конце концов привела его к созданию голографии. Первоначально он поставил перед собой задачу усовершенствовать электронную линзу – устройство, фокусирующее электронные пучки так же, как стеклянная линза световые лучи. Такая линза

применялась главным образом в электронном микроскопе, изобретенном в 1933 г. Эрнстом Руской. Он позволяет получать сильно увеличенное изображение с помощью направляемого на объект пучка электронов и последующей фокусировки отраженных электронов на специально обработанном экране. Согласно квантовой механике, электроны, как и свет, обладают волновыми свойствами. Поскольку длины волн быстрых электронов меньше длин световых волн, электронный микроскоп позволяет разрешать гораздо более тонкие детали, чем оптический. В 30-е гг. разрешающую способность электронных микроскопов ограничивали недостатки, присущие электронным линзам. Выше определенных уровней увеличения линзы искажали изображение, что приводило к потере части информации.

Г. заинтересовал вопрос, можно ли взять плохое электронное изображение, содержащее всю информацию, и исправить его оптическими средствами? Иначе говоря, он решил использовать свет, чтобы увеличить и «прочитать» изображение, получаемое с помощью электронных пучков. В 1947 г. Г. разработал теорию, лежащую в основе такого метода, а в 1948 г. предложил термин голограмма (от греческого голос – полный и грам – записанный). Г. продемонстрировал возможности своего подхода, используя не электронные пучки, а световые лучи. И в наши дни голография используется в основном как оптический, а не электронно-оптический метод.

Используя свойство волн, известное как «разность фаз», голограмма фиксирует информацию, отсутствующую в обычной фотографии, – расстояние от каждой части предметного пространства до пленки. Считается, что две пересекающиеся волны, распространяющиеся в пространстве, находятся в фазе в некоторой точке пространства, если в этой точке пик одной волны совпадает с пиком другой, а впадина – со впадиной. В таких точках две волны порождают новую волну с амплитудой, превышающей амплитуду каждой из двух начальных волн. В других точках пространства пики одной волны могут совпасть со впадинами другой, в этом случае волны гасят друг друга (находятся в противофазе). Если две волны распространяются от источника света до эмульсии по различным путям, то окажутся ли они по достижении пленки в фазе, зависит от разности пройденных ими расстояний.

Чтобы получить голограмму какого-либо предмета, пучок света расщепляют на два. Один из «дочерних» пучков, называемый опорным, идет прямо к пленке, другой, прежде чем попасть на нее, отражается от предмета. Так как два пучка, прежде чем встретиться в одной и той же точке пленки, проходят различные расстояния, они порождают интерференционную картину: узор из темных и светлых пятен, соответствущих точкам на пленке, в которых приходящие волны находятся в противофазе или фазе. Интерференционная картина не имеет никакого сходства с предметом, но стоит пропустить сквозь нее пучок света, тождественный опорному, как он расщепляется на два – в точности таких же, какие первоначально упали на

пленку. Глядя на эти пучки, наблюдатель увидит трехмерное изображение предмета.

Голографический эффект проявляется особенно отчетливо, когда все световые волны в исходном нерасщепленном пучке совпадают по фазе. Такой свет, называемый когерентным, может быть получен только с помощью лазера. Именно поэтому открытие Г. не было по достоинству оценено до изобретения лазера в 1960 г. Голография применяется в самых различных областях, в том числе в медицине, картографии, диагностике сбоев в быстродействующем оборудовании, а в последнее время используется для хранения и обработки информации в компьютерах.

В 1949 г. Г. покинул БТХ и стал адъюнкт-профессором по электронике в Имперском колледже по науке и технике при Лондонском университете. В 1958 г. он стал профессором прикладной электроники. В 1967 г. Г. вышел в отставку и работал консультантом в лабораториях Си-би-эс в Стамфорде (штат Коннектикут), сохранив за собой служебный кабинет и часть привилегий в Имперском колледже.

В 1971 г. Г. была присуждена Нобелевская премия по физике «за изобретение и разработку голографического метода».

В своей Нобелевской лекции он коснулся темы, которая впервые привлекла его внимание в годы войны, – роли науки и техники в обществе. «Мы ушли вперед на целый день творения по сравнению с основной технологией, созданной [Альфредом Нобелем] и его современниками, – сказал Г. – Социальные последствия новых технологий огромны... Многие из нас подозревают, что природа человека замечательно приспособлена к тому, чтобы вывести нас из джунглей и пещер на современную высокую стадию промышленной индустриализации, но не к тому, чтобы в течение продолжительного времени безмятежно пребывать на этой высоте».

Выйдя в отставку, Г. много разъезжал с лекциями, продолжал свои исследования (в том числе работу по созданию проектора для трехмерных кинофильмов), писал статьи. Хотя в 1974 г. он перенес инсульт, лишивший его способности читать и писать, Г. продолжал поддерживать контакты со своими коллегами и следил за их работами. Когда в 1977 г. в Нью-Йорке был открыт музей голографии, Г. стал его первым посетителем.

В 1936 г. Г. вступил в брак с Марджори Батлер, его сотрудницей в БТХ. Он умер 9 февраля 1979 г. в одной из лондонских частных клиник.

Г. был членом Лондонского королевского общества, почетным членом Венгерской академии наук и кавалером Ордена Британской империи. Он был награжден медалью Томаса Юнга Лондонского физического общества (1967), медалью Румфорда Лондонского королевского общества (1968), медалью Альберта Майкельсона Франклиновского института (1968), почетной медалью Института инженеров электротехники и электроники (1970) и премией Хольвека Французского физического общества (1971). Г. был удостоен почетных степеней Саутхемптонского университета, Дельфтского технологического университета, университета графства Сюррей, Нью-йоркского, Колумбийского и Лондонского университетов.

ГЕЙЗЕНБЕРГ Вернер

5 декабря 1901 г. – 1 февраля 1976 г.
Нобелевская премия по физике, 1932 г.

Немецкий физик Вернер Карл Гейзенберг родился в Дуйсбурге в семье Августа Гейзенберга, профессора древнегреческого языка Мюнхенского университета, и урожденной Анни Веклейн. Детские годы Г. прошли в Дуйсбурге, где он учился в гимназии Максимилиана. В 1920 г. он поступил в Мюнхенский университет, где изучал физику под руководством знаменитого Арнольда Зоммерфельда. Г. был выдающимся студентом и уже в 1923 г. защитил докторскую диссертацию. Она была посвящена некоторым аспектам квантовой теории. Следующий год он провел в Геттингенском университете ассистентом у Макса Борна, а затем, получив стипендию Рокфеллеровского фонда, отправился к Нильсу Бору в Копенгаген, где пробыл до 1927 г., если не считать продолжительных визитов в Геттинген.

Наибольший интерес у Г. вызывали нерешенные проблемы строения атома и все возраставшее несоответствие модели, предложенной Бором. В 1925 г., во время кратковременного отдыха после приступа сенной лихорадки Г. в порыве вдохновения увидел совершенно новый подход, позволяющий применить квантовую теорию к разрешению всех трудностей в модели Бора. Через несколько недель он изложил свои идеи в статье. Макс Планк положил начало квантовой теории в 1900 г. Он объяснил соотношение между температурой тела и испускаемым им излучением, выдвинув гипотезу, согласно которой энергия испускается малыми дискретными порциями. Энергия каждой такой порции, или кванта, как предложил называть ее Альберт Эйнштейн, пропорциональна частоте излучения. Понятие кванта энергии было радикально новым, поскольку еще в прошлом столетии было доказано, что излучение, например свет, распространяется в виде

непрерывных волн.

В 1905 г. Эйнштейн воспользовался квантами для объяснения загадочных свойств фотоэлектрического эффекта – испускания электронов металлической поверхностью, освещаемой ультрафиолетовым светом. Более интенсивное излучение приводит к увеличению числа испущенных поверхностью электронов, но не их энергии. Эйнштейн высказал предположение, согласно которому каждый квант (света или любой другой лучистой энергии), получивший впоследствии название фотона, передает энергию одному электрону. Некоторая доля энергии затрачивается на высвобождение электрона, а остальная переходит в кинетическую энергию, т.е. проявляется в виде скорости электрона. Поток падающего на поверхность металла более интенсивного излучения содержит большее число фотонов, которые высвобождают и большее число электронов, но энергия каждого фотона остается фиксированной, чем и устанавливается предел скорости электронов.

Около 1913 г. Бор предложил свою модель атома: вокруг плотного центрального ядра по орбитам различного радиуса обращаются электроны. Используя квантовую теорию, он показал, что атом, возбужденный при горении вещества или электрическим разрядом, излучает энергию на некоторых характерных частотах. По Бору, разрешались только вполне определенные электронные орбиты. Когда электрон «перепрыгивает» с одной орбиты на другую, с меньшей энергией, излишек ее преобразуется в квант испускаемого излучения с частотой, определяемой, по теории Планка, разностью энергий между уровнями. Модель Бора сначала пользовалась большим успехом, но вскоре в нее понадобилось вводить поправки для устранения расхождений между теорией и экспериментальными данными. Многие ученые указывали на то, что, несмотря на кажущуюся простоту, она не может служить основой для последовательного подхода к решению многих задач квантовой физики.

Блестящая идея, пришедшая в голову Г., состояла в том, чтобы рассматривать квантовые события как явления на совершенно ином уровне, чем в классической физике. Он подошел к ним как к явлениям, не допускающим точного наглядного представления, например с помощью картины обращающихся по орбитам электронов. Вместо наглядных образов Г. предложил абстрактное, чисто математическое представление, основанное на использовании «принципиально наблюдаемых» величин, таких, как частоты спектральных линий. В выведенные Г. уравнения входили таблицы наблюдаемых величин: частот, пространственных координат и импульсов. Он указал правила, позволяющие производить над этими таблицами различные математические операции. Борн распознал в таблицах Г. давно известные математикам матрицы и показал, что операции над ними можно производить по правилам матричной алгебры – хорошо разработанной области математики, но малоизвестной в то время физикам. Борн, его студент Паскуаль Джордан и Г. развили эту концепцию в матричную

механику и создали метод, позволяющий применять квантовую теорию в исследованиях структуры атома.

Через несколько месяцев Эрвин Шредингер предложил другую формулировку квантовой механики, описывающей эти явления на языке волновых понятий. Подход Шредингера берет начало в работах Луи де Бройля, высказавшего гипотезу о так называемых волнах материи: подобно тому, как свет, традиционно считавшийся волнами, может обладать корпускулярными свойствами (фотоны, или кванты излучения), частицы могут обладать волновыми свойствами. Позднее было доказано, что матричная и волновая механики, по существу, эквивалентны. Взятые вместе, они образуют то, что ныне называется квантовой механикой. Вскоре квантовая механика была расширена П.А. М. Дираком, включившим в волновое уравнение элементы теории относительности Эйнштейна.

В 1927 г. Г. стал профессором теоретической физики Лейпцигского университета. В том же году он опубликовал работу, содержащую формулировку принципа неопределенности. Свой принцип Г. вывел как следствие умножения матриц. При умножении обычных чисел порядок сомножителей несуществен, а при умножении матриц он очень важен. При вычислении операции умножения над некоторыми парами величин, например импульсом частицы и ее пространственной координатой, ответ в матричной механике будет зависеть от того, какая из величин (импульс или пространственная координата) стоит на первом месте. Понятие упорядоченности величин оказалось весьма глубоким. Оно означало, что точное определение одной величины влияет на значение другой, поэтому значения двух величин одновременно невозможно знать с абсолютной точностью. Физические величины обычно становятся известны в результате измерений. Каждое измерение содержит некоторую погрешность, но экспериментатор всегда надеется уменьшить ее с помощью лучшего оборудования или более совершенной методики. Принцип неопределенности устанавливает предел для точности измерений. Он утверждает, что произведение погрешностей измерений двух величин не может быть меньше некоторого фиксированного числа – постоянной Планка. Это число буквально пронизывает всю квантовую теорию, поскольку энергия кванта излучения равна произведению постоянной Планка и частоты.

Когда погрешности измерения обеих величин относительно велики, как в повседневной жизни, принцип неопределенности малоэффективен, но на атомном уровне он очень важен. Например, чем точнее может быть зафиксировано положение электрона в пространстве, тем более неопределенной становится его скорость. Даже теоретически электрону нельзя приписать одновременно абсолютно точно известную пространственную координату и абсолютно точно известную скорость. Г. предложил следующий поясняющий пример: чтобы «увидеть» электрон в гипотетический сверхмикроскоп, на него следует направить «свет» с длиной волны, сравнимой с размерами электрона. Из квантовой теории следует, что

квант такого света должен обладать столь большой энергией, что при столкновении с электроном он отбросит его в сторону. Наблюдение вносит возмущения и изменения в то, что наблюдается. Согласно копенгагенской интерпретации (названа так в честь Нильса Бора, интенсивно занимавшегося этой проблемой в Копенгагене), получившей наибольшее признание в современной физике, принцип неопределенности ограничивает квантово-механическое описание утверждениями об относительных вероятностях исходов экспериментов и не предсказывает точные численные значения измеряемых физических величин.

Еще одним успехом новой квантовой механики стало предсказание существования двух форм молекулы водорода. В обычном водороде каждая молекула состоит из двух связанных атомов (ядро каждого атома состоит из одного протона). Предполагается, что ядро вращается вокруг собственной оси, как волчок (квантовая механика отвергает столь простую картину, но сохраняет такое понятие, как спин, или угловой момент, характеризующий вращение ядра вокруг собственной оси). Поскольку протон несет положительный электрический заряд, его спин имеет характер электрического тока и порождает магнитное поле, взаимодействующее с другими заряженными частицами и магнитными полями. В одной форме молекулы водорода спины двух ядер направлены одинаково (по часовой стрелке или против нее). В другой же спины ядер направлены в противоположные стороны. Вскоре это было доказано благодаря наблюдениям линейчатых спектров. Так как относительная ориентация спинов влияет на положение энергетических уровней, переходы между слегка различными уровнями сопровождаются излучением с различными частотами. Это экспериментальное подтверждение предположения Г. подкрепило его теоретические исследования.

В 1933 г. Г. была вручена Нобелевская премия по физике 1932 г. «за создание квантовой механики, применение которой привело помимо прочего к открытию аллотропических форм водорода».

В Лейпцигском университете Г. оставался до 1941 г. За время своего пребывания в Лейпциге он выполнил важные работы по ферромагнетизму (виду магнетизма, свойственному таким сильно магнитным материалам, как железо) и квантовой электродинамике (последние – в соавторстве с Вольфгангом Паули). Сразу же после открытия Джеймсом Чедвиком нейтрона в 1932 г. Г. высказал гипотезу, согласно которой атомные ядра должны состоять из протонов и нейтронов, удерживаемых силами ядерного обменного взаимодействия.

В 1941 г. Г. был назначен профессором физики Берлинского университета и директором Физического института кайзера Вильгельма. Хотя Г. не был сторонником нацистского режима, он, тем не менее, возглавил германский проект по атомным исследованиям. Американские физики, знавшие способности Г., опасались, что он может создать для Германии бомбу, над которой они работали в США. Г. надеялся получить

ядерную энергию, но некомпетентность правительства, его недальновидность, изгнание ученых-евреев и отчужденность со стороны многих других создали настолько серьезные препятствия на пути исследований, что участники германского атомного проекта не смогли построить даже ядерный реактор. После окончания войны Г. в числе других немецких физиков был взят в плен и интернирован в Великобританию. В Германию он вернулся в 1946 г. и занял пост профессора физики Геттингенского университета и директора Института Макса Планка (бывшего Физического института кайзера Вильгельма). Исполняя эти высокие обязанности, Г. участвовал в программе получения ядерной энергии. Он выступал с публичной критикой канцлера ФРГ Конрада Аденауэра за неадекватное финансирование ядерной технологии правительством. Г. был среди тех ученых, которые предупреждали мир об опасности ядерной войны. Он принадлежал к числу противников вооружения бундесвера ядерным оружием. Г. выполнил также ряд исследований по теории гидродинамической турбулентности, сверхпроводимости и теории элементарных частиц.

В 1937 г. Г. вступил в брак с Элизабет Шумахер. У них родилось четыре дочери и трое сыновей. Тонкий пианист Г. часто играл в камерных ансамблях с членами своей семьи. Г. скончался 1 февраля 1976 г. в Мюнхене. Г. был награжден золотой медалью Барнарда «За выдающиеся научные заслуги» Колумбийского университета (1929), золотой медалью Маттеуччи Национальной академии наук Италии (1929), медалью Макса Планка Германского физического общества (1933), бронзовой медалью Национальной академии наук США (1964), международной золотой медалью Нильса Бора Датского общества инженеров-строителей, электриков и механиков (1970). Он был удостоен почетных степеней университетов Брюсселя, Будапешта, Копенгагена, Загреба и Технического университета в Карлсруэ, состоял членом академий наук Норвегии, Геттингена, Испании, Германии и Румынии, а также Лондонского королевского общества. Американского философского общества, Нью-Йоркской академии наук. Королевской ирландской академии и Японской академии.

ГЕЛЛ-МАНН (Gell-Mann), Марри

род. 15 сентября 1929 г.
Нобелевская премия по физике, 1969 г.

Американский физик Марри Гелл-Манн родился в Нью-Йорке и был младшим сыном эмигрантов из Австрии Артура и Полин (Райхштайн) Гелл-Манн. В возрасте пятнадцати лет Г.-М. поступил в Йельский университет, который закончил в 1948 г. с дипломом бакалавра наук. Последующие годы он провел в аспирантуре Массачусетского технологического института, в котором в 1951 г. получил докторскую степень по физике. После годичного пребывания в Принстонском институте фундаментальных исследований (штат Нью-Джерси) Г.-М. начал работать в Чикагском университете с Энрико Ферми, сначала преподавателем (1952...1953), затем ассистент-профессором (1953...1954) и адъюнкт-профессором (1954...1955).

В 50-е гг. физика элементарных частиц (основная область научных интересов Г.-М.) находилась в стадии формирования. Основными средствами экспериментальных исследований в этом отделе физики были ускорители, «выстреливавшие» пучок частиц в неподвижную мишень: при столкновении налетающих частиц с мишенью рождались новые частицы. С помощью ускорителей экспериментаторам удалось получить несколько новых типов элементарных частиц, помимо уже известных протонов, нейтронов и электронов. Физики-теоретики пытались найти некоторую схему, которая позволила бы классифицировать все новые частицы.

Учеными были обнаружены частицы с необычным (странным) поведением. Скорость рождения таких частиц в результате некоторых столкновений свидетельствовала о том, что их поведение определяется сильным взаимодействием, для которого характерно быстродействие. Сильное, слабое, электромагнитное и гравитационное взаимодействия

образуют четыре фундаментальных взаимодействия, лежащих в основе всех явлений. Вместе с тем странные частицы распадались необычно долго, что было бы невозможно, если бы их поведение определялось сильным взаимодействием. Скорость распада странных частиц, по-видимому, указывала на то, что этот процесс определяется гораздо более слабым взаимодействием.

На решении этой труднейшей задачи и сосредоточил свое внимание Г.-М. Исходным пунктом своих построений он избрал понятие, известное под названием зарядовой независимости. Суть его состоит в определенной группировке частиц, подчеркивающей их сходство. Например, несмотря на то что протон и нейтрон отличаются электрическим зарядом (протон имеет заряд +1, нейтрон – 0), во всех остальных отношениях они тождественны. Следовательно, их можно считать двумя разновидностями одного и того же типа частиц, называемых нуклонами, имеющих средний заряд, или центр заряда, равный 1/2. Принято говорить, что протон и нейтрон образуют дублет. Другие частицы также могут быть включены в аналогичные дублеты или в группы из трех частиц, называемые триплетами, или в «группы», состоящие всего лишь из одной частицы, – синглеты. Общее название группы, состоящей из любого числа частиц, – мультиплет.

Все попытки сгруппировать странные частицы аналогичным образом не увенчались успехом. Разрабатывая свою схему их группировки, Г.-М. обнаружил, что средний заряд их мультиплетов отличается от 1/2 (среднего заряда нуклонов). Он пришел к выводу, что это отличие может быть фундаментальным свойством странных частиц, и предложил ввести новое квантовое свойство, названное странностью. По причинам алгебраического характера странность частицы равна удвоенной разности между средним зарядом мультиплета и средним зарядом нуклонов +1/2. Г.-М. показал, что странность сохраняется во всех реакциях, в которых участвует сильное взаимодействие. Иначе говоря, суммарная странность всех частиц до сильного взаимодействия должна быть абсолютно равна суммарной странности всех частиц после взаимодействия. Сохранение странности объясняет, почему распад таких частиц не может определяться сильным взаимодействием. При столкновении некоторых других, не странных, частиц странные частицы рождаются парами. При этом странность одной частицы компенсирует странность другой. Например, если одна частица в паре имеет странность +1, то странность другой равна –1. Именно поэтому суммарная странность не странных частиц как до, так и после столкновения равна 0. После рождения странные частицы разлетаются. Изолированная странная частица не может распадаться вследствие сильного взаимодействия, если продуктами ее распада должны быть частицы с нулевой странностью, так как такой распад нарушал бы сохранение странности. Г.-М. показал, что электромагнитное взаимодействие (характерное время действия которого заключено между временами сильного и слабого взаимодействий) также сохраняет странность. Таким образом, странные частицы, родившись, выживают вплоть до распада, определяемого

слабым взаимодействием, которое не сохраняет странность. Свои идеи Г.-М. опубликовал в 1953 г.

В 1955 г. Г.-М. стал адъюнкт-профессором факультета Калифорнийского технологического института; в следующем году он уже полный профессор, а в 1967 г. занял почетный профессорский пост, учрежденный в память Роберта Э. Милликена.

В 1961 г. Г.-М. обнаружил, что система мультиплетов, предложенная им для описания странных частиц, может быть включена в гораздо более общую теоретическую схему, позволившую ему сгруппировать все сильно взаимодействующие частицы в «семейства». Свою схему Г.-М. назвал восьмеричным путем (по аналогии с восемью атрибутами праведного жития в буддизме), так как некоторые частицы были сгруппированы в семейства, насчитывающие по восемь членов. Предложенная им схема классификации частиц известна также под названием SU (3)-симметрии. Вскоре независимо от Г.-М. аналогичную классификацию частиц предложил израильский физик Ювал Нееман.

Восьмеричный путь Г.-М. часто сравнивают с периодической системой химических элементов Д.И. Менделеева, в которой химические элементы с аналогичными свойствами сгруппированы в семейства. Как и Менделеев, который оставил в периодической таблице некоторые пустые клетки, предсказав свойства неизвестных еще элементов, Г.-М. оставил вакантные места в некоторых семействах частиц, предположив, какие частицы с правильным набором свойств должны заполнить «пустоты». Теория Г.-М. получила частичное подтверждение в 1964 г., после открытия так называемого омега-минус-шперона, существование которого было им предсказано.

В 1963 г., находясь в качестве приглашенного профессора в Массачусетском технологическом институте, Г.-М. обнаружил, что детальная структура восьмеричного пути может быть объяснена, если предположить, что каждая частица, участвующая в сильном взаимодействии, состоит из триплета частиц с зарядом, составляющим дробную часть электрического заряда протона. К такому же открытию пришел и американский физик Джордж Цвейг, работавший в Европейском центре ядерных исследований. Г.-М. назвал частицы с дробным зарядом кварками, заимствовав это слово из романа Джеймса Джойса «Поминки по Финнегану» («Три кварка для мистера Марка!»). Кварки могут иметь заряд +2/3 или –1/3. Существуют также антикварки с зарядами –2/3 или +1/3. Нейтрон, не имеющий электрического заряда, состоит из одного кварка с зарядом +2/3 и двух кварков с зарядом –1/3. Протон, обладающий зарядом +1, состоит из двух кварков с зарядами +2/3 и одного кварка с зарядом –1/3. Кварки с одним и тем же зарядом могут отличаться другими свойствами, т.е. существуют несколько типов кварков с одним и тем же зарядом. Различные комбинации кварков позволяют описывать все сильно взаимодействующие частицы.

В 1969 г. Г.-М. был удостоен Нобелевской премии по физике «за открытия, связанные с классификацией элементарных частиц и их

взаимодействий». Выступая на церемонии вручения премии, Ивар Валлер из Шведской королевской академии наук отметил, что Г.-М. «на протяжении более чем десятилетия считается ведущим ученым в области теории элементарных частиц». По мнению Валлера, методы, предложенные Г.-М., «принадлежат к числу наиболее мощных средств дальнейших исследований по физике элементарных частиц».

Среди других вкладов Г.-М. в теоретическую физику следует отметить предложенное им совместно с Ричардом П. Фейнманом понятие «токов» слабых взаимодействий и последующее развитие «алгебры токов».

В 1955 г. Г.-М. женился на Дж. Маргарет Доу, которая была археологом. У них родились сын и дочь. Жена Г.-М. умерла в 1981 г. Г.-М. с удовольствием наблюдает за птицами, любит пешие прогулки, путешествия в места, не тронутые цивилизацией. В 1969 г. Г.-М. помог организовать программу исследования окружающей среды, финансируемую Национальной академией наук США. Интересуется он и исторической лингвистикой.

Г.-М. удостоен премии Дэнни Хейнемана Американского физического общества (1959), премии по физике Эрнеста Орландо Лоуренса Комиссии по атомной энергии Соединенных Штатов (1966), медали Франклина Франклиновского института (1967) и медали Джона Дж. Карти Национальной академии наук США (1968). Он состоит членом Американской академии наук и искусств, а также иностранным членом Лондонского королевского общества. В 1959 г. Г.-М. был удостоен почетной степени Йельского университета.

ГЁППЕРТ-МАЙЕР (Goeppert, Mayer), Мария

28 июня 1906 г. – 20 февраля 1972 г.
Нобелевская премия по физике, 1963 г.
совместно с И. Хансом Д. Йенсеном и Эугеном П. Вигнером

Немецко-американский физик Мария Гёпперт-Майер (урожденная Мария Гёпперт) родилась в Каттовитце (ныне Катовице в Польше). М. была единственным ребенком в семье профессора медицины Фридриха Гёпперта и урожденной Марии Вольф, школьной учительницы. После переезда в Соединенные Штаты Г.-М. англизировала написание своей девичьей фамилии. Когда Марии исполнилось четыре года, семья переселилась в Гёттинген, где отец стал профессором кафедры детских болезней местного университета. Близкими друзьями их дома были Макс Борн и Джеймс Франк. Среди других знакомых было немало физиков из Гёттингенского университета, занимавшихся созданием новой физики, обязанной своим появлением квантовой механике. Отец поощрял рано проявившуюся любовь дочери к науке, брал ее с собой на природу, показывал солнечные и лунные затмения, собирал вместе с ней коллекцию ископаемых.

Юная Мария превосходно училась в городской школе, но знаний, даваемых там, было недостаточно для поступления в университет, где она собиралась изучать математику. Поэтому в 1921 г. она поступила в Фрауенштудиум – частную приготовительную школу для девочек, руководимую суфражистками. Однако школа закрылась из-за отсутствия средств, прежде чем она успела завершить полный трехгодичный курс, но Г.-

М., занимаясь самостоятельно, сумела выдержать вступительные экзамены и в 1924 г. была принята в университет.

В то время Гёттингенский университет был ведущим центром исследований в новой области физики – квантовой механике. Когда Макс Борн пригласил Г.-М. принять участие в работе руководимого им физического семинара, интересы ее переключились с математики на физику и сосредоточились на квантовой механике, занимающейся изучением поведения атомов, ядер и субатомных частиц. Вскоре после начала занятий физикой Г.-М. провела один семестр в Кембриджском университете, где встречалась со знаменитым английским физиком Эрнестом Резерфордом. Докторскую степень она получила в 1930 г. в Гёттингене, защитив диссертацию на тему «Об элементарных процессах с двумя квантовыми скачками» («On ElementalProcesses Whith Two Quantun Jumps»). Экзамены у нее принимала комиссия в составе Макса Борна, Джеймса Франка и Адольфа Виндауса.

После смерти отца в 1927 г. ее мать открыла пансион, как это нередко практиковалось в Гёттингене. Одним из обитателей пансиона был Джозеф Э. Майер, американский химик из Калифорнийского технологического института. Мария и Джозеф полюбили друг друга и поженились в январе 1930 г., незадолго до того, как Г.-М. получила докторскую степень. У них родились сын и дочь. После вступления в брак Мария стала именовать себя Гёпперт-Майер, сохранив девичью фамилию, по ее словам, из «чувства гордости за семь поколений университетских профессоров» со стороны отца. Через месяц после свадьбы молодая чета отплыла в Соединенные Штаты, где Джозефу Майеру было предложено место ассистент-профессора по химии в Университете Джонса Хопкинса в Балтиморе (штат Мериленд).

Несмотря на докторскую степень и прекрасные отзывы, господствовавшее в то время отношение к женам членов факультета не позволяло Г.-М. получить оплачиваемое место преподавателя в Университете Джонса Хопкинса. Однако ей удалось устроиться помощником одного из членов физического факультета. В ее обязанности входило разбирать корреспонденцию на немецком языке. Эта скромная должность давала Г.-М. небольшое жалованье, крохотный рабочий кабинет и возможность в какой-то мере участвовать в университетской жизни.

Областью своей научной деятельности Г.-М. решила избрать химическую физику, занимающуюся изучением молекул и их взаимодействий, но использовала она и другие возможности, которые представились на физическом и математическом факультетах. С физиком Карлом Ф. Герцфельдом, дружеские отношения с которым она сохранила на всю жизнь, Г.-М. исследовала распределение энергии вдоль поверхности твердых тел и поведение водорода, растворенного в металлическом палладии. После того как Герцфельд ушел из Университета Джонса Хопкинса, Г.-М. с одним из его бывших студентов Альфредом Скляром занялась исследованием квантовомеханических электронных уровней

бензола и структурой нескольких органических красителей. В этой работе она продемонстрировала великолепную математическую подготовку, применив методы теории групп и теории матриц. Лето 1931, 1932 и 1933 гг. она, отчасти из-за тоски по родине, провела в Гёттингене, где работала с Борном.

В 1933 г., в том самом году, когда в Германии к власти пришли нацисты, Г.-М. получила американское гражданство. Антисемитизм и расистские законы губительно сказались на немецкой науке: многие выдающиеся ученые еврейского происхождения, в их числе Борн и Франк, покинули Германию. Дом Майеров в Балтиморе был открыт для беженцев из Германии, большинство из которых были евреями.

В Университете Джонса Хопкинса супруги Майер выполнили вместе несколько работ, в основном по теории конденсации. В 1938 г. они написали монографию «Статистическая механика» («Statistical Mechanics») о поведении огромного числа взаимодействующих частиц, например в газах и жидкостях. К моменту выхода книги в 1940 г. Джозеф Майер был ассистент-профессором химии Колумбийского университета в Нью-Йорке. Колумбийский университет предложил Г.-М. еще более низкое положение, чем то, которое она занимала в Университете Джонса Хопкинса. Хотя декан физического факультета предоставил ей отдельный кабинет, она не имела официальной должности и не получала жалованья. Но в Колумбийском университете она имела возможность работать с Энрико Ферми и Гарольдом К. Юри над проблемами химического и атомного строения, а Юри предоставил Г.-М. право чтения лекций по химии. С четой Юри супруги Майер стали близкими друзьями.

В 1941 г. Г.-М. стала преподавателем колледжа Сары Лоуренс, правда с неполной занятостью. Это была ее первая оплачиваемая преподавательская должность. На следующий год Юри ввел ее в Манхэттенский проект (в рамках которого велись работы по созданию атомной бомбы). Г.-М. возглавила группу, занимавшуюся исследованием возможности выделения расщепляющегося изотопа урана из природного урана с помощью фотохимических реакций. В 1945 г. она провела несколько месяцев в Лос-Аламосской лаборатории Манхэттенского проекта, где работала с венгерско-американским физиком Эдвардом Теллером.

По окончании войны Джозеф Майер стал профессором химии Чикагского университета. Хотя Г.-М. в 1946 г. была назначена ассистент-профессором физики того же университета, но жалованья не получала, так как это запрещалось университетскими правилами, направленными на борьбу с непотизмом. В 1946 г. она стала по совместительству старшим физиком в Аргонской национальной лаборатории близ Чикаго, где строился ядерный реактор. В Аргоне Г.-М. сотрудничала с Ферми, Юри, Франком и Теллером и работала над расчетами критичности бридерного жидкометаллического реактора. Вычисления были выполнены на первом электронном компьютере – электронном численном интеграторе и компьютере (ЭНИАК), монтаж которого был незадолго до того завершен на

артиллерийском полигоне Армии Соединенных Штатов в Абердине (штат Мериленд).

Именно тогда, работая с Теллером над теорией происхождения химических элементов, Г.-М. столкнулась с «магическими» числами, о которых впервые упомянул в своей работе в 1933 г. немецкий физик Вальтер Эльзассер. Атомные ядра состоят из протонов (положительно заряженных частиц, более чем в 1800 раз тяжелее отрицательно заряженных электронов) и нейтронов (электрически нейтральных частиц с массой, почти совпадающей с массой протонов). Г.-М. обнаружила, что по необъяснимой причине распространенность некоторых ядер существенно превосходит распространенность других и, следовательно, эти ядра должны обладать необычайно высокой стабильностью. Распространенность и стабильность имеют тенденцию к сближению, поскольку нестабильное ядро с высокой вероятностью превращается в другое, претерпевая радиоактивный распад. Если продукт распада также нестабилен, то со временем и он распадается, и так до тех пор, пока не образуется стабильный продукт. Стабильные ядра остаются и накапливаются. В особенно избыточных ядрах число протонов либо число нейтронов равно одному из магических чисел 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 и реже некоторым другим.

Г.-М. знала, что аналогичная ситуация существует и для атомных электронов, обращающихся вокруг ядра. Стабильность атомов носит химический характер, т.к. химическая реакция определяется тем, происходит ли потеря, приобретение или обобществление электронов (ядра атомов остаются неизменными). Как показывает периодическая таблица химических элементов, с увеличением атомного номера химические свойства элементов повторяются, образуя циклы, или периоды. Атомный номер – это число протонов (положительно заряженных частиц) в ядре, которое равно числу электронов (отрицательно заряженных частиц), обращающихся вокруг ядра в невозмущенном атоме, вследствие чего он в целом электронейтрален.

Периодическая стабильность, возникающая при определенных атомных номерах, получила объяснение на основе атомных энергетических уровней, связанных с угловым моментом электронов, обращающихся вокруг ядра. Согласно квантовой теории, энергетические уровни ограничены некоторыми дискретными значениями. Угловые моменты возникают вследствие обращения электронов вокруг ядра (орбитальный угловой момент) и вращения электрона вокруг собственной оси, наподобие волчка (спин). (Квантовая механика отвергает столь простые и наглядные образы, но все же они полезны.) Поскольку движущиеся электроны есть не что иное, как электрический ток, они создают магнитное поле. Так же как два магнита отталкивают или притягивают друг друга, орбитальные угловые моменты и спины электронов взаимодействуют между собой (спин-орбитальная связь). Согласно квантовой теории, каждому разрешенному уровню углового момента соответствует некоторое число дискретных энергетических состояний. Когда эти состояния связаны со спином электрона, возникает система энергетических уровней, каждый из которых определяется набором

из четырех квантовых чисел. К этому следует добавить ограничение, налагаемое принципом запрета Вольфганга Паули. Согласно этому принципу, в каждом квантовом состоянии, задаваемом набором из четырех квантовых чисел, может находиться лишь один электрон. В результате при увеличении атомного номера, когда число электронов увеличивается каждый раз на единицу, очередной электрон занимает следующий, еще свободный уровень. Полная энергия возрастает шаг за шагом.

Шаги, на которые возрастает энергия, не равномерны: скопления мелких шажков разделены необычайно большими шагами. На основе ранних представлений об электронах, обращающихся вокруг ядра на различных расстояниях, такие скопления уровней получили название оболочек. О химическом элементе, у атома которого самый далекий от ядра электрон занимает последний уровень перед большим промежутком, говорят, что он замыкает оболочку. Элемент со следующим (более высоким) атомным номером, имеющий на один электрон больше, чем предыдущий элемент, начинает следующую оболочку. Замкнутая оболочка соответствует стабильному элементу. Поскольку срыв или присоединение одного электрона в случае замкнутой оболочки требует большего, чем обычно, количества энергии, в химические реакции такой элемент вступает «неохотно».

Схема оболочек была применена к ядру, когда предполагали, что протоны и нетроны как бы обращаются вокруг друг друга, но имела ограниченный успех. Ядро сильно отличается от атома. В атоме основную роль играет центральная сила притяжения между протонами в ядре и электронами. Это хорошо известная сила взаимодействия между электрическими зарядами. Электроны находятся на относительно больших расстояниях друг от друга, и их взаимное отталкивание слабо, поэтому энергия одного электрона мало зависит от положения других. Ядерные же силы между протонами и между протонами и нейтронами действуют на малых расстояниях, поэтому можно ожидать, что энергия одной частицы сильно зависит от положения других внутриядерных частиц. Единого центра притяжения в ядре не существует. Эти различия привели физиков-теоретиков на раннем этапе исследования к заключению, что спин-орбитальная связь для протонов и нейтронов в ядре должна быть почти пренебрежимо слабой.

Г.-М. упорно билась над решением проблемы структуры ядра. В начале своей работы она обнаружила два магических числа: 50 и 82. Затем, анализируя экспериментальные данные, она нашла еще пять магических чисел, но объяснить их не могла. Решающий момент наступил в 1948 г., когда Ферми спросил у нее: «Существуют ли какие-либо признаки спин-орбитальной связи?» Сразу же поняв, что спин-орбитальная связь дает ключ к проблеме, она в тот же вечер сумела объяснить ядерные магические числа. Г.-М. показала, что ядро также состоит из оболочек. По ее словам, атомное ядро напоминает по своему строению луковицу: оно состоит из слоев, содержащих протоны и нейтроны, которые обращаются вокруг друг друга и по орбите, как пары, вальсирующие на балу. Ядра стабильны, если оболочки протонов или нейтронов заполнены. Магические числа для ядер отличаются

от магических чисел для атомных электронов, но аналогия между теми и другими с учетом соответствующих поправок существует.

О своей работе по теории ядерных оболочек Г.-М. сообщила в двух статьях, опубликованных в журнале «Физикал ревью» в 1948 и 1949 гг. Их появление совпало с публикацией почти такой же теории Й. Хансом Д. Йенсеном из Гейдельбергского университета, работавшим с Отто Хакселем и Гансом Э. Зюссом. Г.-М. и Йенсен встретились в 1950 г. в Германии, стали друзьями и вместе работали над книгой «Элементарная теория оболочечной структуры ядра» («Elementary Theory of Nuclear Shell Structure»), которая была опубликована в 1955 г.

Г.-М. и Йенсен были удостоены Нобелевской премии по физике 1963 г. «за открытие оболочечной структуры ядра». Вторая половина премии этого года была присуждена Эугену П. Вигнеру. Представляя новых лауреатов, Ивар Валлер из Шведской королевской академии наук напомнил слушателям, что до открытий Г.-М. «удавалось объяснить не более трех магических чисел... Она и Йенсен убедительно доказали всю важность оболочечной модели для систематизации накопленного материала и предсказания новых явлений, связанных с основным состоянием и низко лежащими возбужденными состояниями ядер».

В 1960 г. университет в Сан-Диего пригласил супругов Майер. Марии предлагался пост полного профессора физики, Джозефу – профессора химии. Вскоре после переезда в Калифорнию у Г.-М. случился удар, возможно вызванный вирусной инфекцией. Она была частично парализована, нарушилась речь. После удара здоровье Г.-М. начало быстро ухудшаться, но она продолжала заниматься преподавательской деятельностью и работать над дальнейшим развитием ядерной физики. Г.-М. по-прежнему сотрудничала с Йенсеном. Их последняя совместная работа была опубликована в 1966 г., за 6 лет до того, как она скончалась в Сан-Диего от сердечного приступа.

Г.-М. была избрана в Национальную академию наук США и Американскую академию наук и искусств, а также членом-корреспондентом Академии наук в Гейдельберге. Она была почетным доктором колледжа Смита, колледжа Рассела Сейджа и колледжа в Маунт-Холиоке.

ГЕРЦ (Hertz), Густав

22 июля 1887 г. – 30 октября 1975 г.
Нобелевская премия по физике, 1925 г.
совместно с Джеймсом Франком

Немецкий физик Густав Людвиг Герц родился в Гамбурге в семье адвоката Густава Герца и Аугусты (Арнинг) Герц. Его дядя Рудольф Генрих Герц был одним из наиболее выдающихся физиков конца XIX в. Получив среднее образование в гамбургском Иоханнеуме, Г. в 1906 г. поступил в Геттингенский университет, где изучал математику и математическую физику у Давида Гильберта и Карла Рунге. Затем он учился в Мюнхенском университете у Арнольда Зоммерфельда, где познакомился с новой тогда квантовой теорией, и в Берлинском университете у Джеймса Франка и Роберта Поля. Там он заинтересовался экспериментальной физикой. В 1911 г. Г. защитил диссертацию в Берлинском университете об инфракрасном поглощении двуокиси углерода и получил докторскую степень.

В 1913 г. Г. был назначен ассистентом в Физический институт при Берлинском университете, где вместе с Франком приступил к исследованию изменений энергии при столкновении атома с электроном. Их работа явилась прямым подтверждением правильности модели атома, предложенной незадолго до того Нильсом Бором, хотя они еще не были с ней знакомы.

Согласно теории Бора, электроны могли обращаться вокруг ядра только по «разрешенным» орбитам, каждая из которых соответствует определенному энергетическому состоянию электрона. По Бору, электрон, поглощая дискретную порцию энергии, или квант, «перепрыгивает» на орбиту, соответствующую более высокой энергии и расположенную дальше

от ядра. При переходе же с более высокой на более низкую орбиту электрон испускает квант. Энергия кванта равна разности энергий орбит. Модель Бора позволила частично объяснить загадочные до того линейчатые спектры элементов. Когда экспериментатор возбуждает газ, например, пропуская через него электрический разряд, атомы сбрасывают излишки энергии в форме излучения – света. Атомы каждого элемента испускают свет определенных цветов, соответствующих характерным для данного элемента частотам и длинам волн. Спектроскоп позволяет разделить эти частоты и получить серию цветных линий, или линейчатый спектр, характерный для элемента. Основатель квантовой теории Макс Планк в 1900 г. доказал, что частота пропорциональна энергии кванта света. Таким образом, по теории Бора, каждая спектральная линия соответствует разности энергий между двумя орбитами. Тем самым линейчатые спектры служат своего рода ключами к атомной структуре.

Прикладывая положительное напряжение к электроду, противоположному источнику электронов, Г. и Франк ускоряли электроны (отрицательно заряженные частицы) в запаянной трубке. Электроны, максимальная кинетическая энергия которых известна (она равна произведению разности потенциалов и заряда электрона) и может регулироваться, пролетали сквозь сильно разреженные пары ртути. Другой электрод мог детектировать потерю энергии электронов, обусловленную соударениями с атомами ртути. Было обнаружено, что потери энергии пренебрежимо малы, пока разность потенциалов не достигает 4,9 вольта. Это открытие, показав, что энергия поглощается атомом только определенными порциями, подтвердило один из аспектов теории Бора. Аналогичные результаты были получены и для других газов, например гелия и неона. Г. и Франк вычислили частоту, соответствующую кванту с энергией, равной энергии электрона 4,9 электрон-вольта, и обнаружили, что она совпадает с частотой одной из линий линейчатого спектра ртути (в ультрафиолетовом диапазоне). Но поскольку теории Бора в то время «исполнилось» всего лишь несколько месяцев и многое в ней было еще неясно, Г. и Франк ошибочно интерпретировали 4,9 вольта как потенциал ионизации, т.е. как энергию, необходимую для выбивания электрона из атома. Потеря электрона нарушает нейтральность атома – баланс между отрицательными электронами вне ядра и положительными протонами в ядре – и приводит к возникновению положительно заряженного иона. Г. и Франк полагали, что ультрафиолетовая линия ртути испускается при захвате ионом электрона и заполнении вакансии. Основная проблема состояла в том, что модель Бора предсказывала потенциал ионизации в 10,36 вольта.

После некоторого замешательства было достигнуто лучшее понимание модели Бора, и тогда выяснилось, что линия, о которой идет речь, соответствовала переходу электрона между двумя нижними орбитами в спектральной серии, а не потере внешнего электрона и его захвату. Величина 4,9 вольта оказалась не потенциалом ионизации, а потенциалом возбуждения, т.е. энергией (или квантом), необходимой для возбуждения электрона – его

перехода с одного энергетического уровня на другой, более высокий, без отрыва его от атома. Усовершенствовав технику эксперимента. Г., Франк и другие исследователи измерили несколько других (более высоких) потенциалов возбуждения. Выяснилось, что полученные значения потенциалов соответствуют линиям, наблюдаемым в спектре ртути. Удалось подтвердить и предсказанное Бором значение потенциала ионизации. Г. и Франк стали первыми физиками, которым удалось непосредственно измерить энергию кванта.

Позднее Франк признался, что они «не оценили по достоинству фундаментальное значение теории Бора, настолько, что даже не упомянули о ней в своей статье». Однако Бор и его единомышленники поняли всю важность экспериментов Г. и Франка и неоднократно ссылались на них в подтверждение своих идей.

В 1926 г. Г. и Франку была присуждена Нобелевская премия по физике 1925 г. «за открытие законов соударения электрона с атомом». Представляя лауреатов, К.В. Озеен из Шведской королевской академии наук заметил: «Еще недавно никто и не помышлял о том, что атом может существовать в различных состояниях, каждое из которых характеризуется определенным уровнем энергии, и что этими энергетическими уровнями определяются спектральные линии... Теория Бора выдвинула эти гипотезы; методы их экспериментальной проверки разработали Г. и Джеймс Франк».

Во время первой мировой войны Г. и Франк служили в германской армии. В 1915 г. Г. был тяжело ранен. После длительного лечения он в 1917 г. стал внештатным преподавателем Берлинского университета. С 1920 по 1925 г. Г. работал в физической лаборатории на заводе ламп накаливания фирмы «Филипс» в Эйндховене (Нидерланды). «Филипс» была одной из первых частных компаний, финансировавших фундаментальные исследования. В 1925 г. Г. стал профессором физики университета в Галле и директором Физического института при том же университете. Три года спустя Г. вернулся в Берлин на пост директора Физического института при Шарлоттенбургском техническом университете. Из научных достижений Г. этого периода наиболее значительным является разработка газодиффузионного метода разделения изотопов неона.

Когда в 1933 г. к власти в Германии пришли нацисты, Г. отказался принести клятву на верность фюреру и в 1934 г. был вынужден уйти в отставку. До конца второй мировой войны он работал директором научно-исследовательской лаборатории фирмы «Сименс и Хальске» в Берлине. Неясно, почему Г., отец которого был евреем, а первая жена выступала против нацизма, разрешили занимать столь важный пост.

После войны Г. оказался в одной из групп немецких ученых, которые были отправлены в Советский Союз по контракту, заключенному на десять лет. Во время своего визита в Соединенные Штаты в 1939 г. Г. сказал своим друзьям, что уровень физических исследований в Америке весьма высок, но он чувствует, что был бы более полезен в Советском Союзе. Г. надеялся, что его семье удастся влиться в советское общество. Но и Г., и

другие немецкие ученые были изолированы в лабораторном комплексе. В Советском Союзе Г. возглавлял исследования по атомной энергии и радарам в лаборатории, которая находилась в Сухуми. Свой метод разделения изотопов он усовершенствовал настолько, что стало возможным проводить разделение в промышленных масштабах. В 1955 г. Г. возвратился в Лейпциг, где стал профессором Университета Карла Маркса. В качестве директора Физического института при Лейпцигском университете Г. руководил строительством нового здания института взамен разрушенного во время войны. В 1961 г. Г. вышел в отставку и поселился в Восточном Берлине, где прожил последние 14 лет своей жизни.

В 1919 г. Г. женился на Эллен Дильман. У них родились два сына, оба впоследствии стали физиками. В 1943 г., через два года после смерти первой жены, он вступил во второй брак с Шарлоттой Йолласс. Г. был замкнутым человеком, и о его взглядах и увлечениях мало известно, кроме того, что он был вполне профессиональным фотографом.

Помимо Нобелевской премии Г. был удостоен многих почетных наград, в том числе медали Макса Планка Германского физического общества и Ленинской премии правительства СССР. Г. был избран членом Немецкой академии наук в Берлине и Геттингенской академии наук, а также академий наук Венгрии, Чехословакии и Советского Союза.

ГЕСС (Hess), Виктор Ф.

24 июня 1883 г. – 17 декабря 1964 г.
Нобелевская премия по физике, 1936 г.
совместно с Карлом Д. Андерсоном

Австро-американский физик Виктор Франц Гесс родился в замке Вальдштейн в австрийской провинции Штирии в семье Винзенса Гесса –

главного лесничего имения принца Оттинген-Валлерштейна – и урожденной Серафины Эдле фон Гроссбауэр-Вальдштат. С 1893 по 1901 г. он учился в гимназии, по окончании которой поступил в Грацкий университет. В 1906 г. Г. защитил докторскую диссертацию по физике «с похвальным отзывом».

После защиты Г. собирался заняться исследованиями по оптике в Берлинском университете под руководством Пауля Друде, но после самоубийства Друде был вынужден изменить свои планы. Работая демонстратором и лектором в Венском университете, Г. заинтересовался исследованиями Франца Экснера и Эгона фон Швейдлера по ионизирующему действию радиоактивных излучений. Такие излучения возникают в тех случаях, когда атомы нестабильных элементов, например урана или тория, испускают «сгустки» (порции) энергии и положительные или отрицательные частицы. Под действием радиоактивного излучения окружающая источник атмосфера становится электропроводной, т.е. ионизируется. Такого рода радиоактивность может быть обнаружена с помощью электроскопа – прибора, который теряет сообщенный ему электрический заряд под действием радиации.

Работая с 1910 г. ассистентом-исследователем в Институте радиевых исследований при Венском университете, Г. узнал о проводившихся его коллегами экспериментах по определению источника ионизирующего излучения в атмосфере. Ему стало известно и о том, что несколькими месяцами раньше Теодор Вульф измерил в Париже ионизацию атмосферы. Измерения Вульфом производились с Эйфелевой башни и показали, что на ее вершине (на высоте 320 м) уровень радиации гораздо выше, чем у ее основания. Данные Вульфа расходились с существовавшей тогда теорией, согласно которой радиация могла идти только из-под земли. Вульф предположил, что необычно высокий уровень радиации наверху вызван радиацией, идущей из земной атмосферы. Он обратился к другим ученым с предложением проверить его гипотезу, запуская в атмосферу с помощью баллонов измерительные приборы.

На следующий год Г. создал приборы, способные выдержать существенные перепады температуры и давления при подъеме на большие высоты. Г. вычислил, что максимальная высота, на которой земная радиация могла бы ионизовать атмосферу, равна 500 м. В следующие два года он с помощью Австрийского воздухоплавательного клуба запустил десять аэрозондов. «Мне удалось показать, – вспоминал он впоследствии, – что ионизация [в электроскопе] уменьшалась с увеличением высоты подъема над землей (за счет уменьшения влияния радиоактивных веществ в земле), но начиная с высоты 1000 м заметно возрастала и на высоте 5000 м достигала значения, в несколько раз превосходящего наблюдаемое на поверхности Земли». Эти данные привели его к заключению, что ионизация могла быть вызвана проникновением в земную атмосферу неизвестного излучения из космического пространства.

В том, что излучение приходит из космического пространства, а не исходит от Солнца, Г. убедили результаты ночных запусков, во время

которых не наблюдалось понижения уровня радиации в верхних слоях атмосферы. В 1925 г. новое излучение было названо американским физиком Робертом А. Милликеном «космическими лучами». Эксперименты Г. привлекли внимание к космическим лучам других физиков, в том числе Карла Д. Андерсона, открывшего позитрон, положительно заряженную частицу с массой, равной массе электрона. Им же вместе с С.Х. Неддермейером был открыт мю-мезон – необычайно короткоживущая частица с массой, примерно в 200 раз больше массы электрона. Позднее она стала называться мюоном.

В 1919 г. Г. был назначен ассистент-профессором физики Венского университета, но в 1920 г. переехал в Грац, где стал адъюнкт-профессором экспериментальной физики. В 1921 г., взяв отпуск, Г. отправился в Соединенные Штаты, где возглавил исследовательскую лабораторию Радиевой корпорации Соединенных Штатов в Ориндже (штат Нью-Джерси) и одновременно исполнял обязанности консультанта при Горном бюро министерства внутренних дел США.

В Грац Г. вернулся в 1923 г. Через два года он стал полным профессором, а в 1929 г. был назначен деканом факультета. В 1931 г. Г. стал профессором экспериментальной физики и директором Института радиационных исследований при Инсбрукском университете. Он создал под Хафелекаром станцию по исследованию космических лучей.

За «открытие космических лучей» Г. совместно с Карлом Д. Андерсоном был удостоен Нобелевской премии по физике 1936 г. Представляя лауреатов, Ханс Плейель из Шведской королевской академии наук подчеркнул, что Г. «предложил нам новые важные проблемы, связанные с формированием и разрушением вещества, проблемы, открывающие новые области для исследования».

В 1938 г., через два месяца после того, как нацистская Германия аннексировала Австрию, Г. был смещен со своего поста в Граце, так как его жена была еврейкой, а сам он состоял научным советником при правительстве низложенного канцлера Австрии Курта фон Шушнига. Получив предупреждение о готовящемся аресте, Г. бежал в Швейцарию.

Приглашение от Фордхемского университета привело в 1938 г. Г. и его жену в Нью-Йорк. В Фордхеме Г. преподавал физику и через шесть лет получил американское гражданство. В 1946 г. к нему обратились с просьбой возглавить первые в мире измерения уровня радиоактивных осадков, выпавших в Соединенных Штатах после атомной бомбардировки Хиросимы. На следующий год Г. вместе с физиком Уильямом Т. Макниффом разработали метод обнаружения небольших количеств радия в человеческом теле по измерению гамма-излучения.

В 1920 г. Г. женился на Мари Берте Варнер Брейски, которая скончалась в 1955 г. В том же году Г. вступил в брак с Элизабет М. Хёнке. После выхода в отставку в 1956 г. Г. до конца жизни продолжал заниматься исследованием космических лучей и радиоактивности. Он умер в Маунт-Верноне (штат Нью-Йорк) в 1964 г.

За свою долгую карьеру Г. был удостоен множества наград и почестей, в том числе премии Либена Австрийской академии наук (1919), премии Эрнста Аббе Фонда Карла Цейса (1932), почетного знака «За заслуги в искусстве и науке» австрийского правительства (1959) и почетных степеней Венского университета, университета Лойолы в Чикаго, университета Лойолы в Новом Орлеане и Фордхемского университета.

ГИЛЬОМ (Guillaume), Шарль

15 февраля 1861 г. – 13 июня 1938 г.
Нобелевская премия по физике, 1920 г.

Швейцарский физик Шарль Эдуард Гильом родился в Флерье и был сыном часового мастера Эдуарда Гильома. Отец Г. возвратился в свой родовой дом в Швейцарии после того, как в течение нескольких лет возглавлял в Лондоне часовую мастерскую, основанную его отцом, который бежал в Англию во время Французской революции. Первые уроки юному Г. давал отец, а затем он стал посещать школу в Невшателе. В семнадцать лет Г. поступил в Федеральный технологический институт в Цюрихе, где изучал естественные науки, а также немецкую и французскую литературу. Впоследствии он говорил, что его интерес к естествознанию был подкреплен чтением «Похвальных речей» ("Eloges academiques") непременного секретаря Французской академии наук Франсуа Араго. В 1882 г. Г. защитил диссертацию об электролитических конденсаторах и получил докторскую степень.

После года службы в швейцарской армии в качестве артиллерийского офицера Г. поступил ассистентом в незадолго до того созданное Международное бюро мер и весов в Севре, недалеко от Парижа. В 1902 г. он стал заместителем директора, а в 1905 г. директором Бюро и оставался на этом посту вплоть до ухода в отставку (1936), после чего получил титул почетного директора.

Первая работа, сделанная Г. в Международном бюро, была связана с точностью ртутного термометра. В этом приборе относительно большое количество ртути содержится в стеклянном баллончике, к которому присоединена длинная стеклянная цилиндрическая трубка небольшого диаметра. При повышении температуры объем ртути увеличивается, что вызывает заметное изменение положения верхнего конца столбика ртути. Для повышения точности измерений необходимо ввести поправки на изменения объема баллончика, связанные с температурным расширением или сжатием стекла, на изменения площади поперечного сечения и длины столбика ртути, а затем произвести соответствующую калибровку термометра. Скорость изменений длины и объема зависит от температуры. Результаты произведенных им вычислений всех поправок Г. изложил в «Трактате по термометрии» ("Traite de thermometrie") в 1889 г.

После окончания этих исследований Г. занялся поиском сплава, который можно было бы использовать в местных метрологических лабораториях как доступную и надежную замену очень дорогого платино-иридиевого сплава, из которого был изготовлен эталон метра. Экземпляр эталона находится и в каждой из стран, принимавших участие в первой Конференции по мерам и весам 1889 г. Мерные стержни использовались в полевых условиях при различных температурах, а калибровались в местных метрологических лабораториях по хранящимся там эталонам метра при фиксированной температуре. И низкое качество местных эталонов, и различие между температурой в полевых и лабораторных условиях приводили к систематическим ошибкам в измерениях.

Исследуя сплавы, Г. заметил, что стали с высоким содержанием никеля имеют аномально низкий коэффициент теплового расширения. Это наблюдение привело к созданию стали, содержащей 36% никеля, 0,4 – марганца, 0,1 – углерода и 63,5% железа и обладающей коэффициентом расширения, который составляет менее одной десятой коэффициента расширения железа. Свой сплав Г. назвал инваром, поскольку тот почти не изменялся (оставался инвариантным) при нагревании и других внешних воздействиях. Г. разработал ряд методов (таких, как отжиг, протягивание и прокатка), позволяющих обрабатывать инвар при непрерывном контроле его коэффициента теплового расширения. Стандартные эталоны метра из инвара получили широкое распространение. В полевых условиях геодезисты и картографы стали пользоваться мерными лентами и проволоками из инвара для провешивания базиса триангуляционной сети. Инвар нашел применение

и в маятниковых часах, которые были в те годы хранителями эталона времени.

Продолжая исследования в металлургии, Г. создал сплав, содержащий 36% никеля, 12 – хрома и 52% железа. Этот сплав, имевший намного более низкий термоупругий коэффициент, чем железо, Г. назвал элинваром (эл – от эластичности, инвар – от инвариантности), подчеркивая практическое постоянство его модуля упругости. Применение элинвара позволило исключить расстройку стальных камертонов и балансиров в часах, вызванную изменениями их упругих свойств (жесткости) из-за флуктуаций температуры.

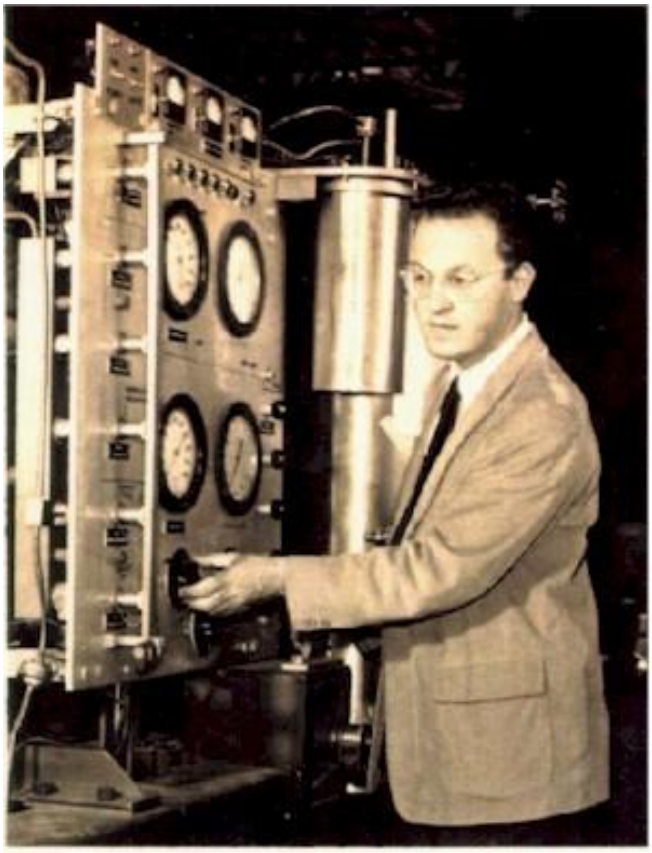
В 1920 г. Г. был удостоен Нобелевской премии по физике «в знак признания его заслуг перед точными измерениями в физике – открытия аномалий в никелевых стальных сплавах». Представляя лауреата, А.Г. Экстранд из Шведской королевской академии подчеркнул, что Г., «несомненно, является крупнейшим метрологом современности... Его открытие имеет огромное значение для сверхточных научных измерений и тем самым для развития естественных наук в целом». Кроме того, добавил Экстранд, работы Г. по свойствам никелевой стали внесли вклад в теоретическое понимание «строения вещества в твердом состоянии».

Будучи горячим поборником международного применения метрической системы, Г. использовал свой необычайный такт и обаяние для дальнейшего ее распространения.

Несмотря на долгие годы, прожитые во Франции, Г. сохранил свое швейцарское подданство. В 1888 г. он вступил в брак с А.М. Тауффлиб. У них родилось трое детей. Г. скончался 13 июня 1938 г. в Севре (Франция).

Г. был удостоен почетных степеней университетов Женевы, Невшателя и Парижа. Он был президентом Французского физического общества, состоял членом более десятка академий наук и научных обществ, был награжден орденом Почетного легиона.

ГЛАЗЕР (Glaser), Доналд А.



род. 21 сентября 1926 г.
Нобелевская премия по физике, 1960 г.

Американский физик Доналд Артур Глазер родился в Кливленде (штат Огайо) в семье эмигрантов из России Лены и Уильяма Дж. Глазер. Отец его был оптовым торговцем. Начальное и среднее образование Г. получил в школах Кливленд-Хайтса. Талантливый музыкант, он занимался по классу скрипки, альта и композиции в Кливлендском институте музыки и в возрасте шестнадцати лет выступал с местным симфоническим оркестром.

Рано проявившиеся способности к математике побудили Г. поступить в Кейзовский технологический институт (ныне университет Кейз-Вестерн-Резерв), который он закончил в 1946 г. со степенью бакалавра по физике и математике. Г. учился в аспирантуре в Калифорнийском технологическом институте (Калтехе) под руководством Карла Д. Андерсона. В 1950 г. Г. была присвоена докторская степень по физике и математике за работу, посвященную экспериментальному исследованию космических лучей высокой энергии и мезонов на уровне моря. За год до этого, по завершении курсовой работы в Калтехе, Г. был принят на должность преподавателя физики в Мичиганский университет. В 1953 г. он стал ассистент-профессором, в 1955 г. – адъюнкт-профессором, а в 1957 г. – полным профессором.

В Мичиган Г. привел интерес к элементарным частицам в космических лучах, которые с огромной энергией бомбардируют Землю.

Взаимодействуя с веществом, такие частицы порождают новые частицы, также обладающие высокой энергией и, как правило, короткоживущие. В 20-е гг., когда Ч.Т.Р. Вильсон изобрел свою камеру, физики впервые открыли способ, позволяющий сделать видимыми треки частиц. Воздух в камере Вильсона содержит пересыщенный водяной пар, поэтому атомная или субатомная частица, пролетая через камеру, вызывает конденсацию пара в виде крохотных капелек воды вдоль своего пути. Треки становятся видимыми, и их можно фотографировать для последующих измерений.

Появившиеся в 50-е гг. новые мощные ускорители частиц не соответствовали возможностям старого метода обнаружения треков. Они разгоняли частицы до энергий, в 1000 раз более высоких, чем достижимые двадцать лет назад. Низкая плотность газа в камере Вильсона означала, что движущиеся с большой скоростью частицы могли проходить сравнительно большие расстояния прежде, чем они распадутся или израсходуют свою энергию. Чтобы получить треки таких частиц в камере Вильсона, потребовалась бы установка длиной более 100 м. Но сооружение такого гигантского прибора практически невозможно. Вместе с тем малая частота столкновений между налетающими частицами и атомами газа ограничивает число взаимодействий, доступных наблюдению, и число экзотических новых частиц, которые могли бы рождаться в результате таких взаимодействий. Количество данных, которые можно было бы собрать с помощью камеры Вильсона, ограничено и ее медлительностью: короткие периоды, в течение которых камера может фиксировать треки налетающих частиц, должны быть разделены промежутками времени не менее получаса, необходимыми для подготовки аппаратуры.

Приняв участие в сооружении нескольких традиционных камер Вильсона, Г. начал поиск методов детектирования частиц высокой энергии, основанных на использовании более плотных веществ в камерах с большим рабочим объемом. По мнению Г., подходящей средой могла бы быть перегретая жидкость под давлением. Ему было известно, что жидкость можно поддерживать в течение некоторого времени в неустойчивом состоянии выше ее нормальной точки кипения. Такая жидкость не закипит спонтанно, но кипение в ней можно чем-нибудь вызвать. Г. пытался установить, могут ли частицы высоких энергий быть «пусковыми механизмами» кипения перегретой жидкости под давлением. Он стал экспериментировать с бутылками подогретого пива и газированных прохладительных напитков, чтобы определить, влияет ли реактивный источник на пенообразование. В конце концов после более тонких экспериментов и расчетов он обнаружил, что при соответствующих условиях радиация могла бы «запускать» кипение жидкости. Например, если диэтиловый эфир нагреть до 140°С (т.е. до температуры, которая намного выше его нормальной точки кипения), то под действием радиации – космических лучей или от любого другого источника – он мгновенно закипает.

Используя набор небольших стеклянных камер различной формы с рабочим объемом в несколько кубических сантиметров и с перегретым эфиром в качестве рабочего вещества, Г. попытался точно определить треки частиц ионизирующего излучения. Нагревая жидкость под высоким давлением и резко сбрасывая его, ему удалось создать очень неустойчивое состояние и зафиксировать четкие треки частиц с помощью высокоскоростной киносъемки прежде, чем жидкость закипала. Разработанный Г. метод представляет собой как бы зеркальное отражение метода Вильсона. Если в камере Вильсона трек образуют капельки жидкости в газе, то в пузырьковой камере Г., первый вариант которой был построен в 1952 г., обратный процесс порождал трек из газовых пузырьков в жидкости.

Г. быстро понял, что для экспериментов в области физики высоких энергий более подходящими были бы другие жидкости. Так, он построил пузырьковую камеру, где использовался жидкий водород при температуре –246°С. Эта установка, строительство которой было завершено в Чикагском университете в 1953 г., вскоре позволила обнаружить никогда ранее не наблюдавшиеся субатомные явления. В 1956 г. Г. экспериментировал с камерами на сжиженном ксеноне. Высокая плотность этой среды позволила физикам фотографировать треки как нейтральных, так и заряженных частиц и наблюдать многие ранее неизвестные реакции. Надежды Г. оправдались: его метод позволял строить большие пузырьковые камеры с очень короткими рабочими циклами. Такие камеры позволили зафиксировать поведение многих атомных частиц, не поддававшихся ранее наблюдению, и получить о них в тысячи раз большую информацию.

В 1959 г. Г. в качестве приглашенного профессора побывал в Калифорнийском университете в Беркли и в следующем году стал постоянным сотрудником этого учебного заведения. За 1959...1960 гг. он собрал почти полмиллиона фотографий, используя новую пузырьковую камеру, построенную в Беркли под руководством Луиса У. Альвареса. Снабженная холодильной установкой и большим магнитом, позволявшим отклонять траектории заряженных частиц, эта камера была размерами с небольшой грузовик и уже этим сильно отличалась от колбочек емкостью в 3 кубических сантиметра, с которыми Г. экспериментировал всего лишь семью годами ранее.

В 1969 г. Г. была присуждена Нобелевская премия по физике «за изобретение пузырьковой камеры». Представляя нового лауреата на церемонии вручения премии, Кай Сигбан из Шведской королевской академии наук сказал: «Некоторые другие ученые также внесли большой вклад в практическое оформление различных типов пузырьковых камер, но фундаментальный вклад в ее создание принадлежит Г.».

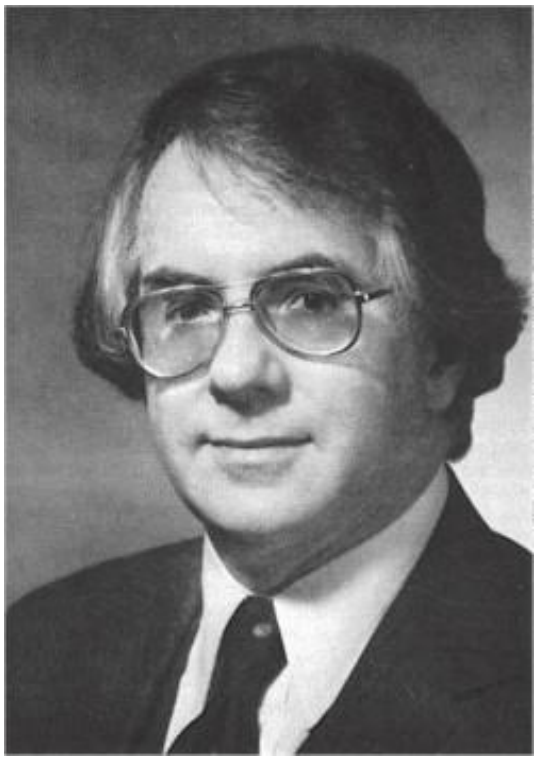
После получения Нобелевской премии интерес Г. привлекли проблемы приложения физики к молекулярной биологии. 1961 г. он провел в Копенгагенском университете, изучая микробиологию. Его дальнейшие исследования были посвящены эволюции бактерий, регуляции клеточного роста, канцерогенным веществам и генетическим мутациям. Приспособив к

нуждам микробиологии установку для анализа фотографий, используемую при работе на пузырьковых камерах, Г. разработал компьютеризованную сканирующую систему, которая автоматически идентифицирует виды бактерий. С 1964 г. Г. – профессор биологии и физики в Беркли.

В 1960 г., вскоре после получения Нобелевской премии, Г. женился на Рут Бонни Томпсон, аспирантке, с которой познакомился в Радиационной лаборатории Лоуренса в Беркли. У них родилось двое детей, но в 1969 г. брак был расторгнут. Человек спортивного склада, Г. любит альпинизм, лыжи, теннис и парусный спорт. На протяжении всей своей жизни он сохраняет интерес к музыке, часто играет партии альта в местных камерных ансамблях.

Помимо Нобелевской премии Г. удостоен премии Генри Рассела Мичиганского университета (1953), премии Чарлза Вернона Бойса Лондонского физического общества (1958) и премии Американского физического общества.

ГЛЭШОУ (Glashow), Шелдон Л.



род. 5 декабря 1932 г
Нобелевская премия по физике, 1979 г.
совместно с Абдусом Саламом и Стивеном Вайнбергом

Американский физик Шелдон Ли Глэшоу родился в Нью-Йорке. Он был младшим из трех сыновей эмигрантов из Бобруйска Льюиса Глуховски и урожденной Беллы Рубин. Отец Г., основавший в Нью-Йорке процветающую контору по ремонту водопровода, изменил фамилию на Глэшоу Г. учился в Средней школе наук в Бронксе. Одноклассниками его были Стивен Вайнберг и Джеральд Файнберг, ставший потом физиком в Колумбийском

университете. Г. сохранил им признательность за то, что они пробудили в нем интерес к физике.

После получения диплома бакалавра наук в Корнеллском университете в 1954 г. Г. поступил в аспирантуру при Гарвардском университете, которую закончил в 1959 г. Его диссертация «Векторный мезон в распадах элементарных частиц» ("The Vector Meson in Elementary Particle Decays") была написана под руководством Джулиуса С. Швингера, оказавшего большое влияние на всю последующую научную деятельность Г. С 1958 по 1960 г. Г. был стипендиатом Копенгагенского университета. Затем он провел год в качестве физика-исследователя Калифорнийского технологического института, после чего преподавал физику в Станфордском университете, в Калифорнийском университете в Беркли. В 1967 г. Г. возвратился в Гарвард, где в 1979 г. был назначен на кафедру физики имени Юджина Хиггинса. На этом посту он пребывает до сих пор.

Значительная часть работ Г. посвящена проблеме объединения всех сил, наблюдаемых в природе Ученые начала XIX в считали, что в природе действуют три различные и внешне независимые силы гравитация, электричество и магнетизм. Прогресс в упрощении такой точки зрения был достигнут в 60-е гг. прошлого столетия шотландским математиком и физиком Джеймсом Клерком Максвеллом, показавшим, что электричество и магнетизм представляют собой различные проявления одной и той же сущности, известной теперь под названием электромагнитного поля Теория Максвелла позволила объяснить многое из того, что прежде казалось загадочным (главным образом природу света), и предсказать существование радиоволн. Она стала стимулом к созданию более общей теории, которая позволила бы охватить все силы природы.

В первые три десятилетия XX в. после открытия атомного ядра физики узнали о существовании еще двух взаимодействий сильного, удерживающего вместе протоны и нейтроны, образующие атомное ядро, и слабого, приводящего к распаду ядра. Например, радиоактивный распад нейтронов с испусканием бета-частиц (электронов) и нейтрино (процесс, вносящий вклад в выделение энергии Солнцем) обусловлен слабым взаимодействием. Однако и сильное, и слабое взаимодействия отличаются от ранее известных сил в одном важном отношении гравитация и электромагнетизм имеют неограниченный радиус действия, сильное же взаимодействие эффективно только на расстояниях, не превышающих размеры атомного ядра, а слабое взаимодействие – на еще меньших.

Новаторские теоретические идеи, за которые Г., Абдус Салам и Вайнберг были удостоены Нобелевской премии, привели к объединению электромагнетизма и слабого взаимодействия. Так же как и максвелловское объединение электричества и магнетизма, электромагнетизм и слабое взаимодействие в теории Глэшоу – Салама – Вайнберга рассматриваются как различные аспекты единого «электрослабого» взаимодействия. Предпринятая Г. в 1960 г. первая попытка объединения электромагнетизма и

слабого взаимодействия была основана на понятии так называемой калибровочной симметрии. Аналогичную формулировку годом позже предложил и Салам. В обыденной жизни мы называем предмет симметричным, если он неотличим от своего зеркального отражения. Физики ввели много других типов симметрии. Например, зарядовая симметрия в электромагнетизме означает, что взаимодействие между двумя частицами не изменяется, если все отрицательные заряды заменить положительными и, наоборот, все положительные отрицательными. Калибровочная симметрия присуща физическим свойствам или соотношениям, которые остаются инвариантными при изменении масштаба или опорной точки для относительных измерений. В 1954 г. Янг Чжэньнин и Роберт Л. Миллс, работавшие в Брукхейвенской национальной лаборатории, распространили принцип калибровочной симметрии на более сложную физику сильного взаимодействия. Хотя их исследования так и не превратились в рабочую теорию, они проложили путь для всех последующих попыток описать фундаментальные взаимодействия, в том числе Г., Вайнбергом и Саламом.

В определенном смысле попытку, предпринятую Г. в 1960 г., объединить электромагнетизм и слабое взаимодействие следует признать успешной, так как его теория не только объединила эти силы, но и сделала их неразличимыми. Она предсказывала существование четырех частиц – переносчиков взаимодействий. Одну из них можно было бы отождествить с фотоном квантом света, который уже был известен как переносчик электромагнитного взаимодействия. Остальные три частицы, обозначенные W+, W и Z, предположительно были переносчиками слабого взаимодействия материи. В теории 1960 г. все четыре частицы были безмассовыми. В квантовой механике радиус взаимодействия обратно пропорционален массе частицы-переносчика, поэтому нулевая масса соответствует бесконечному радиусу взаимодействия. Таким образом, вопреки всем экспериментальным данным теория Г. предполагала неограниченный радиус взаимодействия не только для электромагнетизма, но и для слабого взаимодействия.

Предложенная Г. калибровочная симметрия привела к еще одному нетрадиционному выводу: когда две частицы обмениваются электромагнитным взаимодействием, их электрические заряды не изменяются, так как фотон (переносчик электромагнитного излучения) не является носителем электрического заряда. Однако во всех известных в то время слабых взаимодействиях осуществлялся перенос единичного электрического заряда, например, распадающийся нейтрон (с 0 зарядом) мог порождать протон (с зарядом +1) и электрон (с зарядом –1). Явления такого рода можно было бы объяснить обменом частицами W+ и W– с зарядами, равными соответственно +1 и –1. Но введение электрически нейтральной частицы Z означает, что некоторые слабые взаимодействия должны происходить без обмена зарядом, как при электромагнитном взаимодействии Предсказание событий, называемых слабыми нейтральными токами,

впоследствии стало решающей экспериментальной проверкой объединенных теорий.

Г. попытался исправить основной недостаток своей теории бесконечный радиус слабого взаимодействия, постулируя большие массы частиц W+, W– и Z0. Однако такая стратегия не имела успеха если включить массы, то теория приводила к невозможным результатам, например к бесконечной интенсивности некоторых слабых взаимодействий. Аналогичные проблемы, возникшие двумя десятилетиями раньше, были разрешены с помощью математической процедуры, называемой перенормировкой, но в случае слабого взаимодействия перенормировка «не срабатывала». Проблема массивных частиц W и Z была решена через несколько лет, когда Вайнберг, Салам и другие ученые применили новые методы.

Работая независимо друг от друга в 1967 и 1968 гг., Вайнберг и Салам создали объединенную теорию слабого и электромагнитного взаимодействий на основе той самой калибровочной симметрии, которой пользовался Г. Теория Вайнберга – Салама также утверждала существование четырех частиц-переносчиков, но для придания масс частицам W+, W– иZ0 и нулевой массы фотону авторы ввели новый механизм. Идея этого механизма, называемого спонтанным нарушением симметрии, берет начало в физике твердого тела. В последствии частицы W и Z были обнаружены экспериментально Карло Руббиа среди продуктов реакций, возникающих при столкновениях частиц, разогнанных до высоких энергий на ускорителе.

В 1979 г. Г., Саламу и Вайнбергу была присуждена Нобелевская премия по физике «за вклад в объединенную теорию слабых и электромагнитных взаимодействий между элементарными частицами, в том числе за предсказание слабых нейтральных токов». В своей Нобелевской лекции Г. поделился воспоминаниями о тех днях, когда Джулиус Швингер впервые побудил его заняться поиском объединенных взаимодействий «В 1956 г., когда я делал свои первые шаги в теоретической физике, теория элементарных частиц напоминала лоскутное одеяло Электродинамика, сильные и слабые взаимодействия были совершенно самостоятельными дисциплинами, преподававшимися и изучавшимися в полном отрыве друг от друга. Последовательной теории, которая бы объединяла все взаимодействия, тогда не существовало». И далее заметил «С тех пор многое изменилось... Теперь мы располагаем теорией, которая представляет собой цельное произведение искусства лоскутное одеяло превратилось в гобелен».

Помимо работ по слабому и электромагнитному взаимодействиям Г. внес важный вклад и в понимание сильного взаимодействия В 40-х и 50-х гг. в экспериментах на ускорителях высоких энергий было открыто много короткоживущих частиц, связанных с протоном и нейтроном, к 1969 г. было известно более 100 частиц, которые все считались одинаково элементарными. Многих физиков такая ситуация не удовлетворяла. И в 1963 г. Марри Гелл-Манн и американский физик Джордж Цвейг предложили способ, позволяющий уменьшить число фундаментальных частиц,

необходимых для теории материи. Они высказали гипотезу и о том, что протон, нейтрон и все известные их «родственники» могут быть сложными частицами, состоящими из нескольких более фундаментальных частиц, которые Гелл-Манн назвал кварками. Между собой кварки должны быть связаны сильным взаимодействием.

В первоначальном варианте теории Гелл-Манна было три типа кварков: и-кварки (от англ. up – верхние), (d-кварки (от англ. down – нижние) и s-кварки (от англ. strange – странные). Через год, когда кварковая модель все еще оставалась чисто умозрительной, Г. совместно с физиком Джеймсом Д. Бьоркеном предложил ввести четвертый кварк с. Г. назвал его очарованным кварком (charm), поскольку тот действовал подобно волшебным чарам, позволяя устранить некоторые явления, предсказываемые трехкварковой теорией, но в действительности ненаблюдаемые. В 1970 г. Г. вместе с Джоном Илиопулосом и Лучиано Маиани выдвинули еще более сильные аргументы в пользу существования очарованного кварка. Частицы, содержащие эти кварки, были открыты в 1974 г. Предвидение Г. получило экспериментальное подтверждение.

Став лауреатом Нобелевской премии, Г. продолжает преподавать и заниматься исследовательской работой в Гарварде. Он предпринял попытку построить теорию, объединяющую сильное и электрослабое взаимодействия. В 1987 г. Г. (вместе с Джоном Н. Бахколлом из принстонского Института фундаментальных исследований) сообщил о более низких оценках массы нейтрино. Новые оценки, основанные на анализе взрыва сверхновой звезды, свидетельствуют о том, что масса всех нейтрино недостаточна для обращения расширения Вселенной, как предполагали некоторые ученые.

В 1972 г. Г. женился на Джоан Ширли Александер; у них родилось трое сыновей и дочь. Г. удостоен медали Дж. Роберта Оппенгеймера университета Майами (1977) и Джорджа Ледли Гарвардского университета (1978) и почетных степеней университета Йешива и университета Аикс-Марселя. Г. состоит членом Американского физического общества. Американской академии наук и искусств и Национальной академии наук США.

ДАЛЕН (Dalen), Нильс

30 ноября 1869 г. – 9 декабря 1937 г.
Нобелевская премия по физике, 1912 г.

Шведский инженер и изобретатель Нильс Густав Дален родился в Стенсторне, на юге Швеции, в семье фермера Андерса Йоханссона Далена и урожденной Ловисы Андерсдоттер. По завершении начального образования он изучал сельское хозяйство, садоводство и молочное скотоводство в сельскохозяйственном училище. Обладая недюжинными способностями к механике, Д. еще в училище сконструировал и построил несколько усовершенствованных образцов сельскохозяйственной техники. Изобретенное им устройство для определения жирности молока привлекло внимание Густава де Лаваля, главы «Компании паровых турбин Лаваля» в Стокгольме, который посоветовал Д. получить инженерное образование.

В 1892 г. Д. поступил в Институт Чалмерса, который находился в Гетеборге, а четыре года спустя окончил его с дипломом инженера-механика. Еще один год Д. провел в Цюрихе в Федеральном технологическом институте. По возвращении в Швецию в 1897 г. Д. приобрел известность как инженер-консультант. Он приступил к исследованиям воздушных турбин, компрессоров и воздушных насосов. В 1900 г. вместе со своим коллегой он основал небольшую инженерную фирму «Далеу и Целсинг».

В 1901 г. Д. становится техническим руководителем «Шведской карбидно-ацетиленовой компании». В том же году компания приобрела патент на французское изобретение, получившее название «растворенный

ацетилен» (Acetylene Dissous). Ацетилен растворялся в ацетоне, раствор сорбировался пористой массой, которая затем заключалась в металлической баллон. Ацетилен (при обычных условиях газообразный непредельный углеводород) горит ослепительно ярким белым светом. Ацетон – легко воспламеняющаяся органическая жидкость, часто используемая в качестве сырья при производстве химических веществ. Все вместе (ацетилен, ацетон, пористая масса и металлический баллон) называется газовым аккумулятором.

«Шведская карбидно-ацетиленовая компания» надеялась усовершенствовать французский вариант такого аккумулятора для использования его в качестве безопасного и высокоэффективного источника горючего для осветительных устройств маяков и буев. Опыт показал, что хранение ацетилена в баллонах небезопасно. Даже если ацетилен растворен в ацетоне и поэтому невзрывоопасен, малейшее уменьшение объема раствора (вызванное расходом части раствора или сокращением объема из-за понижения температуры) приводит к скоплению в пространстве над поверхностью жидкости взрывоопасного газообразного ацетилена. Абсорбция смеси ацетилена и ацетона пористой массой могла бы понизить потенциальную угрозу взрыва. Впрочем, даже держателям патента на «растворенный ацетилен» не удалось наладить производство пористого материала, способного выдержать толчки и качку, неизбежные при волнении на море: малейшее механическое растрескивание массы приводит к образованию пустот, в которых скапливается газообразный ацетилен.

В 1901 г. Дален начал разрабатывать усовершенствованный газовый аккумулятор. За короткое время он сумел создать специальное вещество для его заполнения. Вводя его в стальной баллон, наполовину заполненный ацетоном, и напуская затем туда ацетилен под давлением 10 атмосфер, Д. получил газовый аккумулятор, содержавший ацетилен, собственный объем которого при 15°С в 100 раз превышал объем баллона. Такое устройство аккумулятора позволяло его транспортировать без риска детонации при ударах.

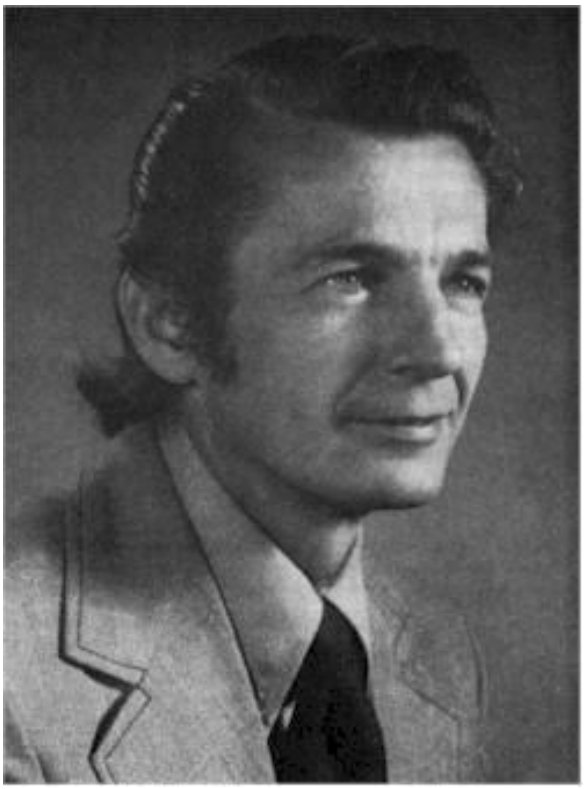
В дальнейшем Д. внес усовершенствование в конструкцию газового аккумулятора – изобрел регулятор, позволяющий контролировать давление газа в баллоне. В 1905 г. он сконструировал надежное устройство, позволяющее резко увеличить число кратковременных вспышек, испускаемых маяком, – до нескольких тысяч на 1 литр ацетилена. В знак признания его изобретательской деятельности «Компания газовых аккумуляторов», поглотившая в 1906 г. «Шведскую карбидно-ацетиленовую компанию», назначила Д. своим главным инженером. В 1907 г. Д. предложил еще одно усовершенствование газового аккумулятора – спроектировал клапан, обеспечивающий выделение газа только в ночное время или в плохую погоду, что позволило включать огни маяков и буев только в условиях плохой видимости. Получившее название «солнечного клапана», устройство Д. состояло из четырех вертикальных металлических стержней, заключенных в прозрачную стеклянную трубку и закрепленных за верхние концы. Три тщательно отполированных стержня расположены вокруг

четвертого, зачерненного. При нагревании солнечным светом, отраженным полированными стержнями, зачерненный стержень удлиняется и нажимает рычаг, закрывающий газовый вентиль, тем самым выключая свет. Ночью зачерненный стержень охлаждается и сжимается, что позволяет поджимаемому пружиной рычагу подняться и открыть вентиль. Возникающий поток газа поджигается с помощью запальника. «Солнечный клапан» Д. может быть отрегулирован так, что будет зажигать огонь при определенной освещенности. Реорганизованная «Шведская компания газовых аккумуляторов» в 1909 г. назначила Д. своим управляющим директором.

Через три года при испытании устройств, гарантирующих безопасность цилиндров с ацетиленом, Д. был серьезно ранен при взрыве и полностью ослеп. В 1912 г. ему была присуждена Нобелевская премия по физике «за изобретение автоматических регуляторов, использующихся в сочетании с газовыми аккумуляторами для источников света на маяках и буях». «Светильники на газовых аккумуляторах позволяют устанавливать маяки и буи в самых труднодоступных местах, – заявил Х. Г. Седербаум из Шведской королевской академии наук на церемонии вручения награды. – Эти устройства оказались чрезвычайно полезными... для освещения железнодорожных вагонов и использования в железнодорожных светофорах, вагонных фонарях, а также для сварки, плавки и резки металлов». Д. не выступал с Нобелевской лекцией, а медаль была вручена представлявшему его брату.

Потеряв зрение, Д. не прекратил своих исследований. Из его крупных изобретений следует отметить необычайно эффективную печь. В 1901 г. Д. вступил в брак с Элмой Перссон. У них родились двое сыновей и две дочери. Он был избран членом Шведской королевской академии в 1913 г., а через пять лет получил почетную степень от Лундского университета. В 1919 г. Д. был избран в Шведскую академию наук и техники. Он скончался 9 декабря 1937 г. в Лидинге (Швеция).

ДЖАЙЕВЕР (Giaever), Айвар



род. 5 апреля 1929 г.
Нобелевская премия по физике, 1973 г.
совместно с Лео Эсаки и Брайаном Д. Джозефсоном

Норвежско-американский физик Айвар Джайевер родился в Бергене и был вторым ребенком из трех детей фармацевта Джона А. Джайевера и урожденной Гудрун М. Скаруд. Он учился в начальной школе в Тотене и в средней в Хамаре. После окончания средней школы в 1946 г. Д. в течение года работал на военном заводе Рауфосса, а в 1948 г. поступил в Норвежский технологический институт в Тронхейме, который окончил в 1952 г. с дипломом инженера-механика.

В том же году Д. был призван в армию, где служил в звании капрала в течение года. Демобилизовавшись, он работал экспертом в Норвежском патентном бюро. В 1954 г. сложности с жильем в Норвегии побудили Д. отправиться в Канаду, где он в течение короткого времени работал помощником архитектора, а затем в качестве инженера-механика принял участие в осуществлении фундаментальной инженерной программы компании «Дженерал электрик». В 1956 г. Д. перешел в научно-исследовательский центр компании «Дженерал электрик» в Скенектади (штат Нью-Йорк), где занимался решением проблем в области прикладной математики. Именно в Скенектади у Д. пробудился интерес к физике, и в 1956 г. он был принят в группу, занимавшуюся исследованиями по физике твердого тела. Тогда же, без отрыва от работы, он поступил в аспирантуру при Политехническом институте Ренсселаера.

В «Дженерал электрик» Д. исследовал электрическое поведение переходов, состоящих из металлических контактов, разделенных очень тонкими изолирующими слоями. Эта работа представляла коммерческий интерес, поскольку в большинстве электрических металлических контактов их поверхности разделены тонкими изолирующими слоями оксидов и загрязнений. С точки зрения классической физики следовало бы ожидать, что в тех случаях, когда напряжение между двумя контактами не слишком велико для того, чтобы электроны могли преодолеть электрический барьер, созданный изолятором, ток в цепи течь не будет, поскольку нет электронов с энергией, достаточной для проникновения сквозь изолятор. Квантовая механика, описывающая поведение систем в атомном или субатомном масштабе, предполагает, что если изолирующая пленка достаточно тонка, то электрон может «туннелировать» сквозь нее и оказаться по другую сторону барьера. Японский физик Лео Эсаки изобрел диод (так называемый туннельный диод, или диод Эсаки), в котором электрические переходы настолько тонки (толщина перехода составляет около одной миллиардной доли метра), что электроны могут туннелировать сквозь них, порождая необычные и полезные электрические свойства такого диода.

Не прекращая своих исследований, Д. в рамках аспирантской программы познакомился с теорией сверхпроводимости БКШ, названной так в честь Джона Бардина, Леона Н. Купера и Дж. Роберта Шриффера. В состоянии сверхпроводимости, наблюдаемом в некоторых металлах и металлических соединениях, материалы, если их охладить ниже критических температур, близких к нулю, полностью теряют сопротивление, и электрический ток может течь по ним без потерь. Критическая температура материала зависит от его химического состава и структуры. Бардин, Купер и Шриффер обнаружили в 1957 г., что сверхпроводимость в материале определяется взаимодействием пар электронов, осуществляемым с помощью обмена атомными колебаниями (фононами). Эта гипотеза привела к созданию теории БКШ – основной теории сверхпроводимости. Согласно ей, взаимодействие электронов с атомными колебаниями в материале порождает так называемые запрещенные энергии электронов в сверхпроводнике, т.е. электронам в сверхпроводниках не разрешается иметь эти энергии.

Д. решил экспериментально определить влияет ли наличие запрещенных энергии в сверхпроводниках на электрические свойства перехода из изолятора между нормальным металлом и сверхпроводником? Он обнаружил, что запрещенные энергии легко наблюдаемы и могут быть измерены с помощью разработанной им методики. Это послужило убедительным подтверждением теории БКШ. Дальнейшие исследования напыленных пленок алюминия, разделенных только слоем оксида алюминия, показали, что электрические свойства таких переходов позволяют получить огромное количество информации о характеристиках атомных колебаний и поведении сверхпроводников. Тем самым они дают информацию, которую вряд ли можно было бы получить каким-то другим способом. Метод

туннелирования Д. быстро стал одним из самых основных способов наблюдения и определения свойств сверхпроводников.

В 1962 г. Брайан Д. Джозефсон обобщил идеи Д. относительно случая перехода из изолятора между двумя сверхпроводниками. Джозефсон предположил, что между двумя сверхпроводниками токи могут течь даже в отсутствие напряжения между ними, а напряжение, приложенное к переходу, вызовет высокочастотный переменный ток (эффекты Джозефсона). Теория Джозефсона способствовала созданию необычайно чувствительных детекторов изменения магнитного поля и электрического напряжения. Устройства, основанные на использовании эффектов Джозефсона, находят применение при создании быстродействующих логических цепей с низким расходом энергии в компьютерах. В 1964 г. Д. получил докторскую степень и гражданство Соединенных Штатов.

В 1973 г. Д. и Лео Эсаки была присуждена половина Нобелевской премии по физике «за экспериментальные открытия явлений туннелирования в полупроводниках и сверхпроводниках». Другая половина была отдана Джозефсону. В речи на церемонии вручения Нобелевской премии Стиг Лундквист из Шведской королевской академии наук заявил, что три новых лауреата «открыли в физике новые области исследования. Эти области тесно взаимосвязаны, поскольку пионерские работы Эсаки заложили основу и послужили непосредственным стимулом для открытия Д., а работы Д. в свою очередь стали стимулом, который привел к теоретическим предсказаниям Джозефсона... Открытия лауреатов были быстро восприняты в электронике, нашли применение при детектировании гравитационных волн, геологической разведке рудных месторождений, передаче сообщений сквозь толщу воды и горные массивы, изучении электромагнитного поля вокруг сердца и головного мозга».

В ответной речи Д. сказал, что «дорога к научному открытию редко бывает прямой и не обязательно требует глубоких познаний и навыков. Я убежден, что неофит часто имеет преимущество перед знатоком именно в силу своего невежества, так как в силу своего невежества даже не представляет всех сложных причин, по которым бессмысленно даже пытаться поставить данный эксперимент». Однако, добавил Д., «очень важно иметь возможность вовремя получить совет и помощь от специалистов различных областей знания. Я оказался в нужном месте, в нужный момент времени и... обрел так много друзей, самоотверженно помогавших мне».

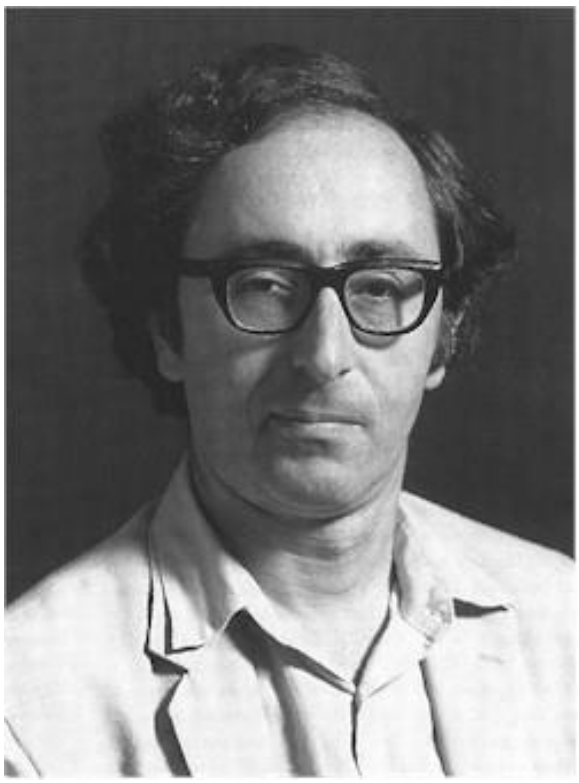
Получив стипендию Гуггенхейма, Д. провел 1970 г. в Кембриджском университете, где изучал биофизику, а затем вернулся в компанию «Дженерал электрик». Темой его последующих исследований были свойства клеточных мембран и поведение белковых молекул на твердых поверхностях. Последняя работа Д. по иммунологии была выполнена в компании «Дженерал электрик» и в Медицинском центре Олбани.

В 1952 г. Д. вступил в брак с Ингер Скрамстад, у них четверо детей. Большой любитель игр и спортивных развлечений на открытом воздухе, Д.

охотно играет в теннис, любит прогулки, путешествия, катание на лыжах, парусный спорт и виндсерфинг.

В 1965 г. Д. был награжден премией Американского физического общества по физике твердого тела Оливера Э. Бакли. Он состоит членом Национальной академии наук США, Института инженеров электротехники и электроники. Норвежской академии наук и Биофизического общества, а также Американского физического общества.

ДЖОЗЕФСОН (Josephson), Брайан Д.



род. 4 января 1940 г.
Нобелевская премия по физике, 1973 г.
совместно с Лео Эсаки и Айваром Джайевером

Уэльский физик Брайан Дэвид Джозефсон родился в Кардиффе в семье Абрахама и Мими Джозефсон. По окончании местной средней школы он поступил в Тринити-колледж Кембриджского университета, который окончил в 1960 г. со степенью бакалавра. В том же колледже Д. получил ученые степени магистра и доктора наук (1964). С 1962 по 1969 г. он младший научный сотрудник Тринити-колледжа.

Впервые известность пришла к Д., когда он, еще в студенческие годы (I960), обратил внимание на то, что все исследователи, применявшие эффект Мессбауэра (названный по имени Рудольфа Л. Мессбауэра) для измерения гравитационного красного смещения гамма-излучения (которое можно рассматривать как свет, обладающий высокой энергией), упустили из виду основной источник ошибок в своих экспериментах. Общая теория

относительности Альберта Эйнштейна указывает на то, что движение фотонов (в частности, фотонов гамма-излучения) в гравитационных полях сопровождается изменением их энергии. Экспериментаторы пытались измерить изменение длины волны гамма-излучения, распространяющегося снизу вверх и сверху вниз какой-либо башни. Д. заметил, что различие между температурой источника и детектора гамма-излучения всего лишь на 1°C приводит к сдвигу длин волн на величину, примерно равную той, которую экспериментаторы пытались измерить. Открытие Д. заставило ученых повторить свои исследования при строгом контроле температуры наиболее ответственных частей измерительных приборов.

Около 1962 г. Д. приступил к изучению сверхпроводимости – явления, состоящего в том, что при охлаждении веществ до температуры ниже определенной критической их электрическое сопротивление падает до нуля. Сверхпроводимость возникает вследствие способности спаренных электронов в проводнике взаимодействовать через атомные колебания (фононы), возбуждаемые в веществе. Незадолго до этого Айвар Джайевер, работавший в компании «Дженерал электрик», обнаружил, что если электрический контакт состоит из сверхпроводящего материала и нормального металла с очень тонкой прослойкой изолятора, разделяющей два проводника, то его электрические свойства позволяют получить множество информации о свойствах сверхпроводника. В 1962 г. Д. теоретически рассчитал, как будет вести себя аналогичный контакт между двумя сверхпроводниками. Он обнаружил, что ток может течь через изолятор и при отсутствии разности потенциалов между двумя проводниками (стационарный эффект Джозефсона). Это был совершенно неожиданный, не согласующийся с классическими физическими моделями результат. Д. также предположил, что если к контакту приложить разность потенциалов, то через него пойдет осциллирующий ток с частотой, зависящей только от величины приложенного напряжения (нестационарный эффект Джозефсона). Оба эффекта очень чувствительны к магнитному полю в области контакта. Эти явления были вскоре подтверждены экспериментально, и их свойства оказались в полном согласии с теорией. Д. Более того, многие экспериментаторы, используя методику Джайевера, и ранее наблюдали эффекты Джозефсона, но отбрасывали их как «шумы»

Открытие эффектов Джозефсона оказало существенное влияние на современную физику Частота переменного тока зависит от приложенного к контакту напряжения и отношения заряда электрона к постоянной Макса Планка (основной физической константы, определяющей поведение систем, масштабы которых порядка атомных и меньше). Эффекты Джозефсона позволили резко увеличить точность, с которой известна величина отношения (e/h). Они способствовали созданию принципиально нового квантового стандарта напряжения, используемого ныне во многих национальных бюро стандартов. Соединяя в замкнутую цепь два джозефсоновских контакта, экспериментаторы сконструировали необычайно чувствительные датчики магнитного поля. Такие устройства, называемые

сквидами (от англ. SQUID сверхпроводящее квантовое интерференционное устройство), самые чувствительные из известных ныне детекторов магнитного поля. Они применяются для измерения магнитных полей живых организмов, составления магнитных карт и детектирования объектов, скрытых под поверхностью. На основе эффектов Джозефсона были изготовлены и чувствительные детекторы очень слабых изменений напряжения Многообещающие перспективы сулит также использование узлов, в основу которых положены эффекты Джозефсона, в качестве элементов быстродействующих компьютерных цепей с очень низким потреблением энергии.

В 1969 г. Д. стал старшим научным сотрудником Кембриджского университета. В 1966 1967 гг. он побывал в качестве приглашенного профессора в университете штата Иллинойс. С 1967 по 1972 г. Д. был заместителем директора по научным исследованиям в Кембридже. С 1972 по 1974 г. преподавателем, а с 1974 г. – профессором физики Кембриджского университета.

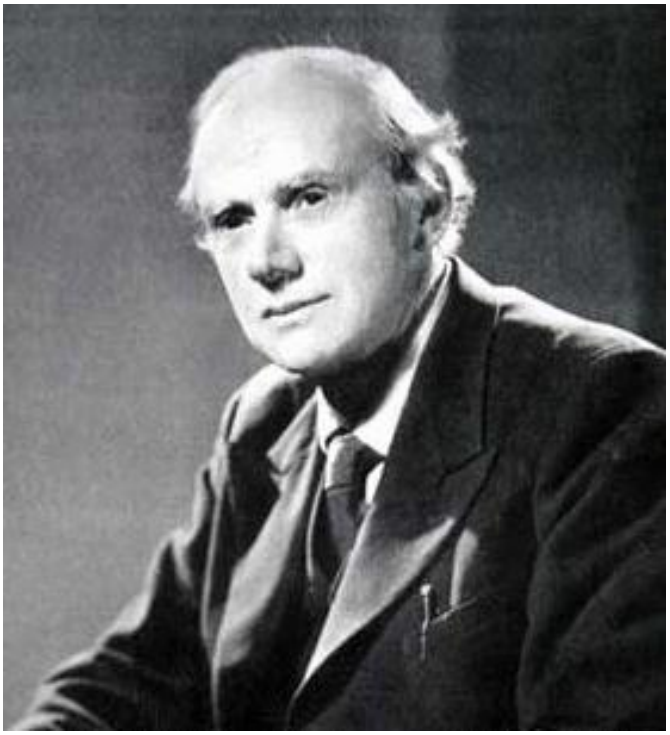
Д. был удостоен половины Нобелевской премии по физике 1973 г. «за теоретические предсказания свойств тока, проходящего через туннельный барьер, в частности явлений, общеизвестных ныне под названием эффектов Джозефсона». Другую половину премии разделили Лео Эсаки и Айвар Джайевер. Представляя лауреатов, Стиг Лундквист из Шведской королевской академии наук заметил, что пионерские работы Эсаки заложили основу для открытия Джайевера, которое в свою очередь послужило импульсом для теоретических работ Д.

В последующие годы Д. продолжал заниматься исследованием сверхпроводимости и критических явлений, возникающих в системах вблизи точек перехода, например критической точки воды (в которой исчезает различие между жидкой и газовой фазами), и аналогичных переходов между сверхпроводящим и нормальным состояниями в тех системах, в которых такие переходы возможны. В конце 60-х гг. Д. проявил интерес к проблемам разума и интеллекта. В начале 70-х гг. он занимался трансцендентальной медитацией. Д. надеялся, что ему удастся достичь синтеза современной физики и математики, с одной стороны, и теории интеллекта, развиваемой духовным лидером Махариши Махешем Йоги, – с другой. Д. оставил свои исследования в русле основного потока физики, чтобы целиком посвятить себя трансцендентальной медитации и ментальной теории. Комментируя свое решение, он заявил: «Я избираю весьма нетрадиционный теоретический подход к явлениям интеллекта, поскольку убежден, что наиболее фундаментальные понятия, относящиеся к нему, были открыты еще в древности... В частности, в своих исследованиях я в значительной степени исхожу из формулировок, почерпнутых мной в многочисленных лекциях Махариши Махеша Йоги. Я надеюсь, что полезность и правильность развиваемых им представлений будут подтверждены с помощью компьютерного моделирования».

В 1976 г. Д. вступил в брак с Кэрол Энн Оливер. У них есть дочь. Свой досуг Д. проводит, занимаясь горным туризмом, астрономией, конькобежным спортом и фотографией.

В числе прочих наград Д. удостоен премии «За успехи в науке» Американской исследовательской корпорации (1969) и медали Хьюза Лондонского королевского общества (1972). Он член Лондонского королевского общества и иностранный член американского Института инженеров по электротехнике и электронике. Американской академии наук и искусств.

ДИРАК (Dirac), Поль А. Морис



8 августа 1902 г. – 20 октября 1984 г.
Нобелевская премия по физике, 1933 г.
совместно с Эрвином Шредингером

Английский физик Поль Адриен Морис Дирак родился в Бристоле, в семье уроженца Швеции Чарлза Адриена Ладислава Дирака, учителя французского языка в частной школе, и англичанки Флоренс Ханны (Холтен) Дирак. Сначала Д. учился в коммерческом училище в Бристоле, а потом изучал электротехнику в Бристольском университете, который окончил в 1921 г. со степенью бакалавра наук. Еще в университете он заинтересовался теорией относительности Альберта Эйнштейна и в течение двух лет сверх обычного курса изучал математику. Затем он поступил в аспирантуру по математике колледжа св. Иоанна в Кембридже и в 1926 г. защитил докторскую диссертацию. В следующем году Д. стал членом научного совета того же колледжа.

В годы, когда Д. проходил аспирантуру в Кембридже, Вернер Гейзенберг и Эрвин Шредингер разработали свои формулировки квантовой механики, применив квантовую теорию к описанию поведения атомных и субатомных систем и движения таких частиц, как электрон. Д. начал изучать уравнения Гейзенберга и Шредингера, как только те были опубликованы в 1925 г., высказав при этом несколько полезных замечаний. Одним из недостатков квантовой механики было то, что она была разработана лишь применительно к частицам, обладающим малой скоростью (по сравнению со скоростью света), а это позволяло пренебречь эффектами, рассматриваемыми теорией относительности Эйнштейна. Эффекты теории относительности, такие, как увеличение массы частицы с возрастанием скорости, становятся существенными, только когда скорости начинают приближаться к скорости света. Шредингер первым попытался снять ограничение на скорость в квантовой механике, но не преуспел в этом.

Одна из причин постигшей его неудачи состояла в том, что он не учел такое свойство электрона, как спин (вращение вокруг собственной оси наподобие волчка), которое в то время было лишь гипотезой при объяснении некоторых, не укладывающихся в рамки традиционного описания деталей линейчатых спектров. Д. поставил перед собой задачу ввести относительность в волновое уравнение, записав его в релятивистской форме. Выведенное им и опубликованное в 1928 г. уравнение называется теперь уравнением Дирака. Оно позволило достичь согласия с экспериментальными данными. В частности, спин, бывший ранее гипотезой, подтверждался уравнением Дирака. Это было триумфом его теории. Кроме того, уравнение Дирака позволило предсказать магнитные свойства электрона (магнитный момент).

Но этим сюрпризы, которые таила в себе теория Д., не исчерпывались. Теория указывала на возможность существования отрицательных энергий, не поддающихся интерпретации с точки зрения науки того времени. Преодолев искушение отбросить отрицательные энергии как «математическую аберрацию», лишенную физического смысла, Д. пришел к заключению, что состояния с отрицательной энергией реально существуют. Рассматривая действие электромагнитного поля на электрон в состоянии с отрицательной энергией, он обнаружил, что движение электрона в этом случае эквивалентно движению электрона с противоположным, т.е. положительным, электрическим зарядом. Д. предположил, что положительно заряженной частицей может быть протон.

Применяя принцип запрета Вольфганга Паули, согласно которому в каждом динамическом состоянии может находиться только один электрон, Д. высказал предположение о том, что почти все состояния с отрицательной энергией уже заняты, поэтому однородный фон ненаблюдаем. Но вакантное (незанятое) энергетическое состояние, подобно дырке в однородной «безликой» среде, может наблюдаться. Дырка ведет себя как положительно заряженный электрон. Кроме того, поскольку она соответствует недостатку отрицательной энергии, ее энергия положительна, как и энергия всех

известных частиц. Таким образом, Д. предсказал существование античастицы, близнеца электрона.

Он показал также, что электрон может занять вакантную дырку, а это эквивалентно столкновению электрона с антиэлектроном, в результате чего обе частицы аннигилируют с высвобождением энергии в виде фотона излучения. Д. же принадлежит теоретическое предсказание возможности рождения электрон-антиэлектронной пары из фотона достаточно большой энергии. Предсказанный Д. антиэлектрон был открыт в 1932 г. Карлом Д. Андерсеном и был назван позитроном. Позднее подтвердилось и предположение Д. о возможности рождения пары. Впоследствии Д. выдвинул гипотезу о том, что и другие частицы, такие, как протон, также должны иметь свои аналоги из антиматерии, но для описания таких пар частиц и античастиц потребовалась бы более сложная теория. Существование антипротона было подтверждено экспериментально в 1955 г. Оуэном Чемберленом. В настоящее время известны и многие другие античастицы.

Уравнение Дирака позволило внести ясность в проблему рассеяния рентгеновского излучения веществом. Было доказано, что рентгеновское излучение после рассеяния имеет более короткие длины волн (обладает меньшей проникающей способностью), чем первоначальное. Это противоречило старой теории, которая утверждала неизменность длины волны при рассеянии. В 1923 г. Артур Комптон открыл так называемый эффект Комптона, который количественно показал, что фотон рентгеновского излучения взаимодействует с отдельным электроном. Электрон приходит в движение, и приобретенная им кинетическая энергия вычитается из энергии рентгеновского фотона. Рассеянный фотон обладает меньшей энергией, чем до рассеяния, и, следовательно, соответствует рентгеновскому излучению с меньшей частотой и большей длиной волны. Взаимодействие фотона с электроном математически имеет много общего со столкновением бильярдных шаров. Открытие эффекта Комптона еще раз подтвердило двойственную природу излучения – дуализм волна-частица. Рентгеновское излучение сначала ведет себя как волна, затем взаимодействует с электроном как частица (фотон) и после столкновения вновь подобна волне. Теория Д. дает подробное количественное описание такого взаимодействия.

Позднее Д. (и независимо от него Энрико Ферми) открыл статистическое распределение энергии в системе электронов, известное теперь под названием статистики Ферми – Дирака. Эта работа имела большое значение для теоретического осмысления электрических свойств металлов и полупроводников.

Д. предсказал также существование магнитных монополей – изолированных положительных или отрицательных магнитных частиц, подобных положительно или отрицательно заряженным электрическим частицам. Попытки экспериментально обнаружить магнитные монополя до сих пор не увенчались успехом. Все известные магниты имеют два полюса – северный и южный, которые неотделимы друг от друга. Д. высказал

предположение и о том, что природные физические константы, например гравитационная постоянная, могут оказаться не постоянными в точном смысле слова, а медленно изменяться со временем. Ослабление гравитации, если оно вообще существует, происходит настолько медленно, что обнаружить его чрезвычайно трудно, и поэтому оно остается гипотетическим.

Д. и Шредингер получили Нобелевскую премию по физике 1933 г. «за открытие новых продуктивных форм атомной теории». «С общефилософской точки зрения, – сказал Д. в своей краткой Нобелевской лекции, – число различных типов элементарных частиц (по крайней мере, так кажется на первый взгляд) должно быть минимально, например один или самое большее два... Но из экспериментальных данных известно, что число различных типов гораздо больше. Более того, число типов элементарных частиц обнаруживает в последние годы весьма тревожную тенденцию к увеличению». В заключение лекции Д. указал на вытекающую из симметрии между положительными и отрицательными электрическими зарядами возможность существования «звезд... состоящих главным образом из позитронов и антипротонов. Возможно, одна половина звезд принадлежит к одному типу, а другая – к другому. Эти два типа звезд должны были бы обладать одинаковыми спектрами, и различить их методами современной астрономии было бы невозможно».

После завершения работ по релятивистской квантовой механике Д. много путешествовал, побывал в университетах Японии, Советского Союза и Соединенных Штатов. С 1932 г. и до ухода в отставку в 1968 г. он был профессором физики в Кембридже (ту же кафедру некогда занимал Исаак Ньютон). После того как Д. оставил Кембридж, он был приглашен во Флоридский университет, профессором которого оставался до конца жизни. Д. скончался в Таллахасси в 1984 г.

В 1937 г. Д. женился на Маргит Вигнер, сестре физика Эугена П. Вигнера. У них было две дочери. Д. был тихим, замкнутым и немногословным человеком. Он предпочитал работать в одиночку, и непосредственных учеников у него было мало. Д. любил дальние пешеходные прогулки.

Помимо Нобелевской премии, Д. был награжден Королевской медалью (1939) и медалью Копли (1952) Лондонского королевского общества (членом которого он стал в 1930 г.). Он был избран иностранным членом американской Национальной академии наук (1949) и членом Папской академии наук (1961). В 1973 г. Д. был награжден орденом «За заслуги» Великобритании.

ДЭВИССОН (Davisson), Клинтон Дж.

22 октября 1881 г. – 1 февраля 1958 г.
Нобелевская премия по физике, 1937 г.
совместно с Дж.П. Томсоном

Американский физик Клинтон Джозеф Дэвиссон родился в Блумингтоне (штат Иллинойс). Он был одним из двух детей и единственным сыном подрядчика малярных работ Джозефа Дэвиссона и школьной учительницы Мэри (Калверт) Дэвиссон. Д. окончил блумингтонскую среднюю школу в 1902 г. Во время обучения в Чикагском университете он проявил столь выдающиеся способности к физике, что в середине 1903/04 учебного года один из его профессоров, Роберт А. Милликен, рекомендовал Д. на место умершего преподавателя физики в Университете Пердью. В 1904 г. Д. возвратился в Чикаго и в следующем году стал преподавателем физики Принстонского университета. За четыре летние сессии в Чикагском университете Д. к 1908 г. завершил диссертацию и получил степень бакалавра наук.

В Принстоне Д. работал ассистентом английского физика Оуэна У. Ричардсона, который стал руководителем его докторской диссертации. В 1911 г. Д. завершил докторскую диссертацию по физике и магистерскую по математике. Диссертация называлась «О тепловом испускании положительных ионов горячими телами» («On the Thermal Emission of Positive IonsFrom Hot Bodies») и относилась к области термоионной эмиссии. Ричардсон придумал этот термин для

обозначения всего круга явлений, связанных с испусканием электрически заряженных частиц горячими телами.

В годы обучения и в колледже, и в университете Д. практически не пользовался чьей-либо материальной поддержкой. В августе 1911 г. он женился на сестре Ричардсона Шарлотте Саре. У Дэвиссонов родилось четверо детей. Когда Д. стал ассистент-профессором в Технологическом институте Карнеги, чета Дэвиссонов переехала в Питсбург. Преподавательская нагрузка Д. была столь велика, что за шесть лет ему удалось реализовать лишь один свой замысел и опубликовать полученные результаты.

Когда Соединенные Штаты вступили в первую мировую войну (1917), Д. попытался записаться добровольцем в армию, но был отвергнут медицинской комиссией. Он был необычайно хрупкого сложения, и, хотя на здоровье обычно не жаловался, ему приходилось экономить силы, запас которых был явно ограничен.

Взяв на время войны отпуск без сохранения содержания в Технологическом институте Карнеги, Д. перешел на работу в инженерный департамент фирмы «Вестерн электрик», где занялся разработкой электронных ламп для нужд армейских средств связи. Такие лампы работают как своего рода электронные клапаны, позволяя регулировать поток электронов от раскаленной нити к положительно заряженной металлической пластине. Напряжение, подаваемое на металлическую сетку, расположенную между нитью и пластиной, позволяет модулировать поток электронов. Несмотря на то что исследования, проводимые в военных целях, отнимали немало сил и времени, Д. умудрялся работать и над проблемами фундаментальной физики. Вскоре он снискал репутацию изобретательного и тонкого экспериментатора, умеющего преодолевать любые трудности. По окончании войны Д. продолжал работать в инженерном департаменте «Вестерн электрик», ставшем впоследствии фирмой «Белл телефон лабораториз».

В «Вестерн электрик» Д. занимался исследованием термоионной эмиссии и эмиссии электронов из металлов при бомбардировке поверхности электронами. Он пытался выяснить механизмы эмиссии электронов из раскаленных нитей в электронных лампах. Если нить или ее покрытие оксидами металлов, которое увеличивает эмитирующую способность, перестают функционировать, то электронная лампа как прибор становится бесполезной. Исследования Д. помогли увеличить срок службы электронных ламп.

В новых, более сложных электронных лампах с промежуточными металлическими сетками первичные электроны, летящие от нити к приемной пластине, имели слишком большую энергию и, бомбардируя сетки, индуцировали эмиссию вторичных электронов, что ухудшало работу электронных устройств. В 1919 г. Д. приступил к исследованию взаимодействия электронов с поверхностью металлов. Он направлял на поверхность электронный пучок и измерял скорость, энергию и углы вылета

испущенных поверхностью вторичных электронов. Вместе со своим сотрудником Ч.Г. Кунсманом Д. провел измерения рассеяния электронов поликристаллическими металлами (обычный, коммерчески доступный металл состоит из множества очень мелких кристаллов), но он не сумел объяснить полученных результатов.

В 1925 г. немецкий физик Вальтер Эльзассер высказал предположение о том, что картина рассеяния может быть объяснена волновой природой электрона. Незадолго до того французский физик Луи де Бройль высказал гипотезу о волновой природе электронов. Длина волны электрона, согласно де Бройлю, обратно пропорциональна его скорости. По мнению Эльзассера, при напряжениях, с которыми работал Д., длина волны электронов становилась сравнимой с длиной волны рентгеновского излучения, которое эффективно взаимодействует с атомной решеткой металлического кристалла. Но поскольку Эльзассеру не удалось подтвердить свою гипотезу экспериментально, Д. не принял ее.

В 1925 г. во время эксперимента по рассеянию электронов никелевая мишень, которую использовали Д. и Лестер Х. Джермер, в результате нарушения вакуума подверглась сильному окислению. Чтобы удалить оксид никеля, экспериментаторы отожгли мишень сначала в водороде, а затем в вакууме. Фокусируя пучок высокоскоростных электронов на различных гранях кристаллической никелевой мишени, они измеряли число электронов, отраженных под различными углами. Первоначально электроны отражались упруго, как резиновые мячи отскакивают от твердой стенки. Но после изменений в структуре кристаллической мишени, вызванных температурной обработкой, в распределении рассеянных электронов обнаружилась сильная зависимость от ориентации кристалла. Д. и Джермер, приписав изменившееся угловое распределение рассеянных электронов дифракции электронов на мишени, которая на этот раз состояла не из множества мелких, а из нескольких крупных кристаллов никеля, исследовали рассеяние электронов на монокристаллических мишенях.

На состоявшемся в 1926 г. собрании Британской ассоциации поощрения наук Д. обсудил результаты своих экспериментов с Максом Борном, Джеймсом Франком и П.М.С. Блэкеттом. Те убедили его в правильности объяснения, предложенного Эльзассером, и в том, что наблюдаемые им картины рассеяния электронов обусловлены взаимодействием волн де Бройля. По возвращении в свою лабораторию Д. начал систематический поиск явлений, связанных с интерференцией волн де Бройля. В январе 1927 г. он наблюдал пучки электронов, возникающих при дифракции на монокристалле никеля. Экспериментальные результаты дали превосходное подтверждение предсказаний волновой теории вещества (в данном случае электронов) де Бройля.

Д. и Дж.П. Томсону была присуждена Нобелевская премия по физике 1937 г. «за экспериментальное открытие дифракции электронов на кристаллах». Оба лауреата доказали существование одного и того же явления, хотя Томсон работал независимо и использовал другие методы. При

вручении премии Ханс Плейель из Шведской королевской академии наук отметил, что достижения Д. и Томсона не только «расширили... наше знание природы электронов», но и «привели к... первому положительному, экспериментальному доказательству волновой природы материи».

В последующие годы Д. обратился к исследованиям в области электронной оптики, особенно его интересовали ее технические проблемы. Проведенные им исследования взаимодействия электронных пучков с электрическими и магнитными полями в пространстве способствовали изобретению Эрнстом Руской в 1939 г. электронного микроскопа.

Более поздние работы Д. по применению электронных пучков в физике кристаллов привели к созданию средств исследования структуры поверхности и ряда химических приборов. Полученные Д. результаты нашли применение при создании микроволновых источников, используемых в радарах, кварцевых генераторах и различных областях физики.

Вместе с четырьмя своими детьми супруги Дэвиссоны любили проводить лето в своем доме в Бруклине (штат Мэн), который Дэви, как называли Д. друзья, построил своими руками. Там он совершал дальние прогулки, читал, играл в теннис, ходил в театр и размышлял над проблемами теоретической физики. Д. принадлежал к числу тех немногих физиков, имеющих опыт работы в промышленности, которые не проявляли ни малейшей склонности к административной работе или лидерству. Его внутренним стимулом было стремление к полному и точному познанию исследуемого явления. На протяжении всех лет его работы в промышленности коллеги не раз приходили к Д., чтобы обсудить проблемы, срочно требовавшие решения, и почти никогда не уходили без идей, которые существенно продвигали их на пути к достижению цели.

После ухода в отставку из «Белл лабораториз» в 1946 г. Д. стал приглашенным профессором в Университете штата Виргиния и оставался на этом посту до 1954 г. Он скончался во сне 1 февраля 1958 г. в Шарлоттесвилле (штат Виргиния).

Д. состоял членом многих научных обществ, в том числе Национальной академии наук и Национального совета по научным исследованиям США. Был удостоен премии Комстока американской Национальной академии наук (1928), медали Эллиота Крессона Франклиновского института (1931), медали Хьюза Лондонского королевского общества (1935), медали для выпускников Чикагского университета (1941). Он состоял почетным доктором наук Университета Пердью, Принстонского университета, Университета Лайонз и колледжа Колби.

ЖЕН (Gennes), Пьер Жиль де

род. 1932 г.
Нобелевская премия по физике, 1991 г.

По решению Королевской Академии Наук Швеции французский физик-теоретик Пьер Жиль де Жен удостоен премии за обнаружение того, что «методы, развитые для изучения явлений упорядоченности в простых системах, могут быть обобщены на более сложные формы материи, в частности на жидкие кристаллы и полимеры».

Де Жен, физик, представляющий знаменитый парижский Колледж де Франс, хорошо известен своими работами во многих актуальных областях современной физики – от сверхпроводников и сверхтекучего гелия-3 до физики жидких кристаллов и полимеров, причем во всех этих направлениях им получены существенные и оригинальные результаты. И хотя Нобелевская премия присуждена де Жену по совокупности работ, наиболее значительные и известные его труды относятся к физике жидких кристаллов. За универсализм и фундаментальность исследований многие считают де Жена «Ньютоном нашего времени», физиком-энциклопедистом.

Всемирная известность к де Жену пришла, когда он с 1961 по 1971 годы возглавлял группу по изучению жидких кристаллов в Институте физики твердого тела Университета Пари-Зюд в Орсэ, пригороде Парижа. Многие его работы публиковались без перечисления фамилий авторов, а просто указывалось – «Жидкокристаллическая группа Орсэ». Основываясь на работах Л. Ландау, де Жен тогда развил теорию фазовых переходов в различных типах жидких кристаллов. Сегодня эти вещества находят массовое применение в системах отображения информации – в часах, микрокалькуляторах, плоских телевизионных экранах. Поэтому

исследования де Жена и его группы, помимо чисто научного, имели важное прикладное значение.

Большое внимание де Жен уделял и другой разновидности веществ этого класса, обнаруженных в живых организмах и важных с точки зрения биологии. Он выявил прямую аналогию между изменением вида жидких кристаллов и фазовым переходом металла в сверхпроводящее состояние. Характерная черта подхода де Жена к научным проблемам – четкая постановка физической задачи и изящное использование математического аппарата для ее решения. Это качество в сочетании с потребностью обобщить результаты исследований позволили ему опубликовать три блестящие монографии. Из них наиболее известна «Физика жидких кристаллов», опубликованная в 1974 году и три года спустя переведенная на русский язык. Она до сих пор остается непревзойденным введением в физику жидких кристаллов и настольной книгой для специалистов в этой области. Из двух его других монографий одна относится к сверхпроводникам, другая – к физике полимеров.

Именно в работе по сверхпроводникам де Жен впервые заявил о себе как многообещающий физик-теоретик, предсказав, в частности, так называемый «эффект близости», когда происходит перестройка электронной структуры проводника под влиянием сверхпроводника вблизи их контакта.

Исследовал де Жен фазовые переходы и в сверхтекучем гелии-3 – квантовой жидкости, образованной изотопом с атомной массой 3. Она существует при температуре на несколько тысячных градуса выше абсолютного нуля под давлением 34 атмосферы, не проявляет вязкости, а по своей структуре и поведению подобна жидким кристаллам. Его работы помогли объяснить также сложное явление образования крупных молекулярных объединений (кластеров) и внутреннее движение длинных цепных молекул в расплавах полимеров.

Обнаруженная аналогия совсем недавно позволила предсказать еще одну особенность состояния жидкого кристалла. Если в сверхпроводнике имеется упорядоченная структура магнитных вихрей, описанная советским физиком А. Абрикосовым, то в жидком кристалле есть аналогичная решетка, построенная линейными дефектами, так называемыми дисклинациями, и так же пронизывающая его объем.

Физики разных стран одобрили решение Королевской Академии Наук, справедливо считая его признанием не только личных заслуг лауреата, но и значимости исследования жидких кристаллов в целом.

Сам де Жен считает, что своему успеху он в большой мере обязан коллегам по «Жидкокристаллической группе Орсэ».

«Это была прекрасная группа, работавшая на стыке различных дисциплин, – говорит он, – За два или три года она сделалась признанным лидером в области исследований жидких кристаллов».

Лауреат помимо золотой медали получил миллион долларов.

ЗЕЕМАН (Zeeman), Питер

25 мая 1865 г. – 9 октября 1943 г.
Нобелевская премия по физике, 1902 г.
совместно с Хендриком Лоренцем

Нидерландский физик Питер Зееман родился в деревушке Зоннемайре, в семье лютеранского священника Катаринуса Форандинуса Зеемана и его супруги Вильгельмины (в девичестве Ворст) Зееман. Получив начальное образование в Зоннемайре, он посещал среднюю школу в Зирикзее – городке, расположенном в пяти милях, а затем в течение двух лет изучал латынь и греческий в г. Делфте, чтобы соответствовать требованиям, необходимым для поступления в университет. Он с молодых лет проявлял способности к наукам: опубликовал отчет о северных сияниях, которые были обычным явлением в Зоннемайре, а также произвел впечатление на нидерландского физика Хейке Камерлинг-Оннеса, с которым встретился в Делфте, своим пониманием трактата по теории тепла, написанного шотландским физиком Джеймсом Клерком Максвеллом.

В 1885 г. З. поступил в Лейденский университет, где учился под руководством Камерлинг-Оннеса и физика-теоретика Хендрика Лоренца. Пять лет спустя он стал ассистентом Лоренца. Его экспериментальное мастерство, проявленное при исследовании эффекта Керра во время работы над докторской диссертацией, принесло ему золотую медаль Нидерландского гаарлемского научного общества в 1892 г. и докторскую степень в следующем году.

Эффект, открытый шотландским физиком Джоном Керром в 1875 г., был связан с влиянием магнетизма на поляризованный свет. Обычный свет состоит из электрического и магнитного полей, осциллирующих в

направлениях, перпендикулярных линии распространения (оба поля взаимозависимы и перпендикулярны друг другу). Частота колебаний соответствует воспринимаемому глазом цвету. Если одно из полей осциллирует преимущественно в одном из многих возможных направлений, то говорят, что свет поляризован в плоскости, определяемой этим предпочтительным направлением и направлением луча света. Керр обнаружил, что отражение плоско поляризованного света от полированного полюса магнита поворачивает плоскость поляризации. (Еще один эффект Керра, также открытый в 1875 г., состоял в двойном лучепреломлении, возникающем в прозрачной среде под воздействием электрического поля. При двойном лучепреломлении скорость света различна по различным направлениям в веществе, так что падающий луч расщепляется на два различных расходящихся луча.)

Проведя семестр в Институте Кольрауша в Страсбурге (Франция), З. вернулся в Лейденский университет в 1894 г. приват-доцентом (внештатным лектором). Он вновь занялся исследованием взаимодействия между магнетизмом и светом. До сего времени были известны только два магнитооптических явления: одно, обнаруженное Керром, и второе, которое было открыто английским физиком и химиком Майклом Фарадеем, установившим в 1845 г., что плоскость поляризации поворачивается, когда свет проходит через некоторые тела, помещенные в сильное магнитное поле. Теперь З. сосредоточился не на самом свете, а на его источнике, начав с пламени натрия, помещенного между полюсными наконечниками сильного электромагнита. Свет от такого источника не состоял из всех цветов радуги (частот), подобно свету Солнца, но был составлен из дискретных частот, характерных для материала, из которого изготовлен источник. Если свет пропустить сквозь узкую щель и наблюдать его (или сфотографировать) с помощью оптического спектроскопа, то частоты разделятся, что проявится в серии цветных линий, называемых спектром. Положение спектральных линий указывает на их частоты. Спектр натрия содержит две яркие желто-оранжевые линии, на которых и сосредоточил свое внимание З.

Цель, к которой стремился З., была связана с электромагнитной теорией, созданной Максвеллом в 1860-х гг. и развитой дальше Лоренцем. Максвелл первым теоретически показал, что свет составлен из электромагнитных полей. Более того, он показал, что его теория предсказывает скорость света, уже известную из многочисленных лабораторных измерений, и установил, что осциллирующие электрические токи должны испускать электромагнитное излучение. Его теория была подтверждена немецким физиком Генрихом Герцем, который получил электромагнитные волны с помощью электрического контура и показал, что они обладают предсказанными характеристиками, например скоростью, совпадающей со скоростью света.

Лоренц обосновывал теорию, облекая ее в конкретные образы электрически заряженных частиц (позже известных как электроны) в атомах или молекулах, вибрирующих с частотой, которая соответствует цветам

излучаемого света. Поскольку движущиеся заряженные частицы образуют электрический ток, на их движение должно оказывать влияние магнитное поле, подобно тому как в электромоторе ток, взаимодействуя с полюсами магнита, заставляет поворачиваться ротор. З. надеялся, что его магнит изменит вибрации гипотетических частиц в пламени натрия и что изменившаяся частота проявится зрительно в расширении спектральных линий. Хотя убедительная теория Максвелла побуждала и других физиков действовать в близких направлениях, никто не добился успеха. Первые попытки З. были также разочаровывающими.

Позже З. узнал, что Фарадей ставил аналогичный эксперимент в 1862 г. и потерпел неудачу. Испытывая огромное уважение к Фарадею, З. решил, что эксперимент стоит дальнейших усилий. Он вернулся к нему, используя оборудование, обладавшее большей разрешающей способностью, и в августе 1896 г. наблюдал ожидаемое расширение в спектральных линиях натрия. Поскольку эффект был незначителен, З. задавался вопросом: действительно ли «мы преуспели в изменении периода вибрации, т.е. в том, что Максвелл считал невозможным»? Даже Дж.У. Стретт (лорд Рэлей) не сумел это обнаружить, хотя он не подвергал сомнению достижение З. Чтобы устранить всякие сомнения, З. повторял эксперимент много раз как в Лейдене, так и в Амстердамском университете, куда он перешел в 1897 г. лектором по физике.

Эксперимент был особенно труден, так как в нем использовался прибор – зеркально-вогнутая дифракционная решетка, созданная в 1882 г. американским физиком Дж.Х. Роулендом. Обладая 10-футовым плечом между зеркалом и фотографической пластиной, этот прибор был крайне чувствителен к вибрациям, вызванным любым движением в лаборатории или транспортом на близлежащих улицах. З. часто посещал более провинциальный Гронингенский университет, где условия позволяли проводить более точные измерения.

Лоренц предсказал, что магнитное поле заставит электрически заряженные частицы материи осциллировать по другому, с частотами, слегка отличающимися от соответствующих частот для частиц, не подвергшихся такому воздействию. Так, он ожидал, что спектральная линия не просто расширится, но расщепится на три различные линии. Он предсказал также, что излучаемый свет будет поляризован определенным образом в соответствии с изменившимся движением частиц. З. сумел обнаружить предсказанную поляризацию, и после кропотливых опытов с пламенем при сгорании других веществ, таких, как кадмий, ему удалось расщепить расширившиеся линии спектра на отдельные компоненты.

Точные измерения З. показали, что вибрирующие частицы не могут быть столь же тяжелыми, как атом, как считал английский физик Джозеф Лармор. Расщепление линий позволило выполнить оценку отношения электрического заряда к массе вибрирующей частицы, которое оказалось удивительно большим, а также установить, что заряд отрицателен. Эти результаты не только согласовывались с описанием, которое Лоренц дал

своему электрону, но позволяли также предположить, что электрон Лоренца идентичен электрону, открытому в 1897 г. Дж.Дж. Томсоном при исследовании электрических разрядов в газовых вакуумных трубках. «То, что вибрирует в источнике света, – сделал вывод З., – идентично тому, что движется в катодных лучах». Название катодные лучи было дано частицам, движущимся от отрицательного электрода (катода) к положительному электроду (аноду) в разрядной трубке. Разница состояла в том, что электроны Лоренца каким-то образом входили в атом, были с ним связаны, тогда как электроны Томсона представляли собой свободно движущиеся частицы в вакууме газообразной трубки.

Утверждение З. было блестящим следствием интуиции, оно внесло фундаментальный вклад в понимание строения материи. Магнитное расщепление спектральных линий, известное как эффект Зеемана, – это важный инструмент исследования природы атома, он полезен и при определении магнитных полей звезд. Открытие того факта, что спектральные линии могут расщепляться на гораздо большее число компонент, нежели триплеты, как представлял себе Лоренц, вскрыло слабость существовавшей в то время теории, но также и дало важный толчок построению квантовой теории, особенно в связи с энергетическими состояниями атома.

В 1900 г. З. занял пост профессора Амстердамского университета. Здесь он посвятил большую часть своей дальнейшей научной деятельности совершенствованию своих спектральных исследований.

В 1902 г. Нобелевская премия по физике была присуждена З. и Хендрику Лоренцу «в знак признания выдающегося вклада, который они внесли своими исследованиями влияния магнетизма на излучение». При презентации лауреатов Хьялмар Теель, член Шведской королевской академии наук, заявил, что эффект Зеемана «представляет собой одно из наиболее важных экспериментальных достижений за последние десятилетия». Он добавил, что «последствия открытия З. обещают существенно повысить наши знания о строении спектров и о молекулярном строении материи».

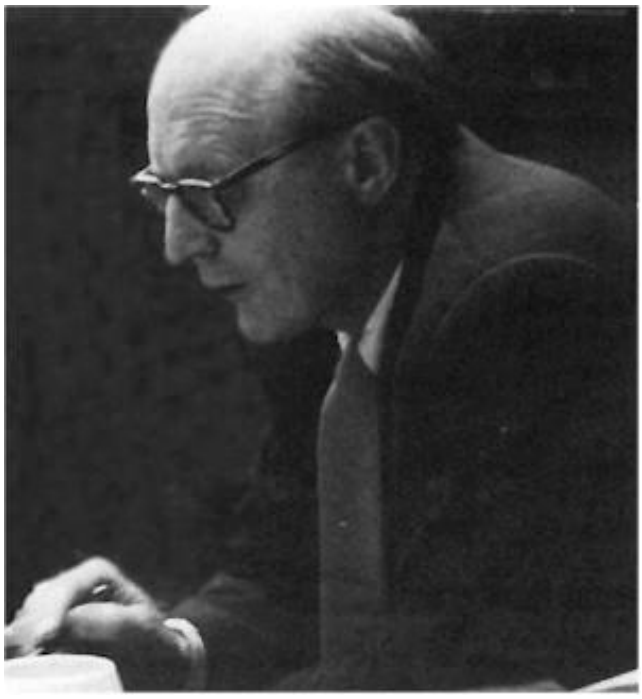
В 1908 г. З. был назначен директором Физического института при Амстердамском университете. Когда в 1923 г. университет создал свою новую Физическую лабораторию (позднее названную лабораторией Зеемана), З. был назначен ее директором. Его дальнейшая работа включала крайне трудные и точные измерения скорости света в движущихся материальных прозрачных средах, таких, как стекло и кварц (другие ученые делали подобные измерения в движущейся воде). Он обнаружил, что изменения зависят не только от скорости и показателя преломления движущейся среды, но и от частоты света. Его результаты согласовались с тогда еще новой теорией относительности, предложенной Альбертом Эйнштейном. З. разработал также методику комбинированных магнитно-электрических отклонений электрически заряженных атомов, чтобы разделять их в соответствии с их массами, и открыл несколько новых

изотопов (химических элементов, атомы которых обладают разными массами, но одинаковым зарядом ядра).

З. женился на Иоханне Элизабет Лебре в 1895 г. У них было три дочери и сын. Обладавший чувством собственного достоинства и вместе с тем мягкий человек с приятным манерами, он пользовался любовью и уважением своих коллег и всего персонала. Совместное обсуждение задач со студентами ободряло их в лабораторных исследованиях. Знание языков помогало ему завязывать дружеские отношения со многими другими европейскими физиками. Подчиняясь установившемуся обычаю, он вышел в отставку и покинул Амстердамский университет в 1935 г., в возрасте семидесяти лет; восемь лет спустя он умер.

Кроме Нобелевской премии, З. получил много других наград и почетных ученых степеней, включая почетные докторские степени Оксфорда, Геттингена, Страсбурга, Глазго, Брюсселя и Парижа. Он был награжден медалью Румфорда Лондонского королевского общества, премией Уайлда Французской академии наук, премией Баумгартнера Австрийской академии наук и медалью Генри Дрейпера американской Национальной академии наук.

ЙЕНСЕН (Jensen), Йоханнес Ханс Д.



25 июня 1907 г. – 11 февраля 1973 г.
Нобелевская премия по физике, 1963 г.
совместно с Марией Гёпперт-Майер и Эугеном П. Вигнером

Немецкий физик Йоханнес Ханс Даниель Йенсен родился в Гамбурге в семье садовника Карла Йенсена и урожденной Хелен Ом. Блестящие успехи юного Й. в школе позволили ему получить стипендию для

обучения в Оберреалшулле (Высшем реальном училище) в Гамбурге. По окончании училища в 1926 г. он продолжал изучать физику, математику, физическую химию и философию в университетах Фрейбурга и Гамбурга. Получив докторскую степень по физике в Гамбургском университете (1932), Й. был оставлен там для работы в качестве ассистента-исследователя. В 1936 г. он защитил докторскую диссертацию по физике и с 1937 г. работал в качестве приват-доцента. В 1941 г. Й. стал профессором теоретической физики Ганноверского технического университета, а с 1949 г. – профессором физики Гейдельбергского университета, где в 1955 г. был назначен деканом физического факультета. В 1969 г. он удостаивается звания почетного профессора.

Первая работа Й. была посвящена теории материалов (квантовомеханическое излучение ионных решеток, систематическое расположение атомов в кристаллах) и их свойствам при сверхвысоких давлениях. Исследование ионных решеток подтолкнуло Й. в 1947 г. к решению проблемы распределения отдачи при испускании излучения ядрами атомов в молекулах и кристаллах. При испускании «привязанными» к решетке радиоактивными атомами массивных частиц или фотонов атомы испытывают отдачу, т.е. движутся в противоположном направлении, как ружье после выстрела. Значение этих работ Й. было оценено по достоинству лишь в 1958 г., когда Рудольф Л. Мёссбауэр открыл явление испускания гамма-излучения без отдачи. Гамма-излучение уносит всю энергию ядерного перехода, поэтому сам переход становится определимым очень четко (эффект Мёссбауэра).

С самого начала своей научной деятельности Й. пристально следил за эволюцией представлений о ядре. С открытием в 1932 г. нейтрона английским физиком Джеймсом Чедвиком было доказано, что ядро состоит из протонов (массивных частиц с единичным положительным электрическим зарядом) и нейтронов (частиц с массой, почти тождественной массе протона, но без электрического заряда). Для объяснения поведения ядра было предложено много моделей ядерной структуры из протонов и нейтронов. Первые же наблюдения показали, что ядра с определенными номерами, Эуген П. Вигнер назвал их магическими, необычайно стабильны (т.е. вероятность их перехода в другие ядра с испусканием того или иного излучения или в результате ядерных реакций очень мала) и относительно широко распространены в природе. Стабильность и распространенность взаимосвязаны, так как стабильные ядра не распадаются и имеют тенденцию к накоплению. В 1933 г. немецкий физик Вальтер Эльзассер предложил модель, согласно которой протоны и нейтроны некоторым образом вовлечены в орбитальное движение, а орбиты, как того требует квантовая теория, соответствуют дискретным энергиям. При добавлении к ядру новых протонов или нейтронов число орбит увеличивается. Энергии орбит отстоят друг от друга не на одинаковые величины, а «собираются» в группы, или оболочки, разделенные относительно широкими энергетическими щелями. Когда добавленные протон или нейтрон занимают последний из

«разрешенных» энергетических уровней, считается, что оболочка замкнута и ядро особенно стабильно. Вырвать нуклон (собирательное название протона и нейтрона) с такой оболочки трудно, а добавление нового нуклона требует относительно большой энергии, так как он должен «подняться» до начала следующей оболочки. Модель Эльзассера позволила описать несколько легких ядер. Но она оказалась недостаточной для описания более тяжелых ядер или ядер, находящихся в сильно возбужденных состояниях.

Мыслить в терминах ядерных оболочек физикам было привычно и удобнее из-за аналогичной ситуации в атоме как целом с электронами, обращающимися вокруг ядра. (Уточненный вариант квантовой теории отвергает привлекательную простую картину, некогда предложенную Нильсом Бором, – модель, в которой электроны обращаются на различных дискретных расстояниях от ядра, но сама модель по-прежнему остается полезной.) Энергии электронов, соответствующие их положению и состоянию движения, квантованы, т.е. могут принимать только определенные дискретные значения (принадлежать определенным энергетическим уровням). В частности, значения энергии соответствуют угловым моментам электронов относительно их орбитального движения. Квантовая теория (предсказания которой подтверждают эксперименты) ставит в соответствие каждому разрешенному значению углового момента определенное число энергетических уровней. Кроме того, электроны вращаются вокруг собственной оси, как волчки. Поскольку движение электронов создает электрический ток, возникает магнитное поле. Подобно тому, как два магнита притягивают или отталкивают друг друга, угловые моменты и спины электронов взаимодействуют (спин-орбитальная связь), стремясь выстроиться в одном направлении. В результате возникают дополнительные энергетические уровни.

Атомные энергетические уровни естественно группируются в оболочки, разделенные относительно большими энергетическими щелями между электронами, заполняющими верхние уровни нижней оболочки, и электронами, заполняющими нижние уровни следующей, более высокой оболочки. Замкнутая оболочка означает стабильность. В данном случае речь идет о химической стабильности, так как химические реакции связаны с потерей, захватом или обобществлением электронов. Оболочечная модель объясняет периодическую систему, в которой химические элементы расположены по атомным номерам и группируются по сходству их химических свойств. Периодическая таблица показывает, что химические свойства циклически, или периодически, повторяются по мере увеличения атомного номера. При некоторых номерах атомы отличаются особой стабильностью. Таковы, например, номера элементов, известных под названием «благородных» газов, к числу которых относятся гелий, неон, аргон, ксенон и радон (химически они почти инертны). Периодическая повторяемость химических свойств, связанная с заполнением оболочек и началом следующих оболочек, естественно вытекает из принципов квантовой физики, примененных к электронным энергетическим уровням.

Интерес Й. к анализу возможностей оболочек в структуре ядра возрос еще больше, когда геохимик Ганс Э. Зюсс и специалист по экспериментальной ядерной физике Отто Хаксель обратились к нему с просьбой учесть некоторые характерные закономерности, наблюдавшиеся ими в столь отдаленных друг от друга областях, как ядерная физика и геохимия. Зюсс обратил внимание на необычную распространенность некоторых элементов и их изотопов (ядер атомов, обладающих одним и тем же числом протонов, но различным числом нейтронов). О своих наблюдениях он сообщил Хакселю, который обнаружил у тех же изотопов необычные ядерные свойства. У ядер с магическим числом протонов или нейтронов распространенность и стабильность совпадали. Однако Й. не знал, как включить в свою теоретическую схему понятие магического числа, и не был убежден в его важности.

Начало второй мировой войны приостановило исследования Й. и, по его словам, «повергло физиков Германии в состояние удушливой изоляции». Лишь через несколько лет после окончания войны он смог возобновить дискуссии в Копенгагене с Нильсом Бором, к которому он относился с величайшим уважением.

В Копенгагене Й. прочитал статью Марии Гёпперт-Майер «О замкнутых оболочках в ядрах» («On Closed Shells in Nuclei»), в которой был дан обзор всех существующих эмпирических данных, собранных автором в процессе поиска интерпретации магических чисел. Статья Гёпперт-Майер вновь пробудила в Й. интерес к заброшенной было тематике. Среди рассматривавшихся им моделей была модель ядра, состоящего из движущихся по орбитам протонов и нейтронов с сильной спин-орбитальной связью. Такое представление противоречило господствовавшим тогда мнениям ведущих физиков, считавших маловероятным существование в ядре сильной спин-орбитальной связи. Как заметил впоследствии Й., «к счастью, я был не слишком хорошо образован, не был знаком с этими взглядами и не помнил особенно крепко о старых возражениях против сильной спин-орбитальной связи». Несмотря на первые успехи в исследовании высших магических чисел, Й. испытывал неуверенность из-за своего расхождения с общепринятым мнением и не был удивлен, когда серьезный журнал отверг его заметку о полученных результатах, мотивируя отказ тем, что «это не физика, а игра с числами».

Дискуссии с Бором и другими учеными позволили Й. обрести уверенность и развить свою теорию ядерных энергетических уровней, связанных с орбитальными угловыми моментами и влиянием спина ядра, а также объяснить существование всех семи известных магических чисел: 2, 8,20,28, 50, 82,126. Схема Й. несколько напоминала аналогичную схему для атомных электронов, но требовала изменений из-за различий между ядром и атомом в целом. Например, электроны находятся сравнительно далеко от ядра и друг от друга (атом представляет собой в основном пустое пространство), в то время как нуклоны плотно упакованы. На электроны действуют хорошо известные электрические силы. Их действие проявляется

на больших расстояниях. Силы взаимодействия между нуклонами ученым в 50-х гг. казались более загадочными: они проявлялись только на очень коротких расстояниях и примерно в миллионы раз превосходили по интенсивности электрические силы. Электроны двигались в поле сил, имевшем очевидный центр притяжения в положительно заряженном ядре. Внутри ядра столь явно выраженного центра не было.

Когда Й. в 1949 г. направил статью по теории ядерных оболочек для публикации в «Физическом обозрении» («Physical Review»), ему стало известно, что Гёпперт-Майер пришла к аналогичным выводам и направила свою статью в тот же журнал. Обе они были опубликованы в двух его выпусках. Впоследствии Й. и Гёпперт-Майер встретились в Германии, стали друзьями и в 1955 г. вместе написали книгу «Элементарная теория оболочечной структуры ядра» («Elementary Treory of Nuclear Shell Structure»). Их теория позволила объяснить возбуждение ядер при столкновении с массивными частицами и гамма-квантами, предсказать низкую вероятность захвата нейтронов так называемыми магическими ядрами и существование многочисленных изомеров для ядер с большими значениями углового момента. Изомерами называются ядра, имеющие одинаковое число протонов и нейтронов, но отличающиеся состоянием возбуждения и скоростью радиоактивного распада. Предположения Й. и Гёпперт-Майер были впоследствии подтверждены экспериментально.

И. и Марии Гёпперт-Майер была присуждена половина Нобелевской премии по физике 1963 г. «за открытие оболочечной структуры ядра». Вторая половина премии была присуждена Эугену П. Вигнеру. Представляя лауреатов, Ивар Валлер из Шведской королевской академии наук отметил, что открытия Гёпперт-Майер и Й. «проливают новый свет на структуру атомных ядер» и являются «наиболее впечатляющим успехом в установлении корреляции между свойствами ядер».

В своей Нобелевской лекции Й. рассказал об изоляции немецких физиков во время войны, о своих дискуссиях с Хакселем и Зюссом, об интерпретации магических чисел и о статье Гёпперт-Майер, которую ему довелось прочитать после войны. Выводы Майер, заметил Й., побудили его встретиться с Бором, и «с тех пор я начал серьезно рассматривать возможность «демагизации» магических чисел».

Помимо работ, за которые он был удостоен Нобелевской премии, Й. проводил исследования так называемого гигантского резонанса в ядерном фотоэффекте. В 1955 г. он высказал предположение о так называемой гамма-инвариантности слабого взаимодействия (слабые силы связаны с радиоактивностью, сильные – удерживают нуклоны в ядре). Это свойство имеет отношение к нарушениям сохранения четности – правила, которому подчиняется сохранение некоторых симметрии при ядерных переходах. Янг Чжэньнину и Ли Цзундао теоретически продемонстрировали возможность нарушения четности, предложили методы экспериментальной проверки слабого взаимодействия на сохранение четности, за что были удостоены Нобелевской премии по физике в 1957 г.

Й. побывал в качестве приглашенного профессора физики в Висконсинском университете (1951), принстонском Институте фундаментальных исследований (1952), Калифорнийском университете в Беркли (1952), университете штата Индиана (1953), университете штата Миннесота (1956) и в Калифорнийском университете в Ла-Джолле (1961).

Скромный и сдержанный человек, Й., всю жизнь остававшийся холостяком, жил в квартире, расположенной над Институтом теоретической физики в Гейдельберге. На досуге он любил возиться в институтском саду, разводил черепах. С 1955 г. до самой смерти, последовавшей 11 февраля 1973 г., он был соредактором «Физического журнала» («Zeitschrift fur Physik»).

Й. был членом Гейдельбергской академии наук, общества Макса Планка и почетным доктором Ганноверского технического университета.

КАМЕРЛИНГ-ОННЕС (Kamerlingh-Onnes), Хейке

21 сентября 1853 г. – 21 февраля 1926 г.
Нобелевская премия по физике, 1913 г.

Голландский физик Хейке Камерлинг-Оннес родился в Гронингене на севере Нидерландов. Его отец Харм Камерлинг-Оннес был преуспевающим владельцем кирпичного завода, мать, урожденная Анна Гердина Коерс, была дочерью архитектора.

По окончании средней школы К.-О. в 1870 г. поступил в Гронингенский университет, где изучал математику и физику. Степень кандидата (примерно эквивалентную степени бакалавра) он получил в 1871 г. Три семестра К.-О. провел в Гейдельбергском университете (Германия), где

его занятиями руководили химик Роберт Бунзен и физик Густав Кирхгоф. В 1873 г. К.-О. возвратился в Гронинген. Через шесть лет он блестяще защитил докторскую диссертацию, в которой предложил новое доказательство вращения Земли.

С 1878 по 1882 г. К.-О. читал лекции в Политехническом училище (позднее преобразованном в Технический университет) Дельфта. Внимание К.-О. привлекала теория газов Йоханнеса Ван-дер-Ваальса, устанавливающая соотношение между давлением, температурой и объемом. Она позволяла учесть различия в поведении реальных и идеальных газов. В то время Ван-дер-Ваальс преподавал в Амстердаме, и К, – О. вступил с ним в переписку по поводу молекулярной теории.

В 1882 г., в возрасте двадцати девяти лет, К.-О. получил назначение на должность профессора экспериментальной физики Лейденского университета и стал во главе физической лаборатории этого университета. В своей вступительной лекции К.-О. провозгласил принцип, которым неукоснительно руководствовался на протяжении сорока двух лет своего пребывания в Лейденском университете: «Через измерение к знанию». По мнению К.-О., физические лаборатории должны производить количественные измерения и ставить качественные эксперименты; теоретические описания должны подкрепляться точными измерениями, производимыми с астрономической точностью.

Согласно теории соответственных состояний Ван-дер-Ваальса, все газы ведут себя одинаково, если единицы давления и температуры выбраны с учетом слабых сил притяжения между молекулами. К.-О. считал, что исследование поведения газов при низких температурах может дать важную информацию для проверки теории соответственных состояний. Для достижения низких температур необходимо сжижать газы. К.-О. выбрал темой для работы своей лаборатории узкую область криогеники – исследование низкотемпературных эффектов. Он построил крупный завод по сжижению газов для получения больших количеств низкотемпературных жидкостей – кислорода, азота и воздуха. Эти жидкости были необходимы для проведения экспериментов по изучению свойств материалов и достижения еще более низких температур. Чтобы подготовить квалифицированных ассистентов, К.-О. в 1909 г. открыл училище для механиков и стеклодувов. Вскоре выпускников лейденского училища можно было встретить в физических лабораториях всего мира. Лаборатория К.-О. стала образцом для научно-исследовательских институтов XX века.

Хотя шотландский ученый Джеймс Дьюар получил жидкий водород в 1898 г., только К.-О. удалось наладить получение жидкого водорода в значительных количествах. Его заводская установка производила 4 литра жидкого водорода в час. Для создания установки потребовалось все искусство подготовленных К.-О. техников: механиков – для создания насосов, стеклодувов – для изготовления прозрачных сосудов, сквозь стенки которых можно было бы наблюдать за поведением веществ при низких температурах.

Через два года К.-О. впервые удалось получить жидкий гелий при температуре всего лишь на 4° выше абсолютного нуля. Некоторые ученые сомневались, что это вообще достижимо. «Я был вне себя от радости, когда смог продемонстрировать жидкий гелий моему другу Ван-дер-Ваальсу, чья теория была моей путеводной нитью, позволившей довести сжижение до конца», – вспоминал впоследствии К.-О. С помощью жидкого гелия К.-О. удалось достичь еще более низких температур: 1,38 К в 1909 г. и 1,04 К в 1910-м. Однако основной его заботой оставалось исследование свойств веществ при столь низких температурах. Он изучал спектры поглощения элементов, фосфоресценцию различных соединений, вязкость сжиженных газов и магнитные свойства веществ. Поскольку температура является мерой случайного движения молекул вещества, а это затемняет суть некоторых явлений, понижение температуры может, по выражению К.-О., помочь «приподнять завесу, которую простирают над внутренним миром атомов и электронов тепловые движения при обычных температурах».

Свое наиболее поразительное открытие К.-О. сделал в 1911 г. Он обнаружил, что при низких температурах электрическое сопротивление некоторых металлов полностью исчезает. Это явление К.-О. назвал сверхпроводимостью. К.-О. предположил, что объяснение сверхпроводимости будет дано квантовой теорией. В 1957 г. Джон Бардин, Леон Купер и Дж. Роберт Шриффер предложили теоретическое объяснение явления сверхпроводимости.

К.-О. был удостоен Нобелевской премии по физике 1913 г. «за исследования свойств вещества при низких температурах, которые привели к производству жидкого гелия». Представляя лауреата, Теодор Нордстрем из Шведской королевской академии наук сказал, что «достижение столь низких температур имеет огромное значение для физических исследований и работы К.-О. внесут свой вклад в новые теории электрона».

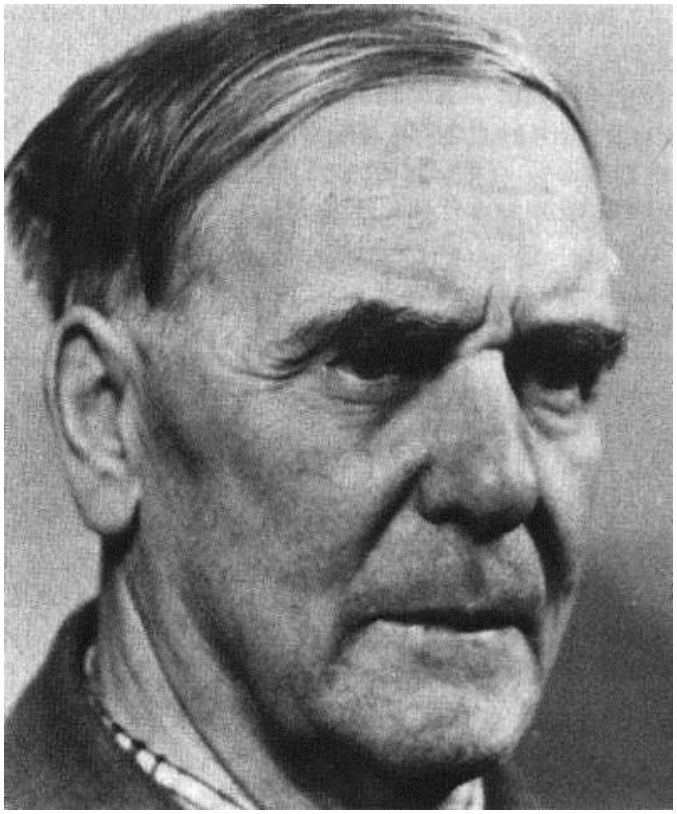
К.-О., снискавший всеобщую любовь и заслуживший почетное прозвище Господин Абсолютный Нуль, многое сделал для развития международного сотрудничества в области науки. Он охотно приглашал иностранных ученых поработать в своей лаборатории. Основанный им журнал «Сообщения из физической лаборатории Лейденского университета» ("Communications From the Physical Laboratory of the University of Leiden")
стал самым авторитетным изданием по физике низких температур. К.-О. принимал деятельное участие в разработке методов использования низких температур: хранении пищевых продуктов; создании вагонов-рефрижераторов и производстве льда.

В 1887 г. К.-О. вступил в брак с Элизабет Билефельд. У супругов родился один сын. Интересы К.-О. не замыкались в стенах его лаборатории. Он был преданным семьянином, и его коллеги отзывались о нем как о человеке большого обаяния и скромности. Во время первой мировой войны он принимал участие в организации помощи голодающим детям различных стран. Грандиозность его свершений и интенсивность научной деятельности находились в явном несоответствии с хрупким здоровьем, которым он

отличался на протяжении всей своей жизни. После непродолжительной болезни К.-О. скончался в Лейдене 21 февраля 1926 г.

В числе его многочисленных наград были золотая медаль Маттеуччи Национальной академии наук Италии, медаль Румфорда Лондонского королевского общества и медаль Франклина Франклиновского института. Он был почетным доктором Берлинского университета. Когда ему не исполнилось и тридцати, он был избран членом Королевской академии наук в Амстердаме. К.-О. состоял членом академий наук Копенгагена, Геттингена, Галле, Упсала, Турина и Вены.

КАПИЦА, Петр



9 июля 1894 г. – 8 апреля 1984 г.
Нобелевская премия по физике, 1978 г.
совместно с Арно А. Пензиасом и Робертом В. Вильсоном

Советский физик Петр Леонидович Капица родился в Кронштадте военно-морской крепости, расположенной на острове в Финском заливе неподалеку от Санкт-Петербурга, где служил его отец Леонид Петрович Капица, генерал-лейтенант инженерного корпуса. Мать К. Ольга Иеронимовна Капица (Стебницкая) была известным педагогом и собирательницей фольклора. По окончании гимназии в Кронштадте К. поступил на факультет инженеров-электриков Петербургского политехнического института, который окончил в 1918 г. Следующие три года он преподавал в том же институте. Под руководством А.Ф. Иоффе, первым в

России приступившего к исследованиям в области атомной физики, К. вместе со своим однокурсником Николаем Семеновым разработал метод измерения магнитного момента атома в неоднородном магнитном поле, который в 1921 г. был усовершенствован Отто Штерном.

Студенческие годы и начало преподавательской работы К. пришлись на Октябрьскую революцию и гражданскую войну. Это было время бедствий, голода и эпидемий. Во время одной из таких эпидемий погибла молодая жена К. – Надежда Черносвитова, с которой они поженились в 1916 г., и двое их маленьких детей. Иоффе настаивал на том, что К. необходимо отправиться за границу, но революционное правительство не давало на это разрешения, пока в дело не вмешался Максим Горький, самый влиятельный в ту пору русский писатель. В 1921 г. К. позволили выехать в Англию, где он стал сотрудником Эрнеста Резерфорда, работавшего в Кавендишской лаборатории Кембриджского университета. К. быстро завоевал уважение Резерфорда и стал его другом.

Первые исследования, проведенные К. в Кембридже, были посвящены отклонению испускаемых радиоактивными ядрами альфа- и бета-частиц в магнитном поле. Эксперименты подтолкнули его к созданию мощных электромагнитов. Разряжая электрическую батарею через небольшую катушку из медной проволоки (при этом происходило короткое замыкание), К. удалось получить магнитные поля, в 6...7 раз превосходившие все прежние. Разряд не приводил к перегреву или механическому разрушению прибора, т.к. продолжительность его составляла всего лишь около 0,01 секунды.

Создание уникального оборудования для измерения температурных эффектов, связанных с влиянием сильных магнитных полей на свойства вещества, например на магнитное сопротивление, привело К. к изучению проблем физики низких температур. Чтобы достичь таких температур, необходимо было располагать большим количеством сжиженных газов. Разрабатывая принципиально новые холодильные машины и установки, К. использовал весь свой недюжинный талант физика и инженера. Вершиной его творчества в этой области явилось создание в 1934 г. необычайно производительной установки для сжижения гелия, который кипит (переходит из жидкого состояния в газообразное) или сжижается (переходит из газообразного состояния в жидкое) при температуре около 4,3К. Сжижение этого газа считалось наиболее трудным. Впервые жидкий гелий был получен в 1908 г. голландским физиком Хайке Каммерлинг-Оннесом. Но установка К. была способна производить 2 л жидкого гелия в час, тогда как по методу Каммерлинг-Оннеса на получение небольшого его количества с примесями требовалось несколько дней. В установке К. гелий подвергается быстрому расширению и охлаждается прежде, чем тепло окружающей среды успевает согреть его; затем расширенный гелий поступает в машину для дальнейшей обработки. К. удалось преодолеть и проблему замерзания смазки движущихся частей при низких температурах, использовав для этих целей сам жидкий гелий.

В Кембридже научный авторитет К. быстро рос. Он успешно продвигался по ступеням академической иерархии. В 1923 г. К. стал доктором наук и получил престижную стипендию Джеймса Клерка Максвелла. В 1924 г. он был назначен заместителем директора Кавендишской лаборатории по магнитным исследованиям, а в 1925 г. стал членом Тринити-колледжа. В 1928 г. Академия наук СССР присвоила К. ученую степень доктора физико-математических наук и в 1929 г. избрала его своим членом-корреспондентом. В следующем году К. становится профессором-исследователем Лондонского королевского общества. По настоянию Резерфорда Королевское общество строит специально для К. новую лабораторию. Она была названа лабораторией Монда в честь химика и промышленника германского происхождения Людвига Монда, на средства которого, оставленные по завещанию Лондонскому королевскому обществу, была построена. Открытие лаборатории состоялось в 1934 г. Ее первым директором стал К. Но ему было суждено там проработать всего лишь один год.

Отношения между К. и советским правительством всегда были довольно загадочными и непонятными. За время своего тринадцатилетнего пребывания в Англии К. несколько раз возвращался в Советский Союз вместе со своей второй женой, урожденной Анной Алексеевной Крыловой, чтобы прочитать лекции, навестить мать и провести каникулы на каком-нибудь русском курорте. Советские официальные лица неоднократно обращались к нему с просьбой остаться на постоянное жительство в СССР. К. относился с интересом к таким предложениям, но выставлял определенные условия, в частности свободу поездок на Запад, из-за чего решение вопроса откладывалось. В конце лета 1934 г. К. вместе с женой в очередной раз приехали в Советский Союз, но, когда супруги приготовились вернуться в Англию, оказалось, что их выездные визы аннулированы. После яростной, но бесполезной стычки с официальными лицами в Москве К. был вынужден остаться на родине, а его жене было разрешено вернуться в Англию к детям. Несколько позднее Анна Алексеевна присоединилась к мужу в Москве, а вслед за ней приехали и дети. Резерфорд и другие друзья К. обращались к советскому правительству с просьбой разрешить ему выезд для продолжения работы в Англии, но тщетно.

В 1935 г. К. предложили стать директором вновь созданного Института физических проблем Академии наук СССР, но прежде, чем дать согласие, К. почти год отказывался от предлагаемого поста. Резерфорд, смирившись с потерей своего выдающегося сотрудника, позволил советским властям купить оборудование лаборатории Монда и отправить его морским путем в СССР. Переговоры, перевоз оборудования и монтаж его в Институте физических проблем заняли несколько лет.

К. возобновил свои исследования по физике низких температур, в том числе свойств жидкого гелия. Он проектировал установки для сжижения других газов. В 1938 г. К. усовершенствовал небольшую турбину, очень эффективно сжижавшую воздух. Ему удалось обнаружить необычайное

уменьшение вязкости жидкого гелия при охлаждении до температуры ниже 2,17К, при которой он переходит в форму, называемую гелием-2. Утрата вязкости позволяет ему беспрепятственно вытекать через мельчайшие отверстия и даже взбираться по стенкам контейнера, как бы «не чувствуя» действия силы тяжести. Отсутствие вязкости сопровождается также увеличением теплопроводности. К. назвал открытое им новое явление сверхтекучестью.

Двое из бывших коллег К. по Кавендишской лаборатории, Дж.Ф. Аллен А.Д. Мизенер, выполнили аналогичные исследования. Все трое опубликовали статьи с изложением полученных результатов в одном и том же выпуске британского журнала «Нейче». Статья К. 1938 г. и две другие работы, опубликованные в 1942 г., принадлежат к числу его наиболее важных работ по физике низких температур. К., обладавший необычайно высоким авторитетом, смело отстаивал свои взгляды даже во время чисток, проводимых Сталиным в конце 30-х гг. Когда в 1938 г. по обвинению в шпионаже в пользу нацистской Германии был арестован сотрудник Института физических проблем Лев Ландау, К. добился его освобождения. Для этого ему пришлось отправиться в Кремль и пригрозить в случае отказа подать в отставку с поста директора института.

В своих докладах правительственным уполномоченным К. открыто критиковал те решения, которые считал неправильными. О деятельности К. во время второй мировой войны на Западе известно мало. В октябре 1941 г. он привлек внимание общественности, выступив с предупреждением о возможности создания атомной бомбы. Возможно, он был первым из физиков, кто сделал подобное заявление. Впоследствии К. отрицал свое участие в работах по созданию как атомной, так и водородной бомб. Имеются вполне убедительные данные, подтверждающие его заявления. Неясно, однако, был ли его отказ продиктован моральными соображениями или расхождением во мнении относительно того, в какой мере предполагавшаяся часть проекта согласуется с традициями и возможностями Института физических проблем.

Известно, что в 1945 г., когда американцы сбросили атомную бомбу на Хиросиму, а в Советском Союзе с еще большей энергией развернулись работы по созданию ядерного оружия, К. был смещен с поста директора института и в течение восьми лет находился под домашним арестом. Он был лишен возможности общаться со своими коллегами из других научно-исследовательских институтов. У себя на даче он оборудовал небольшую лабораторию и продолжал заниматься исследованиями. Через два года после смерти Сталина, в 1955 г., он был восстановлен на посту директора Института физических проблем и пребывал в этой должности до конца жизни.

Послевоенные научные работы К. охватывают самые различные области физики, включая гидродинамику тонких слоев жидкости и природу шаровой молнии, но основные его интересы сосредоточиваются на микроволновых генераторах и изучении различных свойств плазмы. Под

плазмой принято понимать газы, нагретые до столь высокой температуры, что их атомы теряют электроны и превращаются в заряженные ионы. В отличие от нейтральных атомов и молекул обычного газа на ионы действуют большие электрические силы, создаваемые другими ионами, а также электрические и магнитные поля, создаваемые любым внешним источником. Именно поэтому плазму иногда считают особой формой материи. Плазма используется в термоядерных реакторах, работающих при очень высоких температурах. В 50-е гг., работая над созданием микроволнового генератора, К. обнаружил, что микроволны большой интенсивности порождают в гелии отчетливо наблюдаемый светящийся разряд. Измеряя температуру в центре гелиевого разряда, он установил, что на расстоянии в несколько миллиметров от границы разряда температура изменяется примерно на 2 000 000К. Это открытие легло в основу проекта термоядерного реактора с непрерывным подогревом плазмы. Возможно, что такой реактор окажется проще и дешевле, чем термоядерные реакторы с импульсным режимом подогрева, используемые в других экспериментах по термоядерному синтезу.

Помимо достижений в экспериментальной физике, К. проявил себя как блестящий администратор и просветитель. Под его руководством Институт физических проблем стал одним из наиболее продуктивных и престижных институтов Академии наук СССР, привлекшим многих ведущих физиков страны. К. принимал участие в создании научно-исследовательского центра неподалеку от Новосибирска – Академгородка, и высшего учебного заведения нового типа – Московского физико-технического института. Построенные К. установки для сжижения газов нашли широкое применение в промышленности. Использование кислорода, извлеченного из жидкого воздуха, для кислородного дутья произвело подлинный переворот в советской сталелитейной промышленности.

В преклонные годы К., который никогда не был членом коммунистической партии, используя весь свой авторитет, критиковал сложившуюся в Советском Союзе тенденцию выносить суждения по научным вопросам, исходя из ненаучных оснований. Он выступал против строительства целлюлозно-бумажного комбината, грозившего загрязнить своими сточными водами озеро Байкал; осудил предпринятую КПСС в середине 60-х гг. попытку реабилитировать Сталина и вместе с Андреем Сахаровым и другими представителями интеллигенции подписал письмо с протестом против принудительного заключения в психиатрическую больницу биолога Жореса Медведева. К. был членом Советского комитета Пагуошского движения за мир и разоружение. Он высказал также несколько предложений о способах преодоления отчуждения между советской и американской науками.

В 1965 г., впервые после более чем тридцатилетнего перерыва, К. получил разрешение на выезд из Советского Союза в Данию для получения Международной золотой медали Нильса Бора, присуждаемой Датским обществом инженеров-строителей, электриков и механиков. Там он посетил научные лаборатории и выступил с лекцией по физике высоких энергий. В

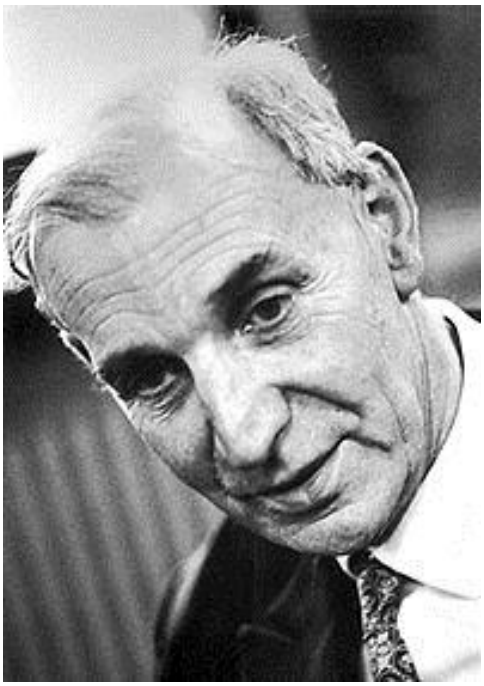
1966 г. К. вновь побывал в Англии, в своих старых лабораториях, поделился воспоминаниями о Резерфорде в речи, с которой выступил перед членами Лондонского королевского общества. В 1969 г. К. вместе с женой впервые совершил поездку в Соединенные Штаты.

К. был удостоен Нобелевской премии по физике в 1978 г. «за фундаментальные изобретения и открытия в области физики низких температур». Свою награду он разделил с Арно А. Пензиасом и Робертом В. Вильсоном. Представляя лауреатов, Ламек Хультен из Шведской королевской академии наук заметил: «К. предстает перед нами как один из величайших экспериментаторов нашего времени, неоспоримый пионер, лидер и мастер в своей области».

В 1927 г. во время своего пребывания в Англии К. женился второй раз. Его женой стала Анна Алексеевна Крылова, дочь знаменитого кораблестроителя, механика и математика Алексея Николаевича Крылова, который по поручению правительства был командирован в Англию для наблюдения за постройкой судов по заказу Советской России. У супругов Капица родились двое сыновей. Оба они впоследствии стали учеными. В молодости К., находясь в Кембридже, водил мотоцикл, курил трубку и носил костюмы из твида. Свои английские привычки он сохранил на всю жизнь. В Москве, рядом с Институтом физических проблем, для него был построен коттедж в английском стиле. Одежду и табак он выписывал из Англии. На досуге К. любил играть в шахматы и ремонтировать старинные часы. Умер он 8 апреля 1984 г.

К. был удостоен многих наград и почетных званий как у себя на родине, так и во многих странах мира. Он был почетным доктором одиннадцати университетов на четырех континентах, состоял членом многих научных обществ, академии Соединенных Штатов Америки, Советского Союза и большинства европейских стран, был обладателем многочисленных наград и премий за свою научную и политическую деятельность, в том числе семи орденов Ленина.

КАСТЛЕР (Kastler), Альфред



3 мая 1902 г. – 7 января 1984 г.
Нобелевская премия по физике, 1966 г.

Французский физик Альфред Кастлер родился в деревне Гебвиллер в Эльзасе, принадлежавшем тогда Германии, в семье Фредерика Кастлера и урожденной Анны Фрей. Детская любознательность и сильное впечатление, произведенное солнечным затмением, рано пробудили в нем интерес к естественным наукам. После окончания начальной школы мальчик поступил в Оберреальшуле – реальное училище, переименованное после присоединения Эльзаса к Франции по окончании первой мировой войны в лицей Бартольди. В 1920 г. К. был принят в Эколь нормаль сюперьёр.

По окончании ее К. преподавал физику в лицеях Мюльхауса, Кольмара и Бордо, а затем поступил в аспирантуру и одновременно на работу в качестве ассистента университета Бордо (1931). В 1936 г. он успешно защитил в том же университете докторскую диссертацию по физике, посвятив ее возбуждению атомов ртути. Следующие два года К. преподает в университете Клермон-Феррана и в 1938 г. назначается полным профессором физики в университете Бордо. По возвращении в 1941 г., в Париж К. преподавал в Эколь нормаль сюперьёр, а в 1945 г. был утвержден в звании профессора. В этом учебном заведении он работал вплоть до выхода в отставку. С 1953 по 1954 г. К. был приглашенным профессором в Лувенском университете (Бельгия).

Первые работы К. были посвящены взаимодействию между светом и электронами в атомах. Если говорить упрощенно, то можно считать, что электроны обращаются вокруг атомного ядра по различным орбитам, одновременно вращаясь вокруг собственной оси, наподобие волчков. Квантовая теория разрешает электронам двигаться по вполне определенным

орбитам, соответствующим дискретным уровням энергии. Поглощая энергию от падающего света, они переходят на более высокие энергетические уровни. При обратных переходах, на более низкие уровни, электроны высвобождают поглощенную ранее энергию, испуская свет. Как и любая другая разновидность электромагнитного излучения, свет состоит из порций энергии, называемых фотонами. Энергия поглощенного или испускаемого фотона, пропорциональная частоте поглощенного или испущенного света, равна разности энергий тех уровней, между которыми происходит переход.

Атом каждого химического элемента имеет свой особый, присущий только ему набор разрешенных энергетических уровней. Так как возбужденные атомы испускают свет только на частотах, соответствующих разностям энергий между уровнями, спектры испускания, наблюдаемые, например, с помощью спектроскопа, состоят из серии цветных линий (цвет линии соответствует частоте видимого света). Спектр позволяет не только идентифицировать химический элемент, но и получать информацию о характерном для его атомов расположении энергетических уровней, т.е. о структуре его атомов. Более тщательное рассмотрение показывает, что спектральные линии в действительности представляют собой полосы из тонких, плотно расположенных линий (тонкая или сверхтонкая структура атома). Атомные энергетические уровни представляют собой целую совокупность подуровней. Расщепление уровней на подуровни определяется различными свойствами электрона, например его спином. Детали атомной структуры могут быть обнаружены по сдвигу спектральных линий подуровней, происходящему под действием электромагнитных полей. Однако оптическая спектроскопия не смогла достаточно точно разделить близко расположенные линии.

К концу 40-х гг. в наиболее изощренных экспериментах использовалась радиочастотная спектроскопия. Один из таких методов, известный под названием метода магнитного резонанса в атомных пучках, связан с Изидором А. Раби и его группой из Колумбийского университета. Раби и его коллеги использовали свой метод для точных измерений атомных энергетических уровней в основном состоянии (т.е. в состоянии с наинизшей энергией). Основное состояние может иметь несколько магнитных подсостояний, которые слегка разделяются магнитным полем. Следовательно, воздействуя на атомы с помощью магнитного поля надлежаще подобранной частоты можно индуцировать переход с одного подуровня на другой. Под надлежаще выбранной частотой электромагнитного поля понимается такая, при которой энергия фотонов равна разности энергий между подуровнями. Именно такие частоты лежат в радиодиапазоне. Располагая особым образом магниты и щели, колумбийская группа сумела получить узкие пучки атомов, находящихся всего лишь в нескольких магнитных подсостояниях, причем детектора могли достигать только атомы в определенных состояниях. Если поле настроено на правильную частоту, то изменение числа атомов, достигающих детектора,

свидетельствует о том, что переход с одного уровня на другой совершился. Зная энергию фотонов, вызывающих переходы, группа Раби сумела вычислить энергетические уровни, соответствующие подсостояниям. Такое соответствие между радиочастотой поля, вызывающего переход, и разностью энергий между подуровнями называется резонансом Герца (в честь Генриха Герца, предложившего первое экспериментальное доказательство существования радиоволн). Именем Герца ныне названа и единица частоты.

Метод магнитного резонанса в атомном пучке имеет свои ограничения: среднее время жизни возбужденного состояния до того, как оно испустит энергию и возвратится в невозмущенное основное состояние, очень мало (порядка одной десятимиллионной секунды), и только небольшое число атомов претерпевает индуцированный резонансом переход. К. вместе со своим студентом Жаном Бросселем разработал и несколько методов, в которых свет используется для преодоления некоторых из ограничений магнитного резонанса в атомном пучке. Метод К. получил название метода двойного резонанса.

В этом методе пучок света соответствующей частоты возбуждает атомы до определенного энергетического уровня. Но при этом не все подуровни оказываются занятыми. Следовательно, при обратных переходах атомов в основное состояние свет испускается неодинаково в различных направлениях, кроме того, в каждом направлении он частично поляризован. Если электромагнитное поле, приложенное к возбужденным атомам, имеет частоту (энергию фотонов), необходимую, чтобы индуцировать переходы между занятыми и незанятыми подуровнями, то испускаемый свет изменяет как пространственное распределение, так и поляризацию. Это изменение свидетельствует о том, что радиочастота настроена на разность энергий между подуровнями (находится в резонансе с разностью энергий). Метод К. является средством точной фиксации положений подуровней возбужденных атомных состояний.

В 1950 г. К. сообщил еще об одном методе, получившем название оптической накачки и позволившем ему сдвигать электроны в атомах с одного магнитного подуровня основного состояния на другой. В этом методе особым образом поляризованный свет направляется на группу атомов. Если основное состояние имеет два магнитных подуровня, то атомы на одном подуровне поглощают свет и переходят в возбужденное состояние, тогда как атомы на другом подуровне этого не делают. Испуская излучение и возвращаясь в основное состояние, атомы занимают и поглощающие, и непоглощающие уровни. В этом случае говорят, что свет «накачал» атомы в непоглощающее основное состояние.

Стремясь к дальнейшему усовершенствованию своей экспериментальной методики, К. и Броссель в 1951 г. создали специальную группу при физической лаборатории Эколь нормаль сюперьёр. Более пятнадцати лет исследования их группы и других ученых способствовали уточнению атомных подуровней и изучению квантовомеханических явлений.

Помимо получения важной информации о подуровнях основных состояний многих атомов, физики научились ориентировать в желательном направлении ядра атомов в парах ртути и кадмия. Это позволило им точно измерить некоторые магнитные свойства ядер. Используя оптическую «накачку», экспериментаторы смогли создать мишени, состоящие из поляризованных атомов. Затем такие мишени подвергались бомбардировке пучками частиц в экспериментах по ядерной физике.

К. был удостоен Нобелевской премии по физике 1966 г. «за открытие и разработку оптических методов исследования резонансов Герца в атомах». Представляя нового лауреата, Ивар Валлер из Шведской королевской академии наук остановился на описании характера работ К. и некоторых выводах из них. «Большое число ядерных моментов было определено с высокой точностью, – заметил Валлер. – Идеи К. относительно оптической «накачки» сыграли важную роль в создании лазера. Оптическая «накачка» позволила сконструировать удобные в обращении и очень чувствительные магнитометры и атомные часы».

После ухода в отставку в 1968 г. К. до 1972 г. занимал пост руководителя научных исследований в Национальном центре научных исследований.

В 1924 г. К. вступил в брак с школьной учительницей Элиз Косее. У супругов Кастлер родились два сына и дочь. Необычайно скромный, самоуглубленный человек, К. тем не менее принимал активное участие в ряде политических событий. Он выступил в поддержку Израиля, был убежденным противником ядерного оружия, резко критиковал роль США во вьетнамской войне. Он оказывал поддержку алжирскому движению за независимость. К. скончался 7 января 1984 г. в Бандоле на Французской Ривьере.

Помимо Нобелевской премии К. был удостоен премии Хольвека Лондонского физического общества (1954), премии за научные исследования Французской академии наук (1956), международной медали Ч.Э.К. Миса Оптического общества Америки (1962) и других почетных наград. Он был избран членом Французской академии наук (1964) и почетным членом научных обществ Польши, Германии, Венгрии и Бельгии. В 1952 г. К. стал кавалером, а в 1977 г. командором ордена Почетного легиона. К. был почетным доктором университетов Лувена, Пизы и Оксфорда.

КЛИТЦИНГ (Klitzing), Клаус фон

род. 28 июня 1943 г.
Нобелевская премия по физике, 1985 г.

Немецкий физик Клаус Олаф фон Клитцинг родился во время второй мировой войны в городе Шрода, в то время входившего в состав Германии (вблизи германско-польской границы). Он был третьим из четырех детей лесничего Богислава фон Клитцинга и урожденной Анни Ульбрих. Вскоре после рождения К. стало ясно, что военное положение Германии ухудшилось и части Советской Армии скоро дойдут до окрестностей Позена (ныне Познани), и семья Клитцинг бежала на Запад. Незадолго до окончания войны, в апреле 1945 г., они поселились в Люттене. В 1948 г. семья переехала в Ольденбург, а затем в 1951 г. – в Эссен. К. получил среднее образование в Артланд-гимназии города Квахенбрюна, что позволило ему специализироваться по физике в Техническом университете Брауншвейга, куда он поступил в 1962 г.

В Брауншвейге К. сначала познакомился с проблемами физики полупроводников. Проявлял он интерес и к рентгеновской спектроскопии, и даже ездил в Дармштадт, чтобы пройти курс программирования для компьютеров, имея в виду использование компьютерных методов в спектроскопии. Но его внимание привлек метод измерения люминисценции. Он воспользовался им для определения времени жизни носителей тока в полупроводнике антимониде индия и изложил полученные результаты в диссертации, написанной под руководством Ф.Р. Кесслера в 1969 г. Затем К. перешел в университет Вюрцбурга, где некоторое время преподавал технику

лабораторного эксперимента студентам-медикам. Последующие десять лет он занимался исследованием полупроводников. Почти весь 1975 г. К. провел в Оксфорде, где в то время изготавливались лучшие сверхпроводящие магниты. Для К. они представляли особый интерес, так как сильные однородные магнитные поля являются важным инструментом исследования поведения электронов в полупроводниках.

В поисках еще более сильных магнитных полей К. в 1979 г. покидает Вюрцбург и отправляется на работу в лабораторию сильных магнитных полей в Гренобле. В 1980 г. он получает новое назначение и становится профессором Технического университета в Мюнхене. На этом посту он пребывает до 1985 г., когда его утверждают директором Института физики твердого тела Макса Планка в Штутгарте. Комбинация низких температур и сильных магнитных полей, которые он смог изучать в Гренобле, сыграла важную роль в его открытиях, связанных с эффектом Холла. Это явление, впервые наблюдавшееся в 1880 г. американским физиком Эдвином Х. Холлом, ранее рассматривалось лишь как весьма несовершенное средство измерения концентрации электронов в полупроводниках. При измерениях на основе этого эффекта электрический ток пропускается через образец, помещенный в магнитное поле, которое приложено в перпендикулярном направлении. На образце возникает напряжение в направлении, перпендикулярном и току, и магнитному полю. Величина этого напряжения Холла обычно пропорциональна магнитному полю и обратно пропорциональна концентрации электронов. Однако выводы, которые можно сделать на основе этих измерений, обладают, как правило, погрешностью порядка 10%, т.к. имеется множество разного рода взаимодействий между электронами и автоматами кристаллической решетки полупроводника.

В Гренобле, работая в сотрудничестве с Майклом Пеппером из Кавендишской лаборатории Кембриджского университета и Герхардом Дордой из научно-исследовательских лабораторий корпорации «Сименс» в Мюнхене, К. провел эксперимент, отличавшийся от традиционных измерений главным образом природой образца. Кремний, который К. выбрал для эксперимента, составлял часть транзистора, в котором подвижные электроны могли перемещаться только в очень тонком слое вблизи одной из поверхностей устройства. Поэтому электроны могли двигаться лишь в двух измерениях, а не в трех, как в однородном образце. Поведение таких «двухмерных» электронов под действием приложенного напряжения существенно отличалось от поведения электронов в объемном образце.

Наиболее удивительной особенностью эксперимента К. было отклонение напряжения Холла от обычно плавного поведения при изменении приложенного магнитного поля и концентрации электронов. При плавном увеличении числа электронов в двухмерном слое напряжение Холла сначала непрерывно спадало, затем какое-то время оставалось постоянным, затем снова спадало до следующей горизонтальной ступеньки и т.д. Разделив величину напряжения Холла, соответствующую каждой такой ступеньке, на

величину пропускаемого через образец тока, мы получим величину электрического сопротивления. Сравнивая серию полученных сопротивлений, К. заметил, что все они составляют выражаемые простыми дробями доли одной и той же величины: сопротивления в 25,183 ом. Это сопротивление можно представить в виде отношения двух фундаментальных констант природы – постоянной Планка, управляющей всеми квантовомеханическими явлениями, и квадрата электрического заряда электрона.

Важной особенностью полученного результата была высокая точность, с которой выполнялось это соотношение. При повторных экспериментах не только на образцах различной формы, но и на транзисторах, изготовленных из различных материалов, величину отношения неизменно удавалось измерить с погрешностью около одной десятимиллионной. Такая стабильность измерений позволила К. сразу же высказать гипотезу о том, что явление, известное ныне под названием квантового эффекта Холла, могло бы стать основой абсолютно нового стандарта электрического сопротивления. О своих открытиях К. и его коллеги сообщили в августе 1980 г. в журнале «Физикал ревью летерс» ("Physical Review Letters").

Работа, опубликованная К. в 1980 г., примечательна по крайней мере в трех отношениях. Во-первых, она показала, что эффекты квантовой теории, чаще всего проявлявшиеся в поведении микроскопических величин, например отдельных электронов, могут наблюдаться и при измерениях электрического тока в лабораторных масштабах. Во-вторых, обнаруженный эффект оказался полной неожиданностью для физиков-теоретиков, на протяжении десятилетий занимавшихся изучением полупроводников. В-третьих, квантовый эффект Холла позволил получать результаты, воспроизводимые со столь высокой точностью, что они сразу навели на мысль о новом международном стандарте единицы электрического сопротивления – ома.

За открытие квантового эффекта Холла К. была присуждена Нобелевская премия по физике 1985 г. В представлении Шведской королевской академии отмечалось, что работы К. «открыли для исследований новую область, необычайно важную не только для теории, но и для приложений... Мы имеем здесь дело с новым явлением в квантовой физике, причем явлением, характерные особенности которого поняты лишь частично».

Точность и воспроизводимость, с которыми может быть измерен квантовый эффект Холла, делают его явлением, значение которого выходит далеко за рамки метрологии или физики полупроводниковых приборов. Поскольку измеряемая единица сопротивления зависит только от наиболее фундаментальных констант природы, полученный К. результат важен и для многих других областей физики. Например, тонкая структура спектров испускания горячих газов определяется той же комбинацией фундаментальных констант, что и квантовый эффект Холла. Таким образом,

измеренное сопротивление Холла стало проверкой правильности громоздких теоретических расчетов, предсказавших значение постоянной тонкой структуры атомной спектроскопии.

В некоторых отношениях открытие квантового эффекта Холла К. можно сравнить с явлением сверхпроводящего туннелирования, предсказанным двумя десятилетиями раньше Брайаном Д. Джозефсоном. Оба эффекта позволяют наблюдать в лабораторном эксперименте квантовомеханическое поведение, обычно ограниченное системами атомных размеров. Оба эффекта привели к созданию новых абсолютных стандартов электрических величин – вольта у Джозефсона и ома в случае квантового эффекта Холла. Работы К. имеют особое значение, ибо они стимулировали исследования электронов, эффективно ограниченных двухмерным пространством. Многочисленные новые явления, обнаруженные в последующие годы, и новые проблемы, возникшие в физике электронных слоев, во многом обязаны своим появлением замечательным наблюдениям, сделанным К. в 1980 г.

В 1971 г. К. вступил в брак с Ренатой Фалькенберг, у них родились два сына и дочь. Помимо Нобелевской премии он был удостоен премии Вальтера-Шоттки Германского физического общества (1981) и премии Хьюлетта Паккарда Европейского физического общества (1982).

КОКРОФТ (Cockcroft), Джон

27 мая 1897 г. – 18 сентября 1967 г.
Нобелевская премия по физике, 1951 г.
совместно с Эрнестом Уолтоном

Английский физик Джон Дуглас Кокрофт родился в Тодмордене, Йоркшир. Он был старшим из пяти сыновей Джона Артура Кокрофта и Мод (Филден) Кокрофт. Его отец был владельцем небольшой хлопкопрядильной фабрики, и трое из его братьев пошли по стопам отца, поскольку их семья занималась этим бизнесом уже пять поколений. Однако Джон, блестящий ученик и спортсмен, получил в 1914 г. стипендию для обучения в Манчестерском университете.

В Манчестере К. начал изучать математику и посещать лекции физика Эрнеста Резерфорда. Резерфорд, получивший признание за свои работы по радиоактивности и строению атома, сумел доказать, что альфа-частицы являются ядрами атомов гелия. Более того, он показал, что атомы состоят из положительно заряженного ядра, вокруг которого вращаются по орбитам отрицательно заряженные электроны. Это было время, когда перед математиками и физиками встало множество серьезных проблем. Радиоактивность была открыта Анри Беккерелем менее 20 лет назад, в 1896 г.; теория относительности Альберта Эйнштейна, опубликованная в 1905 г., только начала осмысливаться учеными. Но разразилась первая мировая война, и в 1915 г., после года занятий в университете, К. вступил в добровольческое формирование Ассоциации молодых христиан. На военную службу его призвали в этом же году. До своего выхода в запас в 1918 г. он воевал на Западном фронте и продвинулся по службе от сигнальщика до офицера Королевской полевой артиллерии.

Вернувшись в Манчестер, К. стал заниматься электротехникой, и за эти работы получил степень магистра в 1922 г. Став в дальнейшем стипендиатом по математике колледжа св. Джона в Кембридже, он получил там степень бакалавра с отличием в 1924 г. и поступил в кембриджскую Кавендишскую лабораторию младшим ассистентом-исследователем. Четыре года спустя он получил докторскую степень. В Кембридже К. читал лекции по физике и занимался математическими и техническими разработками. Совместно с русским физиком Петром Капицей он разработал трансформаторные обмотки для получения интенсивных магнитных полей. Он также исследовал поверхностные пленки, полученные с помощью атомных пучков.

Резерфорд был директором Кавендишской лаборатории с 1919 г., придя сюда известным ученым, доказавшим, что атомное ядро можно разрушить, бомбардируя его субатомными частицами. Расщепление ядра, которое Резерфорд выполнил, используя естественное излучение альфа-частиц (ядер гелия) и превратив при этом атомы азота в атомы кислорода, открыло новое поле экспериментальных исследований. Следующая первоочередная цель состояла в том, чтобы научиться осуществлять трансмутацию атомов в гораздо больших масштабах, чем это можно было сделать с помощью методов Резерфорда. Некоторые исследователи считали, что этого можно было бы добиться, ускоряя атомные частицы в больших количествах. Поскольку положительно заряженные частицы испытывают

сильное отталкивание со стороны атомных ядер, которые также заряжены положительно, требуется получить чрезвычайно большие ускорения.

Многие ученые и в Европе, и в Соединенных Штатах наперегонки стремились добиться большего ускорения частиц, используя два различных подхода. В так называемом прямом методе энергия получалась с помощью единичного высоковольтного электрического импульса. В другом методе частицы ускорялись, проходя циклически через низковольтное поле несколько раз. Из двух методов циклический казался большинству исследователей более обнадеживающим: хотя для него требовалось более сложное оборудование, но зато здесь использовалось вполне доступное напряжение, тогда как в прямом методе необходимое высокое напряжение было трудно получить на оборудовании того времени.

Вдохновленный теориями физика русского происхождения Георгия Гамова, К. решился развивать прямой метод. Гамов с помощью квантовой механики подсчитал, что, поскольку субатомные частицы обладают волновыми свойствами, они время от времени смогут проникать сквозь ядерный барьер, даже когда их энергии не хватает для его преодоления. Уравнения Гамова объясняли, как альфа-частицы могут покидать ядра радиоактивных элементов; однако К. понял, что те же принципы позволяют другим частицам проникать в ядро с помощью энергии, существенно меньшей, чем считалось ранее.

С Эрнестом Уолтоном, своим коллегой по Кавендишской лаборатории, К. разработал основанную на прямом методе установку, способную подавать напряжение всего лишь в 600 киловольт к трубке, содержащей водород. (Для преодоления ядерного барьера потребовалось бы несколько млн. вольт.) С помощью этой установки К. и Уолтон в апреле 1932 г. бомбардировали литий ядрами водорода, или протонами. «Почти сразу же, – вспоминал потом К., – при энергии в 125 киловольт доктор Уолтон увидел ядерную сцинтилляцию, характерную для альфа-частиц». Они превратили литий и водород в гелий, став тем самым первыми учеными, которым удалось искусственно расщепить атом. Их достижение послужило также экспериментальным подтверждением теории Гамова и показало, что количество энергии, освобождающейся при превращениях атомов, точно соответствует основному уравнению теории относительности Эйнштейна: $E = mc2$.

В 30-х гг. К. продолжал свои эксперименты, используя разные бомбардирующие частицы и атомные ядра, такие, как бор и фтор. После открытия искусственных радиоактивных элементов Фредериком Жолио и Ирен Жолио-Кюри К. и Уолтон показали, что они могут также получать такие элементы, облучая бор и углерод ядрами водорода. В 1934 г. К., способный администратор, был назначен директором лаборатории Монда Королевского общества в Кембридже. Год спустя он вместе с Резерфордом занялся переоборудованием Кавендишской лаборатории, в частности установив там циклотрон – ускоритель, изобретенный Эрнестом О. Лоуренсом. Циклические ускорители были вскоре усовершенствованы и

стали ныне общепринятыми, хотя генератор Кокрофта – Уолтона продолжает использоваться как источник протонов в ряде мощных установок.

В 1939 г. началась вторая мировая война, и К. снова принял участие в военных разработках Великобритании. На него была возложена основная ответственность за разработку и развертывание радаров, решающего фактора, обеспечившего успех Британии в воздушной войне с Германией. В 1940 г. его послали в США в качестве вице-президента Тизардовской комиссии, которая вела переговоры об обмене технической военной информацией с американскими учеными перед вступлением Соединенных Штатов в войну. После возвращения из США К. возглавил отдел научных исследований британских ВВС. В 1944 г. он отправился в Канаду, чтобы возглавить отдел атомной энергии, подчиненный Национальному исследовательскому совету Канады; эта группа приняла участие в Манхэттенском проекте по разработке и производству первой атомной бомбы.

К. вернулся в Англию в 1946 г., чтобы возглавить новое ведомство по исследованиям в области атомной энергии, результатом деятельности которого было создание первой в мире атомной станции в Колдер-Холл, на севере Англии. Ведя активную деятельность во многих областях, он был членом Британского управления по атомной энергии и ЦЕРНа (Европейского центра ядерных исследований в Женеве, Швейцария). Он основал то, что теперь известно как Резерфордская лаборатория высоких энергий, первоклассное оборудование которой открыто для пользования всему научному сообществу британских университетов.

К. и Уолтон разделили в 1951 г. Нобелевскую премию по физике «за работы по трансмутации атомных ядер с помощью искусственно ускоренных атомных частиц». В своей речи Ивар Валлер из Шведской королевской академии наук сказал: «Работа К. и Уолтона подтвердила справедливость закона Эйнштейна, касающегося эквивалентности массы и энергии. При трансмутации лития освобождается энергия, поскольку общая кинетическая энергия полученных ядер гелия превосходит энергию исходных ядер. Согласно закону Эйнштейна, – продолжал Валлер, – это увеличение энергии вызвано соответствующей потерей массы атомных ядер».

В 1959 г. К. возглавил Черчилль-колледж в Кембридже. К моменту своей смерти в 1967 г. К. был президентом Пагуошской конференции и являлся одним из лидеров Либеральной партии.

К. женился в 1925 г. на Юнис Элизабет Крэбтри, у них было четыре дочери и сын.

Кроме Нобелевской премии, К. получил Королевскую медаль Королевского общества (1954 г.), международную золотую медаль Нильса Бора Датского общества инженеров-строителей, электриков и механиков (1958 г.) и премию «За мирный атом», учрежденную фондом Форда (1961 г.). Он был членом Королевского общества, а также почетным членом Американской академии наук и искусств и Шведской королевской академии наук. В 1948 г. К. было пожаловано дворянство. Он был обладателем

почетных степеней Оксфордского университета, Лондонского университета, университета Торонто и университета Глазго.

КОМПТОН (Compton), Артур

10 сентября 1892 г. – 15 марта 1962 г.
Нобелевская премия по физике, 1927 г.
совместно с Ч.Т.Р. Вильсоном

Американский физик Артур Холли Комптон родился в Вустере (штат Огайо). Его родителями были Элиас Комптон, пресвитерианский священник, профессор философии и декан Вустерского колледжа, и Отелия Кэтрин (Огспургер) Комптон. Развиваясь в атмосфере интеллигентной семьи, Артур рано проявил интерес к естественным наукам, собирая бабочек, изучая палеонтологию и читая книги по астрономии. Закончив Вустерский колледж в 1913 г. со степенью бакалавра, он стал аспирантом-физиком Принстонского университета и получил степень магистра в 1914 г. Два года спустя он стал доктором, написав диссертацию о взаимодействии рентгеновских лучей с веществом.

К. проработал год преподавателем физики в Миннесотском университете, а затем служил два года инженером-исследователем в Питсбурге в «Вестингауз лэмп компани». Здесь он занимался разработкой и конструированием лампы, содержащей пары натрия, а после того, как Соединенные Штаты вступили в первую мировую войну, помогал создавать авиационные приборы для войск связи. Во время работы в компании «Вестингауз» он продолжал изучение рентгеновских лучей, что впоследствии привело его к открытию эффекта, названного его именем.

Увлеченный чистой наукой, К. в 1919 г. принял стипендию от Национального исследовательского совета и провел год в Кавендишской лаборатории Кембриджского университета. Это было волнующее время: К. стал свидетелем первых экспериментов Эрнеста Резерфорда по расщеплению атома, что он позднее назвал решающим обстоятельством в своей научной жизни. Поскольку в Кавендишской лаборатории не было высоковольтной рентгеновской установки, К. изучал рассеяние и поглощение гамма-лучей, которые представляют собой высокоэнергетическое рентгеновское излучение, испускаемое радиоактивными ядрами. Он заметил, что рассеянное излучение легче поглощается веществом, чем первичное излучение (излучение, которым бомбардируется мишень), но ни он, ни его коллеги по Кембриджу не могли объяснить это явление с помощью законов классической физики.

В течение первых двух десятилетий XX в. физики постепенно приходили к пониманию того, что классическая физика не в состоянии объяснить события, происходящие на атомном или внутриатомном уровне. Макс Планк, Альберт Эйнштейн, Нильс Бор и другие развили новую теорию для объяснения некоторых внутриатомных явлений, основанную на радикальном допущении, что энергия квантуется, т.е. что энергия может передаваться только дискретными порциями, или квантами. Квантовая теория оказалась весьма полезной для объяснения ранее казавшихся таинственными явлений, и она позволила Бору построить самую убедительную из всех предложенных моделей атома. Однако в своей первоначальной форме квантовая теория не могла справиться с анализом более общих проблем, и большинство физиков не были убеждены в ее фундаментальном значении. Между 1910 и 1920 гг. К. вместе с другими физиками, изучавшими взаимодействие материи и энергии, продолжали искать классические объяснения своим экспериментальным результатам.

Вернувшись в 1920 г. в Соединенные Штаты, К. возглавил физический факультет Вашингтонского университета в Сент-Луисе (штат Миссури), где он выполнил свои самые знаменитые эксперименты. С помощью рентгеновского спектрометра У.Г. Брэгга он произвел точные измерения длины волны рентгеновских лучей, рассеянных на мишени. К. обнаружил, что рассеянное излучение бывает двух сортов: у одного длина волны совпадает с длиной волны первичного излучения, а другое обладает большей длиной волны. Увеличение длины волны, которое стало известно как эффект Комптона, было пропорционально углу рассеяния. И вновь результаты К. не поддавались объяснению в рамках классической физики, однако на сей раз он сделал решительный шаг, обратившись к квантовой теории. Он обнаружил, что увеличение длины волны можно объяснить, рассматривая рентгеновские лучи как частицы со значениями энергии и импульса, предсказанными квантовой теорией. Рентгеновский луч – «частица энергии», или квант, – соударяясь с электроном мишени, отдает электрону часть своей энергии; следовательно, после соударения частица обладает меньшей энергией, что соответствует меньшей частоте – или большей длине

волны – излучения. Новое открытие К. согласовалось с его более ранним открытием, где речь шла о том, что рассеянные гамма-лучи легче поглощаются веществом, чем первичные гамма-лучи; низкоэнергетическое (с большей длиной волны) излучение легче поглощается, чем высокоэнергетическое (с более короткой длиной волны).

Поскольку свет, подобно рентгеновским лучам, представляет собой разновидность электромагнитного излучения, эффект Комптона явился сильным доводом в поддержку выдвинутого в 1905 г. Эйнштейном предположения о том, что свет обладает свойствами не только волны, но и частицы. Корпускулярные свойства электромагнитного излучения проявлялись при взаимодействии первичных рентгеновских лучей с электронами, тогда как волновые свойства обнаруживались при детектировании рассеянных лучей – действие спектрометра можно объяснить, только рассматривая рентгеновские лучи как волны.

К. опубликовал свои результаты в 1923 г., и в том же году он стал профессором Чикагского университета. Он выдвинул предположение, что в результате рассеяния рентгеновских лучей электроны, на которых происходило это рассеяние, вылетают из атомов с большой скоростью. Такие электроны отдачи, как их называл К., были обнаружены и экспериментально проверены позднее в этом же году Ч.Т.Р. Вильсоном, чье изобретение конденсационной камеры позволило наблюдать треки электрически заряженных частиц.

Результаты К. вызвали оживление среди физиков, но его квантовая интерпретация была принята не сразу, поскольку она противоречила идеям Дж.Дж. Томпсона. Американский физик Уильям Дуэн возражал против теории К. и попытался показать, что данные К. могли быть связаны с иными эффектами. К., Дуэн и другие физики провели дополнительные эксперименты, и в 1924 г. Дуэн снял свои возражения, убедившись, что его собственные измерения превосходно согласуются с теорией К. Признание эффекта Комптона явилось важным стимулом для развития квантовой механики, сложной математической трактовки квантовой теории с глубокими и далеко идущими приложениями к физике и химии.

В 20-е гг. К. провел и другие важные исследования рентгеновских лучей. Например, в 1922 г. он показал, что рентгеновские лучи могут полностью отражаться от гладких поверхностей, таких, как стекло или металл, демонстрируя тем самым, что рентгеновские лучи ведут себя аналогично свету. В 1925 г. К. вместе с коллегами получил этот эффект, используя дифракционную решетку спектрометра, которая позволила разделить рассеянные рентгеновские лучи по компонентам с соответствующими длинами волн. Их работа заложила основы изучения рентгеновских лучей как ветви оптики, и одно это принесло бы К. репутацию выдающегося ученого.

К. получил в 1927 г. Нобелевскую премию по физике «за открытие эффекта, названного его именем». Он разделил награду с Ч.Т.Р. Вильсоном. Представляя лауреатов, Кай Сигбан из Шведской королевской академии наук

отметил, что эффект Комптона «ныне настолько важен, что в будущем ни одна атомная теория не может быть принята, если она не согласуется с ним и не следует законам, установленным его первооткрывателем».

После получения премии К. занялся разработкой способов экспериментального исследования распределения электронов в атомах. Вместе с измерением энергии рентгеновских лучей Каем Сигбаном эта работа легла в основу последующих теорий строения атома. Экспериментальные исследования К. внесли также вклад в понимание магнитных свойств ферромагнитных материалов, таких, как железо.

В начале 30-х гг. К. заинтересовался космическими лучами (излучением, падающим на землю из космического пространства), поскольку взаимодействие гамма-лучей и электронов в космических лучах дает важный пример эффекта Комптона. Между 1931 и 1933 гг. он возглавлял экспедиции во многие части света, чтобы получить данные, касающиеся космических лучей. На основании этой информации он подтвердил полученные еще в 20-х гг. выводы Джекоба Клея об изменении интенсивности космических лучей в зависимости от географической широты. К. правильно объяснил такое изменение, показав, что вопреки преобладающему мнению космические лучи испытывают влияние магнитного поля Земли и состоят, по крайней мере частично, из заряженных частиц.

В 1941 г. К. возглавил физический факультет и стал деканом отделения физических наук Чикагского университета. В этом же году он возглавил комитет Национальной академии наук, созданный с целью изучения возможного использования атомной энергии в военных целях. Благоприятный отзыв этой группы привел к утверждению Манхэттенского проекта. С 1942 по 1945 г. К. был директором одного из подразделений этого проекта, известного как металлургическая лаборатория Чикагского университета. Здесь под руководством Энрико Ферми был построен первый ядерный реактор. Позднее К. руководил строительством Ок-Риджской национальной лаборатории в штате Теннесси, которая должна была заниматься отделением урана-235 от более распространенного урана-238.

Когда К. предложили в 1945 г. возглавить Вашингтонский университет, он решил принять предложение и покинуть Чикаго, хотя новый пост и означал для него конец исследовательской работы. Уйдя с поста главы университета в 1954 г., он остался почетным профессором физики Вашингтонского университета. С этого поста он ушел в 1961 г., предполагая делить свое время между Вашингтонским университетом, Вустерским колледжем и Калифорнийским университетом в Беркли.

В 1916 г. К. женился на Бетти Чарити Мак-Клоски, у них было двое сыновей. Всю жизнь жена была его верным помощником в работе, а во время второй мировой войны она по его настоянию даже получила допуск к секретной работе наравне с ним. Человек яркий и незаурядный, К. был способен зажечь энтузиазм в своих учениках и соратниках. Искренне религиозный, он возглавлял Лейменское миссионерское движение с 1934 по 1948 г. и активно участвовал в работе Национальной конференции христиан

и иудеев. Он умер от кровоизлияния в мозг 15 марта 1962 г. в Беркли (Калифорния).

Среди многочисленных наград К. можно указать медаль Румфорда Американской академии наук и искусств (1927 г.), медаль Хьюгса Лондонского королевского общества (1940 г.), медаль Франклина Франклиновского института (1940 г.) и медаль «За заслуги» правительства Соединенных Штатов (1946 г.). Он получил почетные степени многих университетов, включая Йельский, Принстонский и Гарвардский. К. был членом Американской ассоциации содействия развитию науки, Американского философского общества, Американского физического общества, Национальной академии наук США и Нью-Йоркской академии наук, а также членом более 20 иностранных научных обществ.

КРОНИН (Cronin), Джеймс У.

Род. 29 сентября 1931 г.
Нобелевская премия по физике, 1980 г.
совместно с Валом Л. Фитчем

Американский физик Джеймс Уотсон Кронин родился в Чикаго (штат Иллинойс), в семье Джеймса Фарли Кронина, в то время студента-старшекурсника отделения классических языков Чикагского университета, и Дороти (Уотсон) Кронин. Родители К. познакомились, посещая класс древнегреческою языка при Северо-Западном университете. После кратковременного пребывания в Алабаме в 1939 г. семья переехала в Даллас (штат Техас), где отец К. стал профессором латинского и древнегреческого

языков в Южном методистском университете К. посещал местную начальную и среднюю школу в Хайленд-Парк, а затем продолжил образование в Южном методистском университете, который окончил в 1951 г., получив степень бакалавра по физике и математике.

Сам К. считает, что его настоящее образование началось осенью 1951 г., когда он стал аспирантом Чикагского университета. Среди его учителей были Энрико Ферми, Мария Гепперт-Майер, Эдвард Теллер, Вал Телегди, Марвин Голдбергер и Марри Гелл-Манн. Именно Гелл-Манн и пробудил у К. интерес к только зарождавшейся тогда физике элементарных частиц. Ученую степень доктора К. получил в 1955 г., защитив диссертацию по экспериментальной ядерной физике, выполненную под руководством Сэмюела К. Аллисона.

Затем К. присоединился к группе Родни Кула и Оресте Пиччони в Брукхейвенской национальной лаборатории на Лонг-Айленде. Эти исследователи работали на недавно построенном космотроне-ускорителе, способном разгонять протоны до энергии в 3 млрд. электронвольт. В Брукхейвене К. встретил Вала Л. Фитча, который осенью 1958 г. пригласил его перейти на работу в Принстонский университет. Осуществляя независимые исследовательские программы, эти двое ученых в 1963 г. выполнили совместный, ставший классическим эксперимент, который подорвал казавшееся незыблемым представление об одном из законов природы.

Одно время физики считали, что в природе действуют три фундаментальных закона симметрии. Согласно первому закону, известному как «симметрия зарядового сопряжения» (С), исход любого физического эксперимента должен оставаться неизменным, если каждую частицу в эксперименте заменить соответствующей античастицей (т.е. частицей-близнецом, но с противоположным электрическим зарядом и некоторыми другими свойствами). Иначе говоря, мир, целиком состоящий из антиматерии, должен был бы подчиняться таким же физическим законам, как и мир, состоящий из материи. Второй закон – «сохранения четности» (Р), утверждает, что любая реакция между частицами должна оставаться такой же, если все геометрические величины, например такие, как пространственные координаты, заменить их зеркальными отображениями, т.е. никакая реакция не позволяет отличать правое от левого. Третий закон, «симметрия относительно обращения времени» (Т), гласит, что любая реакция между элементарными частицами должна одинаково хорошо протекать как в прямом, так и в обратном направлении. Например, если две частицы могут сливаться, образуя третью, то последняя может распадаться с образованием двух исходных частиц.

В 1956 г. Ли Цзундао и Янг Чжэньнин пришли к выводу о возможном несохранении четности Р в некоторых реакциях, связанных со слабым взаимодействием, которое ответственно за некоторые формы радиоактивного распада, в отличие от сильного взаимодействия, удерживающего частицы внутри атомного ядра. Они предложили

эксперименты, которые позволили бы решить этот вопрос. А вскоре Ву Цзяньсюн и ее сотрудники из Колумбийского университета доказали, что четность не полностью сохраняется при бета-распаде (испускании электрона) некоторых радиоактивных ядер:

ядра испускают больше «ориентированных влево» электронов, чем «ориентированных вправо». Другие исследователи установили, что зарядовое сопряжение (C) также сохраняется лишь приближенно. В некоторых физических процессах обнаруживается предпочтение частицам перед античастицами. Физикам удалось спасти некоторое подобие порядка, объединяя C и P в комбинированный закон сохранения CP-симметрии, который подтверждается экспериментальными результатами. Нарушение C компенсируется одновременным нарушением P, и наоборот. Например, если избыток левоориентированных электронов нарушает сохранение четности, то одновременная замена частиц на античастицы превратила бы левоориентированные электроны в правоориентированные позитроны и оставила бы неизменными физические законы. Именно универсальное сохранение комбинированной CP-симметрии, предложенное для объяснения нарушения в отдельности C- и P-симметрий, и было опровергнуто К. и Фитчем летом 1963 г.

К. и Фитч изучали пучки нейтральных K-мезонов, называемых теперь каонами (частицы с вдвое меньшей массой, чем протон), порождаемых ускорителем в Брукхейвене. Приступая к эксперименту, ученые не ставили перед собой задача опровергнуть CP-симметрию, напротив, они надеялись подтвердить ее. Однако в серии экспериментов, проведенных при участии Рене Турле из Центра ядерных исследований во Франции и Джеймса Кристенсена, аспиранта из Принстона, К. и Фитч обнаружили безусловное подтверждение нарушения CP-симметрии. При распаде определенного вида нейтральных K-мезонов примерно одно событие из 500 не удовлетворяет тесту на симметрию. Первое подтверждение нарушения CP-симметрии было косвенным; последующие же эксперименты сделали этот эффект очевидным. В распадах K-мезонов левоориентированные частицы преобладают над правоориентированными (нарушение четности P), а материя над антиматерией (нарушение зарядовой симметрии C). Кроме того, комбинированная CP-симметрия также нарушается в распадах левоориентированная материя преобладает над правоориентированной. Это проявилось в форме запрещенного типа распада. В соответствии с CP-симметрией короткоживущие нейтральные K-мезоны должны распадаться на два пи-мезона, а долгоживущие нейтральные K-мезоны (в среднем они существуют в 500 раз дольше, чем короткоживущие) могут распадаться только на три пи-мезона. Экспериментальные результаты, встреченные сначала с недоверием, перед публикацией были в течение шести месяцев подвергнуты тщательному анализу и проверке, которые убедительно показали, что некоторые долгоживущие K-мезоны распадаются на два пи-мезона.

Вне подозрений оставалась лишь общая симметрия – комбинация всех трех симметрий CPT. Любое явление, наблюдаемое в природе, обладает таким свойством, что соответствующее явление, возникающее при одновременной замене левого и правого, материи и антиматерии и обращении времени, должно быть равновероятно. Этот факт и нарушениеCP-инвариантности привели в выводу: симметрия относительно обращения времени должна нарушаться. Если нарушается CP-симметрия, то для того, чтобы CPT-симметрия сохранялась,T-симметрия (относительно обращения времени) должна нарушаться. Распад K-мезона, нарушающий CP-симметрию, не может быть обращен во времени. Эти выводы заставили ученых не только переосмыслить прежние объяснения физических явлений, но и создать новую теорию эволюции Вселенной. Действительно, если в первые моменты «большого взрыва» материя и антиматерия образовались в равных количествах, то они могли бы полностью аннигилировать. Но нарушение CP-инвариантности позволяет античастицам распадаться быстрее, чем частицам, и, следовательно, быстрее исчезать, оставляя избыток частиц в виде вещества Вселенной. Что же касается процессов аннигиляции, то они пополняют запас электромагнитного излучения во Вселенной.

В 1964 г. К. стал полным профессором Принстонского университета, но провел этот год в Центре ядерных исследований во Франции, работая с Турле. На следующий год К. вернулся в Принстон, где продолжил исследования нарушений CP-симметрии в распадах K-мезонов. В 1971 г. он стал сотрудником факультета Чикагского университета, где осуществил эксперименты на новом ускорителе Национальной ускорительной лаборатории Ферми, расположенной непосредственно за городской чертой.

В 1980 г. К. и Фитч разделили Нобелевскую премию по физике «за открытие нарушений фундаментальных принципов симметрии при распаде нейтральных K-мезонов». В заключение своей Нобелевской лекции К. сказал: «Мы должны постоянно помнить о том, что нарушение CP-симметрии, сколь оно ни мало, является самым реальным эффектом... Этот эффект говорит о том, что между материей и антиматерией существует фундаментальная асимметрия и что она свидетельствует о возможности проявления асимметрии относительно обращения времени на уровне некоторых слабых взаимодействий... Мы надеемся, что когда-нибудь и это таинственное послание природы будет расшифровано».

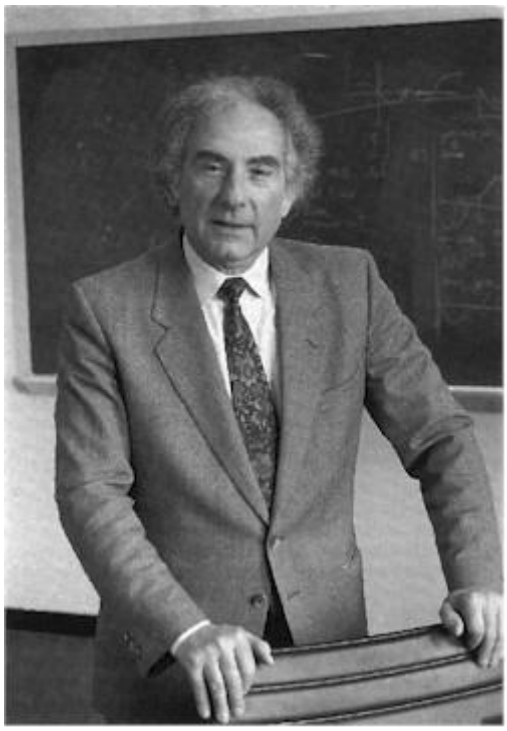
После получения Нобелевской премии К. продолжает работать в Чикагском университете, где, в частности, пытается понять глубинные причины нарушения CP-симметрии.

В 1954 г. К. женился на Аннетт Мартин, аспирантке Чикагского университета. У них трое детей. Свой досуг чаще всего он проводит в загородном доме в штате Висконсин, любит совершать лыжные прогулки.

Помимо Нобелевской премии, К. удостоен награды «За научные достижения» исследовательской корпорации Америки (1968), медали Джона Прайса Уэзерилла Франклиновского института (1975) и памятной награды

Эрнеста Орландо Лоуренса по физике Управления энергетических исследований и разработок США (1977). Он является членом американской Национальной академии наук, Американского физического общества и Американской академии наук и искусств.

КУПЕР (Cooper), Леон



род. 28 февраля 1930 г.
Нобелевская премия по физике, 1972 г.
совместно с Уильямом Шокли и Джоном Робертом Шриффером

Американский физик Леон Купер родился в Нью-Йорке, в семье Ирвинга Купера и его жены Анны, до замужества Золя. Леон вырос в Нью-Йорке, посещал среднюю школу в Бронксе, а затем поступил в Колумбийский университет, где специализировался по физике. Он стал бакалавром в 1951 г., магистром в 1953 г. и доктором в 1954 г. Во время обучения в Колумбийском университете основные интересы К. лежали в области квантовой теории поля, которая описывает взаимодействие частиц и полей на атомном или субатомном уровне.

Стипендия Национального научного фонда позволила К. провести 1954/55 академический год в Институте фундаментальных исследований в Принстоне (штат Нью-Джерси), после чего он два года выполнял постдокторскую работу под руководством Джона Бардина в Иллинойском университете. Бардин изучал сверхпроводимость и другие свойства вещества при температурах, всего лишь на несколько градусов превышающих абсолютный нуль (273°C).

Голландский физик Хейке Камерлинг Оннес открыл в 1911 г., что при охлаждении некоторых металлов до температуры, отличающейся от

абсолютного нуля на несколько градусов, они полностью теряют электрическое сопротивление, – явление, получившее название сверхпроводимости. Его наблюдения, весьма озадачившие ученых того времени, несколько десятилетий не находили полного объяснения.

По мере охлаждения почти у всех металлов увеличивается проводимость, поскольку тепловые колебания их атомов порождают электрическое сопротивление из-за рассеяния электронов, участвующих в создании электрического тока. При охлаждении металла амплитуда колебаний уменьшается, что улучшает проводимость. По мере уменьшения температуры в обычных металлах это улучшение происходит постепенно, тогда как в сверхпроводнике всякое электрическое сопротивление исчезает при температуре, близкой к абсолютному нулю. Хотя атомы такого металла продолжают колебаться, несущие ток электроны, по-видимому, двигаются без помех.

Около 1950 г. были проведены исследования сверхпроводимости у металлов, обладающих несколькими изотопами (разновидности элементов, обладающие одинаковым числом протонов и электронов и тем самым и одинаковыми химическими свойствами, но различным числом нейтронов) Оказалось что критическая температура, при которой изотоп становится сверхпроводящим, обратно пропорциональна атомной массе изотопа. Атомная масса изменяет свойства твердого тела только потому, что она влияет на распространение колебаний в кристаллической структуре этого тела. Это наблюдение привело Бардина к мысли, что свойство сверхпроводимости зависит от взаимодействия электронов с колебаниями атомов. Бардин со своими коллегами уже несколько лет изучал эти взаимодействия перед тем, как в 1956 г. к ним присоединился К.

За короткое время К. показал, что взаимодействие между электронами и кристаллической решеткой порождает связанные пары электронов Во время движения сквозь кристалл металла один электрон притягивает окружающие положительно заряженные атомы, вызывая этим небольшую деформацию кристаллической решетки. Эта деформация в свою очередь создает кратковременную концентрацию положительного заряда, которая притягивает второй электрон. Таким путем два электрона оказываются связанными друг с другом посредством кристаллической решетки, образуя то, что известно как куперовская пара.

Основываясь на этом открытии, Дж. Роберт Шриффер, аспирант Иллинойского университета, который также работал под руководством Бардина, разработал метод анализа движений большого числа пар взаимодействующих электронов. За месяц он, Бардин и К. обобщили модель Шриффера, создав тем самым общую теорию сверхпроводимости. Названная БКШ-теорией (по инициалам трех ее создателей), она утверждает, что в сверхпроводящем материале большая доля свободных электронов ведет себя согласованным образом. В результирующем когерентном состоянии электроны движутся в унисон. Ниже критической температуры эффект образования электронных пар, обеспечивающий координированное

движение электронов, оказывается сильнее тепловых колебаний атомов металла. Возмущение, которое отклонило бы отдельный электрон и, следовательно, вызвало бы появление электрического сопротивления, не может сделать это в сверхпроводнике, не воздействуя на все электроны, участвующие в сверхпроводящем состоянии. Это событие маловероятно, и поэтому парные электроны движутся когерентно без потери энергии. БКШ-теорию часто считают наиболее важным вкладом в теоретическую физику с момента создания квантовой теории.

К. вместе с двумя своими коллегами получили в 1972 г. Нобелевскую премию по физике «за создание теории сверхпроводимости, обычно называемой БКШ-теорией». В Нобелевской лекции К. обсуждались микроскопические интерференционные квантовые эффекты в теории сверхпроводимости. Признавая практическое значение своей работы, он отметил, что «теория не производит сокровищ этого мира (хотя и может направлять нас к их достижению). Теория – нечто большее. Она является упорядочением опыта, придающим опыту смысл, а также доставляет нам удовольствие чистого созерцания».

С 1957 по 1958 г. К. работал ассистент-профессором в университете штата Огайо, а затем занимал различные профессорские должности в Браунском университете, совмещая с 1974 г. эту работу с обязанностями содиректора Браунского неврологического центра. Много времени он отдавал развитию теории центральной нервной системы. Его особенно интересовало, как модификация нейронов ведет к организации распределенной памяти. Вместе со своим коллегой Чарлзом Элбаумом К. разработал гибкую систему, способную распознавать рукописные буквы и преобразовывать их в печатные. Эта система была использована корпорацией ИБМ в 1987 г.

К. и его жена Кэй Энн, до замужества Аллард, состоят в браке с 1969 г., у них две дочери.

Кроме Нобелевской премии, К. был награжден премией Комстока Национальной академии наук США (1968 г.) и медалью Декарта Университета Рене Декарта (1977 г.). Он обладает почетными степенями Колумбийского университета, Суссекского университета. Иллинойского университета, Браунского университета и университета штата Огайо. Он член Американской академии наук и искусств, Американского физического общества, Национальной академии наук, Американского философского общества и Федерации американских ученых.

КЮРИ (Curie), Пьер

15 мая 1859 г. – 19 апреля 1906 г.
Нобелевская премия по физике, 1903 г.
совместно с Анри Беккерелем и Мари Кюри

Французский физик Пьер Кюри родился в Париже. Он был младшим из двух сыновей врача Эжена Кюри и Софи-Клер (Депулли) Кюри. Отец решил дать своему независимому и рефлексирующему сыну домашнее образование. Мальчик оказался столь прилежным учеником, что в 1876 г., шестнадцати лет от роду, получил ученую степень бакалавра Парижского университета (Сорбонны). Два года спустя он получил степень лиценциата (эквивалентную степени магистра) физических наук.

В 1878 г. К. стал демонстратором в физической лаборатории Сорбонны, где занялся исследованием природы кристаллов. Вместе со своим старшим братом Жаком, работавшим в минералогической лаборатории университета, К. в течение четырех лет проводил интенсивные экспериментальные работы в этой области. Братья Кюри открыли пьезоэлектричество – появление под действием приложенной извне силы на поверхности некоторых кристаллов электрических зарядов. Ими был открыт и обратный эффект: те же кристаллы под действием электрического поля испытывают сжатие. Если приложить к таким кристаллам переменный ток, то их можно заставить совершать колебания с ультравысокими частотами, при которых кристаллы будут испускать звуковые волны за пределами восприятия человеческого слуха. Такие кристаллы стали очень важными компонентами такой радиоаппаратуры, как микрофоны, усилители и стереосистемы. Братья Кюри разработали и построили такой лабораторный прибор, как пьезоэлектрический кварцевый балансир, который создает

электрический заряд, пропорциональный приложенной силе. Его можно считать предшественником основных узлов и модулей современных кварцевых часов и радиопередатчиков. В 1882 г. по рекомендации английского физика Уильяма Томсона К. был назначен руководителем лаборатории новой Муниципальной школы промышленной физики и химии. Хотя жалованье в школе было более чем скромным, К. оставался главой лаборатории в течение двадцати двух лет. Через год после назначения К. руководителем лаборатории сотрудничество братьев прекратилось, так как Жак покинул Париж, чтобы стать профессором минералогии университета Монпелье.

В период с 1883 по 1895 г. К. выполнил большую серию работ, в основном по физике кристаллов. Его статьи по геометрической симметрии кристаллов и поныне не утратили своего значения для кристаллографов. С 1890 по 1895 г. К. занимался изучением магнитных свойств веществ при различных температурах. На основании большого числа экспериментальных данных в его докторской диссертации была установлена зависимость между температурой и намагниченностью, впоследствии получившая название закона Кюри.

Работая над диссертацией. К. в 1894 г. встретился с Марией Склодовской (Мари Кюри), молодой польской студенткой физического факультета Сорбонны. Они поженились в июле 1895 г., через несколько месяцев после того, как К. защитил докторскую диссертацию. В 1897 г., вскоре после рождения первого ребенка, Мари Кюри приступила к исследованиям радиоактивности, которые вскоре поглотили внимание Пьера до конца его жизни.

В 1896 г. Анри Беккерель открыл, что урановые соединения постоянно испускают излучение, способное засвечивать фотографическую пластинку. Выбрав это явление темой своей докторской диссертации, Мари стала выяснять, не испускают ли другие соединения «лучи Беккереля». Так как Беккерель обнаружил, что испускаемое ураном излучение повышает электропроводность воздуха вблизи препаратов, она использовала для измерения электропроводности пьезоэлектрический кварцевый балансир братьев Кюри. Вскоре Мари Кюри пришла к заключению, что только уран, торий и соединения этих двух элементов испускают излучение Беккереля, которое она позднее назвала радиоактивностью. Мари в самом начале своих исследований совершила важное открытие: урановая смоляная обманка (урановая руда) электризует окружающий воздух гораздо сильнее, чем содержащиеся в ней соединения урана и тория, и даже чем чистый уран. Из этого наблюдения она сделала вывод о существовании в урановой смоляной обманке еще неизвестного сильно радиоактивного элемента. В 1898 г. Мари Кюри сообщила о результатах своих экспериментов Французской академии наук. Убежденный в том, что гипотеза его жены не только верна, но и очень важна, К. оставил свои собственные исследования, чтобы помочь Мари выделить неуловимый элемент. С этого времени интересы супругов Кюри

как исследователей слились настолько полно, что даже в своих лабораторных записях они всегда употребляли местоимение «мы».

Кюри поставили перед собой задачу разделить урановую смоляную обманку на химические компоненты. После трудоемких операций они получили небольшое количество вещества, обладавшее наибольшей радиоактивностью. Оказалось. что выделенная порция содержит не один, а два неизвестных радиоактивных элемента. В июле 1898 г. Кюри опубликовали статью «О радиоактивном веществе, содержащемся в урановой смоляной обманке» ("Sur une substance radioactive contenue dans la pecelende"), в которой сообщали об открытии одного из элементов, названным полонием в честь родины Марии Склодовской. В декабре они объявили об открытии второго элемента, который назвали радием. Оба новых элемента были во много раз более радиоактивны, чем уран или торий, и составляли одну миллионную часть урановой смоляной обманки. Чтобы выделить из руды радий в достаточном для определения его атомного веса количестве, Кюри в последующие четыре года переработали несколько тонн урановой смоляной обманки. Работая в примитивных и вредных условиях, они производили операции химического разделения в огромных чанах, установленных в дырявом сарае, а все анализы – в крохотной, бедно оснащенной лаборатории Муниципальной школы.

В сентябре 1902 г. супруги Кюри сообщили о том, что им удалось выделить одну десятую грамма хлорида радия и определить атомную массу радия, которая оказалась равной 225. (Выделить полоний Кюри не удалось, так как он оказался продуктом распада радия.) Соль радия испускала голубоватое свечение и тепло. Это фантастически выглядевшее вещество привлекло к себе внимание всего мира. Признание и награды за его открытие пришли почти сразу.

Кюри опубликовали огромное количество информации о радиоактивности, собранной ими за время исследований: с 1898 по 1904 г. они выпустили тридцать шесть работ. Еще до завершения своих исследований. Кюри побудили других физиков также заняться изучением радиоактивности. В 1903 г. Эрнест Резерфорд и Фредерик Содди высказали предположение о том, что радиоактивные излучения связаны с распадом атомных ядер. Распадаясь (утрачивая какие-то из образующих их частиц), радиоактивные ядра претерпевают трансмутацию в другие элементы. Кюри одними из первых поняли, что радий может применяться и в медицинских целях. Заметив воздействие излучения на живые ткани, они высказали предположение, что препараты радия могут оказаться полезными при лечении опухолевых заболеваний.

Шведская королевская академия наук присудила супругам Кюри половину Нобелевской премии по физике 1903 г. «в знак признания... их совместных исследований явлений радиации, открытых профессором Анри Беккерелем», с которым они разделили премию. Кюри были больны и не смогли присутствовать на церемонии вручения премий. В своей Нобелевской

лекции, прочитанной два года спустя, К. указал на потенциальную опасность, которую представляют радиоактивные вещества, попади они не в те руки, и добавил, что «принадлежит к числу тех, кто вместе с Нобелем считает, что новые открытия принесут человечеству больше бед, чем добра».

Радий – элемент, встречающийся в природе крайне редко, и цены на него, с учетом его медицинского значения, быстро возросли. Кюри жили бедно, и нехватка средств не могла не сказываться на их исследованиях. Вместе с тем они решительно отказались от патента на свой экстракционный метод, равно как и от перспектив коммерческого использования радия. По их убеждению, это противоречило бы духу науки – свободному обмену знаниями. Несмотря на то, что такой отказ лишил их немалой прибыли, финансовое положение Кюри улучшилось после получения Нобелевской премии и других наград.

В октябре 1904 г. К. был назначен профессором физики Сорбонны, а Мари Кюри – заведующей лабораторией, которой прежде руководил ее муж. В декабре того же года у Кюри родилась вторая дочь. Возросшие доходы, улучшившееся финансирование исследований, планы создания новой лаборатории, восхищение и признание мирового научного сообщества должны были сделать последующие годы супругов Кюри плодотворными. Но, как и Беккерель, К. ушел из жизни слишком рано, не успев насладиться триумфом и свершить задуманное. В дождливый день 19 апреля 1906 г., переходя улицу в Париже, он поскользнулся и упал. Голова его попала под колесо проезжавшего конного экипажа. Смерть наступила мгновенно.

Мари Кюри унаследовала его кафедру в Сорбонне, где продолжила свои исследования радия. В 1910 г. ей удалось выделить чистый металлический радий, а в 1911 г. она была удостоена Нобелевской премии по химии. В 1923 г. Мари опубликовала биографию К. Старшая дочь Кюри, Ирен (Ирен Жолио-Кюри), разделила со своим мужем Нобелевскую премию по химии 1935 г.; младшая, Ева, стала концертирующей пианисткой и биографом своей матери.

Серьезный, сдержанный, всецело сосредоточенный на своей работе, К. был вместе с тем добрым и отзывчивым человеком. Он пользовался довольно широкой известностью как натуралист-любитель. Одним из излюбленных его развлечений были пешие или велосипедные прогулки. Несмотря на занятость в лаборатории и семейные заботы, Кюри находили время для совместных прогулок.

Помимо Нобелевской премии, К. был удостоен еще нескольких наград и почетных званий, в том числе медали Дэви Лондонского королевского общества (1903) и золотой медали Маттеуччи Национальной Академии наук Италии (1904). Он был избран во Французскую академию наук (1905).

ЛАНДАУ, Лев

22 января 1908 г. – 1 апреля 1968 г.
Нобелевская премия по физике, 1962 г.

Советский физик Лев Давидович Ландау родился в семье Давида и Любови Ландау в Баку. Его отец был известным инженером-нефтяником, работавшим на местных нефтепромыслах, а мать – врачом. Она занималась физиологическими исследованиями. Старшая сестра Л. стала инженером-химиком. Хотя учился Л. в средней школе и блестяще окончил ее, когда ему было тринадцать лет, родители сочли, что он слишком молод для высшего учебного заведения, и послали его на год в Бакинский экономический техникум. В 1922 г. Л. поступил в Бакинский университет, где изучал физику и химию; через два года он перевелся на физический факультет Ленинградского университета. Ко времени, когда ему исполнилось 19 лет, Л. успел опубликовать четыре научные работы. В одной из них впервые использовалась матрица плотности – ныне широко применяемое математическое выражение для описания квантовых энергетических состояний. По окончании университета в 1927 г. Л. поступил в аспирантуру Ленинградского физико-технического института, где он работал над магнитной теорией электрона и квантовой электродинамикой.

С 1929 по 1931 г. Л. находился в научной командировке в Германии, Швейцарии, Англии, Нидерландах и Дании. Там он встречался с основоположниками новой тогда квантовой механики, в том числе с Вернером Гейзенбергом, Вольфгангом Паули и Нильсом Бором. На всю жизнь Л. сохранил дружеские чувства к Нильсу Бору, оказавшему на него особенно сильное влияние. Находясь за границей, Л. провел важные

исследования магнитных свойств свободных электронов и совместно с Рональдом Ф. Пайерлсом – по релятивистской квантовой механике. Эти работы выдвинули его в число ведущих физиков-теоретиков. Он научился обращаться со сложными теоретическими системами, и это умение пригодилось ему впоследствии, когда он приступил к исследованиям по физике низких температур.

В 1931 г. Л. возвратился в Ленинград, но вскоре переехал в Харьков, бывший тогда столицей Украины. Там Л. становится руководителем теоретического отдела Украинского физико-технического института. Одновременно он заведует кафедрами теоретической физики в Харьковском инженерно-механическом институте и в Харьковском университете. Академия наук СССР присудила ему в 1934 г. ученую степень доктора физико-математических наук без защиты диссертации, а в следующем году он получает звание профессора. В Харькове Л. публикует работы на такие различные темы, как происхождение энергии звезд, дисперсия звука, передача энергии при столкновениях, рассеяние света, магнитные свойства материалов, сверхпроводимость, фазовые переходы веществ из одной формы в другую и движение потоков электрически заряженных частиц. Это создает ему репутацию необычайно разностороннего теоретика. Работы Л. по электрически взаимодействующим частицам оказались полезными впоследствии, когда возникла физика плазмы – горячих, электрически заряженных газов. Заимствуя понятия из термодинамики, он высказал немало новаторских идей относительно низкотемпературных систем. Работы Л. объединяет одна характерная черта – виртуозное применение математического аппарата для решения сложных задач. Л. внес большой вклад в квантовую теорию и в исследования природы и взаимодействия элементарных частиц.

Необычайно широкий диапазон его исследований, охватывающих почти все области теоретической физики, привлек в Харьков многих высокоодаренных студентов и молодых ученых, в том числе Евгения Михайловича Лифшица, ставшего не только ближайшим сотрудником Л., но и его личным другом. Выросшая вокруг Л. школа превратила Харьков в ведущий центр советской теоретической физики. Убежденный в необходимости основательной подготовки теоретика во всех областях физики, Л. разработал жесткую программу подготовки, которую он назвал «теоретическим минимумом». Требования, предъявляемые к претендентам на право участвовать в работе руководимого им семинара, были настолько высоки, что за тридцать лет, несмотря на неиссякающий поток желающих, экзамены по «теорминимуму» сдало лишь сорок человек. Тем, кто преодолел экзамены, Л. щедро уделял свое время, предоставлял им свободу в выборе предмета исследования. Со своими учениками и близкими сотрудниками, которые с любовью называли его Дау, он поддерживал дружеские отношения. В помощь своим ученикам Л. в 1935 г. создал исчерпывающий курс теоретической физики, опубликованный им и Е.М. Лифшицем в виде серии учебников, содержание которых авторы пересматривали и обновляли в

течение последующих двадцати лет. Эти учебники, переведенные на многие языки, во всем мире заслуженно считаются классическими. За создание этого курса авторы в 1962 г. были удостоены Ленинской премии.

В 1937 г. Л. по приглашению Петра Капицы возглавил отдел теоретической физики во вновь созданном Институте физических проблем в Москве. Но на следующий год Л. был арестован по ложному обвинению в шпионаже в пользу Германии. Только вмешательство Капицы, обратившегося непосредственно в Кремль, позволило добиться освобождения Л.

Когда Л. переехал из Харькова в Москву, эксперименты Капицы с жидким гелием шли полным ходом. Газообразный гелий переходит в жидкое состояние при охлаждении до температуры ниже 4,2К (в градусах Кельвина измеряется абсолютная температура, отсчитываемая от абсолютного нуля, или от температуры – 273,18°С). В этом состоянии гелий называется гелием-1. При охлаждении до температуры ниже 2,17К гелий переходит в жидкость, называемую гелием-2 и обладающую необычными свойствами. Гелий-2 протекает сквозь мельчайшие отверстия с такой легкостью, как будто у него полностью отсутствует вязкость. Он поднимается по стенке сосуда, как будто на него не действует сила тяжести, и обладает теплопроводностью, в сотни раз превышающей теплопроводность меди. Капица назвал гелий-2 сверхтекучей жидкостью. Но при проверке стандартными методами, например измерением сопротивления крутильным колебаниям диска с заданной частотой, выяснилось, что гелий-2 не обладает нулевой вязкостью. Ученые высказали предположение о том, что необычное поведение гелия-2 обусловлено эффектами, относящимися к области квантовой теории, а не классической физики, которые проявляются только при низких температурах и обычно наблюдаются в твердых телах, так как большинство веществ при этих условиях замерзают. Гелий является исключением – если его не подвергать очень высокому давлению, остается жидким вплоть до абсолютного нуля. В 1938 г. Ласло Тисса предположил, что жидкий гелий в действительности представляет собой смесь двух форм: гелия-1 (нормальной жидкости) и гелия-2 (сверхтекучей жидкости). Когда температура падает почти до абсолютного нуля, доминирующей компонентой становится гелий-2. Эта гипотеза позволила объяснить, почему при разных условиях наблюдается различная вязкость.

Л. объяснил сверхтекучесть, используя принципиально новый математический аппарат. В то время как другие исследователи применяли квантовую механику к поведению отдельных атомов, он рассмотрел квантовые состояния объема жидкости почти так же, как если бы та была твердым телом. Л. выдвинул гипотезу о существовании двух компонент движения, или возбуждения: фононов, описывающих относительно нормальное прямолинейное распространение звуковых волн при малых значениях импульса и энергии, и ротонов, описывающих вращательное движение, т.е. более сложное проявление возбуждений при более высоких значениях импульса и энергии. Наблюдаемые явления обусловлены вкладами

фононов и ротонов и их взаимодействием. Жидкий гелий, утверждал Л., можно рассматривать как «нормальную» компоненту, погруженную в сверхтекучий «фон». В эксперименте по истечению жидкого гелия через узкую щель сверхтекучая компонента течет, в то время как фононы и ротоны сталкиваются со стенками, которые удерживают их. В эксперименте с крутильными колебаниями диска сверхтекучая компонента оказывает пренебрежимо слабое воздействие, тогда как фононы и ротоны сталкиваются с диском и замедляют его движение. Отношение концентраций нормальной и сверхтекучей компонент зависит от температуры. Ротоны доминируют при температуре выше 1К, фононы – ниже 0,6 К.

Теория Л. и ее последующие усовершенствования позволили не только объяснить наблюдаемые явления, но и предсказать другие необычные явления, например распространение двух различных волн, называемых первым и вторым звуком и обладающих различными свойствами. Первый звук – это обычные звуковые волны, второй – температурная волна. Теория Л. помогла существенно продвинуться в понимании природы сверхпроводимости..

Во время второй мировой войны Л. занимался исследованием горения и взрывов, в особенности ударных волн на больших расстояниях от источника. После окончания войны и до 1962 г. он работал над решением различных задач, в том числе изучал редкий изотоп гелия с атомной массой 3 (вместо обычной массы 4), и предсказал для него существование нового типа распространения волн, который был назван им «нулевым звуком». Заметим, что скорость второго звука в смеси двух изотопов при температуре абсолютного нуля стремится к нулю. Л. принимал участие и в создании атомной бомбы в Советском Союзе.

Незадолго до того, как ему исполнилось пятьдесят четыре года, Л. попал в автокатастрофу и получил тяжелые повреждения. Врачи из Канады, Франции, Чехословакии и Советского Союза боролись за его жизнь. В течение шести недель он оставался без сознания и почти три месяца не узнавал даже своих близких. По состоянию здоровья Л. не мог отправиться в Стокгольм для получения Нобелевской премии 1962 г., которой он был удостоен «за основополагающие теории конденсированной материи, в особенности жидкого гелия». Премия была вручена ему в Москве послом Швеции в Советском Союзе. Л. прожил еще шесть лет, но так и не смог вернуться к работе. Он умер в Москве от осложнений, возникших от полученных им травм.

В 1937 г. Л. женился на Конкордии Дробанцевой, инженере-технологе пищевой промышленности из Харькова. У них родился сын, работавший впоследствии физиком-экспериментатором в том же Институте физических проблем, в котором так много сделал его отец. Л. не терпел напыщенности, и его острая, часто остроумная критика иногда создавала впечатление о нем как о человеке холодном и даже неприятном. Но П. Капица, хорошо знавший Л., отзывался о нем как о «человеке очень добром и отзывчивом, всегда готовом прийти на помощь несправедливо обиженным

людям». После смерти Л. Е.М. Лифшиц заметил однажды, что Л. «всегда стремился упростить сложные вопросы и показать как можно более ясно фундаментальную простоту, присущую основным явлениям, описываемым законами природы. Особенно он гордился, когда ему удавалось, как он говорил, «тривиализовать» задачу»

Помимо Нобелевской и Ленинской премий Л. были присуждены три Государственные премии СССР. Ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда. В 1946 г. он был избран в Академию наук СССР. Своим членом его избрали академии наук Дании, Нидерландов и США, Американская академия наук и искусств. Французское физическое общество, Лондонское физическое общество и Лондонское королевское общество.

ЛАУЭ (Laue), Макс фон

9 сентября 1879 г. – 24 апреля 1960 г.
Нобелевская премия по физике, 1914 г.

Немецкий физик Макс Теодор Феликс фон Лауэ родился в семье гражданского служащего ведомства военных судов Юлиуса Лауэ и урожденной Минны Церренер. Дворянскую приставку «фон» фамилия обрела в 1913 г., когда отец Л. получил потомственное дворянство. По роду деятельности отца семья часто переезжала с места на место, поэтому Л. пришлось учиться во многих школах, но главным образом среднее образование он получил в протестантской гимназии Страсбурга. В возрасте двенадцати лет Л. стал интересоваться физикой, и его мать предоставила ему возможность посещать «Уранию» – берлинское общество, занимавшееся

популяризацией науки. В обществе устраивались выставки действующих моделей научных приборов, демонстрировались опыты, давались к ним пояснения.

Окончив в 1898 г. гимназию, Л. стал заниматься физикой, химией и математикой в Страсбургском университете. Одновременно он проходил обязательную годичную военную службу. В университете его интерес к физике поддерживали лекции Фердинанда Брауна. Учился Л. и в университетах Геттингена, Мюнхена и Берлина. В 1903 г. он под руководством Макса Планка в Берлинском университете защитил с отличием докторскую диссертацию по теории интерференции света в плоско-параллельных пластинках. Интерференцией называется взаимодействие пересекающихся световых волн, гасящих или усиливающих друг друга, в зависимости от разности их фаз (состояний в циклах изменений электрического и магнитного полей). Работая над диссертацией, Л. впервые заинтересовался физической оптикой.

Последующие два года Л. провел в Геттингенском университете, после чего сдал экзамен на право преподавания физики в средней школе. С 1905 по 1909 г. он был ассистентом Планка в Институте теоретической физики в Берлине. В этот период он пытался применить понятие энтропии к полям излучения и выяснить термодинамический смысл когерентности световых волн. Энтропия в термодинамике представляет собой физическое свойство, связанное с изменениями энергии и степенью равновесия системы. Когерентность световых волн означает существование строго заданного устойчивого соотношения между их фазами, когда степень согласия или рассогласования между их изменяющимися электромагнитными полями остается неизменной. Совместная работа Л. и Планка переросла в дружбу, верность которой они сохранили на всю жизнь. Проработав с 1906 по 1909 г. приват-доцентом (внештатным преподавателем) в Берлинском университете, Л. перешел на физический факультет Мюнхенского университета к Арнольду Зоммерфельду. В Мюнхене Л. читал лекции по оптике и термодинамике ив 1911 г. опубликовал первую обстоятельную монографию, посвященную бывшей тогда еще спорной теории относительности Альберта Эйнштейна.

На следующий год Л. получил назначение на кафедру теоретической физики Цюрихского университета, где он провел два года до перехода во Франкфуртский университет. Значительную часть первой мировой войны Л. работал в Вюрцбургском университете у Вильгельма Вина. Там он занимался исследованием электронных ламп, используемых в телефонной и беспроволочной связи. В 1917 г. Л. был назначен на пост заместителя директора Физического института кайзера Вильгельма в Берлине, директором которого был Эйнштейн. Продолжая выполнять свои в основном административные обязанности в институте, Л. в 1919 г. принял приглашение занять пост профессора физики Берлинского университета и оставался им до 1943 г.

Вскоре после переезда в Цюрих Л. заинтересовался проблемой, остававшейся нерешенной со времени открытия рентгеновского излучения

Вильгельмом Рентгеном (1895): является ли это излучение одной из форм электромагнитного излучения с очень короткой длиной волны? В то время Л. работал над главой по волновой оптике для многотомной «Энциклопедии математических наук» («Enzykiopadie der mathematischen Wissenschaften"). Ему необходимо было выразить математически действие дифракционной решетки на световые волны. Дифракционная решетка – это стеклянная пластинка или зеркало, на которые на малом расстоянии друг от друга нанесены равноотстоящие штрихи (бороздки), разбивающие падающий свет на множество отдельных источников. Вторичные световые волны, исходящие от различных участков дифракционной решетки, имеют одинаковую фазу, но попадают в точку экрана, проходя различные расстояния, Так как при распространении света фаза повторяется через расстояние, равное длине волны (например, через расстояние между соседними гребнями в океанской волне), лучи приходят в точку с различными фазами в зависимости от того, сколько (целых и долей) длин волн укладывается в пройденном ими пути. В результате на экране возникает сложная картина из светлых и темных полос: светлых там, где приходящие волны совпадают по фазе и усиливают друг друга; темных – где приходящие волны находятся в противофазе и гасят друг друга. Л. занимался обобщением математического описания для двухмерной дифракционной решетки с двумя семействами штрихов.

В то же время к Л. обратился его коллега с просьбой помочь в математическом исследовании поведения световых волн в кристалле. Предполагалось, что кристалл представляет собой трехмерную решетку с атомами в узлах, образующими периодически повторяющийся правильный «узор». Л. не удалось решить задачу, о которой его просили, но его заинтересовал вопрос о том, как стали бы вести себя световые волны, если бы они были очень короткими (много короче, чем длины волн видимого света) по сравнению с расстояниями между атомами в кристаллической решетке. На существовавшем тогда уровне знаний было принято считать, что межатомные расстояния в кристаллических решетках примерно в 10 раз больше, чем предполагаемые длины волн рентгеновского излучения. Л. сразу же высказал предположение о том, что если рентгеновское излучение действительно является электромагнитными волнами, то кристалл будет действовать на него как трехмерная дифракционная решетка. Из кристалла по различным направлениям исходило бы рассеянное на отдельных атомах рентгеновское излучение и порождало бы дифракционную картину, состоящую из светлых точек, куда приходят лучи, совпадающие по фазе и поэтому усиливающие друг друга, и темных областей, где сходятся лучи, в той или иной мере не совпадающие по фазе и поэтому гасящие друг друга.

Л. предложил эксперимент, который позволил бы подтвердить или опровергнуть выдвинутую им гипотезу, а в ожидании, пока найдутся желающие и соответствующее оборудование, принялся за преодоление некоторых теоретических возражений. В апреле 1912 г. сотруднику Мюнхенского университета Вальтеру Фридриху (ассистенту Зоммерфельда)

и аспиранту того же университета Паулю Книппингу удалось направить на кристалл медного купороса (сульфата меди) узкий пучок рентгеновского излучения и зафиксировать рассеянное на кристалле излучение на фотопластинке. Их первым успехом была дифракционная картина из темных точек, которую они увидели, когда проявили пластинку (темные пятна на негативе соответствуют большой засветке). Ныне такие дифракционные картины носят название лауэграмм. Даже если падающее рентгеновское излучение состояло из смеси различных длин волн, в темные точки приходило излучение с одной и той же длиной волны. Это было еще одним подтверждением того, что наблюдалась интерференция электромагнитных волн. Соотношения между фазами волн различной длины слишком сложны для того, чтобы порождать четкую дифракционную картину. Но присутствующие в смеси излучения с какой-либо определенной длиной волны могут селективно порождать четкую дифракционную картину, хорошо различимую на общем фоне. Вдохновленный подтверждением своей гипотезы, Л. справился со всеми математическими трудностями. Он обнаружил, что для описания дифракции на двухмерной решетке необходимо несколько раз повторить расчеты, проводимые в случае рассеяния на одномерной решетке.

Выведенные им уравнения позволили установить соответствие между экспериментально наблюдаемыми лауэграммами, с одной стороны, и реальными положениями атомов в кристаллах и длиной волны рентгеновского излучения – с другой. Тем самым Л. открыл очень перспективную область исследования (рентгеновскую кристаллографию), в которой рентгеновское излучение используется для определения структуры кристаллов, а в кристаллах известной структуры – для определения длин волн рентгеновского излучения. Анализ рентгеновского излучения, испускаемого атомами (рентгеновская спектроскопия), оказался весьма важным для понимания структуры атома. Эйнштейн называл открытие Л. «одним из наиболее красивых в физике».

«За открытие дифракции рентгеновских лучей на кристаллах» Л. был удостоен Нобелевской премии по физике 1914 г. Представляя лауреата, Г.Д. Гранквист из Шведской королевской академии сказал: «В результате открытия Л. было неопровержимо установлено, что рентгеновское излучение представляет собой световые волны очень малой длины. Кроме того, оно привело к наиболее важным открытиям в области кристаллографии... Открытие Л., – продолжал Гранквист, – позволяет определить положение атомов в кристаллах и получить много полезных сведений».

Работа Л. легла в основу многих открытий: методов рентгеновской кристаллографии Уильяма Л. Брэгга, установления молекулярной структуры пенициллина Дороти К. Ходжкин и аминокислот Джоном К. Кендрю и Максом Перуцем. Она способствовала дальнейшему развитию спектроскопии и физики твердого тела. Усовершенствуя свою теорию интерференции рентгеновского излучения, Л. исследовал взаимодействие между атомами в кристалле и падающим электромагнитным излучением. В

конце жизни он подошел к теории дифракции с совершенно новой стороны, рассматривая вместо традиционных амплитуд волн поток энергии. В 30-е гг. Л. принял участие в работах Вальтера Мейсснера, приведших к открытию эффекта выталкивания сверхпроводником магнитного поля.

На съезде физиков, состоявшемся в Вюрцбургском университете (1933), Л. выступил с осуждением нового национал-социалистического правительства Адольфа Гитлера за то, что оно сместило Альберта Эйнштейна с поста директора Физического института кайзера Вильгельма в Берлине. Он сравнил травлю Эйнштейна с преследованием Галилея в XVII в. Л. не только отстаивал теорию относительности Эйнштейна от нападок ученых, поддерживающих нацизм, таких, как Филипп фон Ленард и Йоханнес Штарк, но и активно противодействовал приему Штарка в Прусскую академию наук и Германскую ассоциацию исследователей. Несмотря на столь активные антинацистские выступления, Л. на протяжении всей второй мировой войны было разрешено преподавать и заниматься научно-исследовательской деятельностью.

После того как в 1944 г. Берлин стал подвергаться систематическим бомбардировкам, Л. перевел Физический институт кайзера Вильгельма в г. Хехинген (земля Вюртемберг). На следующий год он был арестован союзниками и вместе с другими немецкими учеными отправлен в Англию. Л. было разрешено вернутьсявГерманиюв1946 г. По возвращении он стал исполняющим обязанности директора Института Макса Планка (бывшего Института кайзера Вильгельма) и профессором физики Геттингенского университета. Занимая эти посты и будучи консультантом Государственного физико-технического института в Берлине, Л. сыграл главную роль в возрождении науки послевоенной Германии. С 1951 г. и до последовавшего через семь лет ухода в отставку Л. был директором Института физической химии Фрица Габера в Берлине.

В 1910 г. Л. вступил в брак с Магдаленой Деган; у них родились сын и дочь. Л. любил парусный спорт, альпинизм, классическую музыку. Особенно он увлекался быстрой ездой на автомобиле или мотоцикле. 8 апреля 1960 г., направляясь за заседание в Ванзее, он столкнулся с мотоциклистом и не смог выбраться из перевернувшейся машины. Почти оправившись от полученных травм, Л. скончался. Он был похоронен в Геттингене, где покоятся Макс Планк, Вальтер Нернст и другие выдающиеся немецкие ученые.

ЛЕНАРД (Lenard), Филипп фон

7 июня 1862 г. – 20 мая 1947 г.
Нобелевская премия по физике, 1905 г.

Немецкий физик Филипп Эдуард Антон фон Ленард родился в Прессбурге в Австро-Венгрии (ныне Братислава, Чехо-Словакия) и был единственным ребенком состоятельного виноторговца Филиппа фон Ленарда и урожденной Антонии Бауман. Когда Л. был еще совсем маленьким, его мать умерла, и воспитывала его тетка. Впоследствии она вышла замуж за отца Л. До девяти лет Л. учился дома, а затем в школе при городском соборе и прессбургской средней школе. Любимыми его предметами были математика и физика. Школьный курс он дополнял: читал университетские учебники, проводил физические и химические опыты.

Несмотря на интерес Л. к естественным наукам, отец настаивал на том, чтобы тот унаследовал виноторговое дело. Он хотел, чтобы сын поступил в технические университеты Вены и Будапешта, где мог бы изучать химию – предмет, имеющий особое значение для виноделия. В 1882 г. Л. с большой неохотой стал работать в фирме своего отца. Через год он на собственные сбережения отправился в Германию, где посещал лекции знаменитого химика Роберта Вильгельма Бунзена (изобретателя бунзеновской горелки). Эта поездка еще более укрепила его в намерении стать ученым. Зимой 1883 г. Л. поступил в Гейдельбергский университет, где изучал физику. Л. провел четыре семестра в Гейдельбергском и два в Берлинском университетах, где он занимался под руководством таких известных ученых, как Бунзен и физик и физиолог Герман фон Гельмгольц. В 1886 г. в Гейдельберге он защитил диссертацию, за которую ему была присуждена докторская степень с высшим отличием. Работа была посвящена

колебаниям капель воды. В течение трех лет после защиты Л. работал в Гейдельберге ассистентом у немецкого физика Георга Квинке.

Еще учась в университете, во время каникул Л. вместе со своим школьным учителем физики Виргилом Клаттом проводили исследования фосфоресценции. Они обнаружили, что некоторые материалы фосфоресцируют только в том случае, если содержат следы определенных металлов. Занимаясь другими исследованиями, Л. продолжал изучать фосфоресценцию на протяжении более чем сорока лет.

Покинув Гейдельберг, Л. в течение непродолжительного времени работал в Лондоне и Бреслау (ныне Вроцлав, Польша), а в апреле 1891 г. стал ассистентом Генриха Герца в Боннском университете. Герц, снискавший известность экспериментальным открытием электромагнитного излучения, существование которого было предсказано Джеймсом Клерком Максвеллом, случайно обнаружил фотоэлектрический эффект (испускание электрически заряженных частиц поверхностью, на которую падает излучение, в данном случае ультрафиолетовое). Одним из явлений, которыми особенно интересовался Герц, были катодные лучи, доходившие в хорошо откачанной газоразрядной стеклянной трубке от отрицательного электрода (катода) до противоположного конца трубки. Их исследованием занимались многие ученые, среди которых особенно следует отметить английского физика Уильяма Крукса. Загадка катодных лучей привлекла внимание Л. в 1880 г., когда он прочитал статью Крукса «Лучистая материя, или четвертое физическое состояние» ("Padiant Matter, or the Fourth PhysicalState").

Герц и Л. решили исследовать катодные лучи в более удобной обстановке – вне газоразрядной трубки. Так как Герц обнаружил, что катодные лучи проникают сквозь тонкую алюминиевую фольгу, Л. изготовил стеклянную газоразрядную трубку с небольшим отверстием у анода (положительного электрода), закрытым такой фольгой (впоследствии такие отверстия стали называть окошками Ленарда). Поместив на пути катодных лучей вместо обычного воздуха вторую газоразрядную трубку, Л. сумел получить более длинный пучок лучей, часть которого была изолирована от источника и более удобна для экспериментирования. Отклоняя пучок электрическим и магнитным полями, Л. показал, что катодные лучи состоят из отрицательно заряженных частиц. Он сумел измерить отношение заряда этих частиц к их массе. Первоначально же Л. считал катодные лучи нематериальным излучением. Он также обнаружил, что эти частицы проникают в воздух и другие вещества на различную глубину, а поглощение приблизительно пропорционально толщине и плотности поглощающего вещества и что лучи, испускаемые газоразрядными трубками, при большем напряжении, соответствующем большей скорости и энергии частиц, обладают более высокой проникающей способностью.

Исследованием катодных лучей Л. занимался на протяжении двенадцати лет. После кончины Герца в 1894 г. Л. на короткий срок стал исполняющим обязанности директора Физического института Боннского университета. Год или два он преподавал в университетах Бреслау, Аахена и

Гейдельберга. Затем он получил звание профессора и стал директором физической лаборатории при Кильском университете (1898). Несмотря на признание, которое получили его работы, Л. порой с пренебрежением и завистью относился к успехам других ученых. Он с величайшим уважением относился к Герцу, но, будучи его ассистентом в Бонне, иногда считал, что тот обходится с ним недостаточно почтительно.

Когда в 1895 г. Вильгельм Рентген открыл лучи, носящие ныне его имя (и возникающие при бомбардировке катодными лучами частей разрядной трубки), Л. был подавлен тем, что не он обнаружил их первым. Впоследствии он неизменно называл их «высокочастотным излучением», но никогда не употреблял их общепризнанного названия «рентгеновские лучи» или «рентгеновское излучение». Более того, Л. считал, что, одолжив Рентгену разрядную трубку, он в открытие нового излучения внес вклад, заслуживающий особого упоминания. После того как в 1897 г. Дж.Дж. Томсон открыл электрон и его открытие получило широкое признание, Л. утверждал, что приоритет якобы принадлежал ему. Томсон дал вполне современное описание электрона, а Л. же и в 1906 г. продолжал называть электрон «электричеством без материи, электрическим зарядом без заряженных тел», говорил об «электричестве в чистом виде».

Одним из главных научных достижений Л. было произведенное им в 1902 г. экспериментальное наблюдение, согласно которому свободный электрон (он назвал его катодным лучом) должен обладать определенной минимальной энергией для того, чтобы ионизовать газ (сделать нейтральный газ электрически заряженным) путем выбивания из атома связанного электрона. Л. называл выбитые атомные электроны вторичными катодными лучами. Он дал весьма точную оценку потенциала ионизации (энергии, необходимой для выбивания электрона) для водорода.

В том же 1902 г. Л. доказал, что фотоэлектрический эффект порождает такие же электроны, которые обнаружены в катодных лучах, а фотоэлектроны не просто высвобождаются из поверхности металла, а вылетают с определенной энергией (скоростью) и что число испущенных металлом электронов возрастает с увеличением интенсивности излучения, но скорости электронов никогда не превосходят определенного предела. Эти экспериментальные данные получили объяснение в работе Альберта Эйнштейна (1905), который воспользовался для этого квантовой теорией Макса Планка. Согласно Эйнштейну, свет состоит из крохотных дискретных сгустков энергии, получивших впоследствии название фотонов. Энергия фотона пропорциональна частоте света.

В фотоэлектрическом эффекте каждый фотон передает свою энергию электрону, находящемуся в облучаемой поверхности металла, в принципе позволяя электрону «вылететь» из металла. Чем интенсивнее свет, тем больше фотонов и вырываемых электронов, но фиксированная энергия фотона устанавливает предел для скорости каждого электрона.

В 1903 г. Л. выдвинул гипотезу о том, что атом представляет собой в основном пустое пространство. К такому выводу он пришел, наблюдая, как

электроны проходят сквозь окошко Ленарда и проникают сквозь воздух и другие вещества. Л. предположил, что положительные и отрицательные электрические заряды в атоме (количества которых должны быть равны, чтобы обеспечить его электронейтральность) встречаются тесно связанными парами, которые он назвал динамидами. Концепция Л. была интересной и представляла значительный шаг вперед по сравнению с прежними взглядами. Но она была неверна, как доказал через восемь лет Эрнест Резерфорд, предложивший модель атома, в которой вокруг очень плотного положительно заряженного ядра на относительно большом расстоянии от него обращаются отрицательно заряженные электроны.

Хотя Л. неоднократно был очень близок к тому, чтобы совершить открытия, которые принесли заслуженное признание другим. Нобелевская премия 1905 г. была присуждена ему «за работы по катодным лучам». На церемонии вручения премии Арне Линдстедт из Шведской королевской академии наук сказал: «Ясно, что работы Л. по катодным лучам не только обогатили наше знание этих явлений, но и во многих отношениях заложили основу теории электронов».

В 1907 г. Л. стал преемником Квинке в качестве профессора экспериментальной физики Гейдельбергского университета. В 1909 г. он принял на себя еще и обязанности директора вновь созданного в Гейдельберге Радиологического института. Наиболее важная работа, выполненная под его руководством в этом институте, была связана со спектральным анализом света, испускаемого возбужденными атомами и молекулами.

Репутация Л. в некоторых научных кругах Германии была еще достаточно высока, но она начала падать. Сделанный Л. в 1910 г. доклад об эфире, пронизывающем пространство, – идее, сильно дискредитировавшей себя к тому времени, – Эйнштейн охарактеризовал как «инфантильный». Кроме того, с начала первой мировой войны Л. стал ярым националистом и неоднократно выступал с нападками на англичан, обвиняя их в незаконном присвоении достижений немецких ученых. После поражения Германии он уничижительно отзывался о Веймарской республике за то, что она «смирилась с позором Германии», и подстрекал студентов к выступлениям против режима. Л. был в числе тех, кто с самого начала поддерживал Адольфа Гитлера и стал антисемитом.

Л. была присуща природная склонность к экспериментальным исследованиям, которые он называл «прагматической истинно германской физикой», и он питал отвращение к физическим теориям, насыщенным сложным математическим аппаратом. Такие теории Л. называл «догматической еврейской физикой». Особую враждебность он высказывал по отношению к Эйнштейну, с резкими нападками на которого («с нескрываемым антисемитским душком», по выражению Макса Борна) выступил на одном из научных конгрессов в 1920 г. Переоценил он даже научное наследие Герца, разделив его на хороший эксперимент и плохую теорию, приписав последнюю еврейскому происхождению ученого. После

прихода нацистов к власти в 1933 г. Л. получил титул главы арийской, или германской, физики и стал личным советником Гитлера. Он излагал фюреру свой собственный вариант физики с расистской ориентацией. В 1897 г. Л. вступил в брак с Катариной Шленер. Покинув Гейдельберг в 1945 г., он поселился в деревне Мессельхаузен, где и умер два года спустя. Большинство ученых осуждало идеологические пристрастия Л., которые омрачили ясность его суждений о физике в зрелые годы. Карл Рамзауэр, ученик и коллега Л. на протяжении более тринадцати лет, назвал его «трагической фигурой». Он заметил, что «его достижения имели первостепенное значение, и все же его имя не оказалось тесно или неразрывно связано ни с одной из знаменательных вех в развитии физики».

Помимо Нобелевской премии, Л. был удостоен многих наград, в том числе медали Франклина Франклиновского института и звания почетного доктора университетов Христианин (ныне Осло), Дрездена и Прессбурга. В 1933 г. он был награжден «третьим рейхом» орденом Орла.

ЛИ (Lee), Цзундао

род. 25 ноября 1926 г.
Нобелевская премия по физике, 1957 г.
совместно с Янгом Чжэньнином

Китайско-американский физик Ли Цзундао родился в Шанхае. Он был третьим из шести детей бизнесмена Ли Цзинькуна и урожденной Чанг Минчан. По окончании в 1943 г. средней школы Цзянсы в Каньчу Л. поступил в Национальный университет Чэузян в Куэйчу. После вторжения японцев в Китай университет переехал в Куньмин, где вошел в состав объединения эвакуированных институтов, получившего название Национального юго-западного объединенного университета. Л.

эвакуировался вместе со своим университетом в 1945 г. По тем же причинам студентом университета в Куньмине был и Янг Чжэньнин, ставший впоследствии коллегой Л. Бакалавром наук по физике Л. стал в 1946 г. В том же году, получив стипендию китайского правительства, он поступил в Чикагский университет, где занимался под руководством Энрико Ферми. Там же состоялось их знакомство с Янгом, который был тоже стипендиатом китайского правительства. Диссертация на соискание докторской степени, успешно защищенная Л. в 1950 г., называлась «Содержание водорода в белых карликах» («Hydrogen Content of white Dwart Stars»).

В 1950 г. Л. провел несколько месяцев в качестве ассистент-исследователя по астрофизике в Йеркской астрономической обсерватории на озере Женева (штат Висконсин). В следующем году он работал ассистент-исследователем по физике в Калифорнийском университете в Беркли. Л. и Янг вновь встретились в 1951 г. в Институте фундаментальных исследований в Принстоне (штат Нью-Джерси). В 1953 г. Л. стал ассистент-профессором физического факультета Колумбийского университета, а в 1956 г., в возрасте двадцати девяти лет, – полным профессором. Это был самый молодой профессор за всю историю Колумбийского университета. С 1960 по 1963 г. Л. занимал пост профессора в Институте фундаментальных исследований, а в 1963 г. возвратился в Колумбийский университет.

Дружба с Янгом окрепла за два года, проведенные ими в Принстоне. Она продолжилась и после того, как Л. вернулся в Колумбийский университет, а Янг остался в Институте фундаментальных исследований. Еженедельно они встречались за обедом, чтобы обсудить научные проблемы. Одна из них касалась двух внешних различных типов К-мезонов – нестабильных частиц, обнаруженных среди осколков при бомбардировке атомных ядер частицами высокой энергии. К-мезоны различались по характеру распада: один из К-мезонов (получивший название тета-мезона) распадался на два пи-мезона, а другой К-мезон (названный тау-мезоном) – на три пи-мезона. Однако из некоторых экспериментальных данных следовало, что тау- и тета-мезоны в действительности являются одной и той же частицей, в частности у них одинаковые масса и время жизни. Наиболее серьезным основанием считать тау- и тета-мезоны различными частицами был закон сохранения четности, следовавший из одной из наиболее фундаментальных симметрии. Помимо всего, сохранение четности означает, что взаимодействия частиц и зеркальное отражение таких взаимодействий удовлетворяют одним и тем же физическим законам и неотличимы друг от друга. Природа не отдает предпочтения ни левому, ни правому, и потому мы вправе ожидать, что и исход любого эксперимента не будет смещен. Частицы или энергетические состояния обладают определенной четностью и называются четными (+1) или нечетными (–1). Закон сохранения четности утверждает, что четность распадающейся частицы равна произведению четностей частиц, на которые она распадается, поэтому полная четность остается неизмененной. Так как четность пи-мезона равна –1, четность системы из двух пи-мезонов равна $(-1)\cdot(-1) = +1$. Следовательно, тета-мезон,

распадающийся на два пи-мезона, должен иметь четность, равную +1, а тау-мезон, распадающийся на три пи-мезона, – четность, равную $(-1)\cdot(-1)\cdot(-1) = 1$. Таким образом, сохранение четности требует, чтобы тета- и тау-мезоны были различными частицами. Однако вполне надежные экспериментальные данные, свидетельствовавшие об их сходстве, противоречили такому выводу. И Л. и Янг принялись размышлять над этой нерешенной загадкой.

Закон сохранения четности был впервые четко сформулирован в 1925 г. и с тех пор приобрел всеобщее признание, поскольку применение его в теоретических и экспериментальных исследованиях оказалось необычайно плодотворным. Кроме того, интуитивно сохранение четности воспринималось как нечто очевидное: почему природа должна отдавать одному предпочтение перед другим? Физикам известны четыре фундаментальных взаимодействия: сильное (между нуклонами – частицами, из которых состоит ядро), электромагнитное (между заряженными частицами), слабое (при испускании частиц во время радиоактивного распада) и гравитационное (между любыми массами). В поисках решения проблемы тета- и тау-мезонов Л. и Янг подвергли анализу экспериментальные данные, подтверждающие сохранение четности. К своему удивлению, они обнаружили, что существует множество данных, удостоверяющих сохранение четности при сильном или электромагнитном взаимодействии, но нет таких, которые подтверждали бы сохранение четности при слабом взаимодействии. Гравитационное взаимодействие, самое слабое из четырех, обычно пренебрежимо мало при взаимодействиях субатомных частиц. Экспериментаторы никогда не подвергали прямой экспериментальной проверке сохранение четности при слабом взаимодействии, по всей видимости из-за того, что были внутренне убеждены в ней. В процессах распадов тета- и тау-мезонов главную роль играло именно слабое взаимодействие.

Л. и Янг в первую очередь были теоретиками, однако они предложили несколько экспериментов, предназначенных дать окончательный ответ на вопрос о симметрии правого и левого в слабых взаимодействиях. После шести месяцев трудной подготовки один из таких экспериментов был проведен в 1956...1957 гг. сотрудницей Колумбийского университета Ву Цзиньсян и другими физиками в Национальном бюро стандартов США в Станфорде. Радиоактивный кобальт, превращающийся при распаде в никель и испускающий разность энергий в виде бета-излучения (электрона) и нейтрино (частицы с нулевой массой и нулевым зарядом), был помещен внутрь катушки электромагнита и охлажден до температуры, близкой к абсолютному нулю, что сводило до минимума влияние тепловых эффектов. Так как атомы и их ядра ведут себя в некоторых отношениях как крохотные магниты, большинство атомов кобальта выстроились параллельно сильному магнитному полю в катушке, направление которого было опорным. Бета-распад (испускание электронов) – результат слабого взаимодействия. Если бы четность сохранялась при распаде кобальта, то в направлениях северного и южного магнитного

полюсов источник должен был бы испускать одинаковое число электронов. Ву получила убедительные доказательства того, что с южного магнитного полюса вылетает больше электронов, чем с северного. Таким образом, четность при слабых взаимодействиях не сохраняется. Исход эксперимента явился неожиданностью даже для Л. и Янга, несмотря на высказанную ими дерзкую гипотезу.

Вскоре это нашло подтверждение в других экспериментах, выполненных в Колумбийском университете Ричардом Л. Гарвином, Леоном Ледерманом и Марселем Вейнричем. Эти экспериментаторы использовали распад пи-мезонов на мю-мезоны с последующим распадом мю-мезонов на электроны и нейтрино (или антинейтрино). Они обнаружили, что мю-мезоны и электроны вылетают вверх и вниз не симметрично, как следовало ожидать, если бы четность сохранялась. Последующие эксперименты, проведенные в различных лабораториях, показали, что четность не сохраняется и при распадах других частиц.

Падение просуществовавшего достаточно долго закона сохранения четности облегчило решение загадки тау- и тета-мезонов: распад одной и той же частицы может происходить по двум различным маршрутам. Все это открыло новые горизонты в научных исследованиях и зародило надежду на возможность продвижения к достижению цели, намеченной еще Альбертом Эйнштейном, – построение единой теории, охватывающей все четыре фундаментальных взаимодействия.

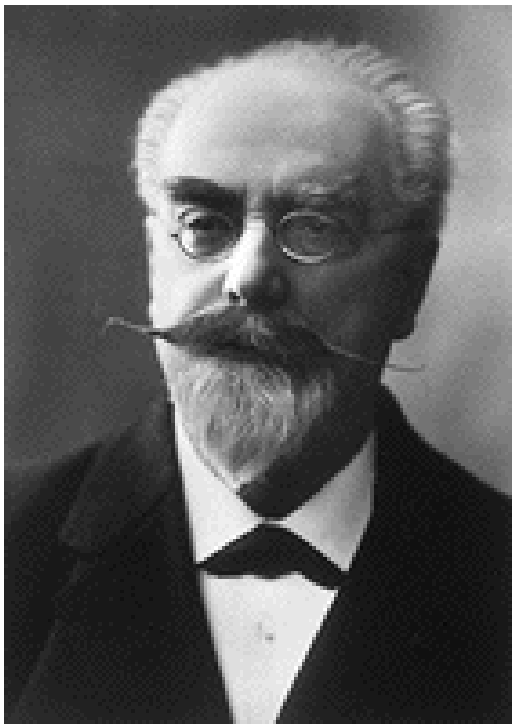
Л. и Янгу была присуждена Нобелевская премия по физике 1957 г. «за проницательное исследование так называемых законов сохранения, которое привело к важным открытиям в физике элементарных частиц». На церемонии вручения премии О.Б. Клейн из Шведской королевской академии наук заявил: «Последовательность и непредвзятость мышления позволили вам разрубить загадочный мертвый узел в физике элементарных частиц, где теперь, благодаря вашему блестящему достижению, экспериментальные и теоретические работы идут непрерывным потоком».

Научные интересы Л. разносторонни. Он успешно работал в столь различных областях физики, как теория поля, статистическая механика (наука об атомном происхождении тепловых явлений), гидродинамика, теория турбулентности и астрофизика.

В 1950 г. Л. вступил в брак с Чин Юйчжан (Жаннет), у них двое сыновей. Коллеги отзываются о Л. как о скромном, замкнутом человеке. Сам Л. считает, что его основное занятие состоит в том, чтобы размышлять. В часы досуга он читает романы с загадочными сюжетами и слушает музыку. В 1963 г. Л. стал гражданином Соединенных Штатов Америки.

В 1957 г. Л. получил премию Альберта Эйнштейна университета Йешивы. В 1958 г. Принстонский университет избрал его своим почетным доктором. Он состоит членом Национальной академии наук США и Американского физического общества.

ЛИПМАН (Lippmann), Габриель



6 августа 1845 г. – 12 июля 1921 г.
Нобелевская премия по физике, 1908 г.

Французский физик Габриель Ионас Липман родился в Холлерихе (Люксембург). До тринадцати лет он учился дома, а после переезда родителей в Париж поступил в лицей Наполеона. В 1868 г. Л. стал студентом Эколь нормаль сюперьер. Составление рефератов немецких статей для французского журнала «Анналы химии и физики» ("Annales de Chimie et dePhysique") пробудило в нем интерес к исследованиям электричества.

Во время финансируемой правительством командировки в Германию (1873) для изучения методов преподавания естественных наук Л. работал в Гейдельбергском университете с физиологом Вильгельмом Кюне и физиком Густавом Кирхгофом, а затем в Берлине с физиологом и физиком Германом фон Гельмгольцем. Кюне показал Л. опыт, в котором капля ртути, покрытая серной кислотой, деформировалась при легком прикосновении железной проволочки. Л. пришел к выводу, что металлы и серная кислота образуют электрическую батарею, напряжение которой изменяет форму поверхности ртути. Эта счастливая догадка позволила ему создать капиллярный электрометр (или вольтметр) – наклонную капиллярную стеклянную трубку, в которой поверх ртутного столбика располагается серная кислота. Индуцируемые электричеством изменения в искривленной поверхности ртути вынуждают ртутный столбик двигаться в капилляре, и эти перемещения позволяют измерять разности электрического потенциала до 0,001 вольта.

По возвращении в Париж для завершения образования Л. провел исследования электрокапиллярности, влияния электрических полей на поверхностное натяжение жидкостей, а в 1875 г. защитил в Сорбонне диссертацию на соискание степени доктора наук. В 1878 г. он стал сотрудником факультета естественных наук Парижского университета, а в 1883 г. был назначен профессором математической физики. С 1886 г. Л. стал руководителем научно-исследовательской лаборатории, сотрудником которой оставался до конца своей жизни.

Л. провел исследование эффекта образования электричества под действием механической деформации ртутной поверхности. Он представлял собой явление, обратное тому, на котором основано действие капиллярного электрометра. Эта работа помогла Л. сформулировать общую теорему, которую он опубликовал в 1881 г. Эта теорема утверждает, что, зная о существовании некоторого физического явления, мы можем предсказать существование и величину обратного эффекта. Л. применил свою теорему к явлению пьезоэлектричества – возникновение электрических зарядов при сжатии или растяжении некоторых кристаллов, например кварца. Так как механические силы, порождая заряды, изменяют размеры кристалла (изменение размеров приводит к возникновению напряжения), Л. предсказал, что если к кристаллу приложить напряжение, то это вызовет изменение его размеров. Пьер Кюри и его брат Жак подтвердили предположение Л. экспериментально.

Обратный пьезоэлектрический эффект ныне широко используется в науке и технике. Приложенное к пьезоэлектрическим кристаллам переменное напряжение вынуждает их совершать колебания и излучать звуковые волны, что находит применение в сонарах (устройствах для обнаружения подводных лодок), различных ультразвуковых устройствах, используемых для очистки поверхностей, дистанционного контроля и в зубоврачебных сверлах.

В 1879 г. Л. высказал предположение о том, что электрические заряды увеличивают инерцию тела – его сопротивление изменению скорости. Возможно, что на эту мысль его натолкнули наблюдения Майкла Фарадея (1838) и эксперименты Г.А. Роуленда (1876), показавшие, что движущийся заряд эквивалентен электрическому току и создает магнитное поле. Но Л. нигде не ссылался на экспериментальное подтверждение своей гипотезы и не занимался ее дальнейшим развитием.

В 1891 г. Л. продемонстрировал метод получения невыцветающих цветных фотографий. Процесс, позволяющий получать цветные фотографии, был предложен в 1848 г. французским физиком Эдмоном Беккерелем. В нем использовалась серебряная пластинка, покрытая слоем хлорида серебра, но фотографии быстро выцветали, а сам Беккерель не мог дать объяснения образованию цветного изображения. Через 20 лет немецкий физик Вильгельм Ценкер объяснил возникновение цвета на фотографиях Беккереля явлением интерференции. Теория Ценкера получила дальнейшее развитие в работах английского физика Дж. У. Стретта и была подтверждена экспериментально в 1890 г. немецким физиком Отто Винером.

Интерференция есть не что иное, как комбинирование различных световых волн, приходящих одновременно в одну и ту же точку. Свет представляет собой электрическое и магнитное поля, напряженность которых периодически возрастает, убывает и изменяет знак вдоль осей, перпендикулярных друг другу и направлению распространения света. Поэтому световые волны могут усиливать или ослаблять друг друга в зависимости от того, направлены ли их поля в одну и ту же сторону или в противоположные. Если световые волны имеют одинаковую длину (и соответствующую ей частоту), то возникает интерференционная картина – кольца или полосы. Яркие пятна на ней соответствуют приходу волн, находящихся в фазе (в одной и той же точке полного цикла изменения), темные – приходу волн в противофазе (в диаметрально противоположных точках цикла). Расстояния между пятнами на интерференционной картине зависят от длины волны. Волны с различной длиной волны, интерферируя, создают картины, которые смещаются относительно друг друга непрерывно, в результате чего общая картина оказывается смазанной.

На фотопластинках Беккереля, как объяснил Ценкер, падающий свет интерферирует со светом волны той же длины, отраженным от серебряной пластинки, что порождает картину из ярких слоев, расположенных через полуволновые интервалы и разделенных темными слоями. Так как длина волны соответствует цвету, воспринимаемому глазом, различные цвета создают интерференционные картины на различной глубине и в различных местах на пластинке, где они возникают при падающем свете. Световая энергия, накопленная в каждой точке пленки за время экспозиции, определяет число зерен металлического серебра, которые образуются из хлорида серебра при последующем проявлении пластинки. Эти металлические зерна становятся копиями интерференционных картин для различных цветов в виде потемневших слоев, расположенных на различной глубине и с различным боковым смещением.

При рассматривании такой фотографии в обычном свете, т.е. в смеси всех цветов, свет отражается и от слоев зерен металлического серебра, и от самой серебряной пластинки. Световые волны, отраженные от слоев различной глубины, усиливаются в результате интерференции только при вполне определенной длине волны (цвете), соответствующей расстояниям между слоями, и таким образом воспроизводят цвета сфотографированного объекта.

Когда Л. изобрел свой способ цветной фотографии, позволявший получать снимки, не выцветавшие вскоре после проявления, он отрицал, что цвета на фотографиях по методу Беккереля обусловлены интерференцией. Л. утверждал, что интерференция лежит в основе его собственного метода. Пластинки Л. были изготовлены из прозрачного стекла и с одной стороны покрыты относительно толстым слоем светочувствительной эмульсии из желатина, нитрата серебра и бромида калия. Во время экспозиции кассета покрывала свободную сторону стеклянной пластинки ртутью, которая создавала блестящую отражающую поверхность, Интерференционные

картины между светом, падающим от объекта и отраженным от ртути (именно эти интерференционные картины хранят «память» о цвете изображения), запечатлялись в распределении зерен серебра, возникавших в результате химических реакций при проявлении. Впоследствии Л. образно описывал изобретенный им процесс как создание своего рода шаблона, или формы, из световых лучей в толще фотопленки.

«За создание метода фотографического воспроизведения цветов на основе явления интерференции» Л. был удостоен Нобелевской премии по физике 1908 г. Упомянув о том «ключевом положении, которое занимает фотографическое воспроизведение различных объектов в современной жизни», К.Б. Хассельберг из Шведской королевской академии наук на церемонии вручения премии сказал, что «метод цветной фотографии Л. знаменует новый шаг вперед... в искусстве фотографии». Выступая с Нобелевской лекцией, Л. продемонстрировал, что при его методе цвет действительно возникает вследствие интерференции в фотопластинке без участия каких-либо красителей: он смочил эмульсию, желатин разбух и расстояния между пятнами на интерференционной картине изменились, цвета исчезли. Но стоило желатину подсохнуть, как интерференционные картины восстановились, а изображение вновь обрело цвет.

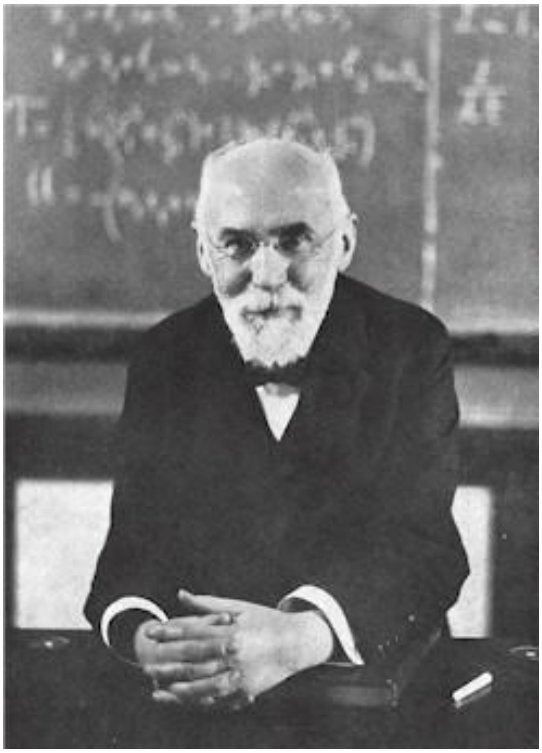
Л. отметил необходимость дальнейшего усовершенствования своего метода: «Продолжительность экспозиции (1 минута на солнечном свете) все еще слишком велика для портретной съемки. Когда я только приступил к работе, продолжительность экспозиции доходила до 15 минут. Процесс следует совершенствовать и дальше. Жизнь коротка, а прогресс идет так медленно». Современная цветная фотография с пленками, требующими экспозиции в доли секунды, основана на трехцветном процессе с использованием поглощающих красителей, впервые предложенном в 50-х гг. XIX в. шотландским физиком Джеймсом Клерком Максвеллом.

В последующие годы Л. внес большой вклад в развитие сейсмологии и астрономии. Ему принадлежат идеи использования телеграфных сигналов для раннего оповещения о землетрясениях и измерения скорости распространения упругих волн в земной коре. Он предложил новую разновидность сейсмографа для непосредственного измерения ускорения в движении земной поверхности. Л. разработал конструкцию двух астрономических инструментов: целостата с медленно вращающимся зеркалом, позволяющим получать стационарное изображение участка неба, на который наведен инструмент, а не только одиночной звезды, и уранографа, с помощью которого можно сделать фотографическую карту неба с уже нанесенными на ней меридианами, по которым удобно отсчитывать равные интервалы времени. Его учебник по термодинамике (науке о превращениях тепловой энергии и ее связи с механической энергией) стал стандартным курсом во Франции.

В 1888 г. Л. женился. Он умер на борту парохода "La France", возвращаясь из поездки в Канаду. Л. состоял членом Французской академии

наук (в 1912 г. – ее президент), членом Лондонского королевского общества. Он был удостоен звания командора ордена Почетного легиона.

ЛОРЕНЦ (Lorentz), Хендрик



18 июля 1853 г. – 4 февраля 1928 г.
Нобелевская премия по физике, 1902 г.
совместно с Питером Зееманом

Голландский физик Хендрик Антон Лоренц родился в Арнхеме в семье Геррита Фредерика Лоренца и Гертруды (ван Гинкель) Лоренц. Отец Л. содержал детские ясли. Мать мальчика умерла, когда ему исполнилось четыре года. Через пять лет отец женился вторично на Люберте Хупкес. Л. учился в средней школе Арнхема и имел отличные оценки по всем предметам.

В 1870 г. он поступил в Лейденский университет, где познакомился с профессором астрономии Фредериком Кайзером, чьи лекции по теоретической астрономии заинтересовали его. Менее чем за два года Л. стал бакалавром наук по физике и математике. Возвратившись в Арнхем, он преподавал в местной средней школе и одновременно готовился к экзаменам на докторскую степень, которые он отлично сдал в 1873 г. Через два года Л. успешно защитил в Лейденском университете диссертацию на соискание ученой степени доктора наук. Диссертация была посвящена теории отражения и преломления света. В ней Л. исследовал некоторые следствия из электромагнитной теории Джеймса Клерка Максвелла относительно световых волн. Диссертация была признана выдающейся работой.

Л. продолжал жить в родном доме и преподавать в местной средней школе до 1878 г., когда он был назначен на кафедру теоретической физики Лейденского университета. В то время теоретическая физика как самостоятельная наука делала еще только первые шаги. Кафедра в Лейдене была одной из первых в Европе. Новое назначение как нельзя лучше соответствовало вкусам и наклонностям Л., который обладал особым даром формулировать теорию и применять изощренный математический аппарат к решению физических проблем.

Продолжая заниматься исследованием оптических явлений, Л. в 1878 г. опубликовал работу, в которой теоретически вывел соотношение между плотностью тела и его показателем преломления (отношением скорости света в вакууме к скорости света в теле – величине, характеризующей, насколько сильно отклоняется от первоначального направления луч света при переходе из вакуума в тело). Случилось так, что несколько раньше ту же формулу опубликовал датский физик Людвиг Лоренц, поэтому она получила название формулы Лоренца – Лоренца. Однако работа Хендрика Л. представляет особый интерес потому, что основана на предположении, согласно которому материальный объект содержит колеблющиеся электрически заряженные частицы, взаимодействующие со световыми волнами. Она подкрепила отнюдь не общепринятую тогда точку зрения на то, что вещество состоит из атомов и молекул.

В 1880 г. научные интересы Л. были связаны главным образом с кинетической теорией газов, описывавшей движение молекул и установление соотношения между их температурой и средней кинетической энергией. В 1892 г. Л. приступил к формулированию теории, которую как сам он, так и другие впоследствии назвали теорией электронов. Электричество, утверждал Л., возникает при движении крохотных заряженных частиц – положительных и отрицательных электронов. Позднее было установлено, что все электроны отрицательно заряжены. Л. заключил, что колебания этих крохотных заряженных частиц порождают электромагнитные волны, в том числе световые и радиоволны, предсказанные Максвеллом и открытые Генрихом Герцем в 1888 г. В 1890-е гг. Л. продолжил занятия теорией электронов. Он использовал ее для унификации и упрощения электромагнитной теории Максвелла, опубликовал серьезные работы по многим проблемам физики, в том числе о расщеплении спектральных линий в магнитном поле.

Когда свет от раскаленного газа проходит через щель и разделяется спектроскопом на составляющие частоты, или чистые цвета, возникает линейчатый спектр – серия ярких линий на черном фоне, положение которых указывает соответствующие частоты. Каждый такой спектр характерен для вполне определенного газа. Л. предположил, что частоты колеблющихся электронов определяют частоты в испускаемом газом свете. Кроме того, он выдвинул гипотезу о том, что магнитное поле должно сказываться на движении электронов и слегка изменять частоты колебаний, расщепляя спектр на несколько линий. В 1896 г. коллега Л. по Лейденскому

университету Питер Зееман поместил натриевое пламя между полюсами электромагнита и обнаружил, что две наиболее яркие линии в спектре натрия расширились. После дальнейших тщательных наблюдений над пламенем различных веществ Зееман подтвердил выводы теории Л., установив, что расширенные спектральные линии в действительности представляют собой группы из близких отдельных компонент. Расщепление спектральных линий в магнитном поле получило название эффекта Зеемана. Зееман подтвердил и предположение Л. о поляризации испускаемого света.

Хотя эффект Зеемана не удалось полностью объяснить до появления в XX в. квантовой теории, предложенное Л. объяснение на основе колебаний электронов позволило понять простейшие особенности этого эффекта. В конце XIX в. многие физики считали (как выяснилось впоследствии, правильно), что спектры должны стать ключом к разгадке строения атома. Поэтому применение Л. теории электронов для объяснения спектрального явления можно считать необычайно важным шагом на пути к выяснению строения вещества. В 1897 г. Дж.Дж. Томсон открыл электрон в виде свободно движущейся частицы, возникающей при электрических разрядах в вакуумных трубках. Свойства открытой частицы оказались такими же, как у постулированных Л. электронов, колеблющихся в атомах.

Зееман и Л. были удостоены Нобелевской премии по физике 1902 г. «в знак признания выдающегося вклада, который они внесли своими исследованиями влияния магнетизма на излучения». «Наиболее значительным вкладом в дальнейшее развитие электромагнитной теории света мы обязаны профессору Л., – заявил на церемонии вручения премии Ялмар Теель из Шведской королевской академии наук. – Если теория Максвелла свободна от каких бы то ни было допущений атомистического характера, то Л. начинает с гипотезы о том, что вещество состоит из микроскопических частиц, называемых электронами, которые являются носителями вполне определенных зарядов».

В конце XIX – начале XX в. Л. по праву считался ведущим физиком-теоретиком мира. Работы Л. охватывали не только электричество, магнетизм и оптику, но и кинетику, термодинамику, механику, статистическую физику и гидродинамику. Его усилиями физическая теория достигла пределов, возможных в рамках классической физики. Идеи Л. оказали влияние на развитие современной теории относительности и квантовой теории.

В 1904 г. Л. опубликовал наиболее известные из выведенных им формул, получившие название преобразований Лоренца. Они описывают сокращение размеров движущегося тела в направлении движения и изменение хода времени. Оба эффекта малы, но возрастают, если скорость движения приближается к скорости света. Эту работу он предпринял в надежде объяснить неудачи, постигавшие все попытки обнаружить влияние эфира – загадочного гипотетического вещества, якобы заполняющего все пространство.

Считалось, что эфир необходим как среда, в которой распространяются электромагнитные волны, например свет, подобно тому как молекулы воздуха необходимы для распространения звуковых волн. Несмотря на многочисленные трудности, встретившиеся на пути тех, кто пытался определить свойства вездесущего эфира, который упорно не поддавался наблюдению, физики все же были убеждены в том, что он существует. Одно из следствий существования эфира должно было бы наблюдаться обязательно: если скорость света измерять движущимся прибором, то она должна быть больше при движении к источнику света и меньше при движении в другую сторону. Эфир можно было бы рассматривать как ветер, переносящий свет и заставляющий его распространяться быстрее, когда наблюдатель движется против ветра, и медленнее, когда он движется по ветру.

В знаменитом эксперименте, выполненном в 1887 г. Альбертом А. Майкельсоном и Эдвардом У. Морли с помощью высокоточного прибора, называемого интерферометром, лучи света должны были пройти определенное расстояние в направлении движения Земли и затем такое же расстояние в противоположном направлении. Результаты измерений сравнивались с измерениями, произведенными над лучами, распространяющимися туда и обратно перпендикулярно направлению движения Земли. Если бы эфир как-то влиял на движение, то времена распространения световых лучей вдоль направления движения Земли и перпендикулярно ему из-за различия в скоростях отличались бы достаточно для того, чтобы их можно было измерить интерферометром. К удивлению сторонников теории эфира, никакого различия обнаружено не было.

Множество объяснений (например, ссылка на то, что Земля увлекает за собой эфир и поэтому он покоится относительно нее) были весьма неудовлетворительны. Для решения этой задачи Л. (и независимо от него ирландский физик Дж. Ф. Фитцджералд) предположил, что движение сквозь эфир приводит к сокращению размеров интерферометра (и, следовательно, любого движущегося тела) на величину, которая объясняет кажущееся отсутствие измеримого различия скорости световых лучей в эксперименте Майкельсона – Морли.

Преобразования Л. оказали большое влияние на дальнейшее развитие теоретической физики в целом и в частности на создание в следующем году Альбертом Эйнштейном специальной теории относительности. Эйнштейн питал к Л. глубокое уважение. Но если Л. считал, что деформация движущихся тел должна вызываться какими-то молекулярными силами, изменение времени – не более чем математический трюк, а постоянство скорости света для всех наблюдателей должно следовать из его теории, то Эйнштейн подходил к относительности и постоянству скорости света как к основополагающим принципам, а не проблемам. Приняв радикально новую точку зрения на пространство, время и несколько фундаментальных постулатов, Эйнштейн вывел преобразования Л. и исключил необходимость введения эфира.

Л. сочувственно относился к новаторским идеям и одним из первых выступил в поддержку специальной теории относительности Эйнштейна и квантовой теории Макса Планка. На протяжении почти трех десятилетий нового века Л. проявлял большой интерес к развитию современной физики, сознавая, что новые представления о времени, пространстве, материи и энергии позволили разрешить многие проблемы, с которыми ему приходилось сталкиваться в собственных исследованиях. О высоком авторитете Л. среди коллег свидетельствует хотя бы такой факт: по их просьбе он в 1911 г. стал председателем первой Сольвеевской конференции по физике – международного форума самых известных ученых – и ежегодно, до самой смерти, выполнял эти обязанности.

В 1912 г. Л. ушел в отставку из Лейденского университета с тем, чтобы уделять большую часть времени научным исследованиям, но раз в неделю он продолжал читать лекции. Переехав в Гарлем, Л. принял на себя обязанности хранителя физической коллекции Музея гравюр Тейлора. Это давало ему возможность работать в лаборатории. В 1919 г. Л. принял участие в одном из величайших в мире проектов предупреждения наводнений и контроля за ними. Он возглавил комитет по наблюдению за перемещениями морской воды во время и после осушения Зюйдерзее (залива Северного моря). После окончания первой мировой войны Л. активно способствовал восстановлению научного сотрудничества, прилагая усилия к тому, чтобы восстановить членство граждан стран Центральной Европы в международных научных организациях. В 1923 г. он был избран в международную комиссию по интеллектуальному сотрудничеству Лиги Наций. В состав этой комиссии входили семь ученых с мировым именем. Через два года Л. стал ее председателем. Л. сохранял интеллектуальную активность до самой смерти, последовавшей 4 февраля 1928 г. в Гарлеме.

В 1881 г. Л. женился на Аллетте Катерине Кайзер, племяннице профессора астрономии Кайзера. У супругов Лоренц родилось четверо детей, один из которых умер в младенческом возрасте. Л. был необычайно обаятельным и скромным человеком. Эти качества, а также его удивительные способности к языкам позволили ему успешно руководить международными организациями и конференциями.

Помимо Нобелевской премии Л. был удостоен медалей Копли и Румфорда Лондонского королевского общества. Он был почетным доктором Парижского и Кембриджского университетов, членом Лондонского королевского и Германского физического обществ. В 1912 г. Л. стал секретарем Нидерландского научного общества.

ЛОУРЕНС (Lawrence), Эрнест О.

8 августа 1901 г. – 27 августа 1958 г.
Нобелевская премия по физике, 1939 г.

Американский физик Эрнест Орландо Лоуренс родился в Кантоне (штат Южная Дакота). Он был старшим сыном Карла Густава и Гунды (Джекобсон) Лоуренс, Родители Л. эмигрировали в Соединенные Штаты из Норвегии. Отец был управляющим местных школ, а затем образованием всего штата и президентом нескольких учительских колледжей; мать тоже работала в системе образования. Л. учился в городских школах Кантона и Пьерра. В свободное время он и его лучший друг и сосед Мерл Тьюв, также ставший выдающимся физиком, строили планеры и создали свою собственную систему беспроволочного телеграфа.

Когда один из его двоюродных братьев умер от лейкемии, Л. решил стать медиком. Получив стипендию, она 1918 г. поступил в колледж св. Олафа в Нортфилде (штат Миннесота), но через год перешел в университет Южной Дакоты. Там профессор электротехники Льюис Э. Эйкели привлек Л. к углубленным занятиям физикой. После получения в 1922 г. диплома бакалавра наук с отличием Л. поступил в аспирантуру университета штата Миннесота к У.Ф. Г. Сванну. В аспирантуре он занимался экспериментальным исследованием электрической индукции и в 1923 г. получил ученую степень магистра наук.

Через год Л. вместе со своим учителем Сванном перешел в Чикагский университет. Там его интерес к физике еще более возрос после встреч с Нильсом Бором, Артуром Комптоном, Альбертом А. Майкельсоном, Х. А. Вильсоном и другими выдающимися физиками. Через год после перехода осенью 1924 г. в Йельский университет Л. получил докторскую степень. Его диссертация о фотоэлектрическом эффекте в парах калия стала первой из его значительных работ в этой области физики. Следующие два года он работал в Йеле как стипендиат Национального совета по научным исследованиям и в 1927 г. получил назначение на должность ассистент-профессора физики. Но в 1928 г. Л. покинул Йельский университет и стал адъюнкт-профессором Калифорнийского университета в Беркли.

В Калифорнии Л. сначала продолжил начатые исследования в таких областях, как фотоэлектричество и измерение очень коротких промежутков времени. К числу его других достижений того времени относится и экспериментальная демонстрация принципа неопределенности Вернера Гейзенберга. Этот принцип предсказывает, что измерение энергии, например, фотона света (фотон представляет собой порцию, или частицу, электромагнитной энергии), становится тем неопределеннее, чем короче время измерения. Так как энергия фотона пропорциональна частоте света, неопределенность в энергии сводится к неопределенности в частоте. Линия в оптическом спектре в действительности представляет собой узкую (т.е. четкую, или хорошо определенную) полосу световых частот. Включая и очень быстро выключая свет во время измерения спектральной линии, Л. и его коллега показали, что линия расширяется. Источник света не претерпевал никаких изменений, хотя его частота становилась менее определенной, как и следовало из принципа неопределенности Гейзенберга.

Затем Л. обратился к ядерной физике, которая тогда быстро развивалась. В 1919 г. Эрнест Резерфорд расщепил атомное ядро, бомбардируя его альфа-частицами, испускаемыми радием. Резерфорд обнаружил, что среди осколков, возникающих после столкновений, встречаются атомы с меньшим атомным весом, чем исходный. Некоторые из таких осколков были изотопами известных элементов, т.е. обладали такими же химическими свойствами, таким же зарядом ядра, но имели другой вес.

У методов Резерфорда были серьезные недостатки: радий был редким элементом, альфа-частицы вылетали из источника по всем направлениям, число наблюдаемых столкновений было чрезвычайно мало, а вся процедура наблюдений трудоемка. Ядерная физика испытывала острую нужду в обильном источнике контролируемых частиц высокой энергии. Так как и бомбардирующие частицы, и ядра-мишени были положительно заряжены (электроны играли весьма незначительную роль при столкновениях), налетающие частицы должны были обладать достаточно большой энергией, чтобы преодолеть не только электрическое отталкивание, но и энергию связи, обеспечивающую целостность ядра. Джон Кокрофт и Эрнест Уолтон построили линейные ускорители частиц, работавшие при

очень высоких напряжениях. В этих устройствах положительно заряженные частицы разгонялись по прямой в направлении притягивавшего их отрицательного электрода и приобретали энергию, пропорциональную приложенному напряжению.

Линейные ускорители не нравились Л., так как в них время от времени происходил пробой изоляции и возникал высоковольтный разряд, напоминающий по виду молнию. В 1929 г. Л. попалась на глаза статья на немецком языке инженера норвежского происхождения Рольфа Видерее, в которой рассматривалась схема ускорителя частиц, предложенная ранее шведским физиком Густавом А. Изингом. Хотя Л. недостаточно владел немецким языком, чтобы разобраться во всех тонкостях, основная идея была ему ясна из иллюстраций к статье: частицы можно ускорять, повышая напряжение постепенно, а не создавая один большой «горб». Л. понял, что прямолинейный путь можно изогнуть в окружность. Проделав необходимые расчеты, он вместе с несколькими сотрудниками приступил к проектированию и постройке первого циклотрона. Именно с его созданием обычно связывают имя Л.

Основная идея Л. состояла в том, что заряженные частицы движутся в однородном магнитном поле по окружностям. Так происходит потому, что движущийся заряд представляет собой электрический ток, который, как и ток в обмотках электромагнита, создает магнитное поле. Подобно двум магнитам, поднесенным вплотную друг к другу, частица и внешний магнит действуют друг на друга с определенной силой, но двигаться может только частица (в случае двух сближаемых магнитов это соответствует тому, что один магнит жестко закреплен, а другой может двигаться). Направление силы всегда образует прямые углы с направлением магнитного поля и с направлением движения частицы. Поскольку направление частицы постоянно изменяется, частица движется по окружности. Важная особенность движения частицы состоит в том, что она всегда описывает полную окружность за одно и то же время независимо от скорости (кинетической энергии) частицы. Но диаметр окружности тем больше, чем больше скорость частицы. Именно эти особенности движения частиц и использовал Л., проектируя свой циклотрон.

Сердце циклотрона – огромный круглый полый диск, разделенный по диаметру на две половины, напоминающие по форме латинскую букву D (такие половины называются дуантами). Диск помещен между плоскими полюсами большого магнита. Между дуантами подключен электрогенератор, создающий переменное напряжение в зазоре между ними. Когда заряженная частица, например протон, попадает в зазор, она притягивается к тому из дуантов, который в этот момент имеет отрицательное напряжение, и набирает скорость. Попав внутрь дуанта, частица описывает полуокружность и выходит из него в точке, диаметрально противоположной входу. Частота генератора настроена так, что к этому времени знак напряжения изменяется, и протон устремляется к другому дуанту, ставшему теперь отрицательным, притягивается им и ускоряется

напряжением, приложенным к зазору. Во второй дуант протон попадает, имея большую скорость, и поэтому внутри него движется по дуге окружности большего радиуса, чем прежде.

К моменту выхода протона из дуанта напряжение опять меняет знак, протон снова ускоряется и, входя в первый дуант с большей скоростью, движется внутри него по дуге окружности еще большего радиуса. Так протон получает «подпитку» (его как бы «подталкивают») каждый раз, когда он проходит зазор между дуантами, и движется с все возрастающей скоростью по дугам окружностей все большего радиуса до тех пор, пока не достигнет периметра диска. Тогда протон вылетает из циклотрона, и его направляют на выбранную мишень. Диски большого диаметра позволяют разгонять частицы до больших скоростей, но требуют более крупных и, следовательно, более дорогих магнитов. Дуанты должны быть изготовлены из немагнитного материала, который не экранирует магнитное поле, а чтобы частицы не теряли энергию на столкновения с молекулами газа, в камере должен быть глубокий вакуум.

После первого, довольно несовершенного циклотрона, построенного в 1930 г., Л. и его коллеги из Беркли быстро создали одну за другой более крупные модели. Используя 80-тонный магнит, предоставленный ему Федеральной телеграфной компанией, Л. ускорял частицы до рекордных энергий в много миллионов электрон-вольт. Циклотроны оказались идеальными экспериментальными приборами. В отличие от частиц, испускаемых ядрами при радиоактивном распаде, пучок частиц, выводимых из циклотрона, был однонаправленным, их энергию можно было регулировать, а интенсивность потока была несравненно выше, чем от любого радиоактивного источника.

Высокие энергии, достигнутые Л. и его сотрудниками, открыли перед физиками обширное новое поле для исследований. Бомбардировка атомов многих элементов позволила расщепить их ядра на фрагменты, которые оказались изотопами, часто радиоактивными. Иногда ускоренные частицы «прилипали» к ядрам-мишеням или вызывали ядерные реакции, среди продуктов которых встречались новые элементы, не существующие на Земле в естественных условиях. Полученные результаты показали, что если бы частицы можно было ускорять до достаточно больших энергий, то с помощью циклотрона можно было бы осуществить почти любую ядерную реакцию. Циклотрон использовался и для измерения энергий связи многих ядер, и (путем сравнения разности масс до и после ядерной реакции) для проверки соотношения Альберта Эйнштейна между массой и энергией.

Циклотрон позволил создать радиоактивные изотопы для медицинских целей. Над биомедицинским применением ядерной физики Л. работал вместе со своим младшим братом Джоном, медиком и директором Биофизической лаборатории в Беркли. Джон Лоуренс с успехом использовал изотопы для лечения раковых больных, в том числе своей матери, у которой был неоперабельный случай заболевания раком. После курса лечения она прожила еще 20 лет.

Л. был удостоен Нобелевской премии по физике 1939 г. «за изобретение и создание циклотрона, за достигнутые с его помощью результаты, особенно получение искусственных радиоактивных элементов». Из-за начавшейся второй мировой войны церемония вручения премии была отменена. По поводу работ Л. Манне Сигбанн из Шведской королевской академии наук заявил, что изобретение циклотрона вызвало «взрыв в развитии ядерных исследований... В истории экспериментальной физики... циклотрон занимает исключительное место. Вне всякого сомнения, циклотрон является самым большим и самым сложным из всех когда-либо построенных научных приборов». Нобелевская премия была вручена Л. в 1941 г. на торжествах, состоявшихся в Беркли. Свою Нобелевскую лекцию он прочитал в Стокгольме в 1951 г.

В 1940 г. Л. принял участие в создании радиационной лаборатории при Массачусетском технологическом институте. По настоянию Л. многие его бывшие ученики стали ее сотрудниками. Цель лаборатории состояла в усовершенствовании радарной техники, созданной впервые в Англии во время второй мировой войны для электронного обнаружения самолетов противника. В 1941 г. Л. набрал штат лаборатории подводной акустики в Сан-Диего, занимавшейся разработкой противолодочных систем для борьбы с немецкими подводными лодками, подстерегавшими конвои с военными грузами, направляемыми из Соединенных Штатов в Великобританию. Затем Л., сохранив лишь неформальные связи с этими лабораториями, занялся в Беркли превращением 37-дюймового циклотрона в масс-спектрометр для разделения расщепляющегося урана-235 и обычного урана-238. В масс-спектрометре, как и в циклотроне, используется комбинация электрического и магнитного полей, но не для ускорения частиц, а для пространственного разделения их – направления по различным траекториям в зависимости от масс и электрических зарядов. Так как массы изотопов несколько отличаются, изотопы движутся по близким, хотя и несовпадающим траекториям, поэтому могут быть разделены, хотя способ их разделения не слишком эффективен.

Успех, достигнутый Л., оказался достаточно внушительным для того, чтобы вся работа по разделению изотопов была поручена его лаборатории. В Окридже (штат Теннесси) в рамках Манхэттенского проекта (секретного плана создания американской атомной бомбы) были построены сотни масс-спектрометров по образу и подобию циклотрона в Беркли с 184-дюймовым магнитом. Почти весь уран в бомбе, сброшенной в августе 1945 г. на Хиросиму, был получен Л. и его сотрудниками в Беркли. Впоследствии окриджский завод по разделению изотопов с помощью масс-спектрометров был закрыт, так как газодиффузионный метод оказался более эффективным.

В конце войны Л. и его сотрудники вернулись к фундаментальным исследованиям. Правда, Л. по-прежнему принимал участие в создании ядерного оружия. Ему были выделены фонды для развертывания в Ливерморе (неподалеку от Беркли) второй научно-исследовательской лаборатории для нужд военной промышленности. Она была независима от

Лос-Аламосской лаборатории, созданной в рамках Манхэттенского проекта. Получившее впоследствии наименование Ливерморской лаборатории Лоуренса, это научно-исследовательское учреждение стало главным центром, в котором велись работы по созданию водородной бомбы.

В Беркли Л. руководил строительством ускорителей, способных разгонять частицы до энергий в миллиарды электрон-вольт. На одном из таких ускорителей, получившем название бэватрона, Эмилио Сегре и другие исследователи свойств мезонов (элементарных частиц с массами, промежуточными между массами электрона и протона) открыли антипротон (двойник протона с отрицательным зарядом).

Л. был приглашен президентом Дуайтом Д. Эйзенхауэром как консультант правительства для изучения возможности определения нарушения соглашения о запрещении испытаний ядерного оружия, которое рассматривалось на Женевской конференции 1958 г. По возвращении домой Л. был оперирован по поводу обострения язвы и умер в больнице Пало-Альто (штат Калифорния) 27 августа 1958 г.

В 1932 г. Лоуренс вступил в брак с Мэри Кимберли Блумер, дочерью декана медицинской школы Йельского университета. У Лоуренсов родилось шестеро детей.

Помимо своих многочисленных работ в ядерной физике Л. изобрел оригинальную конструкцию телевизионной трубки – хроматрон Лоуренса, производившийся в промышленных масштабах в Японии и Соединенных Штатах. Подолгу задерживаясь на работе в будни и в выходные, Л. вместе с тем любил заниматься греблей, играть в теннис, кататься на коньках и слушать музыку. «Важными составными элементами его успеха, – считал Луис У. Альварес, – были природная смекалка и здравость научных суждений, огромный запас жизненных сил, преисполненная энтузиазма неординарная личность и доминирующее над всем ощущение целостности».

Среди многочисленных наград и почестей, которых был удостоен Л., медаль Эллиота Крессона Франклиновского института (1937), медаль Хьюза Лондонского королевского общества (1940) и медаль Холли Американского общества инженеров-механиков (1942). Он был почетным доктором университетов Южной Дакоты, Пенсильвании, Британской Колумбии, Южной Калифорнии и Глазго, а также Йеля, Гарварда, Рутдерса и Макгилла. Л. был избран членом Национальной академии наук США, Американского философского общества и Японского физического общества, а также состоял почетным членом многих других иностранных научных обществ.

ЛЭМБ (Lamb), Уиллис Ю.

род. 12 июля 1913 г.
Нобелевская премия по физике, 1955 г.
совместно с Поликарпом Кушем

Американский физик Уиллис Юджин Лэмб родился в Лос-Анджелесе (штат Калифорния). Его отец и тезка был инженером-телефонистом, а мать Мари Элен (Меткалф) Лэмб – учительницей. Л. учился в начальных школах Окленда и Лос-Анджелеса. Окончил он лос-анджелесскую среднюю школу, где проявил незаурядные способности в химии. Степень бакалавра наук по химии Л. получил в 1934 г. в Калифорнийском университете в Беркли и остался там для работы над диссертацией под руководством Дж. Роберта Оппенгеймера, за которую в 1938 г. ему была присуждена докторская степень. Диссертация была посвящена электромагнитным свойствам ядерных частиц. В ней предсказывалось, что из-за конечных размеров протона его электрическое поле должно слегка отличаться от поля точечной частицы, например электрона.

На протяжении всей своей научной карьеры Л. преподавал физику в различных университетах: Колумбийском (1938...1951), Станфордском (1951...1956), Гарвардском (1953...1954), Оксфордском (1956...1962), Йельском (1962...1974). В университете штата Аризона в 1974 г. он был назначен профессором физики и оптики. Его отношение к обязанностям педагога ярко проявилось в таком эпизоде: узнав о присуждении ему Нобелевской премии, Л. отправился в аудиторию, чтобы провести очередной семинар по квантовой механике, и лишь потом встретился с представителями прессы.

С 1942 по 1952 г. Л. работал по совместительству в радиационной лаборатории Колумбийского университета над проектами, финансировавшимися войсками связи армии США, Управлением научных исследований военно-морских сил и Департаментом научных исследований и изобретений. Его работы были связаны главным образом с радарной и микроволновой техникой.

Работая вместе с И.А. Ради и группой, занимавшейся молекулярными пучками, Л. заинтересовался метастабильными состояниями атомов. Обычно возбужденное, или высокоэнергетическое, состояние атома быстро распадается, и атом, испуская излучение, переходит в состояние с более низкой энергией. Наиболее сильно возбужденные состояния распадаются с испусканием одного фотона, или кванта света, примерно за 10–8 секунды. Метастабильные состояния существуют гораздо дольше. Например, время жизни так называемого второго возбужденного состояния атома водорода примерно в 700 млн. раз превышает время жизни других возбужденных состояний. Причина такого «долголетия» заключается в том, что атом во втором возбужденном состоянии не может испустить один фотон. Законы сохранения углового момента и свойства, называемого четностью, требуют, чтобы атом одновременно испускал два фотона. Такой процесс менее вероятен и поэтому происходит гораздо медленнее.

Первоначально Л. был физиком-теоретиком, но его наиболее известные работы связаны с серией необычайно тонких экспериментов, большинство из которых было выполнено в сотрудничестве с Робертом К. Резерфордом в Колумбийском университете. По мере расширения сферы своих исследований в годы войны внимание Л. привлекли поглощение и испускание микроволнового излучения атомами. Зная из литературы о предпринятых в 30-х гг. безуспешных попытках обнаружить поглощение микроволнового излучения в газе, состоящем из возбужденных атомов водорода, Л. сначала отнес неудачу за счет неадекватной микроволновой техники. Но впоследствии он пришел к выводу, что обнаружить поглощение мешал метод, который экспериментаторы избрали для возбуждения атомов. Л. решил воспользоваться усовершенствованной микроволновой техникой для того, чтобы уточнить спектроскопические измерения различных энергетических уровней атома водорода.

В атоме водорода один-единственный электрон движется вокруг ядра по одной из серии орбит. Находясь на своей орбите, электрон обладает вполне определенной энергией. Для того чтобы он перешел на более высокую орбиту, атом должен поглотить фотон, энергия которого в точности соответствует разности энергий между орбитами. То же самое происходит и при переходе электрона на более низкую орбиту – атом должен испустить фотон, обладающий соответствующей энергией. Такие переходы порождают спектр атомарного водорода, состоящий из отдельных четких линий.

Многие линии в спектре водорода обладают «тонкой структурой». Если рассматривать их с большим увеличением, становится видно, что они состоят из двух или большего числа близко расположенных линий. Это

свидетельствует о том, что орбитальные энергетические уровни также расщепляются на близко расположенные подуровни. Переходы между соседними уровнями тонкой структуры требуют поглощения или испускания излучения в микроволновом диапазоне длин волн.

В 1928 г. английский физик Поль А. Морис Дирак вывел уравнение, которое описывало все известные свойства электрона: его волновые свойства, электрический заряд, спин, магнитный момент и релятивистскую зависимость массы от скорости. В качестве основы значительной части квантовой механики уравнение Дирака позволило с большой точностью предсказать энергетические уровни атома водорода. В частности, из уравнения Дирака выводилась эквивалентность двух особых уровней, один из которых метастабилен: эти уровни соответствуют различным состояниям, но тем не менее с одной и той же энергией. Л. приготовил пучок атомов водорода в метастабильном состоянии. Атомы пребывали в этом состоянии достаточно долго, что позволяло с удобством экспериментировать. Затем он подверг пучок микроволновому излучению во внешнем магнитном поле. Некоторые из атомов поглощали излучение и переходили в коротко-живущее состояние. Это означало, что два соответствующих энергетических уровня не тождественны, а разделены небольшой разностью энергий, получившей название лэмбовского сдвига. Открытие Л. побудило Юлиана С. Швингера, Синъитиро Томонагу и Ричарда Фейнмана пересмотреть теорию электрона Дирака и сформулировать новую теорию, получившую название квантовой электродинамики, которая с замечательной точностью предсказала лэмбовский сдвиг. Сам Л. в сотрудничестве с Норманом М. Кроллом теоретически рассчитал эффект, открытый им экспериментально.

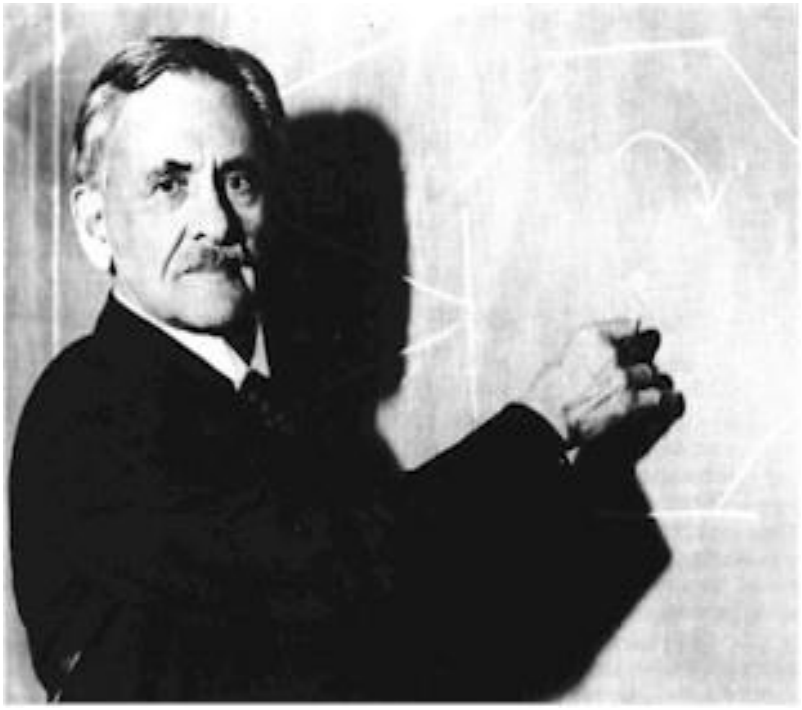
Л. был удостоен Нобелевской премии по физике 1955 г. «за открытия, связанные с тонкой структурой спектра водорода». Премию Л. разделил с Поликарпом Кушем, выполнившим независимо аналогичные эксперименты, и также в Колумбийском университете. Обращаясь к двум лауреатам с приветственной речью, Ивар Валлер из Шведской королевской академии сказал: «Ваши открытия привели к переоценке и переформулировке теории взаимодействия электронов и электромагнитного излучения квантовой электродинамики, тем самым положив начало новому этапу развития, имевшему первостепенное значение для многих фундаментальных понятий физики».

За многие годы научно-исследовательской деятельности Л. успел поработать в различных областях физики. Он занимался такими проблемами, как теории бета-распада, длина пробега осколков деления атомного ядра, флуктуация в космических ливнях, испускание электронов метастабильными атомами, полевые теории структуры ядра, теории взаимодействия нейтронов и вещества, теория и проектирование магнетронных генераторов и диамагнитные поправки в экспериментах по ядерному резонансу. Он внес существенный вклад и в создание теории лазеров.

С 1939 г. Л. женат на Урсуле Шеф, историке. В часы отдыха он занимается плаванием, парусным спортом, шахматами и фотографией.

Л. состоит членом Национальной академии наук США и Американского физического общества, почетным членом Лондонского физического института и Эдинбургского королевского общества. В числе наград, которых он удостоен, медаль Румфорда Американской академии наук и искусств (1953) и награда «За научные заслуги» Исследовательской корпорации Америки (1955). Л. почетный доктор университетов Пенсильвании, Йешивы и колледжа Густава Адольфа.

МАЙКЕЛЬСОН (Michelson), Альберт А.



19 декабря 1852 г. – 9 мая 1931 г.
Нобелевская премия по физике, 1907 г.

Американский физик Альберт Абрахам Майкельсон родился в Стрельно (Германия), близ польской границы, в семье торговца Сэмуэля Майкельсона и дочери врача Розали (Пжлюбска) Майкельсон. М. был старшим из трех детей. Когда М. было два года, родители эмигрировали в Соединенные Штаты, где отец стал поставщиком сухих продуктов во время золотой лихорадки в Калифорнии и Неваде. М. был отослан к родственникам в Сан-Франциско, где стал учеником мужской средней школы. Позднее он перешел на пансион к директору школы, который пробудил в нем интерес к естественным наукам и посоветовал поступить в Военно-морскую академию Соединенных Штатов в Аннаполисе (штат Мэриленд). Заручившись рекомендательным письмом от своего конгрессмена, М. обратился к президенту Улиссу С. Гранту с просьбой о зачислении в академию, хотя ни одной вакансии не было. Его настойчивость произвела на официальных лиц столь сильное впечатление, что в 1869 г. специально для него было выделено

одно место слушателя. М. окончил академию в 1873 г., два года служил мичманом, а в 1875 г. был назначен преподавателем физики и химии академии. Этот пост он занимал в течение следующих четырех лет.

В 1878 г. М. заинтересовался измерением скорости света. Свет и оптика стали делом всей его жизни. Хотя к тому времени скорость света была уже измерена французскими физиками Ипполитом Физо, Леоном Фуко и Мари Альфредом Корню, результаты этих измерений нельзя было считать точными. Используя подаренные ему отчимом 2000 долларов, М. существенно усовершенствовал метод Фуко и измерил скорость света с недостижимой ранее точностью. Его работа привлекла международное внимание. В 1880 г. М. покинул Аннаполис и в течение двух лет изучал оптику в Европе. Во время своего пребывания в Европе он спроектировал интерферометр – прибор, в котором измерение различных оптических явлений происходит на основе интерференции световых волн.

Овладев искусством создания физических приборов, М. изобрел интерферометр для обнаружения движения Земли сквозь покоящийся эфир, который, как полагали в то время, заполняет все космическое пространство. Шотландский физик Джеймс Клерк Максвелл, теоретически доказавший, что свет представляет собой электромагнитные волны, высказал предположение, согласно которому электромагнитная волна должна распространяться в определенной среде. Электромагнитная теория Максвелла, казалось бы, косвенно подтверждала существование эфира. Максвелл предположил также, что существование эфира можно обнаружить, измерив скорость света относительно движения Земли. Если эфир действительно является светоносной средой и Земля движется относительно него, то скорость света должна быть различной и зависеть от того, движется ли свет к Земле, от нее или под углом к ней. Экспериментально обнаружить движение Земли сквозь эфир не удавалось никому, но предполагалось, что неудача всех попыток обусловлена отсутствием адекватных измерительных устройств. Именно этот пробел и намеревался восполнить М. своим интерферометром.

В высокоточном интерферометре М. пучок света с помощью полупосеребренного зеркала расщепляется на два, а затем эти два пучка снова соединяются, М. полагал, что так как два пучка света проходят различными путями (по направлению движения Земли и перпендикулярно ему), то они должны иметь и различные скорости относительно Земли. Следовательно, волны этих двух пучков при соединении будут обладать различными фазами, что должно дать картину интерференции, подобную той, которая наблюдается при пересечении волн на поверхности пруда. При интерференции возникают чередующиеся светлые и темные полосы, образующие так называемую интерференционную картину.

Первую попытку обнаружить движение Земли сквозь эфир с помощью интерферометра М. предпринял в 1881 г., когда работал у Германа фон Гельмгольца в Берлине. К своему удивлению, он не обнаружил интерференционной картины: оба луча распространялись с одинаковой скоростью. М. был настолько уверен в точности своих измерений, что в

сообщении о своем эксперименте, опубликованном в «Американском естественнонаучном журнале» ("American Journal of Science"), отважился высказать смелое по тем временам утверждение: «Таким образом, показано, что гипотеза о стационарном эфире неверна». Хотя важность эксперимента М. была широко признана, некоторые физики указали на возможные источники ошибок в схеме эксперимента, позволявшие усомниться в правильности выводов.

Еще до возвращения в Соединенные Штаты (1882) М. уволился из Военно-морской академии, чтобы стать профессором физики в Кейзовском технологическом институте (ныне Университет Кейз-Вестерн-Резерв) в Кливленде (штат Огайо). Именно там началось его сотрудничество с Эдвардом У. Морли. Их знаменитый эксперимент 1887 г. был повторением берлинского 1881 г., но с усовершенствованным интерферометром, конструкция которого исключала замеченные ранее источники погрешностей. Результат эксперимента и на этот раз оказался отрицательным: интерференционная картина не возникла. Движение Земли не влияло на скорость света.

Хотя эксперимент Майкельсона – Морли породил сомнение в существовании полностью стационарного эфира, ученые не отвергли эту концепцию целиком. Как заметил сам М., отрицательный результат эксперимента можно было бы объяснить, если бы эфир увлекался Землей и двигался почти с ее скоростью. Но и такая гипотеза не позволяла полностью избавиться от проблем. Эта задача привлекла к себе внимание такого выдающегося физика, как Хендрик Лоренц. Классические представления о движении опирались на стационарную систему отсчета (в данном случае связанную с эфиром), относительно которой можно было производить измерение абсолютного движения.

Неудачи, неизменно постигавшие все попытки доказать существование такой системы, были одной из наиболее трудных проблем, с которыми столкнулась в конце XIX в. классическая физика. Работы Лоренца побудили Альберта Эйнштейна опубликовать в 1905 г. свою специальную теорию относительности. В этой теории отвергалось существование стационарных систем отсчета и абсолютного движения. Тем самым отпадала и необходимость существования эфира. С точки зрения специальной теории относительности Эйнштейна движение может быть полностью описано в терминах движения наблюдателя. Согласно другому постулату, свет распространяется с постоянной скоростью независимо от движения наблюдателя или источника света. Хотя эксперимент Майкельсона – Морли лишь косвенно способствовал становлению специальной теории относительности (в 1905 г. Эйнштейну не было известно о нем), ретроспективно он явился важным ее подтверждением.

Озадаченный результатами своего эксперимента, М. все же был удовлетворен точностью измерений, достигнутой с помощью интерферометра, и предложил другие варианты его использования. С 1889 по 1893 г. М. был профессором физики в Университете Кларка в Уоркестре

(штат Массачусетс). Там он использовал интерферометр для определения длины метра в длинах волн одной из спектральных линий кадмия. Такой подход позволил бы лабораториям избавиться от физических эталонов типа металлических стержней, длина которых зависит от обработки и температуры. Этот метрологический проект, завершенный в 1902 г., принес М. международное признание. В 1893 г. он стал главой вновь созданного физического факультета Чикагского университета.

Работы М. по созданию метрического стандарта были «побочным продуктом» проведенных им в 1887...1897 гг. исследований света, испускаемого возбужденными атомами (т.е. атомами, поглотившими энергию, например в результате нагревания). Было известно, что если испущенный свет разложить на компоненты с различными длинами волн (различного цвета) с помощью спектрографа, то получающийся линейчатый спектр имеет характерный для каждого химического элемента вид. Физики видели в спектрах атомов ключ к разгадке атомной структуры. Исследуя спектральные линии с помощью своего интерферометра, М. обнаружил, что все они состоят из нескольких близко расположенных «подлиний». Такую тонкую структуру ученым не удавалось объяснить до появления в 20-х гг. квантовой механики. Ныне интерферометр М. применяется для анализа света повседневно и остается одним из наиболее мощных средств современного анализа.

М. был удостоен Нобелевской премии по физике 1907 г. «за создание высокоточных оптических приборов и выполненные с их помощью спектроскопические и метрологические исследования». Выступая на церемонии вручения премии, К.Б. Хассельберг из Шведской королевской академии наук отметил, что интерферометр Майкельсона сделал возможными измерения «с необычайно высокой точностью».

Стремясь создать все более точные и совершенные приборы, М. поставил перед собой задачу увеличить разрешающую способность спектрографов, используя более крупные прецизионные дифракционные решетки. Такие решетки разлагают падающий на них пучок света на компоненты с различными длинами волн. М. интересовали дифракционные решетки, выполненные в виде зеркала, на которое нанесено большое число тонких линий с узкими зазорами между ними. В результате проведенного исследования ему удалось создать самые большие и тонкие дифракционные решетки, превосходившие все, что имелось до него. Первоначально М. предполагал уделить этой работе лишь несколько лет, но проблема настолько захватила его, что он не переставал заниматься ею до конца жизни.

После перерыва, вызванного необходимостью работы для нужд военно-морских сил Соединенных Штатов Америки во время первой мировой войны, М. вернулся к своим исследованиям. На этот раз его интересы обратились к астрономии. М. преложил несколько способов использования интерферометра для измерения диаметра таких малых объектов, как астероиды, малых лун планет Солнечной системы и больших ярких звезд. В 1920 г. М. первому удалось измерить диаметр далекой звезды.

Он сообщил, что диаметр гигантской звезды Бетельгейзе составляет 240 млн. миль. Проводя эти исследования, выполнявшиеся на телескопе обсерватории Маунт-Вилсон близ Пасадены, М. все чаще бывал в Калифорнии. Работал он и в Калифорнийском технологическом институте. М. произвел первые жесткости Земли, определяя с помощью интерферометра приливные колебания уровня воды в трубах, закопанных в землю. В 1925 г. он стал первым почетным профессором Чикагского университета, но в 1929 г. покинул Чикаго и целиком посвятил себя исследованиям в Калифорнии.

Брак М. с Маргарет Хеминуэй (1877), от которого родились дочь и двое сыновей, закончился разводом в 1897 г. Два года спустя М. вступил в брак с Эдной Стэнтон. От этого брака у М. было три дочери. М. был известен художник-акварелист и одаренный скрипач. Учил он музыке и своих детей. М. хорошо играл в теннис, бильярд, шахматы и бридж, любил парусный спорт.

Известный своей целеустремленностью, М. всегда предпочитал научные исследования административной работе и преподавательской деятельности. Он не любил общаться с аспирантами и лишь изредка, от случая к случаю, выступал с лекциями и докладами.

В последний год жизни, несколько серьезных ударов, М. продолжал руководить исследованиями буквально лежа в постели. Последним его проектом, до завершения которого ему не суждено было дожить, стала одна попытка уточнить измерение скорости света. М. скончался от кровоизлияния в мозг 9 мая 1931 г. в Пасадене (штат Калифорния).

Хотя М. никогда не защищал докторской диссертации, он был удостоен за свои достижения степени почетного доктора одиннадцатью крупнейшими университетами Европы и Америки. Помимо Нобелевской премии среди его многочисленных наград были медаль Копли Лондонского королевского общества (1907), медаль Генри Дрейпера Национальной академии наук США (1916), медаль Франклина Франклиновского института (1923), золотая медаль Лондонского королевского астрономического общества (1923) и медаль Дадделла Лондонского физического общества. М. состоял членом многих научных обществ и академий, в том числе Национальной академии США, Лондонского королевского общества, Французской наук и Академии наук СССР. Он был президентом Американского физического общества (1901...4903) и Национальной академии наук США (1916).

МАРКОНИ (Marconi), Гульельмо

25 апреля 1874 г. – 20 июля 1937 г.
Нобелевская премия по физике, 1909 г.
совместно с Фердинандом Брауном

Итальянский инженер-электрик и изобретатель Гульельмо Маркони родился в Болонье. Он был вторым сыном землевладельца Джузеппе Маркони от второго брака с урожденной Анни Джеймсон из Ирландии. До поступления в техническое училище в Ливорно М. занимался с домашними учителями в Болонье и Флоренции. В возрасте 20 лет М. увлекся физикой, особый интерес у него вызывали исследования по теории электричества Джеймса Клерка Максвелла, Генриха Герца, Эдуарда Бранли, Оливера Лоджа и Аугусто Риги.

В 1894 г. М. прочитал об опыте, продемонстрированном в 1888 г.: электрическая искра, проскакивавшая через зазор между двумя металлическими шарами, порождала периодические колебания, или импульсы (волны Герца). М. сразу же пришла мысль использовать эти волны для передачи сигналов по воздуху без проводов. Следующие 40 лет своей жизни он посвятил беспроволочной телеграфии, добиваясь все большей эффективности и дальности передачи.

Получив консультацию у Риги, М. воспользовался вибратором Герца и когерером Бранли (детектором волн Герца, превращающим колебания в электрический ток) и передал сигнал, включивший электрический звонок, находившийся по другую сторону лужайки отцовского поместья. К середине 1895 г. М. создал более чувствительный и надежный когерер: включил телеграфный ключ в цепь передатчика, заземлил вибратор и присоединил один из его концов к металлической пластине, расположенной высоко над землей. В результате этих усовершенствований

ему удалось передать сигнал на расстояние 1,5 мили. Поскольку итальянское правительство не проявило интереса к его изобретению, М. отправился в Англию в надежде найти там средства для продолжения исследований и развертывания коммерческого использования своего изобретения. В 1896 г. двоюродный брат М. Генри Джеймс Дэвис помог ему составить первую патентную заявку на изобретение в области радиотелеграфии.

Пребывание М. в Англии началось с неприятности: подозрительные таможенники разбили его беспроволочный аппарат. Восстановив свое детище, М. сумел привлечь к нему внимание британских предпринимателей и правительственных чиновников. В сентябре 1896 г., усовершенствовав свою систему, он передал сигнал на расстояние почти в 2 мили. Когда итальянское правительство призвало его на трехлетнюю военную службу, М. удалось обеспечить себе формальное прохождение службы, числясь курсантом военно-морского училища при итальянском посольстве в Лондоне. В мае 1897 г. он передал сигналы через Бристольский залив на расстояние 9 миль. В июле того же года М. и небольшая группа вкладчиков основали «Компанию беспроволочного телеграфа и сигналов», в задачу которой входила установка аппаратов на плавучих и наземных маяках вдоль побережья Англии.

В ходе работ М. обнаружил, что дальность передачи пропорциональна числу и длине используемых антенн. Чтобы передать сигнал на расстояние 28 миль через пролив Ла-Манш, М. использовал группу антенн, каждая из которых была высотой 150 футов. В 1900 г., опираясь на открытие Фердинанда Брауна, М. включил в свой передатчик конденсатор и катушку настройки, что позволило увеличить энергию сигнала. Конденсатор усиливал эффект колебаний, создаваемых искровым разрядником, а катушки позволили добиться совпадения периода колебаний в антенне с периодом усиленных колебаний. Эти две цепи отныне можно было настраивать так, чтобы колебания в них происходили согласованно и тем самым не было бы гашения колебаний вследствие интерференции. Это сводило до минимума затухание сигнала.

Тогда же М. усовершенствовал и прием сигнала, включив в приемник катушку настройки, в результате чего от принимаемого сигнала когереру передаются только колебания, настроенные на колебания передатчика. Этим исключается прием сигналов, передаваемых всеми остальными антеннами. Патент №7777, выданный в апреле 1900 г., по существу, закреплял за М. монополию на использование настроенных друг на друга передатчиков и приемников. Основанная им компания была переименована в «Компанию беспроволочной телеграфии Маркони».

К концу 1900 г. М. удается увеличить дальность передачи сигналов до 150 миль. В январе 1901 г. он установил беспроволочный контакт между некоторыми пунктами на побережье Англии, отстоящими друг от друга на расстоянии 186 миль. В конце того же года, находясь в Сент-Джоне на острове Нью-Фаундленд, М. принял сигнал, переданный через Атлантический океан из Корнуолла (Великобритания). Сигнал преодолел

расстояние в 2100 миль. В 1902 г. М. передал первый беспроволочный сигнал через Атлантику с запада на восток. В 1905 г. он взял патент на направленную передачу сигналов. В 1907 г. М. открыл первую трансатлантическую службу беспроволочной связи, а в 1912 г. получил патент на усовершенствованную регулируемую во времени искровую систему для генерирования передаваемых волн.

М. и Браун были вместе удостоены Нобелевской премии по физике 1909 г. «в знак признания их заслуг в развитии беспроволочной телеграфии». Отмечая теоретические исследования Майкла Фарадея, Генриха Герца и других предшественников М., Ханс Хильдебрандт из Шведской королевской академии отметил, что «главное (помимо неукротимой энергии, с которой М. шел к им же самим поставленной цели) было достигнуто, когда М. благодаря природным способностям удалось воплотить всю систему в виде компактной, пригодной для практического использования конструкции».

Во время первой мировой войны М. выполнял ряд военных миссий и в конце концов стал командующим итальянским военно-морским флотом. Руководил он и программой по телеграфии для нужд итальянских вооруженных сил. В 1919 г. его назначили полномочным представителем Италии на Парижской мирной конференции. От имени Италии М. подписал договоры с Австрией и Болгарией.

Превратив свою паровую яхту «Элеттру» в дом, лабораторию и рабочий кабинет, М. в 1921 г. приступил к интенсивным исследованиям коротковолновой телеграфии. К 1927 г. компания М. развернула международную сеть коммерческих коротковолновых телеграфных связей. В 1931 г. М. исследовал передачу микроволн и в следующем году установил первую радиотелефонную микроволновую связь. В 1934 г. он демонстрирует возможность применения микроволновой телеграфии для нужд навигации в открытом море.

В 1905 г. М. женился на уроженке Ирландии Беатрис О'Брайен. У них родилось трое детей. Через три года после развода, последовавшего в 1924 г., М. вступил во второй брак с графиней Бецци-Скали, от которой у него была дочь. М. скончался 20 июля 1937 г. в Риме.

Среди прочих наград М. был удостоен медали Франклина Франклиновского института и медали Альберта Королевского общества искусств в Лондоне. В Италии он получил наследственный титул маркиза, был сенатором и награжден Большим крестом ордена Короны Италии.

МЕР (Meer), Симон ван дер

род 24 ноября 1925 г.
Нобелевская премия по физике, 1984 г.
совместно с Карло Руббиа

Голландский физик и инженер Симон ван дер Мер родился в Гааге. Третий из четырех детей, он был единственным сыном школьного учителя Питера ван дер Мера и урожденной Йетске Гренефельд. Родители высоко ценили ученость и ценой материальных жертв дали детям хорошее образование. М. учился в местной гимназии и сдал выпускные экзамены в 1943 г., когда Голландия была оккупирована немцами во время второй мировой войны. Так как немцы закрыли голландские университеты, М. еще два года изучал гуманитарные дисциплины в гимназии. Но его интерес к физике и технике неуклонно рос. Любимым его занятием стало возиться с электроникой. В доме ван дер Меров с каждым днем становилось все больше различных устройств и приспособлений, сконструированных им. По окончании войны М. поступил в технический колледж в Делфте на специальность «контрольно-измерительные устройства» и в 1952 г. окончил его с дипломом инженера. В том же году М. стал сотрудником Научно-исследовательской лаборатории фирмы «Филипс» в Эйндховене и принял участие в создании электронного микроскопа и высоковольтного оборудования. В1956 г. он перешел на работу в Европейский центр ядерных исследований – ЦЕРН, образованный двумя годами ранее, как консорциум 13 европейских стран.

В ЦЕРНе М. сначала работал над техническим проектом ускорителя частиц – протонного синхротрона (ПС). Проявив особый интерес к проблемам управления пучками частиц, М. затратил несколько лет на

изобретение пульсирующего фокусирующего устройства, которое он назвал нейтринным рогом. Это устройство предназначалось для увеличения интенсивности потоков нейтрино – элементарных частиц, не имеющих электрического заряда и почти лишенных массы. Нейтрино испускаются наряду с другими частицами в таких реакциях, как бета-распад (испускание электронов) радиоактивных ядер. В1965 г. М. спроектировал небольшое накопительное кольцо – устройство, позволяющее с помощью электромагнитных полей удерживать заряженные частицы, заставляя их циркулировать по кольцу. Оно использовалось в экспериментах по измерению магнитных свойств мюона – частицы, аналогичной электрону, но гораздо более тяжелой, которая была первоначально обнаружена в космических лучах. Участие в этом эксперименте позволило М. познакомиться с принципами проектирования ускорителей и характерными особенностями мышления физиков, работающих в области высоких энергий. С 1967 по 1976 г. М. отвечал за питание управляющих магнитов пересекающихся накопительных колец ЦЕРН и суперпротонного синхротрона (СПС) на 400 млрд. электрон-вольт. Пересекающиеся накопительные кольца позволяют частицам, например протонам, циркулировать в противоположных направлениях по двум различным кольцам. Там, где накопительные кольца пересекаются, происходит столкновение встречных пучков.

В 1976 г. М. вошел в число участников проекта, предложенного Карло Руббиа, Дэвидом Клайном и Питером Макинтайром Суть проекта сводилась к превращению СПС в экспериментальную установку для обнаружения гипотетических W- и Z-частиц (бозонов), связанных с ядерным (сильным) взаимодействием. Поиск этих частиц ученые вели на протяжении многих лет. Их обнаружение имело бы решающее значение для подтверждения квантовых теорий поля.

Физики различают четыре фундаментальных взаимодействия гравитационное (притяжение между массами, оно удерживает вместе части Вселенной), электромагнитное, связывающее атомные электроны с ядром, атомы с атомами в молекулах и лежащее в основе всех химических процессов, слабое взаимодействие, ответственное за некоторые типы радиоактивности, например испускание бета-излучения (электронов), и сильное взаимодействие, удерживающее в ядре протоны, нейтроны и другие субатомные частицы, компенсируя противодействующие силы, например взаимное отталкивание плотно упакованных протонов. Согласно квантовой теории поля, взаимодействие осуществляется путем обмена фундаментальными частицами, или квантами поля. Отец квантовой теории Макс Планк обнаружил в 1900 г., что энергия излучается не непрерывно, а дискретными порциями, или квантами. В 1905 г. Альберт Эйнштейн подтвердил квантовую теорию, доказав, что свет, волновая природа которого считалась общепризнанной на протяжении столетий, может действовать и как поток отдельных частиц. Квант света, как и квант любого электромагнитного излучения, получил название фотона. Электромагнитное

взаимодействие осуществляется с помощью обмена фотонами. Энергия фотона пропорциональна частоте излучения.

У фотона нулевая масса покоя свет либо движется, либо не существует. В 1935 г. японский физик Хидеки Юкава выдвинул гипотезу о том, что внутриядерное взаимодействие может переноситься квантами, имеющими массу покоя, и вычислит ее предполагаемую величину около 200 масс электрона. В 1947 г. английский физик Сесил Ф. Пауэлл обнаружил частицу Юкавы в происходящих на большой высоте над Землей столкновениях космических лучей с ядрами. Так как аналогичная, но более легкая частица была найдена несколько ранее на малых высотах, частица Юкавы получила название пи-мезона, или пиона, а более легкая частица стала называться мю-мезоном, или мюоном. Пион играет роль переносчика сильного взаимодействия, осуществляя связь между протонами и нейтронами, а также между одноименными внутриядерными частицами (только протонами или только нейтронами).

Существование четырех фундаментальных взаимодействий не удовлетворяло физиков. Было предпринято несколько попыток создать теорию, охватывающую все четыре взаимодействия в рамках единого подхода. В 1960 г. американский физик Шелдон Л. Глэшоу предложил электрослабую теорию, объединяющую электромагнитное и слабое взаимодействия. Теория Глэшоу требовала существования трех частиц из класса бозонов (названных в честь индийского физика Сатъендраната Бозе): положительно заряженной W+-частицы, отрицательно заряженной W–-частицы и нейтральной Z0-частицы. Частицы W должны служить переносчиками слабого взаимодействия, а все три новые частицы и фотон – электрослабого взаимодействия. Семь лет спустя американский физик Стивен Вайнберг и пакистанский физик Абдус Салам независимо друг от друга предсказали, что W- и Z-частицы должны быть в десятки раз тяжелее любой ранее известной элементарной частицы и иметь необычайно короткое время жизни (менее 10–18 секунд).

Итальянскому физику Руббиа, работавшему в ЦЕРН с 1960 г. и занимавшемуся поиском W- и Z-частиц в Национальной ускорительной лаборатории имени Ферми, расположенной близ Чикаго, в 1979 г. удалось убедить руководство ЦЕРН перестроить СПС для подобных исследований. Предполагаемая стоимость работ составляла 100 млн. долларов.

Поскольку массы W- и Z-частиц велики, для наблюдения их требуется выделение огромного количества энергии. Эквивалентность массы и энергии, выводимая из теории относительности Эйнштейна, позволяет оценить количество необходимой энергии. Полученная оценка превосходила возможности существующих ускорителей частиц, в частности, потому, что при столкновениях быстро движущихся частиц не вся энергия расходуется на образование новых частиц. Руббиа и его коллеги предложили использовать СПС как протон-антипротонный ускоритель на встречных пучках – коллайдер. Антипротоны – это частицы антиматерии, аналогичные протонам, т.е. частицы-двойники во всем, кроме заряда, который у них отрицателен.

Существование первой античастицы – антиэлектрона – предсказал в 1928 г. Поль А. Морис Дирак. Она была обнаружена экспериментально Карлом Д. Андерсоном в 1932 г. и получила название позитрона. При столкновении частицы и античастицы они аннигилируют с выделением энергии в виде, например, гамма-излучения. В переделанном по предложенному проекту СПС протоны и антипротоны как частицы с противоположными электрическим зарядами обращались бы в противоположных направлениях в одном и том же магнитном поле внутри одного и того же кольца. При столкновении частиц в результате аннигиляции высвобождалось бы количество энергии, необходимое для рождения W-и Z-частиц.

Осуществление проекта столкнулось со многими трудностями: возникли проблемы с накоплением нужного числа антипротонов в достаточно интенсивном пучке (частицы антиматерии встречаются крайне редко) и с проектированием детектора, позволяющего идентифицировать частицы и определять их характеристики. Жизнь самих частиц слишком коротка для того, чтобы их можно было наблюдать непосредственно, но продукты их распада могут дать ценные «показания» обо всем происходившем. Одним из продуктов распада должно было быть ускользающее от экспериментаторов нейтрино, необычные свойства которого, в том числе отсутствие заряда и массы, почти полностью исключают всякое взаимодействие с веществом, необходимое для срабатывания любого детектора. К выводу о существовании нейтрино физики приходят, суммируя энергию и импульс других продуктов распада по всем направлениям и определяя недостающие энергию и импульс. Руббиа и более ста других ученых построили сложную 1200-тонную детекторную камеру. Другая группа – меньший, 200-тонный детектор для подтверждения получаемых результатов М. удалось решить проблему подвода антипротонов с помощью специального накопительного кольца.

Для получения антипротонов неподвижная медная мишень бомбардировалась сгустками протонов, разогнанных до высоких энергий на старом ПС. Рожденные антипротоны поступали в виде всплесков быстрой последовательности в накопительное кольцо. Накопленные в кольце примерно за сутки антипротоны инжектировались в ПС для предварительного ускорения, а оттуда поступали в СПС, куда затем поступала предварительно ускоренная группа протонов, также выведенная из ПС. Протоны и антипротоны окончательно разгонялись до энергий порядка 300 млрд. электрон-вольт СПС превращался в гигантское накопительное кольцо диаметром в 4 мили, в котором частицы и античастицы, разделенные на три группы, циркулировали в противоположных направлениях и сталкивались «в лоб» в шести строго определенных точках. В двух из этих точек были размещены детекторы.

Ключевым моментом в создании успешно действующего накопителя антипротонов была реализация предложенного М. так называемого стохастического охлаждения. Нужно было принять каждый сгусток инжектированных антипротонов, сжать его в плотный узкий импульс

и присоединить к все более многочисленной «стае» антипротонов, летающей по осевой линии откаченной до глубокого вакуума камеры накопителя. Образовавшееся облако антипротонов необходимо было хранить так, чтобы оно не оказалось на пути потока новых сгустков. Сложная управляющая система включала в себя ряд пикап-электродов (электродов-датчиков), следивших за смещением орбит частиц и посылавших усиленные надлежащим образом сигналы на расположенные впереди электроды, которые корректирующими «толчками» фокусировали траекторию в более тонкий пучок, когда сгусток частиц оказывался в точках корректировки. Другие толчки изменяли скорости сжатых сгустков так, чтобы они воссоединялись с накопленными. Под охлаждением в данном случае понимается уменьшение скоростей частиц относительно друг друга. Стохастичность предполагает случайность, неизбежную в тех случаях, когда приходится иметь дело с большим числом частиц М. говорил впоследствии, что «процесс такой сложности невозможно было бы одолеть, если бы не усилия и самоотверженность нескольких сотен людей».

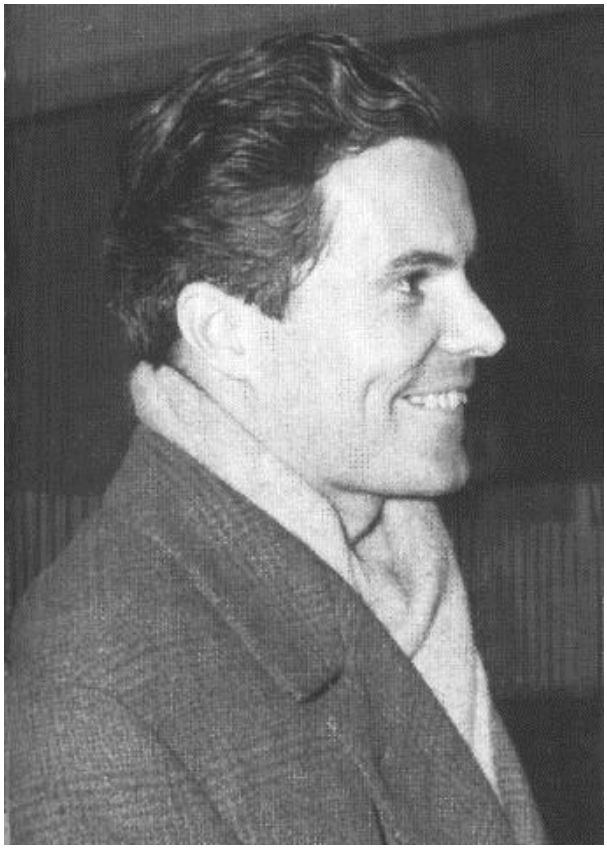
Столкновения протонов и антипротонов, совершающих 50 000 оборотов в секунду по кольцу с длиной окружности более 12,5 мили, позволяли достичь рекордных по тем временам энергий. Коллайдер был введен в строй в 1982 г., а об открытии W+ и W–-частиц было объявлено уже в январе 1983 г. А еще через несколько месяцев последовало сообщение об обнаружении более неуловимой Z-частицы.

М. и Руббиа была присуждена Нобелевская премия по физике 1984 г. «за решающий вклад в большой проект, осуществление которого привело к открытию полевых частиц W и Z, переносчиков слабого взаимодействия». Экспериментальное открытие квантов слабого взаимодействия было с энтузиазмом воспринято во всем мире как одно из наиболее важных достижений в физике XX в. Открытие W- и Z-частиц позволило объяснить, почему Солнце не перегревается и не испепеляет все живое на Земле, сделало более доказательной так называемую теорию «большого взрыва» в космологии, приблизило науку к возможной реализации мечты Эйнштейна, правда в видоизмененном виде созданию единой полевой теории, охватывающей все четыре фундаментальных взаимодействия в природе М. продолжает проектировать и строить в ЦЕРН накопительные кольца все более совершенных конструкций.

М. с 1966 г. женат на Катарине М. Купман. У них родились сын и дочь. Он заядлый лыжник и турист, любит на досуге читать художественную литературу.

М. избран почетным доктором университетов Женевы, Амстердама и Генуи, награжден медалью Дадделла и премией Лондонского физического института (1982). Он состоит членом Королевской нидерландской академии наук и Американской академии наук и искусств.

МЁССБАУЭР (Mossbauer), Рудольф Л.



род. 31 января 1929 г.
Нобелевская премия по физике, 1961 г.
совместно с Робертом Хофстедтером

Немецкий физик Рудольф Людвиг Мёссбауэр родился в Мюнхене и был одним из двух детей и единственным сыном Людвига Мёссбауэра, фототехника, и Эрны (в девичестве Эрнст) Мёссбауэр. Получив начальное образование в местных школах, он поступил затем в неклассическую среднюю школу Мюнхена, которую закончил в 1948 г. Некоторое время он работал в оптической фирме, после чего поступил в Мюнхенский технический университет; в 1952 г. стал бакалавром, в 1955 г. – магистром, а в 1958 г. – доктором. В течение академического 1953/54 г. работал преподавателем математики в том же университете. С 1955 по 1957 г. он был ассистентом в Институте медицинских исследований в Гейдельберге, входившем в Институт Макса Планка, а в 1958 г. стал стипендиатом-исследователем в Мюнхенском техническом университете.

Докторские исследования М., хотя и велись главным образом в Институте Макса Планка, были выполнены под руководством его научного руководителя, физика из Мюнхена Хейнца Майер-Лейбница. Эти исследования касались излучения и поглощения гамма-лучей атомными ядрами. Гамма-лучи – это разновидность электромагнитного излучения, энергия которого превосходит энергию рентгеновских лучей; они испускаются нестабильными (радиоактивными) атомными ядрами.

С 1850-х гг. было известно, что некоторые газы, жидкости и твердые тела (например, фтористые соединения) поглощают электромагнитное излучение (обычно видимый свет) и немедленно вновь его излучают (это явление получило название флуоресценции). В специальном случае, известном как резонансная флуоресценция, и поглощаемое, и испускаемое излучения обладают одинаковыми энергией, длиной волны и частотой. Важную информацию о строении атомов удалось получить, используя аналогичное явление флуоресценции рентгеновских лучей, в котором материал, возбужденный поглощением рентгеновских лучей, испускает рентгеновские лучи той же длины волны и частоты. Флуоресценция рентгеновских лучей была обнаружена и измерена между 1915 и 1925 гг. Чарлзом Баркла и Каем Сигбаном.

Флуоресцентное поглощение происходит только в том случае, если энергия возбуждающего фотона (частицы электромагнитного излучения) равна энергии, необходимой для возбуждения атома или его ядра. Однако энергия фотона зависит от движения атома, который его поглощает или испускает: атом и фотон приближаются друг к другу – энергия возрастает; если же они удаляются друг от друга – энергия уменьшается. Это усложняет картину, поскольку само явление излучения или поглощения фотона определяется его движением относительно атома.

Процесс испускания или поглощения фотона протекает с сохранением как энергии, так и импульса; другими словами, суммарная энергия и суммарный импульс фотона и атома должны оставаться теми же самыми и до, и после данного события. Отсюда следует, что, излучая фотон, атом должен испытывать отдачу. Энергия такой отдачи вычитается из энергии фотона, которая, следовательно, становится несколько меньше той энергии, которой обладал бы фотон, если бы такой отдачи не было.

Для фотонов видимого света, которые обладают сравнительно малой энергией и импульсом, эффектом атомной отдачи можно пренебречь. В то же время фотоны гамма-лучей обладают энергией, превышающей от 10 тыс. до миллиона раз энергию видимого света, и отдача становится существенной. Когда атомное ядро испускает фотон, появляющееся в результате отдачи движение ядра вызывает заметное уменьшение энергии фотона. В итоге излучаемый фотон обладает не совсем той же самой энергией (или длиной волны, или частотой), что и фотон, который может быть поглощен данной разновидностью ядра. По этой причине резонансная флуоресценция – при которой испускаемый и поглощаемый фотоны должны обладать равными энергиями – обычно у гамма-лучей не наблюдается.

М. нашел способ добиться резонансной флуоресценции гамма-лучей. В качестве их источника он использовал атомы радиоактивного изотопа металла иридия. Иридий имеет форму кристаллического твердого тела, так что как излучающие, так и поглощающие атомы занимают фиксированное положение в кристаллах. Охладив кристаллы жидким азотом, он с удивлением обнаружил, что флуоресценция заметно увеличилась. Изучая это явление, он установил, что отдельные ядра, испускающие или

поглощающие гамма-лучи, передают импульс взаимодействия непосредственно всему кристаллу. Поскольку кристалл гораздо более массивен, чем ядро, у излучаемых и поглощаемых фотонов частотный сдвиг не наблюдается. Это явление, которое М. назвал «упругим ядерным резонансным поглощением гамма-излучения», ныне носит название эффекта Мёссбауэра. Как и всякий эффект, возникающий в твердом теле, он зависит от кристаллической структуры вещества, от температуры и даже от присутствия мельчайших примесей. М. показал, что подавление ядерной отдачи с помощью эффекта Мёссбауэра позволяет генерировать гамма-лучи, длина волны которых постоянна с точностью до одной миллиардной (109); другие исследователи улучшили этот результат, добившись стабильности с точностью до одной сто триллионной (1014).

Вначале результаты М., опубликованные в 1958 г., либо игнорировались учеными, либо подвергались сомнению. Однако через год, признав потенциальную важность эффекта Мёссбауэра, некоторые из них повторили его эксперименты, и результаты подтвердились. Тот факт, что упругое ядерное резонансное поглощение делает возможным измерение крайне малого различия в энергии двух систем (лишь бы оно было достаточно велико, чтобы воспрепятствовать резонансной флуоресценции), приводит к методу, имеющему целый ряд важных приложений. Обладая исключительно стабильной длиной волны и частотой, флуоресцентные гамма-лучи используются в качестве исключительно точного инструмента при измерениях гравитационного, электрического и магнитного полей малых частиц.

Одним из первых приложений эффекта Мёссбауэра стала в 1959 г. работа Р.В. Паунда и Г.А. Ребки из Гарвардского университета, которые воспользовались этим эффектом для подтверждения предсказания Альберта Эйнштейна о том, что гравитационное поле способно изменять частоту электромагнитного излучения. Измерение изменения частоты гамма-лучей, вызванного различием гравитационного поля у подножия и наверху 70-футовой башни, полностью подтвердило общую теорию относительности Эйнштейна. Эффект Мёссбауэра позволяет также получить информацию о магнитных и электрических свойствах ядер и окружающих их электронов. Этот эффект находит применение и в таких разнообразных областях, как археология, химический катализ, строение молекул, валентность, физика твердого тела, атомная физика и биологические полимеры.

В 1961 г. М. получил половину Нобелевской премии по физике «за исследование резонансного поглощения гамма-излучения и открытие в этой связи эффекта, носящего его имя». С помощью эффекта Мёссбауэра, сказал Айвар Валлер, член Шведской королевской академии наук, при презентации лауреата, «стало возможно исследовать такие важные явления, которые прежде находились вне досягаемости даже для наиболее точных измерений».

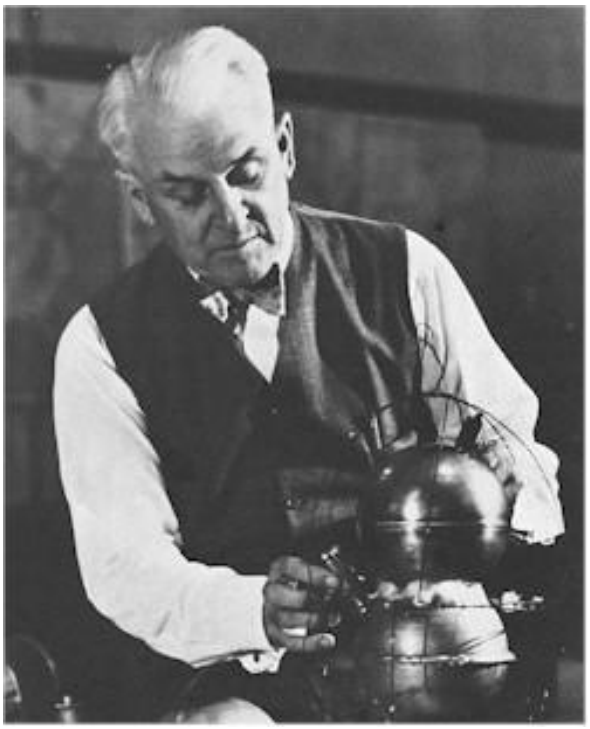
М. должен был стать полным профессором Мюнхенского технического университета, но, разочаровавшись в бюрократических и авторитарных принципах организационных структур германских

университетов, взял в 1960 г. творческий отпуск в Гейдельберге и стал стипендиатом-исследователем в Калифорнийском технологическом институте, а в следующем году стал там профессором. Однако в 1964 г. он вернулся в Германию, где занял пост профессора физического факультета Мюнхенского технического университета, преобразовав его по образцу организационных структур американских университетов. Некоторые ученые в шутку называли это изменение в структуре германского академического образования «вторым эффектом Мёссбауэра». С 1972 по 1977 г. М. возглавлял Институт Лауэ – Ланжевена в Гренобле (Франция).

В 1957 г. М. женился на Элизабет Притц, специалистке по дизайну, у них – сын и две дочери. На досуге он играет на пианино, катается на велосипеде и занимается фотографией.

М. является членом Американского, Европейского и Германского физических обществ, Индийской академии наук и Американской академии наук и искусств. Он удостоен почетных докторских степеней Оксфордского, Лейчестерского и Гренобльского университетов. Кроме Нобелевской премии, он получил награду за научные достижения Американской исследовательской корпорации (1960), премию Рентгена Гессенского университета (1961) и медаль Эллиота Крессона Франклиновского института (1961).

МИЛЛИКЕН (Millikan), Роберт Э.



22 марта 1868 г. – 19 декабря 1953 г.
Нобелевская премия по физике, 1923 г.

Американский физик Роберт Эндрюс Милликен родился в Моррисоне (штат Иллинойс). М. был вторым сыном священника конгрегационалистской церкви Сайласа Франклина Милликена и Мэри Джейн (Эндрюс) Милликен, бывшего декана женского отделения колледжа Оливе в Мичигане. В 1875 г. семья Милликен переехала в Макуокета (штат Айова), небольшой городок неподалеку от реки Миссисипи, где Роберт рос вместе с двумя братьями и тремя младшими сестрами.

По окончании средней школы в Макуокета М. поступил в колледж, где училась его мать, – Оберлин в Огайо. Там его интересы были сосредоточены на математике и древнегреческом языке. Хотя он прослушал всего лишь двенадцатинедельный курс физики, о котором впоследствии отзывался как о напрасной потере времени, к М. обратились с просьбой взять на себя чтение курса физики в подготовительной школе при колледже. Ради заработка он принял предложение и преподавал физику в течение двух лет после того, как в 1891 г. получил степень бакалавра. Готовился он к занятиям по учебникам, которые сумел раздобыть. В награду факультет Оберлин-колледжа присудил ему в 1893 г. магистерскую степень по физике и направил конспекты его занятий в Колумбийский университет, который назначил М. аспирантскую стипендию.

В Колумбийском университете М. занимался под руководством известного физика и изобретателя Майкла И. Пьюпина. Одно лето он провел в Чикагском университете, где работал под руководством знаменитого физика-экспериментатора Альберта А. Майкельсона. Именно тогда он окончательно убедился в том, что физика – его истинное призвание. В 1895 г. он защитил в Колумбийском университете диссертацию на соискание докторской степени, посвятив ее исследованию поляризации света. Следующий год М. провел в Европе, побывав в Иене, Берлине, Геттингене и Париже, где встречался с Анри Беккерелем, Максом Планком, Вальтером Нернстом и Анри Пуанкаре.

По возвращении на родину в 1896 г. он стал ассистентом Майкельсона в Чикагском университете. За следующие двенадцать лет М. написал несколько учебников по физике. Это были первые книги, написанные для американских студентов, а не переводы французских или немецких учебников. Книги М. были приняты в качестве стандартных учебников в колледжах и средних школах и с дополнениями оставались ими более полувека. В 1907 г. М. был назначен ассистент-профессором физики, а в 1910 г. – полным профессором.

В 1908 г. М. прекратил работу над учебниками, чтобы уделять больше времени оригинальным исследованиям. Как и многих физиков того времени, его интересовал недавно открытый электрон, в особенности величина его электрического заряда, которая не была еще измерена. Английский физик Г.А. Уилсон попытался это сделать, исследуя влияние электрического поля на заряженное облако паров эфира. Но его вычисления были основаны на усредненном поведении микроскопических капелек эфира, поскольку Уилсону не удалось придумать метод, который позволил бы

провести все измерения на отдельной капельке. Результаты Уилсона варьировались в широких пределах, и некоторые ученые стали подозревать, что различные электроны имеют и различные заряды. А это означало бы, что электрон не является неделимой заряженной частицей. М. решил выяснить, все ли электроны имеют одинаковый заряд, и точно его измерить. Ему удалось разработать метод заряженной капельки, ставший классическим примером изящного физического эксперимента и одним из достижений М., за которые он был удостоен Нобелевского премии.

Прежде всего М. усовершенствовал экспериментальную установку Уилсона, построив мощную батарею, создававшую гораздо более сильное электрическое поле. Кроме того, ему удалось изолировать в пространстве несколько заряженных капелек воды между металлическими пластинами. При включенном поле между пластинами капелька медленно двигалась вверх под действием электрического притяжения. При выключенном поле она опускалась под действием гравитации. Включая и выключая поле, М. мог изучать каждую из взвешенных между пластинами капелек в течение 45 секунд, после чего они испарялись.

К 1909 г. М. удалось определить, что заряд любой капельки всегда был целым кратным фундаментальной величине e (заряд электрона). Это было убедительным доказательством того, что электроны представляли собой фундаментальные частицы с одинаковыми зарядом и массой. На пути к измерению точного значения заряда электрона перед М. встали экспериментальные проблемы, которые он терпеливо решал. Заменив капельки воды капельками практически нелетучего масла, он получил возможность увеличить продолжительность наблюдений до 4,5 часа. В 1913 г., исключив один за другим возможные источники погрешностей, М. опубликовал свое первое окончательное значение заряда электрона: $e = (4{,}774 \pm 0{,}009)\cdot 10^{-10}$ электростатических единиц. Полученное значение продержалось более 70 лет. Лишь недавно с помощью новейшей высокочувствительной аппаратуры в него была внесена поправка. Новое значение заряда электрона составляет $e = 4{,}80298\cdot 10^{-10}$ электростатических единиц.

Еще в период работы над учебниками М. проводил исследования фотоэлектрического эффекта – выбивания электронов из поверхности металла падающим на поверхность светом. В 1905 г. Альберт Эйнштейн попытался объяснить некоторые особенности фотоэлектрического эффекта с помощью гипотезы о том, что свет состоит из частиц, которые он назвал фотонами. Гипотеза Эйнштейна была обобщением более ранней, выдвинутой Максом Планком гипотезы о том, что энергия колеблющегося атома излучается порциями, или квантами. Поскольку идея Эйнштейна противоречила общепринятому представлению о свете как о волне (волновая природа света была подтверждена убедительными экспериментальными данными), большинство физиков не поверили в нее.

В 1912 г. М. решил проверить соотношение, которое Эйнштейн вывел для фотоэлектрического эффекта. Это соотношение устанавливало

связь между энергией выбитых из поверхности электронов и частотой квантов падающего света. Собрав сложную экспериментальную установку, позволявшую исключить многие источники погрешностей, М. доказал, к своему собственному удивлению, что соотношение Эйнштейна правильно. Более того, в результате своего эксперимента он сумел определить намного точнее, чем его предшественники, значение постоянной Планка (фундаментальной константы квантовой теории). Полученные М. данные, опубликованные в 1914 г., помогли убедить ученых в справедливости квантовой теории.

М. был удостоен Нобелевской премии по физике 1923 г. «за работы по определению элементарного электрического заряда и фотоэлектрическому эффекту». В своей Нобелевской лекции М., ссылаясь на опыт работы в обеих областях, высказал убеждение, что «наука шагает вперед на двух ногах – на теории и эксперименте... Иногда вперед выдвигается одна нога, иногда другая, но неуклонный прогресс достигается лишь тогда, когда шагают обе».

К числу других важных работ, выполненных М. в Чикаго, относятся его исследования различных частей электромагнитного спектра с помощью искровой спектрографии и работы по броуновскому движению в газах, которые помогли подтвердить положения молекулярной теории. Труды М. снискали ему международное признание, а результаты его исследований стали внедряться в промышленность. В 1913 г. он стал консультантом компании «Вестерн электрик» по вакуумным приборам, с 1916 по 1926 г. работал экспертом в патентном бюро. В 1917 г. по приглашению астронома Джорджа Эллери Хейла М. отправился и Вашингтон, где занял посты вице-председателя и главы научных исследований Национального совета по исследованиям – специальной организации при Национальной академии наук, созданной американским правительством во время первой мировой войны. Служил М. и в войсках связи, где координировал деятельность ученых и инженеров, в особенности в такой жизненно важной области, как связь с подводными лодками.

После войны М. вернулся в Чикагский университет, но лишь на короткое время. Хейл, член попечительского совета Калифорнийского технологического института (Калтеха) в Пасадене, пригласил М. в 1921 г. в Калифорнию, предложив ему возглавить новую лабораторию с годовым фондом в 90000 долларов. М.. был назначен директором новой Бриджесской физической лаборатории и председателем исполнительного комитета Калтеха, т.е., по существу, президентом института. Всю свою деятельность в последующие годы М. посвятил тому, чтобы превратить Калтех в один из лучших научно-исследовательских и инженерных институтов мира. Но его величайшей заслугой стало привлечение в Калтех лучшей профессуры и способных студентов. Даже после ухода в отставку с поста главы исполнительного комитета в 1946 г. М. до самой смерти продолжал свою деятельность выдающегося администратора.

Первым проектом М. в Калтехе было исследование излучения, падающего на Землю из космического пространства (оно было впервые

обнаружено австрийским физиком Виктором Ф. Гессом). М. назвал такое излучение космическими лучами. Этот термин быстро привился и в среде ученых, и среди широкой публики. Стремясь разгадать природу таинственных лучей, М. вместе со своими ассистентами поднимал приборы на вершины гор, запускал их на воздушных шарах и опускал на дно глубоких озер. В ходе этих исследований один из учеников М., Карл Д. Андерсон, открыл позитрон и мюон.

В 1902 г. М. женился на Грете Ирвин Бланшар, выпускнице отделения классической филологии Чикагского университета. Ее специальностью был древнегреческий язык. У них родились трое сыновей. Все они стали известными учеными. М. скончался 19 декабря 1953 г. в Сан-Марино (штат Калифорния).

Придерживаясь в политике консервативных взглядов, М. был противником Нового курса президента Франклина Д. Рузвельта. Он считал, что вернейшим средством, которое может помочь Соединенным Штатам оправиться от депрессии, является сотрудничество науки и промышленности. Но, как и многие консерваторы того времени, М. был противником изоляционизма и весьма деятельно способствовал повороту исследовательских программ Калтеха к военным нуждам во время второй мировой войны. М. был религиозным модернистом и написал несколько книг о взаимоотношении науки и религии. На досуге он любил играть в теннис и гольф.

М. был удостоен многих наград, в том числе медали Хьюза Лондонского королевского общества (1923) и медали Фарадея Британского химического общества (1924). Он был командором ордена Почетного легиона и кавалером ордена Янтаря, которым его наградило китайское правительство. Двадцать пять университетов избрали его своим почетным доктором. В различные периоды он был президентом Американской ассоциации содействия развитию науки и Американского физического общества, состоял членом Американского философского общества. С 1903 по 1916 г. он был заместителем главного редактора журнала «Американское физическое обозрение» ("American Physical Review"). К концу жизни М. был членом двадцати одной иностранных научных академий.

МОТТ (Mott), Невилл

род. 30 сентября 1905 г.
Нобелевская премия по физике, 1977 г.
совместно с Филипом У. Андерсоном и Джоном Х. Ван Флеком

Английский физик Невилл Фрэнсис Мотт родился в Лидсе и был сыном Лилиан Мери (в девичестве Рейнольдс) Мотт и Чарлза Фрэнсиса Мотта, руководителя народного образования в Ливерпуле. Его родители познакомились, изучая физику у Дж. Дж. Томсона в Кавендишской лаборатории Кембриджского университета. Закончив Клифтон-колледж в Бристоле, М. поступил в колледж св. Джона в Кембридже, где изучал математику и теоретическую физику, получив степень бакалавра в 1927 г.

М. учился на старших курсах, когда теоретическая физика достигла значительных успехов благодаря разработке Вернером Гейзенбергом и независимо от него Эрвином Шредингером принципов квантовой механики. Окунувшись с головой в аспирантские исследования, М. непродолжительное время работал в Кембридже под руководством Р. Фаулера, одного из основателей современной астрофизики, затем в Копенгагене под руководством Нильса Бора и в Геттингене под руководством Макса Борна. Возвратившись в Англию в 1929 г., он в течение года читал лекции в Манчестерском университете, где работал с У.Л. Брэггом, а затем с 1930 по 1933 г. в Гонвилл-энд-Киз-колледже в Кембридже. Здесь он в 1930 г. получил степень магистра. Работая вместе с Эрнестом Резерфордом М. занимался приложением квантовой механики к анализу рассеяния частиц при

столкновениях. Ему удалось теоретически вывести знаменитую эмпирическую формулу Резерфорда для рассеяния альфа-частиц атомными ядрами, и его выкладки привели к неожиданному открытию, что ядра гелия идентичны альфа-частицам при определенных углах рассеяния вычисленная величина реакции удваивалась, и этот эффект позднее был подтвержден экспериментально.

В 1933 г. в возрасте 28 лет М. стал профессором теоретической физики в Бристольском университете. В том же году он совместно с английским физиком Г. Мессэем написал книгу «Теория атомных столкновений» ("The Theory of Atomic Collisions"). Затем М. занялся исследованием разнообразных явлений в области физики твердого тела, особенно структурных свойств металлов. Он разработал теорию переходных металлов (химических элементов, включающих большинство обычных металлов), выделив в них две группы электронов, одна из которых в основном отвечала за электрическую проводимость, а другая – за магнитные свойства и рассеяние. Другие его исследования были посвящены проблемам закаливания металлических сплавов, выпрямления электрического тока (AC-DC преобразование), а также структуре ионных кристаллов и фотографическим процессам.

К 30-м гг. квантовая механика позволила исследователям объяснить разницу между металлическими и неметаллическими веществами с помощью зонной теории Согласно этой теории, энергия электронов ограничена зонами, или уровнями, характерными для данного вещества. Именно различие характера этих уровней определяет различие между металлами и неметаллами. В металлах электроны могут занимать энергетические состояния, в которых они лишь слабо связаны с ядрами, так что они способны течь в виде электрического тока и стимулировать проводимость, если приложить разность потенциалов. Участвуя в 1937 г. в научной конференции в Бристольском университете, М. заинтересовался одним фактом, явно противоречащим зонной теории. Теоретически окись никеля должна была быть металлическим проводником, тогда как фактически она представляет собой изолятор. Введя в зонную теорию учет взаимодействия между электронами, М. в 1949 г. прояснил свойства окиси никеля и установил, почему некоторые вещества переходят из изоляторов в проводники при изменении плотности электронов. Эти изменения, называемые ныне переходами Мотта, стали играть важную роль при создании полупроводников.

Во время второй мировой войны М. занимался работами по исследованию теории операций, математической теорией принятия решений применительно к стратегическому планированию, а также участвовал в вычислениях дальности действия германских ракет «Фау-2". После войны он вернулся в Бристоль, где в 1948 г. стал директором университетской физической лаборатории, в 1954 г. сменил У.Л. Брэгга на посту руководителя Кавендишской лаборатории в Кембридже.

В начале 60-х гг. М. начал исследования электрических свойств аморфных (некристаллических) материалов (например, стекло), расположение молекул в которых не упорядочено и не подчинено какой-либо закономерности. Он заинтересовался этой областью в 1958 г., когда ознакомился со статьей Филипа У. Андерсона, посвященной аморфным полупроводникам. Полупроводник это вещество, которое ведет себя как изолятор при низких и как проводник при высоких температурах.

М. предложил Андерсону временную работу приглашенного профессора в Кембридже, и с 1967 по 1975 г. они вместе занимались изучением электрической проводимости полупроводников. Андерсон ранее показал, что при некоторых условиях электроны не обладают свободой диффузии в неупорядоченных структурах твердых тел – эффект, известный под названием андерсеновской локализации электронов.

Вначале работа Андерсона не привлекла внимания никого из ученых, за исключением М., который, развив ее идеи, сумел объяснить ряд свойств электронов в аморфных материалах. Предложенная им концепция границы подвижности описывает критический уровень энергии, отделяющий подвижные электроны от захваченных. Он также объяснил электрическую проводимость, вызванную присутствием относительно малого числа посторонних атомов, а также минимальную проводимость, при которой в неупорядоченном материале либо вовсе не может течь электрический ток, либо не может течь ток, превышающий заданную величину. Эта работа привела к использованию полупроводников в солнечных батареях, фотокопировальных машинах и многих других устройствах.

Освободившись в 1971 г. от административных обязанностей после своей отставки в Кембридже, М., по словам сменившего его на посту директора Кавендишской лаборатории Брайана Пиппарда, «как сорвавшийся с цепи пес яростно набросился на работу с аморфными материалами».

В 1977 г. М. получил совместно с Андерсоном и Джоном Х. Ван Флеком Нобелевскую премию по физике «за фундаментальные теоретические исследования электронной структуры магнитных и неупорядоченных систем». «Теория переходов Мотта и переходов Мотта-Андерсона сегодня играет важную роль в понимании свойств определенных материалов и в создании новых, – сказал Пер-Улоф Левдин, член Шведской королевской академии наук, при презентации лауреатов. – Андерсон и М. показали, что правильно контролируемый беспорядок может быть технически столь же важным, как и самый совершенный порядок».

Помимо непосредственно научной работы М. написал несколько статей, посвященных преподаванию наук, а также входил в ряд комитетов, занимавшихся реформой образования. В 1969...1977 гг. он возглавлял совет директоров компании «Тэйлор энд Фрэнсис», занимавшейся изданием научных книг, а еще ранее, в 1959...1966 гг., стоял во главе Гонвилл-энд-Киз-колледжа в Кембридже.

В 1930 г. М. женился на Рут Элинор Хордер; у них две дочери. На досуге М. интересуется историей религии, фотографией, коллекционированием цветного стекла и византийских монет.

Удостоенный многих наград, М. является также обладателем почетных ученых степеней Оксфордского, Лондонского и Парижского университетов и целого ряда институтов. В 1977 г. французское правительство наградило его орденом «За заслуги». В 1962 г. он получил дворянство.

МОТТЕЛЬСОН (Mottelson), Бенжамин Р.

род. 9 июля 1926 г.
Нобелевская премия по физике, 1975 г.
совместно с Оге Бором и Джеймсом Рейнуотером

Американо-датский физик Бенжамин Рой Моттельсон родился в Чикаго в семье Гудмена Моттельсона, инженера, и Джорджии (в девичестве Блум) Моттельсон. Второй из трех детей, мальчик рос в живой интеллектуальной атмосфере, царившей в семье. Он ходил в школу в Ла-Гранже (штат Иллинойс) и закончил ее в годы второй мировой войны. Будучи приписанным к флоту, он прошел офицерскую подготовку в Университете Пердью, в который и вернулся после окончания войны. Став бакалавром в 1947 г., он поступил в Гарвардский университет, где выполнил диссертационную работу по физике под руководством Джулиуса С. Швингера и в 1950 г. получил докторскую степень.

В этом же году Гарвард наградил М. стипендией для поездки за границу, что позволило ему проводить исследования в Институте теоретической физики в Копенгагене. Он продолжил свою работу в этом институте в последующем, получая стипендию вначале от Комиссии по атомной энергии США, а затем от ЦЕРНа (Европейской организации ядерных исследовании). В 1957 г., с момента основания Нордического института теоретической атомной физики (Нордита) в Копенгагене, он стал в нем профессором, а в 1981 г. сменил Оге Бора на посту директора Нордита.

С самого начала работы в Институте теоретической физики М. тесно сотрудничал с Оге Бором в разработке проблем ядерной теории. Бор (один из шести сыновей Нильса Бора) незадолго до этого вернулся из Колумбийского университета, где работал вместе с Джеймсом Рейнуотером. Последний к тому времени уже внес существенный вклад в теорию строения атомного ядра, причем многие проблемы он интенсивно обсуждал с Бором. Используя новые идеи. Бор и М. разработали всестороннюю теорию поведения ядра, которую они назвали коллективной моделью.

В то время ученые пытались объяснить поведение большого числа протонов и нейтронов (известных под общим названием нуклонов) в большом ядре с помощью двух теоретических моделей Согласно капельной модели, предложенной Нильсом Бором в 1936 г., ядро во многом похоже на каплю жидкости, которая колеблется и изменяет форму. Капельная модель позволяла объяснить деление ядра, но заводила в тупик при объяснении других его свойств. Согласно оболочечной модели, предложенной в 1949 г. Марией Гепперт-Майер и И. Хансом Д. Йенсеном, предполагается, что нуклоны движутся внутри ядра по независимым концентрическим орбитам, или оболочкам, во многом подобно тому, как электроны движутся в атоме. Согласно их теории, сила, действующая на один нуклон, равна сумме сил, порожденных всеми нуклонами ядра. Гепперт-Майер и Йенсен выдвинули гипотезу, согласно которой поле этой коллективной силы сферически симметрично. Однако экспериментальные данные показали, что распределение электрического заряда некоторых ядер не имеет той сферической конфигурации, которую оно должно было бы иметь согласно оболочечной модели.

Рейнуотеру пришла в голову идея, что центробежные силы могли бы вызывать деформацию орбит, так что вся конфигурация приняла бы дынеобразную форму, он опубликовал эту идею в 1950 г. Гипотеза Рейнуотера хорошо согласовывалась с тем, над чем размышлял Оге Бор, и по возвращении в Копенгаген в конце этого же года Бор начал разрабатывать обстоятельную теорию поведения ядра. Два года спустя он опубликовал вместе с М. совместную модель ядра, базировавшуюся на идее Рейнуотера. В этой модели был осуществлен синтез жидкообразного поведения ядра, описанного капельной моделью, и орбитальнонуклонных свойств, присущих оболочечной модели.

Согласно модели Бора – Моттельсона, совместное воздействие нуклонов приводит к тому, что поверхность ядра ведет себя подобно

поверхности капли жидкости. В то же время орбитальная структура ядра допускает деформации, что приводит к колебаниям и вращениям поверхности. Если внешняя оболочка ядра обладает полным комплектом нуклонов, то, согласно Бору и М., ядро имеет сферическую форму, когда же внешняя оболочка не заполнена, ядро принимает дынеобразную форму. Они обнаружили, что деформированные ядра обладают рядом новых мод колебаний и вращении, включая поверхностные волны и моды «дыхания», при которых происходят колебания размеров ядра. Предыдущие модели не сумели предсказать эти явления, поскольку они не принимали в расчет взаимодействие между нуклонами.

Коллективная модель позволила Бору и М. предсказать свойства деформированных ядер и подтвердить эти предсказания экспериментально. Когда же эксперименты, проделанные другими физиками, также подтвердили их теорию, оба ученых сообщили о своих открытиях в 1953 г. После опубликования коллективной модели М. и Бор продолжали и дальше развивать свою ядерную теорию.

В 1975 г. М. разделил Нобелевскую премию по физике с Бором и Рейнуотером «за открытие связи между коллективным движением и движением одной частицы в атомных ядрах и создание на основе этой связи теории строения атомного ядра». Выдвинув коллективную теорию, сказал при презентации лауреатов Свен Йоханссон, член Шведской королевской академии наук, М. и Бор «дали стимул новым теоретическим исследованиям, но, что самое главное, они способствовали проведению многочисленных экспериментов для проверки их теоретических предсказаний». Результатом, сказал Йоханссон, явилось «углубленное понимание структуры атомного ядра. Например, они показали... что нуклоны имеют тенденцию образовывать пары. Вследствие этого ядерное вещество обладает свойствами, напоминающими свойства сверхпроводников».

В 1948 г. М. женился на Нэнси Джэйн Рено; у них трое детей. В 1971 г. все они приняли датское гражданство. Жена М. умерла от рака в 1975 г., незадолго перед тем, как М. был награжден Нобелевской премией. Известный как человек исключительного интеллекта и способностей, М. в свободное время ездит на велосипеде, занимается плаванием и музыкой; однако большую часть своей жизни он посвящает размышлениям над атомным ядром и его поведением.

Кроме Нобелевской премии, М. имеет почетные ученые степени Университета Пердью и Гейдельбергского университета.

НЕЕЛЬ (Neel), Луи

род. 22 ноября 1904 г.
Нобелевская премия по физике, 1970 г.
совместно с Ханнесом Альфвеном

Французский физик Луи Эжен Феликс Неель родился в Лионе в семье Луи Нееля, директора одной из гражданских служб, и Марии Антуанетты (в девичестве Хартмайер) Неель. Закончив лицей дю-Парк в Лионе и лицей Сен-Луи в Париже, он поступил в престижную Эколь нормаль сюперьёр, по окончании которой в 1928 г. стал там же работать лектором. Затем он начал аспирантские исследования в Страсбургском университете под руководством Пьера Вайса, получив в 1932 г. докторскую степень.

Вайс, как и Пьер Кюри, одним из первых начал исследования в области теории намагничивания (магнитных свойств, которые вещество приобретает во внешнем магнитном поле). Хотя он и сумел дать количественные объяснения многим экспериментальным фактам, ему не удалось, однако, точно объяснить взаимодействие двух соседних элементарных магнитов (т.е. соседних атомов, которые ведут себя как маленькие магниты). В 1928 г., когда Н. приступил к исследованию намагничивания, Вернер Гейзенберг успешно объяснил это взаимодействие с помощью сформулированной незадолго до этого квантовой теории.

К этому времени были известны три типа магнитных материалов: диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. В диамагнетиках, таких, как висмут и сурьма (которые слегка отталкиваются внешним магнитным полем), и парамагнетиках, таких, как алюминий и платина (которые слегка притягиваются к внешнему полю), элементарные магниты в основном не

зависят друг от друга. Следовательно, магнитные поля в этих веществах ориентированы в различных направлениях, так что они почти нейтрализуют друг друга. В ферромагнитных веществах, таких, как железо и никель, соседние атомы взаимодействуют таким образом, что их магнитные поля имеют тенденцию ориентироваться в одном и том же направлении. Гейзенбергу удалось показать, что подобное взаимодействие приводит к тем макрохарактеристикам, какие и проявляются реально у ферромагнитных веществ.

Опираясь на работы Гейзенберга, Н. выдвинул гипотезу, что в некоторых веществах в результате взаимодействия соседних атомов их магнитные поля ориентируются в противоположных направлениях. Он предположил, что кристаллическую решетку подобных веществ можно рассматривать как две независимые взаимопроникающие подрешетки, каждая из которых состоит из атомов с одинаково ориентированными магнитными полями. Эта жесткая ориентация приводит к тому, что ниже некоторой температуры, ныне известной как точка Нееля, поля погашают друг друга, давая нулевую намагниченность. Однако выше точки Нееля начинают проявляться парамагнитные эффекты. Примеры веществ, по всей вероятности обладающих подобными свойствами (сейчас они называются антиферромагнетиками), были обнаружены в 1937 г., однако лишь в 1949 г. теорию Нееля удалось подтвердить при изучении дифракции нейтронов.

В 1937 г. Н. был назначен профессором научного факультета Страсбургского университета и оставался на этом посту до 1945 г. После начала второй мировой войны он выполнял заказы управления французских военно-морских сил, занимаясь вопросами защиты боевых кораблей от магнитных мин. В конце войны, в 1945 г., он поступил в Гренобльский университет, где основал лабораторию электростатики и физики металлов, которую и возглавлял до 1976 г.

Через три года после перехода в Гренобль Н. выдвинул предположение о существовании еще одной формы намагничивания, которую он назвал ферримагнетизмом. Было давно известно, что ферриты – класс минералов, включающий в себя магнетит (магнитный железняк), – проявляют аномальное поведение по сравнению с ферромагнитными веществами, хотя их относили к одному классу. Предположив, что ферриты образуют самостоятельный класс, Н. обобщил свою раннюю теорию антиферромагнетизма, чтобы объяснить поведение ферримагнетизма. В ферримагнитных веществах, утверждал он, магнитные поля двух решеток имеют разную величину, так что проявляется результирующий магнитный эффект. Некоторые из таких веществ, включая магнетит, обладают не двумя, а тремя решетками, две из которых компенсируют друг друга.

Ферриты, которые не являются электрическими проводниками, стали с тех пор использоваться в качестве покрытия магнитных лент, в устройствах компьютерной памяти, в технике связи и во многих других областях. Производство для этих целей искусственных ферритов базируется во многом на открытиях Н.

В 1956 г. Н. пригласили создать и возглавить Центр ядерных исследований в Гренобле, где он изучал дифракцию нейтронов и рост кристаллов. Он также принял участие в создании франко-германского реактора с большой плотностью потока в Гренобле. В большой степени благодаря той роли, которую Н. играл в научной жизни Гренобля, этот город стал крупнейшим центром физических исследований.

Среди проблем, которыми занимался Н., – исследование магнитного последействия (изменений, происходящих с ферромагнетизмом с течением времени), изучение свойств крайне мелкозернистых ферромагнитных веществ, разработка методов улучшения магнитных свойств веществ. Его работа по палеомагнетизму, которая помогла объяснить «магнитную память» скальных пород в процессе изменения магнитного поля Земли, решающим образом способствовала подтверждению теории дрейфа континентов и теории тектонических плит.

Н. получил в 1970 г. Нобелевскую премию по физике «за фундаментальную работу и открытия, касающиеся антиферромагнетизма и ферримагнетизма, которые повлекли за собой важные приложения в области физики твердого тела». Он разделил награду с Ханнесом Альфвеном, который в свою очередь был награжден за работу по магнитной гидродинамике. При презентации лауреата Торстен Густафссон, член Шведской королевской академии наук, заявил, что «важные эффекты в физике твердого тела нашли свое объяснение» в теориях награждаемого.

В 1931 г. Н. женился на Элен Уртик; у них один сын и две дочери. Он любит совершать долгие прогулки, читать французскую литературу XVIII в. и таинственные истории, а также плотничать.

Кроме Нобелевской премии, Н. был награжден премией Холвека Лондонского физического общества (1952) и золотой медалью Национального центра научных исследований в Париже. Он обладает многими почетными учеными степенями и является членом Французской академии наук, Американской академии наук и искусств, Академии наук СССР, Лондонского королевского общества и научных академий многих других стран. С 1963 по 1983 г. Н. был представителем Франции в научном комитете НАТО, а с 1963 по 1965 г. находился на посту президента Международного союза теоретической и прикладной физики. С 1981 г. он – президент Высшего совета по ядерной безопасности. В 1966 г. он стал кавалером французского ордена Почетного легиона.

ПАУЛИ (Pauli), Вольфганг

25 апреля 1890 г. – 15 декабря 1958 г.
Нобелевская премия по физике, 1945 г.

Австрийско-швейцарский физик Вольфганг Эрнст Паули родился в Вене. Его отец, Вольфганг Йозеф Паули, был известным физиком и биохимиком, профессором коллоидной химии в Венском университете. Его мать, Берта (в девичестве Шютц) Паули, была писательницей, связанной с венскими театральными и журналистскими кругами. Герта, младшая сестра П., стала актрисой и писательницей. Эрнст Мах, знаменитый физик и философ, был его крестным отцом. В средней школе в Вене П. проявил незаурядные математические способности, однако, находя классные занятия скучными, он переключился на самостоятельное изучение высшей математики и поэтому сразу прочитал только что опубликованную работу Альберта Эйнштейна по общей теории относительности.

В 1918 г. П. поступил в Мюнхенский университет, где учился под руководством известного физика Арнольда Зоммерфельда. В это время немецкий математик Феликс Клейн был занят изданием математической энциклопедии. Клейн попросил Зоммерфельда написать обзор общей и специальной теории относительности Эйнштейна, а Зоммерфельд в свою очередь попросил написать эту статью 20-летнего П. Тот быстро написал статью объемом в 250 страниц, которую Зоммерфельд охарактеризовал как «сделанную просто мастерски», а Эйнштейн похвалил.

В 1921 г., закончив докторскую диссертацию по теории молекулы водорода и получив докторскую степень в кратчайшие для университета сроки, П. отправился в Гёттинген, где занялся научными исследованиями совместно с Максом Борном и Джеймсом Франком. В конце 1922 г. он в Копенгагене работает в качестве ассистента у Нильса Бора. Работа под руководством Зоммерфельда, Борна, Франка и Бора пробудила у П. интерес к новой области физики – квантовой теории, которая занималась изучением атома и субатомных частиц, и он полностью погрузился в проблемы, вставшие перед физиками в этой области.

Хотя принципы классической физики позволяли удовлетворительно объяснять поведение макроскопических физических систем, попытки применить те же принципы к явлениям атомного масштаба терпели неудачу. Особенно сложной представлялась ядерная модель атома, по которой электроны вращались по орбитам вокруг центрального ядра. Согласно принципам классической физики, вращающиеся по орбитам электроны должны непрерывно испускать электромагнитные излучения, теряя при этом энергию и приближаясь по спирали к ядру. В 1913 г. Бор предположил, что электроны не могут непрерывно испускать излучение, поскольку они обязаны находиться на своих разрешенных орбитах; все промежуточные орбиты запрещены. Электрон может испустить или поглотить излучение, только сделав квантовый скачок с одной разрешенной орбиты на другую.

Модель Бора частично основывалась на изучении атомных спектров. Когда некий элемент нагревается и переходит в газо- или парообразное состояние, он излучает свет с характерным спектром. Этот спектр не представляет собой непрерывной цветовой области, подобной спектру Солнца, а состоит из последовательности ярких линий определенных длин волн, разделенных более широкими темными участками. Атомная модель Бора объясняла главную суть атомных спектров: каждая линия представляла свет, испускаемый атомом, когда электроны переходят с одной разрешенной орбиты на другую орбиту с более низкой энергией. Более того, модель правильно предсказывала большую часть характерных черт простейшего атомного спектра – спектра водорода. В то же время с помощью этой модели менее успешно описывались спектры более сложных атомов.

Еще два существенных недостатка модели Бора помогли П. в дальнейшем внести свой значительный вклад в квантовую теорию. Во-первых, эта модель не могла объяснить некоторые тонкие детали в спектре водорода. Например, когда атомный газ помещали в магнитное поле, некоторые спектральные линии расщеплялись на несколько близко расположенных линий – эффект, впервые обнаруженный Питером Зееманом в 1896 г. Более важным, однако, было то, что устойчивость электронных орбит не находила полного объяснения. Хотя считалось очевидным, что электроны не могли падать по спирали на ядро, непрерывно испуская излучение, не было видно явной причины, почему бы им не опускаться скачками, переходя с одной разрешенной орбиты на другую и собираясь вместе в наинизшем энергетическом состоянии.

В 1923 г. П. стал ассистент-профессором теоретической физики в Гамбургском университете. Здесь он в начале 1925 г. занимался теоретическими исследованиями строения атомов и их поведения в магнитных полях, разрабатывая теорию эффекта Зеемана и других видов спектрального расщепления. Он выдвинул предположение, что электроны обладают неким свойством, которое позже Сэмюэл Гаудсмит и Джордж Уленбек назвали спином, или собственным угловым моментом. В магнитном поле у спина электрона имеются две возможные ориентации: ось спина может быть направлена в ту же сторону, что и поле, или в противоположную сторону. Орбитальное движение электрона в атоме определяет еще одну ось, которая может быть ориентирована по-разному в зависимости от приложенного внешнего поля. Различные возможные комбинации спиновой и орбитальной ориентации слегка отличаются энергетически, что приводит к увеличению числа атомных энергетических состояний. Переходы электрона с каждого из этих подуровней на некоторую другую орбиту соответствуют слегка отличающимся длинам световых волн, чем и объясняется тонкое расщепление спектральных линий.

Вскоре после того, как П. ввел такое свойство «двузначности» электрона, он аналитически объяснил, почему все электроны в атоме не занимают наинизший энергетический уровень. В усовершенствованной им модели Бора допустимые энергетические состояния, или орбиты, электронов в атоме описываются четырьмя квантовыми числами для каждого электрона. Эти числа определяют основной энергетический уровень электрона, его орбитальный угловой момент, его магнитный момент и (в этом состоял вклад П.) ориентацию его спина. Каждое из этих квантовых чисел может принимать только определенные значения, более того, допустимы лишь некоторые комбинации данных значений. Он сформулировал закон, который стал известен как принцип запрета Паули и согласно которому никакие два электрона в системе не могут иметь одинаковые наборы квантовых чисел. Так, каждая оболочка в атоме может содержать лишь ограниченное число электронных орбит, определяемых допустимыми значениями квантовых чисел.

Принцип запрета Паули играет фундаментальную роль для понимания строения и поведения атомов, атомных ядер, свойств металлов и других физических явлений. Он объясняет химическое взаимодействие элементов и их прежде непонятное расположение в периодической системе. Сам П. использовал принцип запрета для того, чтобы понять магнитные свойства простых металлов и некоторых газов.

Вскоре после того, как П. сформулировал свой принцип запрета, квантовая теория получила солидное теоретическое обоснование благодаря работам Эр-вина Шрёдингера, Вернера Гейзенберга и П.А.М. Дирака. Теоретический аппарат, использованный ими для описания атомных и субатомных систем, стал называться квантовой механикой. Атомная модель Бора была заменена квантовомеханической моделью, которая успешнее предсказывала спектры и другие атомные явления. Что касается достижений

П., то они позволили распространить квантовую механику на такие области, как физика частиц высокой энергии и взаимодействие частиц со светом и другими формами электромагнитных полей. Эти области стали известны как релятивистская квантовая электродинамика.

В 1928 г. П. сменил Питера Дебая на посту профессора Федерального технологического института в Цюрихе, на котором он оставался до конца жизни, за исключением двух периодов, проведенных в Соединенных Штатах; он провел академический 1935/36 г. в качестве приглашенного лектора в Институте фундаментальных исследований в Принстоне (штат Нью-Джерси) и во время второй мировой войны, когда, опасаясь, что Германия вторгнется в Швейцарию, он вернулся в этот же институт, где возглавлял кафедру теоретической физики с 1940 по 1946 г.

В 30-е гг. он сделал еще один важный вклад в физику. Наблюдения над бета-распадом атомных ядер, при котором нейтрон в ядре испускает электрон, превращаясь при этом в протон, выявили очевидное нарушение закона сохранения энергии: после учета всех зарегистрированных продуктов распада энергия после распада оказывалась меньше своего значения до распада. В 1930 г. П. выдвинул гипотезу, согласно которой предполагалось, что при таком распаде испускается какая-то незарегистрированная частица (которую Энрико Ферми назвал нейтрино), уносящая потерянную энергию, и при этом закон сохранения момента импульса оставался в силе. В конце концов нейтрино удалось зарегистрировать в 1956 г.

В 1945 г. П. был награжден Нобелевской премией по физике «за открытие принципа запрета, который называют также принципом запрета Паули». Он не присутствовал на церемонии вручения премии, и ее от его имени получил сотрудник американского посольства в Стокгольме, В Нобелевской лекции, посланной в Стокгольм в следующем году, П. подвел итоги своих работ, касавшихся принципа запрета и квантовой механики.

П. стал швейцарским гражданином в 1946 г. В дальнейшей работе он стремился пролить свет на проблемы взаимодействия частиц высокой энергии и сил, с помощью которых они взаимодействуют, т.е. занимался той областью физики, которую сейчас называют физикой высоких энергий, или физикой частиц. Он также провел глубокое исследование той роли, которую в физике частиц играет симметрия. Обладая поистине фантастическими способностями и умением глубоко проникать в существо физических проблем, он был нетерпим к туманным аргументам и поверхностным суждениям. Он подвергал собственные работы такому беспощадному критическому анализу, что его публикации фактически свободны от ошибок. Коллеги называли его «совестью физики».

После развода, последовавшего за недолгим и несчастливым первым браком, П. в 1934 г. женился на Франциске Бертрам. Испытывая глубокий интерес к философии и психологии, он получал большое удовольствие от бесед со своим другом К.Г. Юнгом. Он также высоко ценил искусство, музыку и театр. Во время отпуска любил плавать, бродить по горам и лесам Швейцарии. Интеллектуальные способности П. находились в

резком диссонансе с его «умением» работать руками. Его коллеги обычно шутили по поводу таинственного «эффекта Паули», когда одно только присутствие невысокого и полноватого ученого в лаборатории, казалось, вызывало всевозможные поломки и аварии. В начале декабря 1958 г. П. заболел и вскоре, 15 декабря, умер.

Кроме Нобелевской премии, П. был награжден медалью Франклина Франклиновского института (1952) и медалью Макса Планка Германского физического общества (1958). Он был членом Швейцарского физического общества, Американского физического общества, Американской ассоциации фундаментальных наук, а также иностранным членом Лондонского королевского общества.

ПАУЭЛЛ (Powell), Сесил Ф.

5 декабря 1903 г. – 9 августа 1969 г.
Нобелевская премия по физике, 1950 г.

Английский физик Сесил Фрэнк Пауэлл родился в Тонбридже (графство Кент), в семье дочери школьного учителя Элизабет Кэролайн (в девичестве Бисакр) Пауэлл и оружейного мастера Фрэнка Пауэлла. Судебная тяжба по поводу случайного выстрела разорила отца, и семья начала испытывать финансовые трудности. П. учился в местной начальной школе до тех пор, пока в возрасте одиннадцати лет не получил стипендию, позволившую ему учиться в Джадд-скул в Тонбридже, где один из учителей сумел пробудить у него интерес к физике. Великолепно успевавший по всем предметам, П. добился стипендии, позволившей ему поступить в Сидней-

Сассекс-колледж в Кембридже, который он и закончил в 1925 г. с наивысшими отличиями по физике.

Хотя ему предлагали место учителя, П. предпочел остаться в Кембридже, где поступил в аспирантуру к Ч.Т.Р. Вильсону и Эрнесту Резерфорду. В своем первом самостоятельном исследовании П. попытался усовершенствовать камеру, изобретенную Вильсоном в 1911 г., в надежде, что это позволит регистрировать ядерные частицы с более высокой энергией. Попытки закончились неудачей, но в ходе своих экспериментов он стал глубже разбираться в процессах конденсации газов в камере Вильсона. За свою работу П. в 1927 г. получает докторскую степень.

В следующем году П. становится ассистентом-исследователем у А.М. Тиндала в Бристольском университете. В 1931 г. он начинает читать лекции по физике, затем следуют назначения на должности старшего лектора по физике (1946), профессора физики (1948) и директора университетской физической лаборатории (1964). С 1964 по 1967 г. он занимает также пост вице-канцлера университета.

В Бристоле П. начал свои исследования с измерений движения ионов в газах. Тиндал, считая, что будущее университета зависит от исследований по ядерной физике, обратился к П. с просьбой взять на себя руководство строительством ускорителя – проекта, которым П. занимался до 1939 г. В 1936 г. он на несколько месяцев прерывает свою работу, чтобы отправиться в качестве сейсмолога с британской научной экспедицией на остров Монтсеррат в Вест-Индию, поскольку правительство опасалось возможного катастрофического извержения вулкана (к счастью, не состоявшегося).

Вскоре после завершения строительства ускорителя П. заинтересовался возможностями использования фотопластинок для детектирования треков (следов) электрически заряженных частиц. Хотя этот метод применялся и раньше, ученые отказались от него, так как считали, что фотографические эмульсии не позволяют получать точные и надежные результаты. Большинство последующих исследований было связано с использованием камеры Вильсона.

П., однако, был убежден, что фотоэмульсия может служить средством для точных измерений в физике элементарных частиц, поскольку она позволяет фиксировать трек любой заряженной частицы, проходящей через эмульсию, в то время как в камере Вильсона можно наблюдать треки лишь в течение весьма коротких периодов времени. В конце 30-х гг. П. убедил специалистов по фотографии разработать новые, более чувствительные эмульсии, предназначенные специально для физических исследований, и закупил высококачественные немецкие микроскопы для изучения фотопластинок. Но, несмотря на все усилия, результаты первоначальных исследований П. были разочаровывающими.

После начала второй мировой войны (1939) П. и его коллеги приняли участие в Британском проекте по атомной энергии, занимаясь измерениями энергии нейтронов. В послевоенное время, возобновив работы

по детектированию частиц, П. убедил фирмы по производству фотоматериалов «Ильфорд» и «Кодак» заняться созданием специальных эмульсий и новых методов проявления пленки для фиксации треков ядерных частиц. В 1946 г. Ильфордская лаборатория усовершенствовала эмульсию, и это позволило получать более отчетливые изображения треков частиц и проводить измерения с большей надежностью. С помощью новой эмульсии П. занялся исследованием космических лучей в Пиренеях: выбор значительной высоты над уровнем моря (около 3000 м) объясняется тем, что земная атмосфера мешает многим частицам космических лучей приблизиться к Земле.

В 1947 г. вместе с коллегами он открывает в космических лучах новую заряженную частицу – пи-мезон, или пион. Масса пиона в 273 раза больше, чем масса электрона, и составляет примерно одну седьмую массы протона. Пион – частица короткоживущая и распадается на мюон (частицу, родственную электрону) и нейтрино (частицу без массы и электрического заряда). Пион в основном ответствен за взаимодействие между протонами и нейтронами и не дает атомному ядру распасться. Открытие пиона было предсказано в 1935 г. японским физиком Хидэки Юкавой и привело впоследствии к обнаружению многих других субатомных частиц. П. и его сотрудники открыли также К-мезоны, которые тяжелее пи-мезонов, обладают еще меньшим временем жизни и также участвуют в тех силах, которые удерживают частицы атомного ядра от распада.

Расширяя поиск космических частиц, П. запускает фотографические пластинки в более высокие слои атмосферы сначала с помощью шаров-зондов, а затем и с помощью ракет. В 1952 г. он переносит запуск зондов в бассейн Средиземного моря, где благоприятные погодные условия позволяют осуществлять более продолжительные полеты зондов. В запуске зондов, их возвращении и анализе фотопленок с целью обнаружения треков новых частиц с П. сотрудничали ученые из многих стран Европы.

П. был удостоен Нобелевской премии по физике 1950 г. «за разработку фотографического метода исследования ядерных процессов и открытие мезонов, осуществленное с помощью этого метода». При презентации лауреата А. Линд, член Шведской королевской академии наук, сказал: «П. заслуживает особой благодарности, ибо он убедительно показал, что открытия фундаментального значения могут совершаться с помощью простейшей аппаратуры (в данном случае особые ядерные эмульсии, разработанные под его общим руководством) и микроскопов».

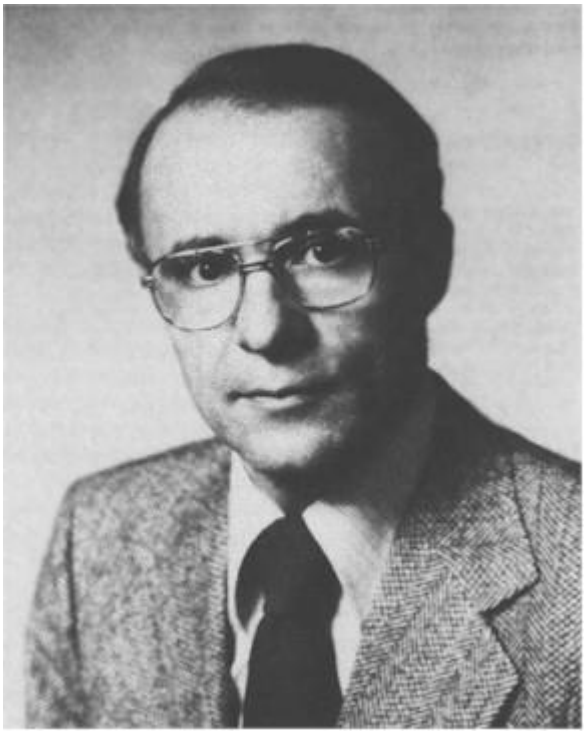
После получения Нобелевской премии П. продолжает заниматься исследованием космических лучей, расширяя рамки международных проектов, нацеленных на изучение этого круга явлений. Он проводит также исследования, связанные с применением ускорителей. Глубоко сознавая социальную ответственность ученого, он все более активно сотрудничает в научных организациях, занимающихся проблемами нераспространения ядерного оружия. В бытность президентом Ассоциации научных работников (1952...1954) он требовал, чтобы британское правительство предприняло

шаги к запрещению атомного оружия. В 1955 г. П. убедил еще восемь выдающихся ученых, в том числе Альберта Эйнштейна, подписать обращение Бертрана Рассела, в котором народы мира предупреждались об ужасах ядерной войны и содержался призыв к созыву конференции по разоружению. П. был также членом Пагуошского движения и участвовал в пленарных заседаниях первой Пагуошской конференции в 1957 г.

В 1932 г. П. женился на Изабель Терезе Артнер из Гамбурга, с которой его познакомил Макс Дельбрюк. У супругов две дочери. П. скоропостижно скончался во время отпуска, который он проводил в Милане (Италия).

П. был удостоен многих почетных званий и медалей, в том числе медали Хью-за (1949) и Королевской медали (1961) Лондонского королевского общества и золотой медали имени Ломоносова АН СССР (1967). Он состоял членом Лондонского королевского общества и иностранным членом многочисленных научных обществ всего мира. В 1961...1963 гг. он был председателем Комитета по научной политике ЦЕРНа (Европейского центра ядерных исследований), университеты Дублина, Бордо и Варшавы присвоили ему почетные ученые степени

ПЕНЗИАС (Penzias), Арно А.



род. 26 апреля 1933 г.
Нобелевская премия по физике, 1978 г.
совместно с Петром Капицей и Робертом В. Вильсоном

Американский астрофизик Арно Аллан Пензиас родился в Мюнхене (Германия) и был одним из двух сыновей Карла Пензиаса, польского

гражданина, занимавшегося кожевенным делом, и его жены Инге (в девичестве Айзенрайх) Пензиас.

Еврейской семье П. удалось покинуть Германию накануне второй мировой войны. Весной 1939 г. Арно и его младшего брата отправили в Англию, вскоре туда выехал отец, а через несколько месяцев, уже в начале войны, и мать. Соединившись, семья покинула Англию в декабре 1939 г. и в начале 1940 г. прибыла в Нью-Йорк. Отец П. некоторое время работал на стройке в Бронксе, а затем получил работу в плотницкой мастерской Метрополитен-музея. Чтобы пополнить семейный доход, мать, взявшая имя Юстина, устроилась на работу в швейное ателье.

В 1947 г. П. поступил в Бруклинскую техническую школу, где, несмотря на интерес к электронике, сосредоточился на изучении химии. Спустя четыре года он продолжил обучение в бесплатном Сити-колледже в Нью-Йорке. В первый же год П. полностью посвятил себя физике, т. к. преподаватель убедил его, что эта специальность дала бы возможность зарабатывать на жизнь. В 1954 г. П. окончил колледж в числе лучших выпускников. Пройдя в колледже курс подготовки офицеров запаса, П. отслужил два года в войсках связи в Форт-Девенсе (штат Массачусетс). В конце 1956 г. он поступил в аспирантуру Колумбийского университета, где преподавали И.А. Раби, Поликарп Каш, Ли Цзундао и Чарлз Х. Таунс. За два года до этого Таунс изготовил первый мазер – прибор, излучающий и усиливающий высокочастотные радиоволны. Под руководством Таунса П. собрал второй мазер, использовавшийся как усилитель в микроволновом приемнике, что стало частью его докторской диссертации, защищенной в Колумбийском университете Рассчитанный на длину волны 21 см, на которой испускает радиоволны водород, мазер, по мысли П., должен был помочь определить содержание водорода в ряде галактик. П. подключил мазер к антенне лаборатории морских исследований в Мэриленд-Пойнте (штат Мэриленд), однако полученный спектр не содержал линий водорода. Позже П. констатировал, что «оборудование оказалось точнее, чем наблюдения».

Не удовлетворенный полученным результатом, П. обратился к директору лаборатории радиоисследований, входящей в телефонную компанию «Белл», в Кроуфорд-Хилле (штат Нью-Джерси), Рудольфу Компфнеру за разрешением повторить эксперимент. Он предполагал использовать 20-футовую антенну с рефлектором в виде рупора, установленную в Холмделе (штат Нью-Джерси), для получения сигналов с неуправляемого спутника «Эхо», запуск которого ожидался в 1960 г. Вместо этого Компфнер предложил П. постоянную работу, на что последний дал согласие в 1961 г., год спустя он получил в Колумбийском университете степень доктора.

Первая работа П. в лабораториях компании «Белл» была связана с поиском пути увеличения точности антенны, находящейся в Эндовере (штат Мэн), которая использовалась для приема сигналов со спутника связи «Телстар». По ряду причин, в т.ч. из-за гравитационных и погодных условий,

стальная антенна могла изгибаться. П. довольно быстро решил задачу, поместив внутри антенны второй приемник, нацеленный на известный источник излучения, например на остатки сверхновой (расширяющейся газовой оболочки, образовавшейся в результате взрыва звезды).

Имея возможность продолжать работы по спутниковой связи с рупорной антенной, П. предпочел им фундаментальные исследования по радиоастрономии, в результате которых надеялся выявить молекулу гидроксила (содержащую один атом водорода и один кислорода) в межзвездном пространстве. Однако, хотя П. добился в этом проекте положительных результатов, его опередила исследовательская группа Массачусетского технологического института, первой обнаружившая эту космическую молекулу.

В 1963 г., работая с Робертом В. Вильсоном, П. начал приспосабливать рупорную антенну для использования в радиоастрономии. Точная настройка и сверхвысокая чувствительность ее усилителя позволили ученым измерить интенсивность нескольких внеземных радиосточников. Более того, они сумели отфильтровать радиопомехи, наводимые местными источниками – поверхностью Земли, атмосферой и самой антенной. Это позволило измерять интенсивность фонового излучения любого участка неба вблизи источника, представляющего какой-либо интерес.

В 1964 г. ученые использовали свою систему для измерения радиосигналов Кассиопеи А, объекта, являющегося остатком сверхновой и представляющего собой самый мощный радиоисточник в созвездии Кассиопеи. Однако результаты измерений фона озадачили исследователей, т. к помехи оказались настолько сильными, что их нельзя было связать с известными источниками. Аномалии сохранялись и при повторных измерениях. П. и Вильсон осмотрели всю систему в поисках источника помех, закрыв клепаные соединения и очистив антенну от птичьего помета, однако это не оказало существенного влияния на результаты измерений.

Радиоволны, как и всякое электромагнитное излучение, обычно характеризуются длиной волны или частотой. Но одной из характеристик может служить и температура, т.к. все предметы излучают такие длины волн, которые определяются их температурой, причем чем выше температура, тем короче длина волны. Поскольку излучение предмета в какой-то степени зависит от цвета и строения поверхности, ученые принимают за эталон так называемое черное тело. Черное тело испускает целый спектр волн различной длины, но при каждом значении температуры имеется определенная длина волны, на которой интенсивность излучения максимальна. Излучают и холодные предметы, однако характерная для них длина волны настолько велика, что человеческий глаз это излучение не воспринимает. Глаз видит холодные предметы благодаря отраженному свету, в темноте же, где источники света отсутствуют, холодные предметы невидимы. Фоновое излучение, или радиопомехи, замеченное П. и Вильсоном, содержало настолько большие длины волн, что оно было значительно ниже того порога, который можно видеть. Оно соответствует

длине волны, испускаемой черным телом при температуре 3,5° по шкале Кельвина, что едва превышает абсолютный нуль – температуру, при которой всякое тепловое движение прекращается.

Пока П. и Вильсон изучали непредвиденные фоновые радиоизлучения, теоретическая группа Принстонского университета под руководством Роберта Дикке разрабатывала космологическую модель расширяющейся и сокращающейся Вселенной. Если Вселенная возникла, как предположил Джордж Гамов, в результате так называемого «большого взрыва», то излучение от него, по мнению Дикке, может наблюдаться и через 18 млрд. лет охлаждения. Коллега Дикке П. Пиблз оценил современное фоновое излучение в 10°К (позже эта цифра была снижена до 3,5°К), о чем и сообщил на лекции в Университете Джонса Хопкинса.

Среди ученых, слушавших лекцию Пиблза, был и радиоастроном Массачусетского технологического института Бернард Берк. Во время телефонного разговора с Берком в 1965 г. П. упомянул о необъяснимых помехах, которые пришлось наблюдать ему и Вильсону Узнав от Берка о работах Пиблза, П. связался не только с ним, но и с Дикке и его коллегами в Принстоне, строившими антенну для измерения космического фонового излучения, предсказанного ими.

В результате этой встречи были изданы (одновременно) две статьи, одна принстонской группой – по космологической теории, другая П. и Вильсоном – об измерениях фонового излучения. Наблюдения продолжались несколько лет, причем излучение соответствовало распределению длин волн для температуры, предсказанной космологией «большого взрыва». (Гамов и его сотрудники сделали подобные предсказания еще в 1948 г., но ведущие радиоастрономы того времени не допускали возможности его экспериментальной проверки современными приборами.)

Затем П. и Вильсон предприняли новое исследование углеродного лазера (усилителя, производящего интенсивный монохроматический луч света), с помощью которого, как они надеялись, можно было бы передавать сигналы связи через земную атмосферу. Исследование закончилось неудачей. В конце 60-х гг. они вернулись к радиоастрономии. В сотрудничестве с физиком-атомщиком из компании «Белл» Кейтом Джеффертсом ими был построен приемник, способный детектировать излучение с длиной волны порядка миллиметра. В 1970 г. они присоединили свой приемник к вновь построенному в национальной радиоастрономической лаборатории в Китт-Пике (штат Аризона) 36-футовому радиотелескопу. Нацелив его в туманность Ориона, ученые увидели на дисплее спектральную линию (длина волны характерной эмиссии) окиси углерода. В результате последующих исследований были выявлены еще шесть межзвездных молекул. П. продолжает заниматься астрофизикой, прежде всего проблемой происхождения химических элементов.

В 1978 г. П. и Вильсон разделили половину Нобелевской премии по физике «за открытие космического микроволнового фонового излучения». Другая половина премии была присуждена Петру Капице. Представляя

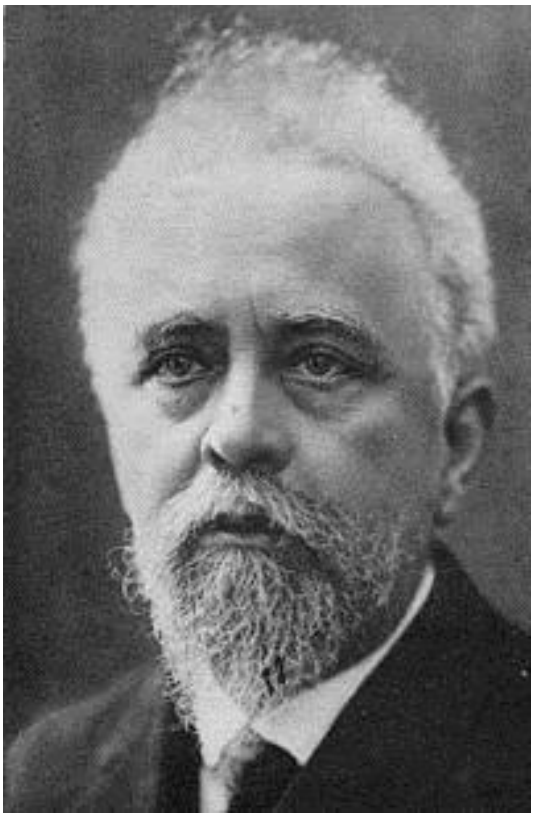
лауреатов, член Шведской королевской академии наук Ламке Хюльтен отметил «исключительную настойчивость и филигранное мастерство, которые привели (П. и Вильсона) к открытию, позволившему внедрить экспериментальные методы и прямое наблюдение в такую науку, как космология».

Лаборатории компании «Белл», признавая выдающиеся организационные способности П., доверили ему ряд управленческих постов: главы отделения радиофизических исследований в Кроуфорд-Хилле (1972), директора лаборатории радиоисследований (1976), вицепрезидента по исследовательской работе (1981). С 1972 г. П. является также членом ученого совета отделения астрофизических исследований в Принстонском университете.

П. получил гражданство США в 1946 г. и принял имя Аллан, под которым он был известен с момента прибытия в Америку. В настоящее время это его второе имя. В 1954 г. П. женился на Энн Перл Бэррес, работавшей юрисконсультом. Молодожены поселились в Хайленд-Парке (штат Нью-Джерси), у них родились сын и две дочери.

Член американской Национальной академии наук, Американской академии наук и искусств. Американского астрономического общества, П. являлся также членом совета попечителей Трентон-колледжа и астрономической консультативной комиссии Национального научного фонда. Среди полученных им наград – медаль Генри Дрейпера американской Национальной академии наук (1977), медаль Гершеля Лондонского королевского астрономического общества (1977). Ему присуждена почетная ученая степень Парижской обсерватории.

ПЕРРЕН (Perrin), Жан



30 сентября 1870 г. – 17 апреля 1942 г.
Нобелевская премия по физике, 1926 г.

Французский физик Жан Батист Перрен родился в Лилле. Его вместе с двумя сестрами воспитывала мать, после того как их отец, офицер, умер от ран, полученных во время франко-прусской войны. Получив начальное образование в местных школах, П. закончил лицей Жансон-де-Сайи в Париже, год отбывал воинскую повинность, а в 1891 г. поступил в Эколь нормаль сюперьёр. С 1894 по 1897 г. он был ассистентом-физиком в Эколь нормаль сюперьёр и в течение этого периода проводил исследования катодных и рентгеновских лучей. Эта тема стала предметом его докторской диссертации.

В период, когда П. выполнял свои эксперименты, еще не было выработано единого мнения относительно природы катодных лучей, испускаемых отрицательным электродом (катодом) в вакуумной трубке при электрическом разряде. Некоторые ученые полагали, что эти лучи представляют собой разновидность светового излучения, однако в 1895 г. исследования П. показали, что они являются потоком отрицательно заряженных частиц. Дж.Дж. Томсон, модифицировав эксперимент П., подтвердил его выводы и в 1897 г. определил важнейшую характеристику этих частиц, измерив отношение их заряда к массе по отклонению в электрическом и магнитном полях. Масса оказалась примерно в 2 тыс. раз меньше массы атома водорода, легчайшего среди всех атомов. Вскоре стало

распространяться мнение, что эти отрицательные частицы, названные электронами, представляют собой составную часть атомов. Опираясь на результаты своих работ, П. принял участие в дискуссии об атомной, или дискретной, природе материи. Ее участником стал и Марсель Бриллюэн, один из учителей П., бывший активным сторонником атомной теории.

Атомная теория утверждала, что элементы составлены из дискретных частиц, называемых атомами, и что химические соединения состоят из молекул, частиц большего размера, содержащих два или более атомов. К концу XIX в. атомная теория получила широкое признание среди ученых, особенно среди химиков. Однако некоторые физики полагали, что атомы и молекулы – это не более чем фиктивные объекты, которые введены из соображения удобства и полезны при численной обработке результатов химических реакций. Австрийский физик и философ Эрнст Мах считал, что вопрос о первичном строении материи принципиально неразрешим и не должен быть предметом исследования ученых. Для сторонников атомизма подтверждение дискретности материи было одним из принципиальных вопросов, остававшихся нерешенными в физике.

В 1897 г. П. получил докторскую степень и в том же году начал читать новый курс физической химии в Парижском университете (Сорбонне). Курс имел огромный успех. (П. в 1910 г. возглавил в Сорбонне кафедру физической химии и до 1940 г. оставался на этом посту.) Продолжая разрабатывать атомную теорию, он выдвинул в 1901 г. гипотезу, что атом представляет собой миниатюрную Солнечную систему, но он не смог это доказать. Десять лет спустя Эрнст Резерфорд предложил свою модель компактного положительно заряженного ядра, окруженного отрицательными электронами, и эта идея завоевала наибольшую популярность. В модели Томсона атом напоминал «сливовый пудинг» в виде положительно заряженной сферы, в которую электроны вкраплены подобно изюминкам. Хотя работа П. в области физической химии была отходом от его более ранних исследований катодных лучей, он сконцентрировал свое внимание на вопросах, относящихся к молекулярной природе соединений, включая термодинамику, осмос, движение ионов и кристаллизацию. Исследование коллоидов (суспензий мелких частиц) привело его к знаменитым опытам по броуновскому движению, которые послужили подтверждением существования молекул.

Броуновское движение впервые было описано английским ботаником Робертом Броуном в 1827 г. Если мельчайшие частицы вроде зернышек пыльцы поместить во взвешенном состоянии в жидкость, то под микроскопом можно наблюдать, как они совершают случайные резкие скачки, будто они подвергаются непрерывной бомбардировке со стороны неких невидимых объектов. Выдвигались разные объяснения этого движения, в т.ч. под воздействием электрических сил, конвекционных потоков или столкновения с постоянно движущимися молекулами жидкости. В 1905 г. Альберт Эйнштейн опубликовал работу о броуновском движении, в которой были даны теоретические обоснования молекулярной гипотезы. Он

дал определенные количественные предсказания, однако необходимые для их проверки эксперименты требовали настолько большой точности, что Эйнштейн сомневался в их осуществимости. С 1908 по 1913 г. П. (вначале не зная о работе Эйнштейна) выполнил тончайшие наблюдения над броуновским движением, которые подтвердили предсказания Эйнштейна.

П. понял, что если движение взвешенных частиц вызывается столкновениями с молекулами, то, основываясь на хорошо известных газовых законах, можно предсказать их средние смещения за определенный промежуток времени, если знать их размер, плотность и некоторые характеристики жидкости (например, температуру и плотность). Требовалось только правильно согласовать эти предсказания с измерениями, и тогда появилось бы веское подтверждение существования молекул. Однако получить частицы нужных размеров и однородности было не так просто. После многих месяцев кропотливого центрифугирования П. удалось выделить несколько десятых грамма однородных частиц гуммигута (желтоватого вещества, получаемого из млечного сока растений). После измерения характеристик броуновского движения этих частиц результаты оказались вполне соответствующими молекулярной теории.

П. также изучал седиментацию, или оседание, мельчайших взвешенных частиц. Если молекулярная теория верна, рассуждал он, частицы, размеры которых меньше определенного, вовсе не будут опускаться на дно сосуда: направленная вверх компонента импульса, полученного в результате соударений с молекулами, будет постоянно противодействовать направленной вниз силе тяжести. Если суспензия не подвергается возмущениям, то в конце концов установится седиментационное равновесие, после чего концентрация частиц на различной глубине не будет изменяться. Если свойства суспензии известны, то можно предсказать равновесное распределение по вертикали.

П. провел несколько тысяч наблюдений, весьма изощренно и остроумно пользуясь микроскопической техникой и подсчитывая число частиц на разной глубине в одной капле жидкости с шагом по глубине всего в двенадцать сотых миллиметра. Он обнаружил, что концентрация частиц в жидкости экспоненциально убывает с уменьшением глубины, причем числовые характеристики столь хорошо согласовались с предсказаниями молекулярной теории, что результаты его опытов были широко признаны как решающее подтверждение существования молекул. Позже он придумал способы измерения не только линейных смещений частиц в броуновском движении, но и их вращения. Исследования П. позволили ему вычислить размеры молекул и число Авогадро, т.е. число молекул в одном моле (количестве вещества, масса которого, выраженная в граммах, численно равна молекулярному весу этого вещества). Он проверил полученное им значение числа Авогадро с помощью пяти различных типов наблюдений и нашел, что она удовлетворяет им всем с учетом минимальной экспериментальной ошибки. (Принятое ныне значение этого числа составляет примерно 6,02·1023; П. получил величину на 6% более высокую.)

К 1913 г., когда он суммировал уже многочисленные к тому времени свидетельства дискретной природы материи в своей книге «Атомы» («Atoms»), реальность существования как атомов, так и молекул была признана почти повсеместно.

В 1926 г. П. получил Нобелевскую премию по физике «за работу по дискретной природе материи и в особенности за открытие седиментационного равновесия». При презентации лауреата К. Осеен, член Шведской королевской академии наук, подытожил работу П. и привел свидетельства, подтверждающие его выводы.

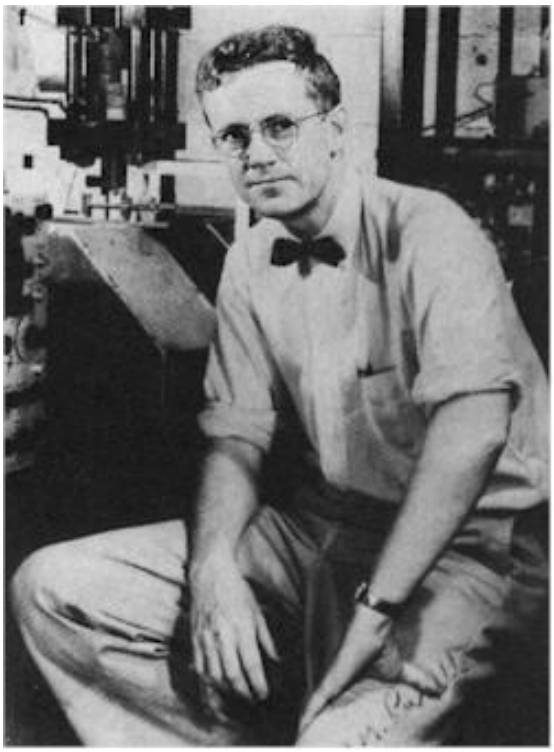
Во время первой мировой войны П. служил в качестве офицера инженерного корпуса французской армии, занимаясь разработкой таких, например, технических проблем, как обнаружение подводных лодок акустическими методами. После войны он заинтересовался ядерной физикой и был одним из первых, кто выдвинул предположение о вероятном источнике исходящего от Солнца тепла, объяснявшее столь длительное его постоянство. При его непосредственном участии были учреждены Национальный центр научных исследований, Институт физико-химической биологии и Институт астрофизики. Его стремление популяризировать науку, в особенности среди молодого поколения, способствовало созданию Дворца открытий на Международной выставке в Париже в 1937 г.

Будучи социалистом и ярым противником фашизма, П. покинул Францию после ее оккупации Германией в 1940 г. и отправился в Соединенные Штаты, где его сын преподавал физику в Колумбийском университете. Находясь в изгнании, П. призывал к активизации американской поддержки французских военных усилий. Он также основал Нью-Йоркский французский университет. Умер он в Нью-Йорке в 1942 г. В 1948 г. его останки были перевезены во Францию и похоронены в Пантеоне в Париже.

П. женился на Генриетте Дюпорталь в 1897 г. У них были сын и дочь. Приятный собеседник, он нравился всем, особенные симпатии вызывал у молодежи. Он устраивал в своей лаборатории вечера, куда приглашал целые группы молодых ученых на диспуты. Тем не менее он больше тяготел к экспериментальным опытам, а не к теоретическим размышлениям. Однажды, когда некий профессор вынуждал его признать «неопровержимые достоинства» одной новой физической концепции, П. ответил, что «крайне трудно придумать более ложную теорию».

Среди наград П., кроме Нобелевской премии, можно назвать премию Джоуля Лондонского королевского общества (1896) и премию Ляказа Французской академии наук (1914). П. стал членом Французской академии наук в 1923 г. и ее президентом в 1938 г. Ему были присуждены почетные ученые степени университетов Брюсселя, Льежа, Гента, Калькутты, Манчестера, Нью-Йорка, Принстона и Оксфорда. Он был членом Лондонского королевского общества, а также академий наук Италии, Чехословакии, Бельгии, Швеции, Румынии и Китая.

ПЁРСЕЛЛ (Purcell), Эдуард М.



род. 30 августа 1912 г.
Нобелевская премия по физике, 1952 г.
совместно с Феликсом Блохом

Американский физик Эдуард Миле Пёрселл родился в г. Тейлорвилле (штат Иллинойс), в семье Эдуарда А. Пёрселла и Мэри Элизабет (в девичестве Миле) Пёрселл. Начальное и среднее образование получил в государственных школах Тейлорвилля и Маттуна. В 1929 г. П. поступает в Университет Пёрдью в г. Лафайете (штат Индиана). К моменту получения степени бакалавра по электротехнике (1933) он начинает интересоваться физикой. Проведя год студентом по обмену в техническом Университете Карлсруэ (Германия), П. поступает в аспирантуру по физике при Гарвардском университете, где получает степени магистра (1936) и доктора философии (1938). До 1940 г. он остается в Гарварде преподавателем.

Во время второй мировой войны П. переходит в радиолокационную лабораторию Массачусетского технологического института, созданную для разработки микроволнового радара. Там он возглавляет группу фундаментальных исследований (1941...1945), занимавшуюся разработкой новой техники для генерации и обнаружения микроволн (высокочастотного электромагнитного излучения). В этот период он также вступает в контакт с И.А. Раби, который в то время изучал свойства атомов и молекул с помощью радиоволн. В 1946 г. П. возвращается в Гарвард в качестве адъюнкт-профессора физики и в 1949 г. становится полным (действительным) профессором. Знания свойств излучения микроволнового и радиочастотного

диапазонов, полученные при разработке радарных систем, помогли П. в его гарвардских исследованиях магнитных моментов ядер, которые принесли ему впоследствии Нобелевскую премию.

С 20-х гг. было известно, что атомное ядро вращается вокруг собственной оси и действует как крохотный магнит. Точное знание магнитных моментов (силы магнитов) различных ядер важно для физиков, пытающихся понять поведение ядра. В особенности физикам необходимо было знать магнитный момент протона (фундаментальной составляющей ядра). В 30-х гг. Раби предложил способ измерения магнитных моментов с помощью радиоволн, но его метод требовал испарения образца. П. поставил перед собой задачу разработать метод, который не только не разрушал бы образец, но и превосходил бы по точности метод Раби. Примерно в то же время Феликс Блох из Станфордского университета (также участвовавший в годы войны в создании и усовершенствовании радарной техники) приступил к работе над той же проблемой. Одновременно и независимо друг от друга два исследователя предложили, по существу, одинаковые методы измерения ядерных магнитных моментов.

Магнитный момент вынуждает ядро прецессировать в магнитном поле. Прецессия – это круговое движение наклонной оси вращающегося объекта. Известным примером может служить качающееся движение вращающегося волчка (хотя прецессия волчка происходит под действием гравитации, а не магнетизма). Частота, или скорость, ядерной прецессии зависит от напряженности магнитного поля и от магнитного момента конкретного ядра. Если известна напряженность внешнего магнитного поля, а частота прецессии измерена, то магнитный момент ядра может быть вычислен. Метод, развитый П. в 1946 г., состоял в том, что исследуемый образец помещали между полюсами небольшого магнита, приводимого в действие радиосигналами. Поле магнита флуктуировало (включалось и выключалось) с частотой, соответствующей частоте управляющих радиоволн. В свою очередь этот небольшой магнит помещался в гораздо более интенсивное поле большого нефлуктуирующего магнита. Сильное постоянное поле заставляло ядра в образце прецессировать с некоторой постоянной (хотя и неизвестной) частотой. Когда частота флуктуации слабого поля в точности совпадала с частотой прецессии ядер, ориентация ядерных спинов скачком изменялась на противоположную: возникал легко обнаруживаемый эффект, получивший название ядерного магнитного резонанса (ЯМР). ЯМР позволяет с высокой точностью измерять частоту прецессии: она совпадает с частотой радиосигналов, посылаемых в момент наступления ЯМР. Но коль скоро частота прецессии ядер в образце известна, ядерные магнитные моменты могут быть вычислены со столь же высокой точностью.

Метод Пёрселла не приводит к сколько-нибудь ощутимым изменениям в исследуемом веществе и позволяет вычислять магнитные моменты с большей, чем почти при любом другом экспериментальном методе, точностью. Кроме того, коль скоро магнитный момент атомного ядра

определен, его можно использовать для измерения напряженности любого магнитного поля. Таким образом, помимо информации, существенной для специалиста по ядерной физике, ЯМР дает удобный и высокоточный метод измерения магнетизма с помощью радиоволн.

С помощью ЯМР П. обнаружил, что на поведение магнитных моментов ядер в молекуле оказывают влияние магнитные поля окружающих электронов. В то время как физикам, пытающимся определить свойства ядра, такие эффекты могли казаться досадными тонкостями, присущими молекулам, химики нашли их весьма важными и полезными, поскольку эти эффекты содержат важную информацию о структуре исследуемой молекулы. ЯМР быстро стал одним из наиболее мощных аналитических инструментов химии. Кроме того, измерения ЯМР могли использоваться и при исследовании живых организмов, поскольку не причиняют последним никакого вреда. Появившиеся в 70-е гг. сканирующие устройства на основе ЯМР позволяют наблюдать специфические химические реакции, происходящие в организмах людей или других крупных млекопитающих. Необычайно полезные в научных исследованиях, ЯМР-сканнеры оказались удобным инструментом медицинской диагностики. В середине 80-х гг. достоянием медиков стало выпускаемое промышленностью сканирующее диагностическое оборудование на основе ЯМР.

В 1951 г. П. с помощью ЯМР открыл, что атомы межзвездного водорода испускают электромагнитное излучение на радиочастоте, соответствующей длине волны, равной 21 см. Он быстро понял, что это излучение может служить своеобразным наблюдательным окном в астрономических исследованиях. Считалось, что межзвездное пространство содержит огромные облака водорода, но, поскольку водород в космическом пространстве не испускает света, он не наблюдаем оптическими методами. П. в сотрудничестве с Гарольдом Джюэном удалось построить первый радиотелескоп, предназначенный для обнаружения излучения с длиной волны, равной 21 см. Затем радиотелескопы позволили определить общую структуру нашей Галактики, несмотря на затемняющие облака галактической пыли.

Применение методов, разработанных П. для физических исследований, к решению проблем астрономии, химии и медицины, вызвавшее подлинный переворот в этих областях, явилось выдающимся примером того, как фундаментальные исследования могут приводить к практическим результатам, лежащим далеко за рамками области первоначальных поисков.

П. и Блох были удостоены Нобелевской премии по физике 1952 г. «за создание новых точных методов ядерных магнитных измерений и связанные с ними открытия». В Нобелевской лекции П. так отозвался о ядерной прецессии: «Меня и поныне не покидает ощущение чуда и восторга по поводу того, что это едва уловимое движение присутствует во всех обыкновенных вещах, которые окружают нас... Я вспоминаю, как зимой во время наших первых экспериментов... снежинки виделись мне в совершенно

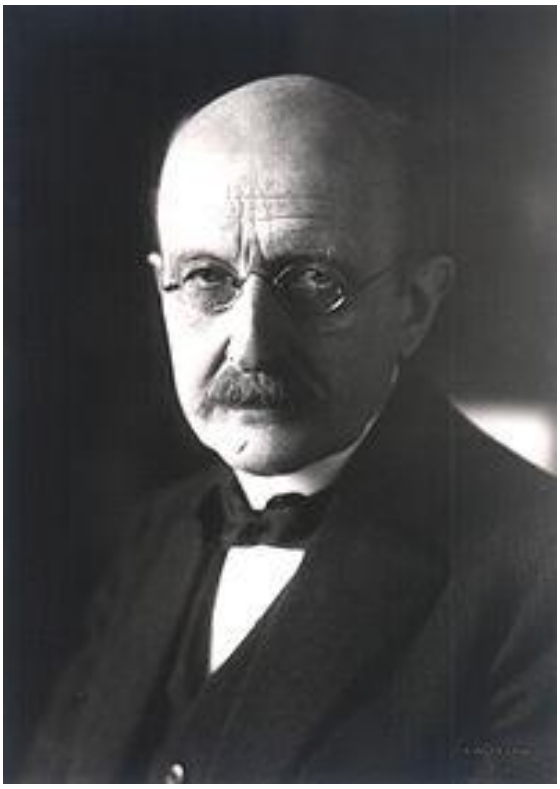
новом свете. Сугробы снега, лежавшие у моего крыльца, предстали предо мной, как груды протонов, тихо прецессирующих в земном магнитном поле. Увидеть на миг наш мир как нечто необычайно разнообразное и необычное – такова награда первооткрывателю за его открытие».

В 1958 г. П. становится профессором физики к Гарварде, где и остается до выхода в отставку. Его назначают научным советником (1957...1960) и членом Президентского научно-консультативного комитета США (1957...1960, 1962...1966). В этот период П. много сделал для повышения уровня преподавания физики в американских средних школах и колледжах, будучи членом комиссии, занимавшейся пересмотром программ по физике, а также членом Комитета по изучению положения в физической науке. Он принял активное участие в разработке вводного курса по физике, адаптированного в Беркли, для которого написал учебник «Электричество и магнетизм» («Electricity and Magnetism», 1965), по общему признанию, являющийся шедевром. В 1980 г. П. становится почетным профессором Гарвардского университета.

В 1937 г. П., тогда еще работавший над докторской диссертацией, женился на Бет С. Басснер. У них родилось двое сыновей. В часы досуга П. любит совершать пешие прогулки, кататься на лыжах, посещать музеи современного искусства.

Кроме Нобелевской премии, П. был награжден медалью Эрстеда Американской ассоциации преподавателей физики (1968) и Национальной медалью «За научные достижения» Национального научного фонда (1980). Он состоит членом американской Национальной академии наук, Американской академии наук и искусств, Американского философского общества и Американского физического общества, президентом которого он был в 1980 г. С 1950 по 1971 г. П. состоял старшим членом Общества выпускников Гарвардского университета. Он удостоен почетной степени Университета Пёрдью.

ПЛАНК (Planck), Макс



23 апреля 1858 г. – 4 октября 1947 г.
Нобелевская премия по физике, 1918 г.

Немецкий физик Макс Карл Эрнст Людвиг Планк родился в г. Киле (принадлежавшем тогда Пруссии), в семье профессора гражданского права Иоганна Юлиуса Вильгельма фон Планка, профессора гражданского права, и Эммы (в девичестве Патциг) Планк. В детстве мальчик учился играть на фортепьяно и органе, обнаруживая незаурядные музыкальные способности. В 1867 г. семья переехала в Мюнхен, и там П. поступил в Королевскую Максимилиановскую классическую гимназию, где превосходный преподаватель математики впервые пробудил в нем интерес к естественным и точным наукам. По окончании гимназии в 1874 г. он собирался было изучать классическую филологию, пробовал свои силы в музыкальной композиции, но потом отдал предпочтение физике.

В течение трех лет П. изучал математику и физику в Мюнхенском и год – в Берлинском университетах. Один из его профессоров в Мюнхене, физик-экспериментатор Филипп фон Жолли, оказался плохим пророком, когда посоветовал молодому П. избрать другую профессию, так как, по его словам, в физике не осталось ничего принципиально нового, что можно было бы открыть. Эта точка зрения, широко распространенная в то время, возникла под влиянием необычайных успехов, которых ученые в XIX в. достигли в приумножении наших знаний о физических и химических процессах.

В бытность свою в Берлине П. приобрел более широкий взгляд на физику благодаря публикациям выдающихся физиков Германа фон Гельмгольца и Густава Кирхгофа, а также статьям Рудольфа Клаузиуса. Знакомство с их трудами способствовало тому, что научные интересы П. надолго сосредоточивались на термодинамике – области физики, в которой на основе небольшого числа фундаментальных законов изучаются явления теплоты, механической энергии и преобразования энергии. Ученую степень доктора П. получил в 1879 г., защитив в Мюнхенском университете диссертацию о втором начале термодинамики, утверждающем, что ни один непрерывный самоподдерживающийся процесс не может переносить тепло от более холодного тела к более теплому.

На следующий год П. написал еще одну работу по термодинамике, которая принесла ему должность младшего ассистента физического факультета Мюнхенского университета. В 1885 г. он стал адъюнкт-профессором Кильского университета, что упрочило его независимость, укрепило финансовое положение и предоставило больше времени для научных исследований. Работы П. по термодинамике и ее приложениям к физической химии и электрохимии снискали ему международное признание. В 1888 г. он стал адъюнкт-профессором Берлинского университета и директором Института теоретической физики (пост директора был создан специально для него). Полным (действительным) профессором он стал в 1892 г.

С 1896 г. П. заинтересовался измерениями, производившимися в Государственном физико-техническом институте в Берлине, а также проблемами теплового излучения тел. Любое тело, содержащее тепло, испускает электромагнитное излучение. Если тело достаточно горячее, то это излучение становится видимым. При повышении температуры тело сначала раскаляется докрасна, затем становится оранжево-желтым и, наконец, белым. Излучение испускает смесь частот (в видимом диапазоне частота излучения соответствует цвету). Однако излучение тела зависит не только от температуры, но и до некоторой степени от таких характеристик поверхности, как цвет и структура.

В качестве идеального эталона для измерения и теоретических исследований физики приняли воображаемое абсолютное черное тело. По определению, абсолютно черным называется тело, которое поглощает все падающее на него излучение и ничего не отражает. Излучение, испускаемое абсолютно черным телом, зависит только от его температуры. Хотя такого идеального тела не существует, неким приближением к нему может служить замкнутая оболочка с небольшим отверстием (например, надлежащим образом сконструированная печь, стенки и содержимое которой находятся в равновесии при одной и той же температуре).

Одно из доказательств чернотельных характеристик такой оболочки сводится к следующему. Излучение, падающее на отверстие, попадает в полость и, отражаясь от стенок, частично отражается и частично поглощается. Поскольку вероятность того, что излучение в результате

многочисленных отражений выйдет через отверстие наружу, очень мала, оно практически полностью поглощается. Излучение, берущее начало в полости и выходящее из отверстия, принято считать эквивалентным излучению, испускаемому площадкой размером с отверстие на поверхности абсолютно черного тела при температуре полости и оболочки. Подготавливая собственные исследования, П. прочитал работу Кирхгофа о свойствах такой оболочки с отверстием. Точное количественное описание наблюдаемого распределения энергии излучения в этом случае получило название проблемы черного тела.

Как показали эксперименты с черным телом, график зависимости энергии (яркости) от частоты или длины волны является характеристической кривой. При низких частотах (больших длинах волн) она прижимается к оси частот, затем на некоторой промежуточной частоте достигает максимума (пик с округлой вершиной), а затем при более высоких частотах (коротких длинах волн) спадает. При повышении температуры кривая сохраняет свою форму, но сдвигается в сторону более высоких частот. Были установлены эмпирические соотношения между температурой и частотой пика на кривой излучения черного тела (закон смещения Вина, названный так в честь Вильгельма Вина) и между температурой и всей излученной энергией (закон Стефана – Больцмана, названный так в честь австрийских физиков Йозефа Стефана и Людвига Больцмана), но никому не удавалось вывести кривую излучения черного тела из основных принципов, известных в то время.

Вину удалось получить полуэмпирическую формулу, которую можно подогнать так, что она хорошо описывает кривую при высоких частотах, но неверно передает ее ход при низких частотах. Дж. У. Стретт (лорд Рэлей) и английский физик Джеймс Джинс применили принцип равного распределения энергии по частотам колебаний осцилляторов, заключенных в пространстве черного тела, и пришли к другой формуле (формуле Рэлея – Джинса). Она хорошо воспроизводила кривую излучения черного тела при низких частотах, но расходилась с ней на высоких частотах.

П. под влиянием теории электромагнитной природы света Джеймса Клерка Максвелла (опубликованной в 1873 г. и подтвержденной экспериментально Генрихом Герцем в 1887 г.) подошел к проблеме черного тела с точки зрения распределения энергии между элементарными электрическими осцилляторами, физическая форма которых никак не конкретизируется. Хотя на первый взгляд может показаться, что выбранный им метод напоминает вывод Рэлея – Джинса, П. отверг некоторые из принятых этими учеными допущений.

В 1900 г., после продолжительных и настойчивых попыток создать теорию, которая удовлетворительно объясняла бы экспериментальные данные, П. удалось вывести формулу, которая, как обнаружили физики-экспериментаторы из Государственного физико-технического института, согласовывалась с результатами измерений с замечательной точностью. Законы Вина и Стефана – Больцмана также следовали из формулы Планка. Однако для вывода своей формулы ему пришлось ввести радикальное

понятие, идущее вразрез со всеми установленными принципами. Энергия планковских осцилляторов изменяется не непрерывно, как следовало бы из традиционной физики, а может принимать только дискретные значения, увеличивающиеся (или уменьшающиеся) конечными шагами. Каждый шаг по энергии равен некоторой постоянной (называемой ныне постоянной Планка), умноженной на частоту. Дискретные порции энергии впоследствии получили название квантов. Введенная П. гипотеза ознаменовала рождение квантовой теории, совершившей подлинную революцию в физике. Классическая физика в противоположность современной физике ныне означает «физика до Планка».

П. отнюдь не был революционером, и ни он сам, ни другие физики не сознавали глубокого значения понятия «квант». Для П. квант был всего лишь средством, позволившим вывести формулу, дающую удовлетворительное согласие с кривой излучения абсолютно черного тела. Он неоднократно пытался достичь согласия в рамках классической традиции, но безуспешно. Вместе с тем он с удовольствием отметил первые успехи квантовой теории, последовавшие почти незамедлительно. Его новая теория включала в себя, помимо постоянной Планка, и другие фундаментальные величины, такие, как скорость света и число, известное под названием постоянной Больцмана. В 1901 г., опираясь на экспериментальные данные по излучению черного тела, П. вычислил значение постоянной Больцмана и, используя другую известную информацию, получил число Авогадро (число атомов в одном моле элемента). Исходя из числа Авогадро, П. сумел с замечательной точностью найти электрический заряд электрона.

Позиции квантовой теории укрепились в 1905 г., когда Альберт Эйнштейн воспользовался понятием фотона – кванта электромагнитного излучения – для объяснения фотоэлектрического эффекта (испускание электронов поверхностью металла, освещаемой ультрафиолетовым излучением). Эйнштейн предположил, что свет обладает двойственной природой: он может вести себя и как волна (в чем нас убеждает вся предыдущая физика), и как частица (о чем свидетельствует фотоэлектрический эффект). В 1907 г. Эйнштейн еще более упрочил положение квантовой теории, воспользовавшись понятием кванта для объяснения загадочных расхождений между предсказаниями теории и экспериментальными измерениями удельной теплоемкости тел – количества тепла, необходимого для того, чтобы поднять на один градус температуру одной единицы массы твердого тела.

Еще одно подтверждение потенциальной мощи введенной П. новации поступило в 1913 г. от Нильса Бора, применившего квантовую теорию к строению атома. В модели Бора электроны в атоме могли находиться только на определенных энергетических уровнях, определяемых квантовыми ограничениями. Переход электронов с одного уровня на другой сопровождается выделением разности энергий в виде фотона излучения с частотой, равной энергии фотона, деленной на постоянную Планка. Тем

самым получали квантовое объяснение характеристические спектры излучения, испускаемого возбужденными атомами.

В 1919 г. П. был удостоен Нобелевской премии по физике за 1918 г. «в знак признания его заслуг в деле развития физики благодаря открытию квантов энергии». Как заявил А.Г. Экстранд, член Шведской королевской академии наук, на церемонии вручения премии, «теория излучения П. – самая яркая из путеводных звезд современного физического исследования, и пройдет, насколько можно судить, еще немало времени, прежде чем иссякнут сокровища, которые были добыты его гением». В Нобелевской лекции, прочитанной в 1920 г., П. подвел итог своей работы и признал, что «введение кванта еще не привело к созданию подлинной квантовой теории».

20-е гг. стали свидетелями развития Эрвином Шредингером, Вернером Гейзенбергом, П.А.М. Дираком и другими квантовой механики – оснащенной сложным математическим аппаратом квантовой теории. П. пришлась не по душе новая вероятностная интерпретация квантовой механики, и, подобно Эйнштейну, он пытался примирить предсказания, основанные только на принципе вероятности, с классическими идеями причинности. Его чаяниям не суждено было сбыться: вероятностный подход устоял.

Вклад П. в современную физику не исчерпывается открытием кванта и постоянной, носящей ныне его имя. Сильное впечатление на него произвела специальная теория относительности Эйнштейна, опубликованная в 1905 г. Полная поддержка, оказанная П. новой теории, в немалой мере способствовала принятию специальной теории относительности физиками. К числу других его достижений относится предложенный им вывод уравнения Фоккера – Планка, описывающего поведение системы частиц под действием небольших случайных импульсов (Адриан Фоккер – нидерландский физик, усовершенствовавший метод, впервые использованный Эйнштейном для описания броуновского движения – хаотического зигзагообразного движения мельчайших частиц, взвешенных в жидкости). В 1928 г. в возрасте семидесяти лет Планк вышел в обязательную формальную отставку, но не порвал связей с Обществом фундаментальных наук кайзера Вильгельма, президентом которого он стал в 1930 г. И на пороге восьмого десятилетия он продолжал исследовательскую деятельность.

Личная жизнь П. была отмечена трагедией. Его первая жена, урожденная Мария Мерк, с которой он вступил в брак в 1885 г. и которая родила ему двух сыновей и двух дочерей-близнецов, умерла в 1909 г. Двумя годами позже он женился на своей племяннице Марге фон Хесслин, от которой у него также родился сын. Старший сын П. погиб в первую мировую войну, а в последующие годы обе его дочери умерли при родах. Второй сын от первого брака был казнен в 1944 г. за участие в неудавшемся заговоре против Гитлера.

Как человек сложившихся взглядов и религиозных убеждений, да и просто как справедливый человек, П. после прихода в 1933 г. Гитлера к власти публично выступал в защиту еврейских ученых, изгнанных со своих

постов и вынужденных эмигрировать. На научной конференции он приветствовал Эйнштейна, преданного анафеме нацистами. Когда П. как президент Общества фундаментальных наук кайзера Вильгельма наносил официальный визит Гитлеру, он воспользовался этим случаем, чтобы попытаться прекратить преследования ученых-евреев. В ответ Гитлер разразился тирадой против евреев вообще. В дальнейшем П. стал более сдержанным и хранил молчание, хотя нацисты, несомненно, знали о его взглядах.

Как патриот, любящий родину, он мог только молиться о том, чтобы германская нация вновь обрела нормальную жизнь. Он продолжал служить в различных германских ученых обществах в надежде сохранить хоть какую-то малость немецкой науки и просвещения от полного уничтожения. После того как его дом и личная библиотека погибли во время воздушного налета на Берлин, П. и его жена пытались найти убежище в имении Рогец неподалеку от Магдебурга, где оказались между отступающими немецкими войсками и наступающими силами союзных войск. В конце концов супруги Планк были обнаружены американскими частями и доставлены в безопасный тогда Геттинген.

Скончался П. в Геттингене 4 октября 1947 г., за шесть месяцев до своего 90-летия. На его могильной плите выбиты только имя и фамилия и численное значение постоянной Планка.

Подобно Бору и Эйнштейну, П. глубоко интересовался философскими проблемами, связанными с причинностью, этикой и свободой воли, и выступал на эти темы в печати и перед профессиональными и непрофессиональными аудиториями. Исполнявший обязанности пастора (но не имевший священнического сана) в Берлине, П. был глубоко убежден в том, что наука дополняет религию и учит правдивости и уважительности.

Через всю свою жизнь П. пронес любовь к музыке, вспыхнувшую в нем еще в раннем детстве. Великолепный пианист, он часто играл камерные произведения со своим другом Эйнштейном, пока тот не покинул Германию. П. был также увлеченным альпинистом и почти каждый свой отпуск проводил в Альпах.

Кроме Нобелевской премии, П. был удостоен медали Копли Лондонского королевского общества (1928) и премии Гете г. Франкфурта-на-Майне (1946). Германское физическое общество назвал в честь него свою высшую награду медалью Планка, и сам П. был первым обладателем этой почетной награды. В честь его 80-летия одна из малых планет была названа Планкианой, а после окончания второй мировой войны Общество фундаментальных наук кайзера Вильгельма было переименовано в Общество Макса Планка. П. состоял членом Германской и Австрийской академий наук, а также научных обществ и академий Англии, Дании, Ирландии, Финляндии, Греции, Нидерландов, Венгрии, Италии, Советского Союза, Швеции, Украины и Соединенных Штатов.

ПРОХОРОВ, Александр

11 июля 1916 г. – 8 января 2002 г.
Нобелевская премия по физике, 1964 г.
совместно с Николаем Басовым и Чарлзом Х. Таунсом

Русский физик Александр Михайлович Прохоров, сын Михаила Ивановича Прохорова и Марии Ивановны (в девичестве Михайловой) Прохоровой, родился в Атертоне (Австралия), куда его семья перебралась в 1911 г. после побега родителей Прохорова из сибирской ссылки. После Октябрьской революции семья Прохоровых в 1923 г. возвратилась в Советский Союз. Окончив с отличием физический факультет Ленинградского государственного университета (1939), П. поступает в аспирантуру в Лабораторию колебаний Физического института АН СССР им. П.Н. Лебедева в Москве. Здесь он изучает распространение радиоволн над земной поверхностью и вместе с одним из своих руководителей, физиком В.В. Мигулиным, разрабатывает новый метод использования интерференции радиоволн для исследования ионосферы – одного из верхних слоев атмосферы.

Призванный в Красную Армию в июне 1941 г., П. после двух ранений возвращается в 1944 г. в Институт им. П.Н. Лебедева, где занимается исследованием частотной стабилизации в ламповых генераторах. Кандидатская диссертация, которую П. защищает в 1946 г., посвящена теории нелинейных колебаний. За эту работу ему и двум другим физикам присуждена премия имени академика Леонида Мандельштама, выдающегося

советского радиофизика. В 1947 г. П. приступает к исследованию излучения, испускаемого электронами в синхротроне (устройстве, в котором заряженные частицы, например протоны или электроны, движутся по расширяющимся циклическим орбитам, ускоряясь до очень высоких энергий), и показывает экспериментально, что излучение электронов сосредоточено в микроволновой области, где длины волн порядка сантиметров. Эта работа легла в основу диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, которую П. защищает в 1951 г., и породила множество более поздних работ, выполненных другими исследователями.

После назначения заместителем директора Лаборатории колебаний в 1950 г. научные интересы П. перемещаются в область радиоспектроскопии. Он организует группу молодых исследователей, которые, используя радар и радиотехнику, разработанную главным образом в Соединенных Штатах и Англии во время и после второй мировой войны, исследуют вращательные и колебательные спектры молекул. П. сосредоточивает свои исследования на одном классе молекул, называемых асимметричными волчками, которые обладают тремя различными моментами инерции (анализировать структуру таких молекул по вращательным спектрам особенно трудно). Помимо чисто спектроскопических исследований, П. проводит теоретический анализ применения микроволновых спектров поглощения для усовершенствования эталонов частоты и времени. Полученные выводы привели П. к сотрудничеству с Николаем Басовым в разработке молекулярных генераторов, называемых ныне мазерами (аббревиатура из первых букв английских слов: микроволновое усиление с помощью индуцированного стимулированного излучения – microwave amplification by stimulated emisson of radiation).

Основной принцип квантовой физики состоит в том, что атомы и молекулы обладают энергиями (возникающими вследствие расположения и движения их электронов), ограниченными некоторыми дискретными значениями, или энергетическими уровнями. Множество разрешенных энергетических уровней характерно для каждого атома или молекулы. Согласно другому принципу, электромагнитное излучение, например свет или радиоволны, состоит из дискретных порций энергии (фотонов), энергия которых пропорциональна частоте. Если фотон имеет энергию, равную разности энергии между двумя уровнями, то атом или молекула могут поглотить излучение и совершить переход с нижнего уровня на верхний. Затем атом или молекула спонтанно переходят на нижний энергетический уровень (необязательно на исходный), отдавая разность энергии между двумя уровнями в форме фотона излучения. И в этом случае частота излучения находится в соответствии с энергией испущенного фотона. В 1917 г. Альберт Эйнштейн, занимаясь изучением взаимодействия излучения с веществом в ограничейной области, вывел уравнение, описывающее уже известные нам процессы поглощения и спонтанного испускания. Уравнение Эйнштейна, кроме того, предсказывает третий процесс, называемый индуцированным

излучением, – переход возбужденного атома или молекулы из состояния с высокой энергией в состояние с более низкой энергией из-за наличия излучения, фотоны которого имеют энергию, равную разности энергий этих двух уровней. Теряемая при переходе энергия испускается в виде фотонов такого же типа, как и фотоны, индуцировавшие излучение.

П. и Басов предложили метод использования индуцированного излучения. Если возбужденные молекулы отделить от молекул, находящихся в основном состоянии, что можно сделать с помощью неоднородного электрического или магнитного поля, то тем самым можно создать вещество, молекулы которого находятся на верхнем энергетическом уровне. Падающее на это вещество излучение с частотой (энергией фотонов), равной разности энергий между возбужденным и основным уровнями, вызвало бы испускание индуцированного излучения с той же частотой, т.е. вело бы к усилению. Отводя часть энергии для возбуждения новых молекул, можно было бы превратить усилитель в молекулярный генератор, способный порождать излучение в самоподдерживающемся режиме.

П. и Басов сообщили о возможности создания такого молекулярного генератора на Всесоюзной конференции по радиоспектроскопии в мае 1952 г., но их первая публикация относится к октябрю 1954 г. В 1955 г. они предлагают новый «трехуровневый метод» создания мазера. В этом методе атомы (или молекулы) с помощью «накачки» загоняются на самый верхний из трех энергетических уровней путем поглощения излучения с энергией, соответствующей разности между самым верхним и самым нижним уровнями. Большинство атомов быстро «сваливается» на промежуточный энергетический уровень, который оказывается плотно заселенным. Мазер испускает излучение на частоте, соответствующей разности энергий между промежуточными и нижним уровнями.

За десять месяцев до того, как П. и Басов в 1954 г. опубликовали свою статью, Чарлз Х. Таунс, американский физик из Колумбийского университета, который независимо пришел к аналогичным выводам, построил действующий мазер, подтвердивший предсказания П. и Басова. Таунс использовал резонансную камеру, заполненную возбужденными молекулами аммиака, и получил необычайно сильное усиление микроволн на частоте 24000 мегагерц. В 1960 г. трехуровневый метод был подтвержден американским физиком Теодором Мейменом, работавшим в компании «Хьюз эйркрафт». Он получил усиление световых волн, используя в качестве резонансной камеры длинный кристалл синтетического рубина, на который была навита спиральная трубка с газом ксеноном. Газовый разряд сопровождался вспышками, способными вызвать индуцированное излучение. Поскольку Меймен использовал свет, его прибор получил название «лазер» (аббревиатура из первых букв английских слов: усиление света с помощью индуцированного (стимулированного) излучения – light amplification by. stimulated emission of radiation).

Будучи директором лаборатории колебаний в институте им. П.Н. Лебедева (с 1954 г.), П. создает две новые лаборатории – радиоастрономии и

квантовой радиофизики. Он консультирует многочисленные научно-исследовательские институты по проблемам квантовой электроники и организует лабораторию радиоспектроскопии в Научно-исследовательском институте ядерных исследований при Московском государственном университете, профессором которого П. становится в 1957 г.

С середины 50-х гг. П. сосредоточивает усилия на разработке мазеров и лазеров и на поиске кристаллов с подходящими спектральными и релаксационными свойствами. Проведенные им подробные исследования рубина, одного из лучших кристаллов для лазеров, привели к широкому распространению рубиновых резонаторов для микроволновых и оптических длин волн. Чтобы преодолеть некоторые трудности, возникшие в связи с созданием молекулярных генераторов, работающих в субмиллиметровом диапазоне, П. предлагает новый открытый резонатор, состоящий из двух зеркал. Этот тип резонатора оказался особенно эффективным при создании лазеров в 60-е гг.

Нобелевская премия по физике 1964 г. была разделена: одна половина ее присуждена П. и Басову, другая – Таунсу «за фундаментальные работы в области квантовой электроники, приведшие к созданию генераторов и усилителей на основе принципа мазера – лазера».

Находясь на посту заместителя директора Физического института АН СССР им. П.Н. Лебедева с 1973 г., П. продолжает расширять исследование по физике лазеров, в том числе по их применению для изучения многоквантовых процессов и термоядерного синтеза.

П. женат на Галине Алексеевне Шелепиной, географе по специальности, с 1941 г. У них один сын.

В 1960 г. П. избирают членом-корреспондентом, в 1966 т. – действительным членом и в 1970 г. – членом президиума АН СССР. Он почетный член Американской академии наук и искусств. В 1969 г. он был назначен главным редактором Большой Советской Энциклопедии. П. почетный профессор университетов Дели (1967) и Бухареста (1971). Советское правительство присвоило ему звание Героя Социалистического Труда (1969).

РАБИ (Rabi), И.А.

29 июля 1898 г. – 11 января 1988 г.
Нобелевская премия по физике, 1944.

Американский физик Изидор Айзек Раби родился в Рыманове (бывшая Австро-Венгерская империя, ныне Польша) и был первым из двух детей разнорабочего Давида Раби и Женни (в девичестве Тейг) Раби. Вскоре после рождения Р. его отец эмигрирует в Соединенные Штаты, а через несколько месяцев присылает вызов жене и сыну. Р. вырос в нижнем Ист-Сайде и в Бруклине (г. Нью-Йорк), где его отец открыл небольшую овощную лавку. Родители Р. были глубоко религиозными евреями-хасидами, и сам он начал посещать религиозную школу, когда ему исполнилось три года. Начальное образование он получил в государственных школах Нью-Йорка. У любознательнейшего читателя публичной библиотеки рано проявляется интерес к науке и технике. В возрасте одиннадцати лет он разрабатывает телеграфную систему связи в местной округе и еще подростком публикует в научно-популярном журнале статью о том, как самому сделать электрические конденсаторы. Хотя родители надеялись, что их сын станет раввином, Р. отдает предпочтение занятиям в Бруклинской школе ремесел и получает Регентскую стипендию штата Нью-Йорк, предусматривающую оплату за обучение в Корнеллском университете в г. Итака (штат Нью-Йорк).

Начав обучение в Корнелле (1916) на факультете электротехники, Р. через три года оканчивает его со степенью бакалавра по химии. В течение следующих трех лет он работает химиком, но обнаруживает, что

антисемитизм сужает круг открывающихся для него возможностей. В 1922 г. Р. возвращается в Корнеллский университет уже в качестве аспиранта-химика, но несколько позже приходит к выводу, что его истинное призвание – физика. После перехода в Колумбийский университет (1923) он зарабатывает на жизнь преподаванием в Нью-Йорк-Сити-колледже. В 1926 г. он получает степень доктора по физике за измерения магнитных свойств кристаллов. В ходе работы над диссертацией Р. настолько усовершенствовал метод измерений, что измерения, на которые прежде уходили годы, теперь могли быть выполнены за недели.

Вскоре после защиты докторской диссертации Р. получает стипендию для выполнения постдокторских исследований в Европе. Проведя два года в Германии и Дании, он устанавливает дружеско-деловые связи с Эрвином Шрёдингером, Арнольдом Зоммерфельдом, Нильсом Бором, Вольфгангом Паули и Отто Штерном, которые внесли неоценимый вклад в развитие квантовой теории атомных и субатомных систем. Квантовая теория утверждает, что частицы в атоме могут занимать только вполне определенные энергетические уровни; никакой энергии, располагающейся между этими разрешенными уровнями, никогда не наблюдается. Примерно в то время, когда Р. прибыл в Европу, Шрёдингер, Макс Борн, Вернер Гейзенберг и П.А.М. Дирак развили общий математический подход к квантовым проблемам, получивший название квантовой механики. Совокупность принципов этой новой науки позволила объяснить многие явления, которые не могли быть поняты на основе классической физики.

Штерн и Вальтер Герлах осуществили опыт, позволивший создавать пучки атомов или молекул, впуская нагретый пар в вакуум через ряд щелей. Пропуская пучок атомов серебра через магнитное поле, они обнаружили два различных пучка вместо ожидаемого непрерывного гладкого размывания пучка: пучок расщепился! Это означало, что в магнитном поле атомы пучка могли принимать только две ориентации, соответствующие двум дискретным энергетическим уровням. Объяснить такое наблюдение было под силу только квантовой механике. После обсуждения этого эксперимента с Штерном Р. предложил усовершенствованный метод проведения измерений. Затем он встречался с Гейзенбергом, на которого произвел неизгладимое впечатление.

Р. возвращается в Нью-Йорк и в 1929 г. становится лектором (эта должность была предоставлена ему по рекомендации Гейзенберга), в 1930 г. – ассистентом-профессором, а в 1932 г. – адъюнкт-профессором Колумбийского университета. Руководя программой по теоретической физике в Колумбийском университете, Р. начинает собственные экспериментальные исследования атомных и молекулярных пучков на средства, предоставленные Гарольдом К. Юри, который в то время был профессором химии в этом университете. Эксперименты Штерна, обнаружившие ориентированность атомов в сильном магнитном поле, получили объяснение после того, как было открыто, что электроны обладают свойством, названным «спин»: в магнитном поле ось электронного спина может быть ориентирована в любом из двух направлений. Энергии этих двух

состояний зависят от магнитного момента, связанного со спином электрона, а также от напряженности магнитного поля. Впоследствии было обнаружено, что атом также взаимодействует с магнитными полями посредством ядерного спина и связанного с ним магнитного момента. Теоретически вычисляя поведение атомов в более слабых магнитных полях, Р. предсказал, что молекулярный пучок расщепится более чем на две части. Число подпучков зависит от взаимодействия ядерных и электронных спинов друг с другом и с приложенным магнитным полем; каждый подпучок состоит из атомов с одинаковыми ядерными и электронными спинами. Ему удалось подтвердить свое предсказание экспериментально, когда он разработал метод измерения ядерного спина путем подсчета расщеплений молекулярного пучка.

В 1937 г. Р. обнаружил, что, прикладывая слабый сигнал на радиочастотах к молекулярному пучку в магнитном поле, можно заставить атомы изменять ориентацию их спинов. Управляя частотой радиосигнала, он получил возможность произвести точные измерения спина ядра и напряженности собственного магнитного поля ядра. Первые же измерения Р. оказались примерно в 10 раз точнее, чем измерения, выполненные существовавшими ранее методами, а последующее усовершенствование позволило довести преимущество в точности до 1000-кратного. Поскольку ядерный спин и связанное с ним ядерное магнитное поле являются фундаментальными свойствами ядра, для понимания особенностей поведения ядра необходимо точное знание их значений. Именно поэтому измерения Р. имели необычайно важное значение для такой развивающейся области, как ядерная физика.

После начала второй мировой войны исследовательская группа Р. в Колумбийском университете распалась. В 1940 г. Р. взял отпуск, чтобы занять пост заместителя директора радиолокационной лаборатории Массачусетского технологического института, где он отвечал за разработку микроволновых источников для их использования в радарных системах. В поисках надежных помощников Р. пригласил многих известных физиков, в том числе Джулиуса С. Швингера, Эдуарда М. Пёрселла, Роберта Х. Дикке и Джорджа Ю. Уленбека. Полагая, что радар способен быстрее обеспечить преимущества союзников в военной технике, чем атомная бомба, и потому отказавшись от участия в Манхэттенском проекте, Р. часто навещал лаборатории проекта в Лос-Аламосе (штат Нью-Мексико) в качестве неофициального консультанта Дж. Роберта Оппенгеймера. Он был среди тех ученых, кто присутствовал при первом испытании атомной бомбы в Аламогордо (штат Нью-Мексико). После войны он принимал участие в успешных попытках установить гражданский контроль над ядерной энергией и ее приложениями.

В 1944 г. Р. был удостоен Нобелевской премии по физике «за резонансный метод измерений магнитных свойств атомных ядер». Церемония вручения премии была отложена из-за войны, и Р. не довелось прочесть Нобелевскую лекцию. Выступая по радио, Эрик Хюльтен, член Шведской королевской академии наук, охарактеризовал предложенное Р.

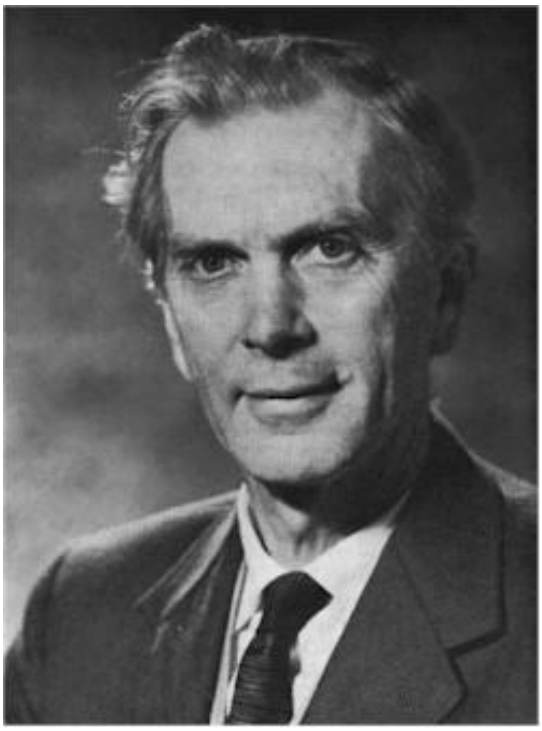
решение проблемы определения реакции атомов в магнитном поле как простое и изящное. «С помощью этого метода, – сказал Хюльтен, – Р. в определенном смысле установил радиосвязь с самыми маленькими частицами вещества, с миром электронов и атомного ядра».

В 1945 г. Р. возвратился в Колумбийский университет, где возглавил физический факультет. Хотя большинство ведущих физиков, вынужденных во время войны покинуть стены университета, не вернулись, Р. удалось возродить в университете физическую школу. Среди выдающихся физиков, работавших в Колумбийском университете в те годы, были Уиллис Ю. Лэмб и Поликарп Куш. На проведение измерений атомных спектров их отчасти натолкнули ранние исследования Р. Как глава факультета он принимал активное участие в создании Брукхейвенской национальной лаборатории в Лонг-Айленде – научно-исследовательского подразделения, проводящего исследования в области мирного использования атомной энергии, осуществляемые объединением университетов по контракту с Комиссией по атомной энергии США. В 1964 г. Р. был удостоен звания университетского профессора Колумбийского университета, а в 1967 г. – почетного профессора того же университета.

В 1926 г. Р. женился на Элен Ньюхаус. У супругов две дочери. Семья жила неподалеку от Колумбийского университета, в котором Р. время от времени читал лекции и участвовал в семинарах. В свободное от работы время он любил совершать прогулки, ходить в театр, а также путешествовать. Скончался он в 1988 г.

Кроме Нобелевской премии, Р. был удостоен медали Эллиота Крессона Франклиновского института (1944), международной золотой медали Нильса Бора Датского общества инженеров-строителей, электриков и механиков (1967), премии «За мирный атом», учрежденной Фондом Форда (1967), золотой медали Папина Колумбийского университета (1981), бразильского ордена Южного креста и французского ордена Почетного легиона. Р. – обладатель многих почетных докторских степеней, а также член и бывший президент (1950) Американского физического общества, член американской Национальной академии наук, Американского философского общества, Американской академии наук и искусств, академий наук Бразилии и Японии. Р. участвовал в работе международных комитетов по контролю над вооружениями и использованию ядерной энергии. В 1985 г. Колумбийский университет в знак признания его заслуг учредил кафедру физики Изидора Айзека Раби.

РАЙЛ (Ryle), Мартин



27 сентября 1918 г. – 16 октября 1984 г.
Нобелевская премия по физике, 1974 г.
совместно с Энтони Хьюишем

Английский радиоастроном Мартин Райл родился в Оксфорде и был вторым из пяти детей в семье врача и профессора социальной медицины Оксфордского университета Джона Райла и Мириам (в девичестве Скалли) Райл. Учился в Брэдфилл-колледже и в Оксфорде, в котором в 1939 г. с отличием окончил Школу естественных наук. С 1939 по 1945 г. принимал участие в работах по созданию и усовершенствованию переносного радара для военных целей и радиосистем в Научно-исследовательском центре телекоммуникаций в Малверне, где впервые встретился с Энтони Хьюишем. В 1945 г. Р. получил стипендию, позволившую ему отправиться в Кавендишскую лабораторию Кембриджского университета и заняться исследованиями под руководством Джона А. Рэтклиффа и У.Л. Брэгга. Темой исследования было испускание радиоволн Солнцем – явление, случайно открытое во время второй мировой войны оператором радарных станций, оборудование, которым располагал Р., состояло из двух небольших антенн.

После войны Р. остается в Кембридже, работая в Кавендишской лаборатории и Маллардовской радиоастрономической обсерватории. В 1948 г. он становится лектором по физике в Тринитиколледже, в 1949 г. – членом персонала этого колледжа, в 1957 г. вторым профессором физики, а в 1959 г. первым профессором радиоастрономии Кембриджа.

Р. работал над повышением разрешающей способности радиотелескопов чем выше разрешающая способность, тем легче выделить

волновой фронт определенного направления и пренебречь волновыми фронтами, приходящими с соседних направлений. Разрешающая способность любого телескопа зависит от апертуры, или диаметра антенны, которая велика по сравнению с длиной волны собираемого антенной излучения. Для оптический телескопов легко достижимы отношения апертуры к длине волны в несколько миллионов к единиц, так как длина волны света составляет менее одной миллионной метра. Длины радиоволн соответствуют диапазону примерно от 1 см и выше. Для того чтобы иметь апертуру в 1 млн. см, чаша радиотелескопа (параболический отражатель) должна была бы иметь диаметр 10 км.

Расположив две антенны на расстоянии многих длин волн друг от друга, Р. подключил их к одному приемнику. Используя этот постой интерферометр, он установил, что испускание радиоволн солнечными пятнами происходит из очень небольших областей. Используя сдвиг фаз (комбинируя сигналы от каждой из антенн попеременно в фазе и в противофазе), Р. сумел отличить радиоволны, испускаемые пятном, от радиоволн, испускаемых остальной частью Солнца. Применяя тот же метод для поиска звезд и галактик, он проник в космическое пространство на расстояние 6 млрд. световых лет, что втрое превышает дальность действия 200-дюймового оптического телескопа-рефлектора обсерватории Маунт-Паломар. К 1948 г. ему удалось определить местоположение нескольких так называемых радиозвезд (небесных объектов, испускающих электромагнитное излучение) с точностью, достаточной для того, чтобы их можно было наблюдать с помощью оптических телескопов. Использование радиоволн в астрономии означало, что впервые стали доступными для наблюдения новые области космического пространства, совершенно отличные от наблюдаемых с помощью оптических телескопов, например области, содержащие частицы высоких энергий или диффузный ионизованный газ.

В 1952 г. Р. и его коллеги решили создать радиоастрономические инструменты, позволяющие не только наблюдать более слабые источники, но и исследовать их внутреннюю структуру. Р. обнаружил, что теоретически возможно объединить сигналы от двух антенн (одна из которых подвижна), расстояние между которыми и ориентация систематически изменяются от измерения к измерению. Необходимые вычисления можно было производить на имевшихся в середине 50-х гг. компьютерах. В 1957 г. он с помощью построенного им двухантенного телескопа обследовал большой участок неба, открыв 5000 радиоисточников. Однако из-за ограниченной вычислительной мощности компьютеров телескоп Р. обладал высокой разрешающей способностью только в одном измерении.

В 1963 г., используя сильно возросшие вычислительные мощности компьютеров, Р. построил телескоп с тремя управляемыми 60-футовыми параболическими антеннами-отражателями, две из которых были закреплены на расстоянии 0,5 мили друг от друга, а третья смонтирована на передвижной платформе длиной 2500 футов. С учетом вращения Земли в течение 24-часового периода наблюдения этот метод позволил Р., комбинируя сигналы

от трех антенн, достигать разрешения, эквивалентного разрешению радиотелескопа с апертурой в 1 милю. С помощью своего телескопа он впервые продемонстрировал возможности метода апертурного синтеза, позволяющего достигать высокого разрешения в двух измерениях, обеспечивающего большую эффективную площадь антенн при минимальных затратах и не требующего сложных инженерных сооружений. Именно с помощью трехантенного телескопа впервые были открыты детали структуры радиогалактик.

Радиотелескоп с еще большей эквивалентной апертурой (диаметром 3,1 мили) был построен Р. в 1971 г. Новый телескоп состоял из восьми антенн, каждая диаметром 42 фута (из которых четыре были смонтированы на передвижных платформах), и позволял исследовать высокодисперсную структуру далеких радиоисточников. Разрешение, достигаемое с помощью этого телескопа, было равно дуге в 0,6 дюйма. Проведенные Р. широкие исследования небесных радиоисточников, большинство из которых слишком далеки и слишком слабы для того, чтобы их можно было обнаружить с помощью оптических телескопов, показали, что некоторые из наиболее интенсивных радиоисточников представляют собой квазары (квазизвездные объекты) удаленные звездообразные объекты, излучающие во много раз больше энергии, чем целые галактики.

Современные радиотелескопы, значительно превосходящие по своим размерам построенные Р. телескопы, в которых используется точность атомных часов, позволяют принимать сигналы на антеннах, отстоящих на тысячи миль друг от друга, и обрабатывать полученные сигналы на отдельном компьютере. Эквивалентная апертура такого телескопа сравнима с диаметром Земли.

В 1974 г. Р. и Хьюиш были удостоены Нобелевской премии по физике «за новаторские исследования в радиоастрофизике». Премия Р. была присуждена «за наблюдения и изобретения, в особенности за метод апетурного синтеза».

«Вклад Р. и Хьюиша является важным шагом в развитии наших знаний о Вселенной, заявил при презентации лауреатов Ганс Вильгельмссон, член Шведской королевской академии наук. Благодаря их трудам астрофизика обогатилась новыми областями исследований. Гигантская лаборатория Вселенной открывает свои богатые возможности для будущих исследователей».

Спроектированные Р. телескопы были построены в Нидерландах и Нью-Мексико. Ожидается, что интерферометрия с очень большой базой (длиной в несколько тысяч километров) позволит разрешать дуги длиной 0,001 дюйма.

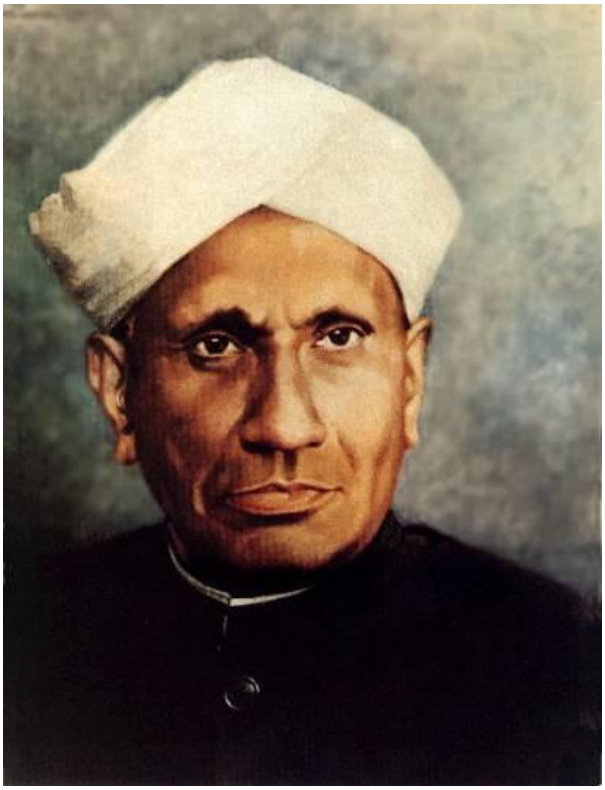
Как показывает проведенный Р. статистический анализ радиоисточников. Вселенная не бесконечна и некогда была гораздо горячее, чем сейчас. Его выводы подкрепляют теорию «большого взрыва» в космологии и не согласуются с теорией стационарного состояния.

В 1976 г. Р. активно включился в исследования возобновляемых источников энергии, в особенности энергии ветра и морской волны. Его работы показали, что в Великобритании энергия ветра (с учетом больших сезонных колебаний потребности в энергии) могла бы стать источником, реально альтернативным по отношению к ядерной энергии.

В 1947 г. Р. вступил в брак с медсестрой и физиотерапевтом Эллой Ровеной Палмер. Супруги, две их дочери и сын часто на досуге ходили под парусом на катамаранах и тримаранах конструкции главы семьи. Р. умер от рака в своем доме в Кембридже 16 октября 1984 г.

В 1966 г. Р. получил дворянский титул. Он почетный доктор университетов Стрэчклайда, Оксфорда и Торуни (Польша). С 1972 по 1982 г. занимал пост Королевского астронома, по традиции сохраняемого за директором Королевской Гринвичской обсерватории. Р. состоял членом Академии наук СССР, Датской академии наук и искусств, Американской академии наук и искусств и Лондонского королевского общества. Кроме Нобелевской премии, он был удостоен многочисленный наград, в т.ч. медали Хьюза (1954) и Королевской медали (1973). Лондонского королевского общества, золотой медали Королевского астрономического общества (1964) и медали Генри Дрейпера американской Национальной академии наук (1963).

РАМАН (Raman), Венката



7 ноября 1888 г. – 21 ноября 1970 г.
Нобелевская премия по физике, 1930 г.

Индийский физик Чандрасекхара Венката Раман родился в Тируччираппали в семье Чандрасекхара Айяра, профессора математики и физики колледжа при Обществе распространения Евангелия, и урожденной Парвати Аммал, происходившей из семьи, которая дала несколько известных знатоков санскрита. С 1901 по 1906 г. Р. посещал колледж миссис А.В.Н. в Вишакхапатнаме, а затем перешел в Президентский колледж Мадрасского университете, который закончил в 1904 г. в 16-летнем возрасте, первым в своем классе, с золотой медалью по физике. Оставшись в аспирантуре Мадрасского университета, Р. в 1907 г. получил степень магистра с наивысшими отличиями.

Слабое здоровье не позволило Р. продолжить образование в Европе, но и дома он упорно отклонял все возможности присоединиться к индийскому академическому обществу. Вместо этого он в 1907 г. поступил на индийскую гражданскую службу и за десять лет выдвинулся в высший эшелон министерства финансов. Р., еще с детства питавший страсть к музыке, параллельно с исполнением своих обязанностей по службе провел экспериментальное и теоретическое исследование струнных инструментов и индийских барабанов. К 1917 г. он опубликовал около тридцати статей по результатам своих исследований в этой области, выполненных в лаборатории Индийской ассоциации по распространению науки и культуры в Калькутте.

Эти публикации снискали Р. определенную репутацию в научных кругах, и в 1917 г. ему предложили занять пост профессора на только что созданном факультете физики при Калькуттском университете. Он принял это предложение, и вскоре физический факультет Калькуттского университета завоевал международное признание высоким качеством исследований, выполненных его сотрудниками под руководством Р., Мегнада Саха и Шатьендраната Бозе. К этому времени Р. заинтересовался оптикой.

В 1921 г. он впервые посетил Европу, где принимал участие в работе Конгресса британских университетов, состоявшегося в Оксфорде. На обратном пути в Индию, на борту пассажирского судна, Р. был поражен темно-синим цветом моря. Через год он теоретически доказал, что цвет моря определяется рассеянием света на молекулах воды, подобно тому как цвет неба объясняется рассеянием света на молекулах воздуха. Наблюдения Р. послужили началом семилетних исследований рассеяния света молекулами жидкостей, твердых тел и газов. Уделяя этим исследованиям основное внимание, Р. вместе с тем не прекращал и работ в области физики музыкальных звуков. Его международная известность, достигнутая благодаря этим работам, настолько возросла, что в 1924 г. он был избран членом Лондонского королевского общества.

За год до этого события Р. и его сотрудники впервые заметили, что рассеянный свет сопровождается более слабым вторичным излучением, длина волны которого отличается от длины волны первичного излучения. В последующие годы Р. и К.С. Кришнан усовершенствовали методику

эксперимента, стремясь выделить и измерить замеченное вторичное излучение. Они исследовали рассеяние света, когда сфокусированный пучок солнечных лучей проходил сквозь чистую жидкость или очищенный от пыли воздух. В статье, опубликованной в 1928 г. в «Индийском физическом журнале» («Indian Journal of Physics»), они показали, что вторичное излучение состоит из света с различными длинами волн, главным образом более длинных и более низкой энергии, чем падающий свет. Р. и Кришнан сообщили также, что длины волн, возникающих при таком рассеянии, зависят от природы молекул, на которых происходит рассеяние, и характерны для вещества, состоящего из этих молекул. Авторы отметили также, что при изменении длины волны освещающего источника света индуцированное вторичное излучение также меняет свою длину волны, хотя сдвиг по энергии между первичным и вторичным излучением остается постоянным. Эти сдвиги энергий, впоследствии получившие название эффекта Рамана, могут служить чувствительным инструментом исследования структуры молекул. В квантовой механике эффект Рамана описывается как обмен энергией между молекулами рассеивающего вещества и падающим светом.

В 1928 г. этот же эффект был открыт независимо от Р. советскими физиками Григорием Ландсбергом и Леонидом Мандельштамом, но, поскольку работы Р. и Кришнана отличались большей полнотой, приоритет открытия остался за ними. Более того, хотя взаимодействие молекул со светом было предсказано Адольфом Смекалем в 1923 г. и Вернером Гейзенбергом, Р. был первым, кто наблюдал его.

В 1930 г. Р. был удостоен Нобелевской премии по физике «за работы по рассеянию света и за открытие эффекта, названного в его честь». При презентации лауреата Ханс Плейель, член Шведской королевской академии наук, сказал, что «эффект Рамана уже привел к важным результатам в определении химического состава веществ... Чрезвычайно важный инструмент, который дал нам в руки Р., в ближайшем будущем приведет к углублению наших знаний о структуре материи».

Поскольку эффект Рамана для проведения высокоточных измерений требует очень интенсивных монохроматических источников света, до изобретения лазеров, т.е. до начала 60-х гг., он мало использовался. С помощью лазеров – идеальных источников монохроматического излучения – ученые начали систематически проводить анализ структуры молекул на основе эффекта Рамана, и поныне остающегося постоянным средством лабораторных исследований.

1933 г. Р. стал директором Индийского научно-исследовательского института в Бангалоре. Продолжая работы, связанные с эффектом, он также приступил к кристаллографическим исследованиям алмазов. Р. установил, что люминесценция алмаза, возбуждаемая ультрафиолетовым светом, обусловлена не примесями или дефектами, как принято было считать ранее, а свойством, присущим самому алмазу. Кроме того, он исследовал

взаимодействия атомов в кристаллах со светом и звуком и влияние звуковых волн на рассеяние света.

После выхода в отставку (1948) Р. занял пост директора Рамановского научно-исследовательского института, построенного Индийской академией наук на средства, выделенные несколькими годами раньше правительством Майсура. Р. и его ученики, кроме продолжающихся работ по оптике и структуре кристаллов, начали вести также исследования по физиологии зрения. В 60-е гг. они попытались развить новую теорию цветного зрения и исследовать окраску цветов различных растений. В музее драгоценных камней при Рамановском научно-исследовательском институте собранная Р. коллекция алмазов насчитывает несколько сотен камней.

В 1907 г. Р. вступил в брак с Локой Сундари Аммал, талантливой артисткой, разделявшей его интерес к музыкальным инструментам. У супругов родилось двое сыновей. Продуктивный исследователь с разносторонними интересами, Р. служил образцом для индийского научного сообщества, которое он помог создать, и всячески поощрял интерес к науке у широкой общественности. Талантливый педагог, сыгравший ведущую роль в культурном возрождении Индии, он снискал широкую популярность благодаря тонкой интуиции, чувству юмора и любви к музыке. Он активно занимался научной деятельностью вплоть до самой смерти в возрасте восьмидесяти двух лет, последовавшей 21 ноября 1970 г. в Бангалоре.

Кроме Нобелевской премии, Р. был удостоен золотой медали Маттеуччи Итальянской национальной академии наук (1928), медали Хьюза Лондонского королевского общества (1930), медали Франклина Франклиновского института (1941), Международной Ленинской премии, врученной Советским правительством (1957). В 1954 г. индийское правительство удостоило Р. одной из высших почестей – титула «Жемчужина Индии». Ему были присвоены почетные ученые степени университетами Калькутты, Бомбея, Мадраса, Бенареса, Дакки, Майсура, Дели, Фрейбурга, Глазго и Парижа. Как член-основатель Индийской академии наук, Р. оставался на посту ее президента до самой смерти. Он состоял также иностранным членом Цюрихского физического общества, Лондонского королевского общества, Королевского философского общества в Глазго, Ирландской королевской академии, Американского оптического общества, Американского минералогического общества и Папской академии наук, а также многих других научных обществ и организаций. В 1929 г. Р. получил от британского правительства дворянский титул.

РЕЙНУОТЕР (Rainwater), Джеймс

9 декабря 1917 г. – 31 мая 1986 г.
Нобелевская премия по физике, 1975 г.
совместно с Оге Бором и Бенжамином Р. Моттельсоном

Американский физик Лео Джеймс Рейнуотер родился в г. Каунсил (штат Айдахо) в семье инженера-строителя и управляющего универсальным магазином Лео Джаспера Рейнуотера и Эдны Элизы (в девичестве Тиг) Рейнуотер. После смерти отца, последовавшей в 1918 г. во время эпидемии инфлюэнцы, семья переехала в г. Хэнфорд (штат Калифорния), где мать вторично вышла замуж. Детские и юношеские годы мальчика прошли в Хэнфорде, где он проявил способности к химии, физике и математике. Заняв первое место на химической олимпиаде, проводившейся на средства Калифорнийского технологического института (Калтеха), он был принят в этот институт в качестве студента-химика, но вскоре избрал своим основным предметом физику. В Калтехе Р. изучал физику под руководством Карла Д. Андерсона, а его занятиями по биологии руководил Томас Хант Морган. После получения степени бакалавра по физике в 1939 г. Р. поступил в аспирантуру Колумбийского университета, где его руководителями стали И.А. Раби, Энрико Ферми, Эдуард Теллер и другие выдающиеся физики.

Когда Соединенные Штаты вступили во вторую мировую войну, Р. прервал свои диссертационные исследования, приняв участие в Манхэттенском проекте в качестве члена Управления научных исследований и развития Работая под началом у Дж. Р. Даннинга, он использовал

циклотрон (тип ускорителя частиц) Колумбийского университета для исследования поведения атомных ядер при бомбардировке их нейтронами. После войны полученные Р. данные были рассекречены, и в 1946 г. за проделанные исследования ему была присуждена докторская степень.

Оставшись в Колумбийском университете в качестве преподавателя, Р. продолжил свои работы в области экспериментальной физики. В 1946 г. Колумбийскому университету были выделены фонды на постройку Невисской циклотронной лаборатории, в т. ч. и синхроциклотрона, способного ускорять частицы до гораздо более высоких энергий, чем это удавалось получать на более ранних модификациях циклотронов. Р. с самого начала принимал непосредственное участие в создании ускорителя, который вступил в строй в 1950 г. К тому времени он вместе со своими сотрудниками Уильямом У. Хэйвенсом-младшим и Ву Цзяньсюн уже измерил сечения взаимодействия нейтронов с большинством ядер. Новый ускоритель позволил провести аналогичные эксперименты с другими частицами, помимо нейтронов, например с мюонами (напоминающими электроны, но примерно в 200 раз более массивными и нестабильными, распадающимися всего лишь за 2,2 миллионных секунды) и пи-мезонами (короткоживущими частицами – переносчиками сильного ядерного взаимодействия, не дающего ядрам распасться).

В 1949 1950 гг. датский физик Оге Бор, проводивший исследования в Колумбийском университете, оказался соседом Р. по кабинету. Два физика вели между собой нескончаемые беседы о фундаментальной структуре ядер. В то время существовали две главные модели ядра: капельная модель и модель оболочек. Обе модели, как известно, исходили из действия фундаментальных сил между протонами и нейтронами (известных под общим названием нуклонов), образующими ядро, и стремились предсказать свойства десятков или сотен взаимодействующих между собой нуклонов.

Капельная модель была предложена отцом Оге Бора, Нильсом Бором, в 1936 г.

Она исходит из предположения о том, что ядро ведет себя как капля жидкости, способная колебаться и изменять свою форму. Хотя капельная модель позволила удовлетворительно объяснить деление ядра, но оказалась недостаточной для описания других важных его свойств. В модели оболочек, предложенной в 1949 г. Марией Гепперт-Майер и Й. Хансом Д. Йенсеном, нуклоны движутся по независимым концентрическим орбитам, или оболочкам: их движение во многом напоминает движение электронов в атоме, за исключением того, что в случае нуклонов не существует действующей на них центральной силы. Согласно модели оболочек, сила, действующая на один нуклон, равна сумме сил, с которой действует на него каждый из остальных нуклонов в ядре. Сумма этих сил порождает силовое поле, которое Гепперт-Майер и Йенсен предположили сферически симметричным. Хотя модель оболочек позволила успешно предсказать энергии некоторых возбужденных состояний ядра, в остальном ее постигла неудача. В частности, модель оболочек оказалась не в состоянии учесть то,

что распределение электрического заряда вокруг некоторых ядер не вполне сферически симметрично.

В конце 1949 г. Чарлз Х. Таунс выступил в Колумбийском университете с докладом о расхождениях между предсказаниями теории оболочек и экспериментальными данными. Слушая доклад Таунса, Р. размышлял о том, как объяснить эти расхождения. Ему пришло в голову, что заполненные орбитами оболочки ядра могли быть деформированы центробежными силами и принять форму, более напоминающую эллипсоид, чем сферу. Убедив Оге Бора в достоинствах этой идеи, он в 1950 г. опубликовал свою гипотезу и обратился к экспериментальным ее подтверждениям.

Бор, размышлявший над аналогичными идеями, вернулся в том же году в Копенгаген преисполненным решимости разработать полную теорию поведения ядра. Вместе с Беном Р. Моммельсоном он опубликовал в 1952 г. коллективную модель ядра, используя идею Р. для согласования «гидродинамического» поведения, описываемого капельной моделью ядра, с орбитальными свойствами нуклонов в модели оболочек.

Согласно Бору и Моттельсону, коллективное действие нуклонов вынуждает ядро вести себя аналогично капле жидкости. Однако ядро обладает оболочечной структурой, способной деформироваться в некое подобие эллипсоида. Эти деформации проявляются на поверхности в виде колебаний и вращении. Когда наружная оболочка полностью заполнена, ядро остается сферически симметричным. Но когда наружная оболочка заполнена только частично, форма ядра деформируется. Бор и Моттельсон обнаружили, что в таких деформированных ядрах возможны колебания, сопровождающиеся изменениями размеров, поверхностные волны и вращения. Такие новые коллективные действия не могли быть предсказаны моделью оболочек, поскольку эта модель игнорирует взаимодействия между нуклонами. Используя коллективную модель для вычисления свойств деформируемых ядер и анализируя огромное количество экспериментальных данных, Моттельсон и Бор в 1953 г. подтвердили гипотезу Р.

Между тем Р. вернулся к своим экспериментальным исследованиям на синхроциклотроне Колумбийского университета. Вместе с Валом Л. Фитчем Р., исследуя в 1953 г. испускаемое мюонами рентгеновское излучение, обнаружил, что существовавшие оценки размеров протона были слишком завышены.

В 1952 г. Р. был назначен полным профессором Колумбийского университета. С 1946 по 1978 г. он был связан с Невисской циклотронной лабораторией, дважды, с 1951 по 1953 г. и с 1956 по 1961 г., занимая пост ее директора.

Р., Оге Бор и Моттельсон в 1975 г. были удостоены Нобелевской премии по физике «за открытие связи между коллективным движением и движением частиц в атомных ядрах и за развитие теории структуры атомного ядра на основе этой связи». При презентации лауреатов Свен Йоханссон, член Шведской королевской академии наук, назвал их работы

«вдохновляющим стимулом для интенсивной научно-исследовательской деятельности в ядерной физике». В Нобелевской лекции Р. подвел итоги предшествующих исследований, которые привели его к открытиям и их подтверждению.

В 1942 г. Р. вступил в брак с Эммой Луизой Смит. У супружеской четы родились дочь, умершая в младенческом возрасте, и трое сыновей. На досуге Р. изучал геологию и астрономию, любил слушать классическую музыку. Скончался он в Йонкерсе (штат Нью-Йорк) 31 мая 1986 г., вскоре после выхода в отставку из Колумбийского университета.

Кроме Нобелевской премии, Р. был удостоен премии памяти Эрнеста Орландо Лоуренса по физике Комиссии по атомной энергии Соединенных Штатов (1963). Он был членом американской Национальной академии наук, совета Института инженеров по электротехнике и электронике, Нью-йоркской академии наук, Американской ассоциации фундаментальных наук и Американского физического общества.

РЕНТГЕН (Röntgen), Вильгельм

27 марта 1845 г. – 10 февраля 1923 г.
Нобелевская премия по физике, 1901 г.

Немецкий физик Вильгельм Конрад Рентген родился в Леннепе, небольшом городке близ Ремшейда в Пруссии, и был единственным ребенком в семье преуспевающего торговца текстильными товарами Фридриха Конрада Рентгена и Шарлотты Констанцы (в девичестве Фровейн) Рентген. В 1848 г. семья переехала в голландский город Апельдорн – на родину родителей Шарлотты. Экспедиции, совершенные Р. в детские годы в

густых лесах в окрестностях Апельдорна, на всю жизнь привили ему любовь к живой природе.

Р. поступил в Утрехтскую техническую школу в 1862 г., но был исключен за то, что отказался назвать своего товарища, нарисовавшего непочтительную карикатуру на нелюбимого преподавателя. Не имея официального свидетельства об окончании среднего учебного заведения, он формально не мог поступить в высшее учебное заведение, но в качестве вольнослушателя прослушал несколько курсов в Утрехтском университете. После сдачи вступительного экзамена Р. в 1865 г. был зачислен студентом в Федеральный технологический институт в Цюрихе, поскольку намеревался стать инженером-механиком, и в 1868 г. получил диплом. Август Кундт, выдающийся немецкий физик и профессор физики этого института, обратил внимание на блестящие способности Р. и настоятельно посоветовал ему заняться физикой. Тот последовал совету Кундта и через год защитил докторскую диссертацию в Цюрихском университете, после чего был немедленно назначен Кундтом первым ассистентом в лаборатории.

Получив кафедру физики в Вюрцбургском университете (Бавария), Кундт взял с собой и своего ассистента. Переход в Вюрцбург стал для Р. началом «интеллектуальной одиссеи». В 1872 г. он вместе с Кундтом перешел в Страсбургский университет и в 1874 г. начал там свою преподавательскую деятельность в качестве лектора по физике. Через год Р. стал полным (действительным) профессором физики Сельскохозяйственной академии в Гогенхейме (Германия), а в 1876 г. вернулся в Страсбург, чтобы приступить там к чтению курса теоретической физики.

Экспериментальные исследования, проведенные Р. в Страсбурге, касались разных областей физики, таких, как теплопроводность кристаллов и электромагнитное вращение плоскости поляризации света в газах, и, по словам его биографа Отто Глазера, снискали Р. репутацию «тонкого классического физика-экспериментатора». В 1879 г. Р. был назначен профессором физики Гессенского университета, в котором он оставался до 1888 г., отказавшись от предложений занять кафедру физики последовательно в университетах Иены и Утрехта. В 1888 г. он возвращается в Вюрцбургский университет в качестве профессора физики и директора Физического института, где продолжает вести экспериментальные исследования широкого круга проблем, в т.ч. сжимаемости воды и электрических свойств кварца.

В 1894 г., когда Р. был избран ректором университета, он приступил к экспериментальным исследованиям электрического разряда в стеклянных вакуумных трубках. В этой области многое уже было сделано другими. В 1853 г. французский физик Антуан Филибер Массон заметил, что высоковольтный разряд между электродами в стеклянной трубке, содержащей газ при очень низком давлении, порождает красноватое свечение (такие трубки явились первыми предшественниками современных неоновых трубок). Когда другие экспериментаторы принялись откачивать газ из трубки до большего разрежения, свечение начало распадаться на сложную

последовательность отдельных светящихся слоев, цвет которых зависел от газа.

Английский физик Уильям Крукс с помощью усовершенствованного вакуумного насоса достиг еще большего разрежения и обнаружил, что свечение исчезло, а стенки стеклянной трубки флуоресцируют зеленоватым светом. Крукс показал, что лучи испускает отрицательный электрод (помещенный внутрь трубки крестообразный предмет отбрасывал тень на противоположную стенку) и что лучи состоят из некоторой субстанции и несут отрицательный электрический заряд (ударяясь о лопасти легкого колесика, лучи приводили его во вращение, а пучок лучей отклонялся магнитом в сторону, соответствующую отрицательному заряду). В 1878 г. Крукс высказал гипотезу о том, что флуоресценцию вызывают лучи, когда ударяются о стеклянные стенки. Так как отрицательный электрод называется катодом, испускаемое стенками излучение получило название катодных лучей. Немецкий физик Филипп фон Ленард показал, что катодные лучи могут проникать сквозь окошко в трубке, затянутое тонкой алюминиевой фольгой, и ионизовать воздух в непосредственной близости от окошка. Загадка разрешилась позднее, в 1897 г., когда английский физик Дж.Дж. Томсон установил природу частиц в катодных лучах и они получили название электронов.

Р. повторил некоторые из более ранних экспериментов, в частности показав что исходящие из окошка Ленарда катодные лучи (тогда еще неизвестные) вызывают флуоресценцию экрана, покрытого цианоплатинитом бария. Однажды (это случилось 8 ноября 1895 г.) Р., чтобы облегчить наблюдения, затемнил комнату и обернул трубку Крукса (без окошка Ленарда) плотной непрозрачной черной бумагой. К своему удивлению, он увидел на стоявшем неподалеку экране, покрытом цианоплатинитом бария, полосу флуоресценции. Тщательнейшим образом проанализировав и устранив возможные причины ошибок, он установил, что флуоресценция появлялась всякий раз, когда он включал трубку, что источником излучения является именно трубка, а не какая-нибудь другая часть цепи и что экран флуоресцировал даже на расстоянии почти двух метров от трубки, что намного превосходило возможности короткодействующих катодных лучей.

Следующие семь недель он провел, исследуя явление, которое он назвал икс-лучами (т.е. неизвестными лучами). Тень, которую отбрасывал на флуоресцирующий экран проводник от индукционной катушки, создававшей необходимое для разряда высокое напряжение, навела Р. на мысль об исследовании проникающей способности икс-лучей в различных материалах. Он обнаружил, что икс-лучи могут проникать почти во все предметы на различную глубину, зависящую от толщины предмета и плотности вещества. Держа небольшой свинцовый диск между разрядной трубкой и экраном, Р. заметил, что свинец непроницаем для икс-лучей, и тут сделал поразительное открытие: кости его руки отбрасывали на экран более темную тень, окруженную более светлой тенью от мягких тканей.

Вскоре он обнаружил, что икс-лучи вызывают не только свечение экрана, покрытого цианоплатинитом бария, но и потемнение фотопластинок (после проявления) в тех местах, где икс-лучи попадают на фотоэмульсию. Так Р. стал первым в мире радиологом. В честь него икс-лучи стали называть рентгеновскими лучами. Широкую известность приобрела выполненная Р. в рентгеновских лучах фотография (рентгенограмма) кисти жены. На ней, как на негативе, отчетливо видны кости (белые, так как более плотная костная ткань задерживает икс-лучи, не давая им попасть на фотопластинку) на фоне более темного изображения мягких тканей (задерживающих икс-лучи в меньшей степени) и белые полоски от колец на пальцах.

В 1893 г. немецкий физиолог и физик Герман фон Гельмгольц предсказал, что излучение, подобное свету, но с достаточно короткой длиной волны, могло бы проникать в твердые материалы. В то время такое излучение не было известно. После открытия Р. немецкий физик Макс фон Лауэ высказал блестящее предположение о том, что коротковолновый характер рентгеновского излучения можно было бы доказать, используя в качестве дифракционной решетки регулярно расположенные атомы в кристалле. Дифракционная решетка состоит из серии штрихов, проведенных на одинаковом (малом) расстоянии друг от друга на поверхности стеклянной или металлической пластинки.

При рассеянии света на таких пластинках возникает сложный узор из светлых и темных пятен, вид которого зависит от длины волны падающего на решетку света. Но оптические дифракционные решетки были слишком грубы для того, чтобы на них могла происходить дифракция излучения со столь короткими длинами волн, как те, которые ожидались в случае рентгеновского излучения. В 1913 г. эксперимент, предложенный фон Лауэ, был поставлен Вальтером Фридрихом и Паулем Книппингом. Так, открыв неизвестное ранее излучение, Р. внес существенный вклад в ту революцию в физике, которая происходила в начале XX в.

Первое сообщение Р. о его исследованиях, опубликованное в местном научном журнале в конце 1895 г., вызвало огромный интерес и в научных кругах, и у широкой публики. «Вскоре мы обнаружили,– писал Р.,– что все тела прозрачны для этих лучей, хотя и в весьма различной степени». Эксперименты Р. были немедленно подтверждены другими учеными. Р. опубликовал еще две статьи об икс-лучах в 1896 и 1897 гг., но затем его интересы переместились в другие области.

Медики сразу осознали значение рентгеновского излучения для диагностики. В то же время икс-лучи стали сенсацией, о которой раструбили по всему миру газеты и журналы, нередко подавая материалы на истерической ноте или с комическим оттенком. Р. раздражала внезапно свалившаяся на него известность, отрывавшая у него драгоценное время и мешавшая дальнейшим экспериментальным исследованиям. По этой причине он стал редко выступать с публикациями статей, хотя и не прекращал это делать полностью: за свою жизнь Р. написал 58 статей. В 1921 г., когда ему было 76 лет, он опубликовал статью об электропроводимости кристаллов.

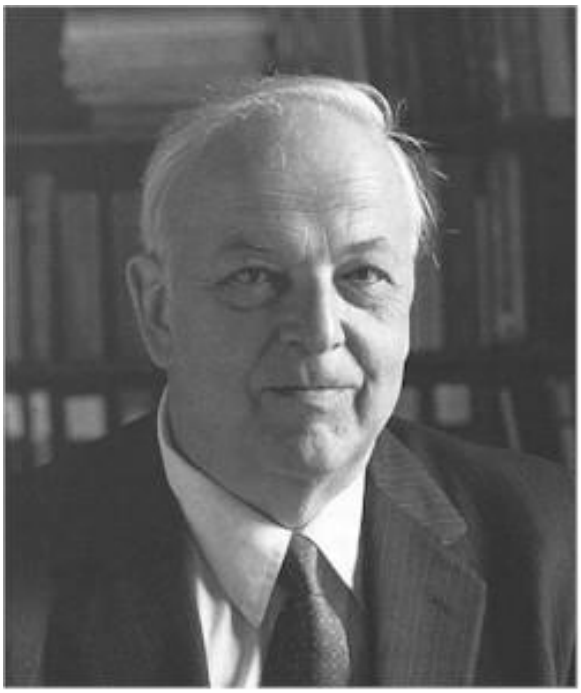
В 1899 г., вскоре после закрытия кафедры физики в Лейпцигском университете, Р. стал профессором физики и директором Физического института при Мюнхенском университете. Находясь в Мюнхене, Р. узнал о том, что он стал первым (1901 г.) лауреатом Нобелевской премии по физике «в знак признания необычайно важных заслуг перед наукой, выразившихся в открытии замечательных лучей, названных впоследствии в его честь». При презентации лауреата К.Т. Одхнер, член Шведской королевской академии наук, сказал: «Нет сомнения в том, сколь большого успеха достигнет физическая наука, когда эта неведомая раньше форма энергии будет достаточно исследована». Затем Одхнер напомнил собравшимся о том, что рентгеновские лучи уже нашли многочисленные практические приложения в медицине.

В 1872 г. Р. вступил в брак с Анной Бертой Людвиг, дочерью владельца пансиона, которую он встретил в Цюрихе, когда учился в Федеральном технологическом институте. Не имея собственных детей, супруги в 1881 г. удочерили шестилетнюю Берту, дочь брата Р.

Скромному, застенчивому Р. Глубоко претила сама мысль о том, что его персона может привлекать всеобщее внимание. Он любил бывать на природе, много раз посещал во время отпусков Вейльхайм, где совершал восхождения на соседние баварские Альпы и охотился с друзьями. Он ушел в отставку со своих постов в Мюнхене в 1920 г., вскоре после смерти жены. Он умер через три года от рака внутренних органов.

Хотя Р. был вполне удовлетворен сознанием того, что его открытие имеет столь большое значение для медицины, он никогда не помышлял ни о патенте, ни о финансовом вознаграждении. Он был удостоен многих наград, помимо Нобелевской премии, в том числе медали Румфорда Лондонского королевского общества, золотой медали Барнарда за выдающиеся заслуги перед наукой Колумбийского университета, и состоял почетным членом и членом-корреспондентом научных обществ многих стран.

РИХТЕР (Richter), Бертон



род. 22 марта 1931 г.
Нобелевская премия по физике, 1976 г.
совместно с Сэмюэлом Тингом

Американский физик Бертон Рихтер родился в Нью-Йорке и был единственным сыном и старшим из детей в семье рабочего-текстильщика Абрахама Рихтера и Фанни (в девичестве Поллак) Рихтер. Интерес к естественным наукам у Р. проявился рано. В подвале своего дома он создает химическую лабораторию и много читает по физике. Прежде чем в 1948 г. поступить в Массачусетский технологический институт (МТИ), он учится в Фаррокэвейской школе в Квинсе (штат Нью-Йорк) и Мерсерсбергской академии (штат Пенсильвания). Первоначально он колебался в выборе профилирующего предмета, не зная чему отдать предпочтение – физике или химии, но один из профессоров, Фрэнсис Фридмен, открыл ему, как впоследствии говорил Р., «глаза на красоту физики».

На втором курсе Р. работает под руководством Фрэнсиса Биттера в лаборатории магнетизма МТИ, занимаясь исследованием физической системы, состоящей из электрона и позитрона (античастицы электрона). Работа, за которую Р. через 25 лет получит Нобелевскую премию, базировалась на экспериментах с теми же двумя частицами. Его дипломная работа в МТИ, написанная под руководством Биттера, была посвящена исследованию действия сильных магнитных полей на энергетические уровни атома водорода.

Получив в 1952 г. степень бакалавра, Р. остался в лаборатории Биттера уже в качестве аспиранта. Его первым заданием было получение короткодвижущего изотопа ртути с помощью бомбардировки атомов золота

высокоэнергетическими ядрами дейтерия (тяжелого водорода). Источником высокоэнергетических ядер служил циклотрон ускоритель, в котором заряженные частицы разгоняются, раскручиваясь по спирали. И Р. вскоре заинтересовался принципами действия циклотрона и заложенными в нем возможностями для исследований в областях ядерной физики и физики элементарных частиц гораздо в большей степени, нежели проблемами получения изотопа ртути.

В это время Р. встретился с физиком Дэвидом Фришем, который организовал ему приглашение на шесть месяцев в Брукхейвенскую национальную лабораторию на острове Лонг-Айленд в Нью-Йорке. Там ему представилась возможность поработать на космотроне одном из наиболее мощных из действовавших тогда ускорителей. По возвращении в МТИ Р. проводит эксперименты на институтском синхротроне ускорителе, аналогичном космотрону по конструкции, но существенно уступающем тому по размерам. В синхротроне ускоряемые частицы движутся по круговым орбитам, а не по спирали.

В 1959 г. Р. завершает докторскую диссертацию, используя синхротрон для получения некоторых нестабильных частиц. После защиты он становится ассистентом-исследователем физического факультета Станфордского университета. К тому времени его интересы целиком сосредотачиваются на квантовой электродинамике – теории электромагнитных сил, действующих на заряженные частицы. Р. предложил проверить эту теорию, наблюдая столкновения между движущимися и находящимися в покое электронами. Его коллеги Вольфганг Панофски и Сидней Дрелл предложили более удачный подход – изучать пары электронов и позитронов, рождающиеся от гамма-излучения (наиболее высокоэнергетической компоненты электромагнитного излучения). Полученные Р. результаты показали, что квантовая электродинамика правильно описывает электромагнитные силы на расстояниях вплоть до одной десятитриллионной сантиметра.

В обычных ускорителях пучок частиц, разогнанных до высокой энергии, направляется на атомы стационарной мишени. Гораздо более высоких энергий удается достичь при столкновении двух частиц, движущихся навстречу друг другу. В 1957 г. Джерард К. О'Нейл из Принстонского университета предложил для получения таких встречных столкновений накапливать ускоренные частицы, движущиеся по круговым орбитам в тороидальной вакуумной камере. В следующем же году Р., О'Нейл и несколько других физиков приступили к строительству двух таких накопительных колец в Станфорде Ускоритель лаборатории физики высоких энергий при университете должен был питать оба кольца электронами, разогнанными до энергии 700 млн. электрон-вольт. Несколько лет ушло на преодоление различных технических трудностей, прежде чем накопительные кольца начали функционировать нормально. О своих первых результатах – подтверждении квантовой электродинамики причем подтверждении

примерно в 10 раз более точном, чем более ранний эксперимент Р., – группа сообщила в 1965 г.

Между тем в 1960 г. Р. становится адъюнкт-профессором в лаборатории физики высоких энергий. Через три года он переходит работать на Станфордский линейный ускоритель (СЛАК), расположенный неподалеку от университета и представлявший собой двухмильный ускоритель электронов. В 1967 г., продолжая работать на СЛАКе, Р. становится полным (действительным) профессором Станфордского университета.

Имея такой источник высокоэнергетических электронов, как СЛАК, физики получили возможность строить накопительные кольца нового типа. Проектировщики прежних накопительных колец располагали двумя кольцами в виде восьмерки: электроны, циркулировавшие по отдельным кольцам, сталкивались на общем отрезке, соединявшем кольца. СЛАК позволял получать как электроны, так и позитроны, которые можно было накапливать в одном кольце. Те же электромагнитные поля, которые заставляют электроны циркулировать в кольце по часовой стрелке, вынуждают позитроны циркулировать против часовой стрелки. При этом пучки частиц и античастиц могут сталкиваться дважды на каждом обороте.

Рихтер возглавил группу, которая в 1980 г. приступила к строительству электрон-позитронного накопительного кольца на СЛАКе. Эта установка, получившая название Станфордского позитрон-элекронного ускорительного кольца, позволяет достигать энергий столкновения в 8 млрд. электрон-вольт. Через год после вступления установки в строй научный мир узнал об открытии. Эксперименты, использующие новую установку, которые начались в 1973 г. были противоположны экспериментам, проведенным Р. в Станфорде. Если в тех экспериментах электроны и позитроны рождались из высокоэнергетического электромагнитного излучения, то в каждом столкновении, происходившем в новой установке, электрон и позитрон аннигилировали, порождая электромагнитный «файрболл» («огненный шар»), из которого в свою очередь рождались новые частицы.

Летом 1974 г. группа Р. занималась измерением зависимости скорости рождения адронов (класса частиц, обусловливающих сильное ядерное взаимодействие между протоном и нейтроном) от энергии столкновения. Накопительное кольцо выводили каждый раз на определенную энергию столкновений и подсчитывали число образовавшихся адронов. Затем энергию немного увеличивали и повторяли измерение. Как и ожидали исследователи, скорость рождения возрастала гладко и постепенно. Но при определенной энергии, соответствующей примерно троекратной массе протона, в скорости рождения адронов обнаружился высокий узкий пик. Такого рода «резонанс» часто бывает красноречивым признаком появления новой частицы с массой, соответствующей энергии столкновения, при которой наблюдается пик.

Р. и его группа потратили несколько месяцев на повторение эксперимента, исключая возможные источники технических ошибок и измеряя зависимость скорости рождения адронов от энергии столкновения с

меньшими шагами увеличения энергии во избежание «ложной тревоги». К ноябрю все потенциальные источники ошибок были исключены, и группа объявила об открытии частицы. Через день после этого группа Сэмюэла Тинга из МТИ независимо и (почти) одновременно идентифицировала ту же частицу, используя другую экспериментальную технику. Р. назвал новую частицу греческой буквой ψ (пси) потому, что «эта была единственная греческая буква, которая не была еще использована для обозначения атомной частицы». Тинг выбрал для новой частицы «имя» J (джей). Впоследствии оба обозначения были объединены в одно (джей/пси).

Открытие еще одной новой субатомной частицы само по себе не вызвало бы особого оживления среди тех, кто занимается физикой высоких энергий: с 50-х гг. было открыто более 10 адронов, и имелись веские основания ожидать, что число их увеличится еще больше. Но по крайней мере все массивные адроны оказались необычайно короткоживущими. Они представляют собой возбужденные состояния менее массивных адронов, аналогичные возбужденным состояниям атомов, которые быстро распадаются, порождая своих менее массивных сородичей, например протон и нейтрон. Необычным в джей/пси-частице было время ее жизни, примерно в 10 тыс. раз превосходившее величину, которую можно был бы ожидать для частицы такой массы. Столь неожиданное долгожитие наводило на мысль, что джей/пси обладает каким-то свойством материи, которым не обладают другие легкие частицы. Необходимость каким-то образом отделаться от этого нового свойства, сбросить его и приводит к задержке ее распада, так как ни одна легчайшая частица этим свойством не обладает.

Открытие Тингом и Р. джей/пси-частицы стало экспериментальным подтверждением наличия определенного свойства фундаментальных частиц, называемых очарованными. Еще в 1963 г. физики Марри Гелл-Ман и Джордж Цвейг высказали гипотезу, согласно которой все адроны состоят из нескольких фундаментальных частиц, которые Гелл-Ман назвал кварками Первоначально было три типа кварков: верхний, нижний и странный, и они позволяли описывать все адроны, которые были известны до открытия джей/пси-частицы. Но в 1964 г. Шелдон Л. Глэшоу и Джеймс Д. Бьеркен высказали аргументы в пользу существования четвертого кварка, получившего название очарованного кварка, который мог бы объяснить некоторые особенности во взаимодействиях известных частиц. Открытие джей/пси-частицы подтвердило гипотезу Глэшоу Бьеркена, поскольку частица состояла из очарованного кварка, связанного с очарованным антикварком. С тех пор были открыты десятки других очарованных частиц. Многие из них впервые были обнаружены группой Р.

Р. и Тингв 1976 г. были удостоены Нобелевской премии по физике «за новаторские работы по открытию тяжелой элементарной частицы нового типа». В Нобелевской лекции Р. охарактеризовал свою научную карьеру как «многолетнюю историю любви... к электрону. Подобно большинству подобных историй, она знала периоды горения и охлаждении, но что касается меня, то радости неизменно перевешивали разочарования».

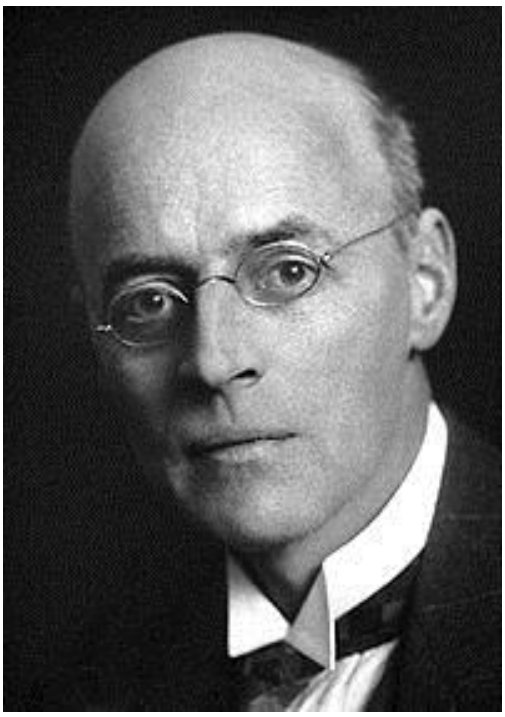
Присуждение Нобелевской премии за открытие, совершенное всего лишь два года назад, – событие, необычайно редкое для Шведской королевской академии наук. Однако, как заметил Р., «моя работа и работа Тинга дали, по сути, мгновенное подтверждение правильности наших поисков».

С 1979 г. Р. занимает пост профессора в Станфорде, совмещая свои обязанности с работой на ускорителе СЛАКе. Он является также консультантом министерства энергетики США.

В 1960 г. Р. женился на помощнице администратора Станфордского университета Лаурозе Беккер. У них сын и дочь Коллеги отзываются о Р. как о чутком человеке с поистине неисчерпаемым чувством юмора. На досуге он любит совершать прогулки, кататься на лыжах, играть в сквош и заниматься работой в собственном саду.

Кроме Нобелевской премии, Р. удостоен премии памяти Эрнеста Орландо Лоуренса Агентства по изучению и развитию энергетики в США (1975). Он состоит членом американской Национальной академии наук, Американской ассоциации фундаментальных наук и Американского физического общества.

РИЧАРДСОН (Richardson), Оуэн У.



26 апреля 1879 г. – 15 февраля 1959 г.
Нобелевская премия по физике, 1928 г.

Английский физик Оуэн Уилланс Ричардсон родился в Дьюсбери (графство Йоркшир) и был единственным сыном (всего детей было трое) продавца промышленных товаров Джошуа Генри Ричардсона и Шарлотты Марии (в девичестве Уилланс) Ричардсон. После окончания начальных

классов в Аскерне (близ Донкастера) мальчик в возрасте 12 лет получил стипендию, дававшую право учиться в средней школе Бэтли, которую он закончил с наградами за успехи. В 1897 г. Р., получив полную стипендию, поступил в Тринити-колледж при Кембриджском университете, где занимался в Кавендишской лаборатории под руководством Дж.Дж. Томсона вместе с другими студентами, в числе которых были Эрнест Резерфорд, Ч.Т.Р. Вильсон, Г.А. Вильсон и Поль Ланжевен. Удостоившись почетных наград за успехи в физике, химии и ботанике, Р. в 1900 г. получил степень бакалавра в Кембриджском университете и остался там в аспирантуре по физике и химии, а с 1902 г. был принят в штат Тринити-колледжа. Через два года он получил почетную стипендию Джеймса Клерка Максвелла и докторскую степень в Университетском колледже в Лондоне.

В 1899 г. Томсон показал, что ток от угольной нити накала в вакуумной трубке переносится отрицательно заряженными частицами (электронами). Р. предпринял попытку теоретически и экспериментально описать, каким образом металлические нити накала испускают потоки заряженных частиц. В 1901 г. он, опираясь на собственные исследования раскаленных платиновых нитей, высказал гипотезу о том, что электроны внутри нагретого проводника, достигнув поверхности, могут покинуть его, если их кинетическая энергия достаточно велика, чтобы преодолеть силы, удерживающие их в материале. Иначе говоря, электронный газ может испаряться с горячей поверхности. Р. сформулировал эмпирический закон, который связывает скорость испускания электронов с химическим составом нити и температурой ее поверхности. Эксперименты, проведенные в последующие 12 лет, в том числе в 1913 г., с незадолго до того полученной пластичной формой вольфрама, полностью подтвердили закон Ричардсона. Этот закон утверждает, что скорость испускания электронов быстро возрастает с увеличением температуры поверхности. В 1906 г. Р. стал профессором физики Принстонского университета, где среди его студентов были Роберт Т. Годдард, Карл Т. Комптон и Артур Х. Комптон..

Две сестры Р. вышли замуж за его коллегу-математика Освальда Веблена и его же ассистента Клинтона Дж. Дэвиссона.

В Принстоне Р. показал, что свойства электронов, испущенных с металлической поверхности, подчиняются тем же статистическим закономерностям, что и атомные и молекулярные газы. Другие его исследования охватывали такие явления, как испускание электронов освещенной поверхностью вещества (фотоэлектрический эффект), взаимодействие рентгеновского излучения с веществом, испускание света веществом, гиромагнитный эффект и термодинамика – целый раздел физики, занимающийся изучением поведения систем, которые состоят из огромного числа частиц. В 1909 г. Р. предложил для него новый термин термионика (учение о термоэлектронных процессах) для обозначения эффекта испускания электрических зарядов раскаленными телами.

В 1913 г., незадолго до получения американского гражданства, Р. был избран членом Лондонского королевского общества, и ему была

предложена кафедра физики в Кинге-колледже при Лондонском университете. Приняв предложение, он вернулся в 1914 г. в Лондон, где его исследования сразу же были прерваны разразившейся первой мировой войной. Хотя во время войны у Р. много времени уходило на создание усовершенствованных электронных ламп для использования в средствах военной телекоммуникации, он все же умудрялся выкраивать время для проведения фундаментальных исследований. Для проверки точности предложенной Нильсом Бором в 1913 г. модели атома Р. провел тщательные спектроскопические исследования излучения, испускаемого возбужденными атомами (измерив с помощью спектрометра интенсивность излучения, испускаемого на различных длинах волн). Он выполнил также экспериментальную проверку произведенного Альбертом Эйнштейном теоретического анализа испускания электронов металлической поверхностью, освещенной ультрафиолетовым излучением. В конце войны Р. целиком посвятил себя исследованиям, а также преподавательской деятельности, которую пришлось оставить в 1924 г., после назначения профессором исследовательской кафедры Лондонского королевского общества и руководителем научно-исследовательских работ по физике в Кинге-колледже.

В 1928 г. Р. была присуждена Нобелевская премия по физике «за работы по термионным исследованиям, и особенно за открытие закона, носящего его имя». В Нобелевской лекции Р. обрисовал ход своих исследований и подвел итоги сделанных открытий.

В 20-е и 30-е гг. Р. опубликовал серию работ о связи между физикой и химией на примере исследования структуры молекул. Он деятельно интересовался приложениями и экспериментальной проверкой предсказаний, относящихся к структуре молекул, сделанных на основе квантовой механики, – нового раздела физики, занимающегося описанием поведения систем в атомном и субатомном масштабах.

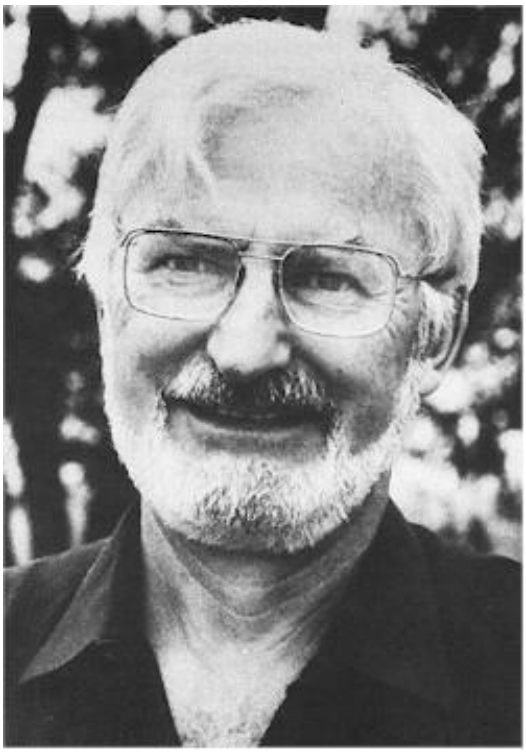
В 1939 г. Р. было пожаловано дворянство. После начала второй мировой войны он занимался разработкой радарных систем, сонаров, электронных испытательных приборов, магнетронов и клистронов.

В 1906 г. Р. женился на Лилиан Мод Вильсон, сестре одного из своих соучеников по университету, Г.А. Вильсона. У супругов родились двое сыновей и одна дочь. После выхода в отставку из Кингс-колледжа в 1944 г. он, переселился в Чэндос-Лодж – свой загородный дом неподалеку от Альтона (графство Хэмпшир), где с увлечением вел хозяйство на расположенной неподалеку ферме. Его первая жена умерла в 1945 г., и через три года он женился на Генриетте Рупп – физике, признанном специалисте в области люминесценции твердых тел. Находясь в отставке, он продолжал свои исследования структуры молекул.

Большой любитель природы и длительных прогулок на свежем воздухе, Р. был известен как исключительно приятный человек, щедро помогавший своим коллегам и студентам. Он умер у себя дома 15 февраля 1959 г.

В 1920 г. Р. был награжден медалью Хьюза Лондонского королевского общества. Он был почетным доктором университетов св. Эндрью, Лидса и Лондона, состоял членом Американского философского общества и академий наук Норвегии, Швеции, Германии и Индии.

РОРЕР (Rohrer), Гейнрих



род. 6 июня 1933 г.
Нобелевская премия по физике, 1986 г.
совместно с Гердом Биннигом и Эрнстом Руской

Швейцарский физик Гейнрих Ропер родился в г. Бухсе, на востоке Швейцарии, в семье коммивояжера, занимавшегося распространением промышленных товаров, Ханса Гейнриха Ропера и Катарины (урожденной Ганпенбейн) Ропер. В юности Р. превосходно успевал по физике и химии и проявлял большие способности к древним языкам латинскому и греческому, хотя современные языки давались ему с трудом. По окончании средней школы он решил было посвятить себя изучению древних языков, но потом передумал и поступил в Цюрихский федеральный технологический институт, чтобы заняться физикой и математикой. Его докторская диссертация была посвящена исследованию влияния давления и объемных эффектов на сверхпроводимость. В 1960 г. за эту работу ему была присуждена докторская степень.

После года службы в швейцарской армии Р. был зачислен для проведения постдокторских исследований в Ратджерский университет в

Нью-Брансуике (штат Нью-Джерси), где провел два года, занимаясь исследованием явлений, связанных со сверхпроводимостью. В 1963 г. он возвращается в Цюрих и приступает к работе в научно-исследовательской лаборатории компании «Интернэшнл бизнес мэшинс». (ИБМ). За исключением 1974/75 учебного г., который Р. провел, будучи приглашенным ученым-исследователем, в Калифорнийском университете в г. Санта-Барбара, все остальное время он остается в лаборатории ИБМ.

Во время работы в ИБМ научные интересы Рорера переместились от сверхпроводимости в другие области физики твердого тела. Особенно увлекли его проблемы, связанные со свойствами поверхностей материалов, где имеют место химические и другого рода взаимодействия между веществами. Существовали методы, позволявшие исследовать расположение атомов в веществе, но было относительно мало подходов к пониманию весьма различного поведения атомов на его поверхности. При попытках исследовать поверхность возникали трудности, долгое время препятствовавшие продвижению вперед. Эти трудности были столь велики, что однажды Вольфганг Паули воскликнул «Поверхность, несомненно, была изобретением дьявола!»

В 1978 г. к Р., стремившемуся понять процессы, происходящие на поверхности, присоединился только что закончивший аспирантуру Франкфуртского университета Герд Бинниг. Вскоре двум ученым удалось предложить новый подход к исследованию поверхностей на основе квантово-механического эффекта, известного под названием туннелирования. Эффект туннелирования является прямым следствием принципа неопределенности Гейзенберга (названного так в честь немецкого физика Вернера Гейзенберга), который гласит, что положение и скорость субатомной частицы не могут быть одновременно известны. Вследствие этого такая частица, как, например, электрон, ведет себя не как частица, а как расплывчатое «облако» материи. Такой облакообразный характер субатомных частиц позволяет им «туннелировать», или проникать, сквозь две поверхности, даже если те не соприкасаются Явление туннелирования было экспериментально подтверждено Айваром Джайевером в 1960 г.

К моменту, когда Р. и Бинниг приступили к своей работе, эффект туннелирования был хорошо известен. Некоторые физики даже использовали этот эффект для получения множества данных о границах, разделяющих отдельные слои в «сандвичах» из материалов Р. и Бинниг избрали иной принцип, заставляя электроны туннелировать через вакуум. Наивысшим достижением в развитии предложенного ими подхода стало изобретение нового прибора, получившего название сканирующего туннелирующего микроскопа. Основная идея этого прибора состоит в том, чтобы сканировать поверхность твердого тела в вакууме с помощью кончика острой иглы. Если между образцом и кончиком иглы приложено напряжение и расстояние достаточно мало, то электроны туннелируют с острия иглы на образец. Поток электронов измеряется как ток туннелирования. Сила тока туннелирования зависит от расстояния между образцом и острием иглы и выражается

экспоненциальной функцией расстояния. Водя иглой по образцу и дозируя ток, исследователи получают возможность «нанести на карту» расположение микроскопических (атомных размеров) холмов и долин на поверхности образца.

Несмотря на огромные технические трудности, Р. и Бинниг были настроены оптимистически. Как заметил впоследствии Р., «мы были совершенно уверены в успехе. С самого начала мы знали, что это будет важным продвижением вперед Удивительно лишь то, что нам удалось так быстро достичь желаемого». Первое успешное испытание сканирующего микроскопа Р. и Бинниг провели весной 1981 г. При участии двух других сотрудников ИБМ Кристофера Гербера и Эдмунда Вейбеля им удалось достичь разрешения «шероховатостей» на поверхности кальциево-иридиево-оловянных кристаллов (CaIrSn4) высотой всего лишь в 1 атом. По иронии судьбы, когда они впервые направили статью с сообщением о полученных результатах в журнал, рецензент отверг ее, сочтя «недостаточно интересной».

Самым большим препятствием на пути группы из ИБМ была необходимость исключить все источники колебательных шумов. Сильная зависимость тока туннелирования от расстояния между поверхностью образца и сканирующим острием означает, что положение острия должно контролироваться с точностью до доли диаметра атома. Если не принять достаточных мер предосторожности, то уличные шумы и даже шаги прохожих могут полностью нарушить такую деликатную операцию, как работа сканирующего микроскопа. Первоначально Р. и Бинниг намеревались решить проблему шумов, поместив микроскоп на тяжелом каменном постаменте, который они изолировали от внешних возмущений в здании лаборатории специальными амортизаторами из сплющенных шин. Сам микроскоп был подвешен над чашей из сверхпроводящего свинца с постоянными магнитами. Для перемещения острия с наибольшей точностью экспериментаторы использовали пьезоэлектрические материалы, которые сокращаются или расширяются под действием приложенного напряжения.

В дальнейшем микроскоп был значительно усовершенствован по сравнению со столь примитивными первыми вариантами. Сканирующий туннелирующий микроскоп (если не считать вакуумную камеру) умещается на ладони и позволяет разрешать по вертикали детали размером в 0,1 ангстрема (1010 м), или, иначе говоря, одну десятую диаметра атома водорода. Разрешающая способность сканирующего острия шириной всего в несколько атомов позволяет разрешать детали горизонтальной плоскости размером не более 2 ангстремов. В настоящее время удалось изготовить острия шириной всего лишь в 1 атом. У 1986 г. в лабораториях мира находилось по крайней мере 40 сканирующих туннелирующих микроскопов, и две компании приступили к выпуску коммерческих вариантов этих приборов. Сканирующий туннелирующий микроскоп, помимо вакуума, работает и в других средах, в том числе в воздухе, воде и криогенных жидкостях. Он применяется для исследования не только неорганических, но

и органических веществ, в том числе вирусов и дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК).

В 1986 г. Р. и Бинниг были удостоены (половины) Нобелевской премии по физике «за создание сканирующего туннелирующего микроскопа». Другая половина премии была присуждена Эрнсту Руске за его вклад в создание электронного микроскопа. На церемонии презентации лауреатов представитель Шведской королевской академии наук сказал:

«Сканирующий туннелирующий микроскоп представляет собой нечто совершенно новое, и мы до сих пор были свидетелями лишь первых его применений. Однако и сейчас совершенно ясно, что перед исследователями строения материи открываются совершенно неведомые области. Великое достижение лауреатов состоит в том, что, взяв за отправную точку свои более ранние работы и идеи, они сумели преодолеть огромные экспериментальные трудности, возникшие при сооружении прибора требуемой точности и стабильности».

В 1961 г. Р. вступил в брак с Розмари Эггар. У супругов две дочери. На просьбу указать свою характерную черту Р., пользующийся репутацией мягкого и скромного человека, ответил: «Те, кто меня знает, понимают меня. Для тех, кто меня не знает, говорить что-либо бесполезно».

Кроме Нобелевской премии, Р. и Бинниг были удостоены и других наград за свою работу. В 1984 г. они получили премию Хьюлетта – Пиккарда Европейского физического общества и Международную премию по физике короля Фейсала, присуждаемую правительством Саудовской Аравии.

РУББИА (Rubbia), Карло

род. 31 марта 1934 г.
Нобелевская премия по физике, 1984 г.
совместно с Симоном ван дер Мером

Итальянский физик Карло Руббиа родился в маленьком городке провинции Гориция, расположенном неподалеку от итало-югославской границы, и был старшим сыном инженера-электрика Сильвио Руббиа и учительницы начальной школы Беатриче (в девичестве Личени) Руббиа. Способности к науке и технике у мальчика проявились рано он проводил много времени, изучая электрическое оборудование средств связи, брошенных во время второй мировой войны.

К концу войны югославская армия заняла большую часть провинции Гориция, и семья Руббиа эвакуировалась сначала в Венецию, затем в Удине и, наконец, поселилась в Пизе. После окончания средней школы Р. намеревался изучать физику в привилегированной школе, входившей в состав Пизанского университета, но провалился на вступительных экзаменах из-за пробелов в образовании, вызванных войной. Вынужденный оставить мечту о физике, Р. поступает на инженерный факультет Миланского университета. Через несколько месяцев он получает уведомление о том, что может вернуться в Пизу и поступить на образовавшуюся в последний момент вакансию. Впоследствии Р. заметил по этому поводу, что стал физиком благодаря случаю. Он продолжает свое образование в Пизе и в 1958 г. пишет докторскую диссертацию, посвященную экспериментальному исследованию космических лучей и разработке приборов для детектирования элементарных частиц, образующихся в ускорителях при столкновениях других частиц, разогнанных до высоких энергий.

Чтобы набраться опыта, особенно в области ускорителей, Р. проводит 1958/59 учебный г. в Колумбийском университете, где работает со Стивеном Вайнбергом и другими ведущими учеными в области физики частиц высоких энергий. По возвращении в Италию в 1960 г. он работает какое-то время в Римском университете, а затем переходит в ЦЕРН (Европейский центр ядерных исследований) – консорциум тринадцати европейских государств, расположенный в Швейцарии, неподалеку от Женевы. Незадолго до этого ЦЕРН построил самый мощный в мире ускоритель частиц – протонный синхротрон, с помощью которого исследователи надеялись получить элементарные частицы, предсказанные теоретически, но еще не подтвержденные экспериментально.

Физикам известно четыре фундаментальных взаимодействия, существующих в природе: гравитационное (притяжение между массами), электромагнитное (взаимодействие между электрически заряженными или магнитными телами), «сильное» (взаимодействие, не дающее распасться ядру, компенсирующее отталкивание несущих электрический заряд протонов и удерживающее не имеющие заряда нейтроны) и «слабое» (взаимодействие, связанное с радиоактивным распадом некоторых нестабильных ядер, в частности с испусканием бета-частиц, или электронов). Считалось, что фундаментальные взаимодействия осуществляются путем обмена частицами, или квантами силовых полей, представляющими собой, как считалось с

первых дней существования квантовой теории, дискретные порции, из которых слагается энергия. Первой такой частицей переносчиком взаимодействия, которая была обнаружена, оказался фотон – квант электромагнитного излучения, например света. Развитие современной квантовой механики, признающей дуализм волна – частица, привело физиков к неизбежному выводу о том, что свет, волновая природа которого была признана на протяжении почти двух столетий, ведет себя как поток дискретных частиц. Теория относительности Альберта Эйнштейна ввела эквивалентность массы и энергии, что дало теоретическое и практическое средство для анализа взаимодействий, затрагивающих массы частиц и лишенное массы излучение.

Так, при электромагнитном взаимодействии заряженных частиц, например электрона и протона, происходит обмен безмассовыми фотонами. В 1935 г. японский физик Хидэки Юкава чисто теоретически предсказал, что взаимодействие внутри ядра может осуществляться полями, квант которых обладает массой, и оценил вероятное значение этой массы. Предсказанная Юкавой частица была обнаружена в 1947 г. английским физиком Сесилом Ф. Пауэллом в столкновениях высокоэнергетических космических лучей с ядрами. Частица получила название пи-мезона, или пиона, масса ее примерно в 200 раз больше массы электрона Пион является переносчиком сильного взаимодействия. Позднее пион был получен и в лабораторных условиях на мощных ускорителях. Было открыто много различных мезонов и других субатомных частиц. Активная деятельность в этой области продолжается и поныне. Одни физики предлагают теории, позволяющие навести некое подобие рационального порядка в дикой мешанине частиц, другие пытаются строить все более и более мощные ускорители, с тем чтобы сделать наблюдаемыми все большее количество частиц.

Существование четырех фундаментальных взаимодействий не нравилось физикам, и они давно пытались создать теории, которые бы объединили все взаимодействия. В 1960 г. американский физик Шелдон Л. Глэшоу предложил единую теорию электромагнитного и слабого взаимодействия (объединенное взаимодействие получило название электрослабого), которая требовала, однако, существования трех не наблюдавшихся ранее частиц W+ – с положительным электрическим зарядом, W– – с отрицательным электрическим зарядом и Z0 – с нулевым зарядом. Все три частицы попали в один класс частиц, называемых бозонами (а честь индийского физика Шатьендраната Бозе). Фотон, пион и ядра с четным числом нуклонов (протонов и нейтронов) также являются бозонами. Стивен Ванберг и Абдус Салам независимо друг от друга предсказали, что бозоны Глэшоу должны быть короткоживущими и должны иметь массу, примерно в десять раз большую, чем масса любой из известных элементарных частиц. Из-за больших ожидаемых масс для рождения таких частиц требуются необычайно высокие энергии.

В 1969 г. Р. вместе с Альфредом Манном и Дэвидом Клайном решил заняться поиском W- и Z-частиц в Фермиевской национальной

ускорительной лаборатории (Фермилаб) близ Чикаго. Через два года они приостановили свои работы, чтобы объявить о получении данных, свидетельствующих о существовании нейтральных токов – потока незаряженных частиц, ожидаемых как следствие обмена Z0-частицами. Сообщение группы Р., если бы оно подтвердилось, означало бы подтверждение теории Глэшоу – Вайнберга – Салама. Однако, после того как исследователи из ЦЕРНа, также занимавшиеся поиском неуловимых токов, объявили в 1973 г. о том, что им удалось получить почти окончательные данные, группа из Фермилаба поспешно опубликовала статью, в которой признавала, что ей не удалось обнаружить нейтральные токи. Через год группа еще раз изменила свое мнение и опубликовала исчерпывающе подробную статью о существовании нейтральных токов. Хотя правильность выводов последней статьи ни у кого не вызвала сомнений, эпизод с отказом от открытия нейтральных токов несколько «подмочил» репутацию Р.

Располагая новыми данными, косвенно подтверждающими существование W- и Z-частиц, Р. снова принимается за их поиски. Однако ни один существовавший тогда ускоритель не позволял достичь энергий, необходимых для рождения столь массивных частиц. В 1976 г. Р., Клайн и Питер Макинтайр внесли радикальное предложение о переделке имевшегося в ЦЕРНе ускорителя в сверхмощный протонный синхротрон (СПС), чтобы разгонять частицы до высоких энергий с целью получения в нем пучков протонов и антипротонов, циркулирующих по одному и тому же кольцеобразному туннелю в противоположных направлениях и сталкивающихся после разгона до нужных энергий на встречных курсах. П.А.М. Дирак предсказал в 1928 г. существование антиматерии в форме антиэлектрона – частицы-близнеца отрицательно заряженного электрона, но с положительным зарядом. Столкновение материи и антиматерии приводит к аннигиляции обеих масс с выделением энергии. Теория Дирака была подтверждена в 1932 г., когда Карл Д. Андерсон открыл антиэлектрон (называемый сейчас позитроном).

Предложение Руббиа – Клайна – Макинтайра требовало решения многих трудных проблем и было встречено с изрядным скептицизмом. Тем не менее Р., известному своим неистощимым оптимизмом и «пробивными» способностями, удалось убедить ЦЕРН принять в 1979 г. проект постройки СПС ориентировочной стоимостью в 100 млн. долларов.

Одним из наиболее важных пунктов осуществления замыслов было создание сложного детектора для обнаружения частиц, рождающихся при столкновениях, и определения их характеристик, таких, как энергия и направление движения. Работая с группой, насчитывавшей более 100 человек, Р. и его коллеги построили 1200-тонную детекторную камеру, позволявшую идентифицировать и определять свойства примерно десяти разыскиваемых частиц, которые экспериментаторы надеялись обнаружить (по одной на каждый млрд. столкновений). Меньший – 200-тонный – детектор был построен второй группой для других экспериментов и подтверждения результатов, получаемых с помощью первого детектора.

Проблема получения достаточного количества антипротонов (антиматерия встречается крайне редко) была решена Симоном ван дер Мером. Предложенный им метод состоял в том, что антипротоны, рождающиеся при бомбардировке твердой медной мишени короткими сериями импульсов очень быстро движущихся протонов от протонного синхротрона (ПС), отводились и собирались в специальном накопительном кольце. Сложная система электродов фокусировала антипротоны, собирая их в «пачки» импульсы. Затем антипротоны из накопительного кольца снова инжектировались в ПС, получая предварительное ускорение, и поступали в СПС вместе со «сгустками» протонов, предварительно ускоренных аналогичным образом. Затем частицы и античастицы окончательно ускорялись до энергии в 300 млрд. электрон-вольт. Поскольку частицы и античастицы имеют заряды противоположных знаков, они обращаются по откачанному до глубокого вакуума кольцу диаметром около 4 миль в противоположных направлениях в виде трех «сгустков» частиц каждого сорта и сталкиваются в шести вполне определенных точках, в двух из которых расположены детекторы.

Эксперименты начались в 1982 г., и в течение одного месяца удалось обнаружить пять W-частиц. Во избежание преждевременных заявлений об открытии Р. выждал до конца 1983 г. и опубликовал сообщение своей группы об открытии W+ и W–-частиц только после тщательного анализа экспериментальных данных, а еще через несколько месяцев сообщил об открытии Z0-частицы.

В 1984 г. Р. и ван дер Мер были удостоены Нобелевской премии по физике «за решающий вклад в большой проект, который привел к открытию квантов поля W- и Z-частиц, переносчиков слабого взаимодействия». При презентации лауреатов, Геста Экспонг, член Шведской королевской академии наук, заявил:

«Когда в ЦЕРНе были открыты W- и Z-частицы, сбылась давняя мечта о лучшем понимании слабого взаимодействия, которое оказывается слабым именно потому, что W- и Z-частицы такие тяжелые». В заключение своей речи Экспонг высказал предположение, что «открытие W- и Z-частиц войдет в историю физики как открытие радиоволн и фотонов света – переносчиков электромагнетизма».

Незадолго до объявления о присуждении премии Р. со своей группой сообщил об открытии t-кварка элементарной частицы, которую считают фундаментальной составляющей других частиц, таких, как протоны и нейтроны. Р. выступил также с предложением о пристройке нового и гораздо более мощного ускорителя протонов к большому электрон-позитронному коллайдеру ЦЕРНа.

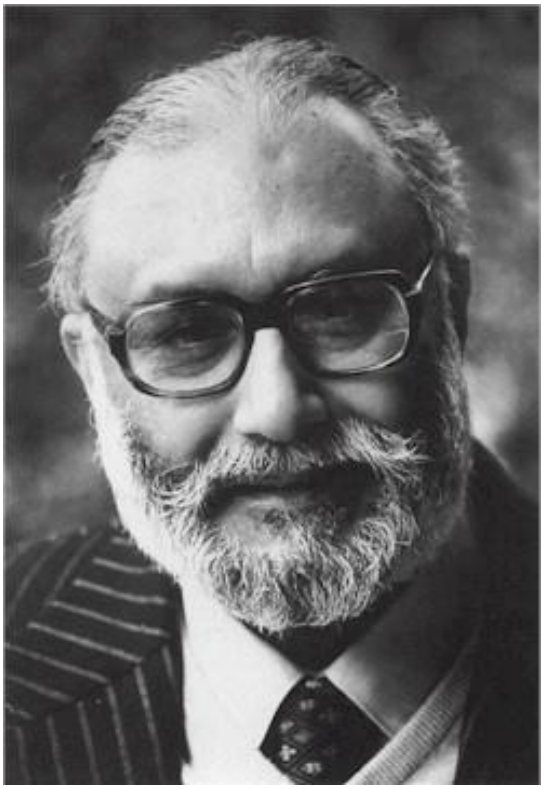
С 1970 г. Р. проводит полгода, занимаясь преподавательской деятельностью, в Гарвардском университете, где в 1986 г. он стал профессором физики, а другую половину – как старший физик в ЦЕРНе. Энергичный, не ведающий покоя, легкий на подъем, Р. пользуется

признанием не только как искусный экспериментатор, но и как гибкий и динамичный руководитель проектов.

В 1957 г. Р. женился на учительнице физики средней школы Маризе Роме. Чета Руббиа, у которой родились сын и дочь, живет в Женеве и имеет дом близ Бостона (штат Массачусетс).

В 1985 г. Р. был награжден итальянским Большим крестом и премией Джорджа Ледли Гарвардского университета. Он состоит членом Европейской академии наук и Американской академии наук и искусств, а также является иностранным членом Лондонского королевского общества. Он – почетный доктор многих университетов, в т. ч. университетов Женевы, Генуи, Северо-Западного, Карнеги – Меллона, Удине и Ла-Платы.

САЛАМ (Salam), Абдус



род. 29 января 1926 г.
Нобелевская премия по физике, 1979 г.
совместно с Шелдоном Л. Глэшоу и Стивеном Вайнбергом

Пакистанский физик Абдус Салам родился в сельском городке Джанг и был сыном служащего районного управления образования Мохаммада Хуссейна и Хаджиры Хуссейн. С. учился в Правительственном колледже Пенджабского университета в Лахоре, который окончил в 1946 г. со степенью бакалавра. Затем он, добившись специальной стипендии, поступил в Сент-Джон-колледж Кембриджского университета в Англии, где в 1949 г. получил степень магистра с наивысшим отличием по математике и

физике. Он остается в Кембридже и в 1952 г. защищает в Кавендишской лаборатории докторскую диссертацию по теоретической физике, посвященную квантовой электродинамике. После опубликования диссертации в том же году она привлекла к себе внимание всего международного физического сообщества.

В 1951 г. С. становится профессором математики Правительственного колледжа. Первоначально он намеревался создать в Пакистане школу физиков-теоретиков, но вскоре осознал, что не сможет успешно заниматься теоретической физикой, живя в столь большом удалении от ведущих исследовательских центров Европы, и в 1954 г. вернулся в Кембридж в качестве лектора по математике. С 1957 г. С. занимает кафедру теоретической физики в Империал-колледже в Лондоне. Он является также директором Международного центра теоретической физики в Триесте (Италия), основанном в 1964 г. для поощрения работ ученых из развивающихся стран.

С середины 50-х гг. С. пытался построить единую теорию всех сил, наблюдаемых в природе, т.е. решить задачу, восходящую еще к XIX в. В 1870-х гг. шотландский математик и физик Джеймс Клерк Максвелл построил единую теорию электричества и магнетизма, сведя их к единому взаимодействию – электромагнитному. Впоследствии физики пытались построить теорию, которая охватывала бы не только электромагнетизм, но и гравитацию, а также сильное и слабое взаимодействия (сильное взаимодействие удерживает вместе протоны и нейтроны, образующие ядро атома; слабое взаимодействие расталкивает их). И сильное, и слабое взаимодействия существенно отличаются от известных ранее сил. В то время как гравитация и электромагнетизм имеют неограниченный радиус действия, сильное взаимодействие эффективно только на расстояниях, не превышающих размеры атомного ядра, а слабое взаимодействие ощущается на еще меньших расстояниях.

Новые теоретические идеи, за которые С., Шелдон Л. Глэшоу и Стивен Вайнберг были удостоены Нобелевской премии, привели к построению теории, объединившей электромагнетизм и слабое взаимодействие. Подобно осуществленному Максвеллом объединению электричества и магнетизма, теория Салама – Глэшоу Вайнберга позволила представить электромагнитное и слабое взаимодействия как различные аспекты единого «электрослабого» взаимодействия. В начале 60-х гг. С. и Глэшоу независимо друг от друга предприняли попытку объединить электромагнетизм и слабое взаимодействие, исходя из понятия, получившего название калибровочной симметрии. Под калибровочной симметрией принято понимать свойства или соотношения, остающиеся неизменными при изменении масштаба или начала отсчета относительного измерения. В 1954 г. Янг Чжэньнин и Роберт Л. Миллс, работая в Брукхейвенской национальной лаборатории, безуспешно пытались обобщить принцип калибровочной симметрии, чтобы учесть сильное взаимодействие. Однако полученные ими

выводы послужили стимулом для последующей работы С., Глэшоу и Вайнберга.

В 1960 г. Глэшоу выдвинул единую теорию электромагнетизма и слабого взаимодействия, позволившую предсказать существование четырех частиц – переносчиков взаимодействия- фотона (переносчика электромагнитного взаимодействия) и трех частиц, получивших впоследствии названия W±, W– и Z0-частиц (переносчиков слабого взаимодействия). Одна из основных трудностей в теории Глэшоу проистекала из утверждения, что все частицы не имеют массы. Согласно квантовой механике, радиус действия силы обратно пропорционален массе частицы-переносчика. Следовательно, нулевая масса означает бесконечный радиус для электромагнитного и слабого взаимодействий. Такому теоретическому предсказанию противоречили экспериментальные данные.

Чтобы как-то исправить положение, Глэшоу постулировал для W±, W– и Z0-частиц большие массы. Однако такая стратегия не привела к успеху, так как после включения масс теория стала приводить к невозможным результатам, например к предсказанию бесконечной интенсивности некоторых слабых взаимодействий. Аналогичные проблемы, встретившиеся двумя десятилетиями раньше в теории электромагнитного взаимодействия, были решены с помощью математической процедуры, получившей название перенормировки, но в случае электрослабого взаимодействия теория перенормировки не позволяла устранить бесконечные интенсивности. Проблема массивных W- и Z-частиц была решена через несколько лет, когда Вайнберг, Салам и другие применили новые методы.

С. и Вайнберг, работая независимо и используя калибровочную симметрию Шелдона Глэшоу, опубликовали соответственно в 1968 и 1967 гг. единую теорию слабого и электромагнитного взаимодействий. С. и Вайнберг предложили новый механизм, наделяющий массами W±, W– и Z0-частицы и оставляющий безмассовыми фотоны. Основная идея этого механизма – так называемое спонтанное (самопроизвольное) нарушение симметрии – берет начало в физике твердого тела. Суть идеи С. пояснил на следующем примере. Представим себе, что за круглым столом обедает группа людей. Стол накрыт так, что перед каждым креслом стоит тарелка, а салфетки разложены по периметру стола, посредине между тарелками. Сервировка стола симметрична (справа и слева от каждого из обедающих на столе лежит по салфетке), но стоит одному из сидящих за столом взять салфетку, как симметрия нарушится. Если же салфетки возьмут все обедающие, то симметрия может нарушиться, а может не нарушиться. Хотя выбор как правой, так и левой салфетки одинаково приемлем, симметрия восстановится только в том случае, если все сидящие за столом сделают одинаковый выбор (т.е. все выберут салфетку справа от себя, или все выберут салфетку слева от себя). В противном случае кто-то из сидящих за столом останется без салфетки, а где-то в другом месте стола одна салфетка останется неиспользованной, т.е. возникнет явная асимметрия.

С. предположил, что калибровочная симметрия, связывающая электромагнитное и слабое взаимодействия, спонтанно нарушается, когда уровень энергии значительно изменяется. При очень высоких энергиях эти два взаимодействия неразличимы. В этих условиях массы W-и Z-частиц не приводят к каким-либо трудностям, так как массивные частицы могут быть рождены из имеющейся энергии (Эквивалентность массы и энергии доказывается в созданной Альбертом Эйнштейном в 1905 г. специальной теории относительности.) Но при низких энергиях W- и Z-частицы (и, следовательно, слабые взаимодействия) встречаются редко. Так как в земных условиях физика ограничена сравнительно низкими энергиями, исследователи обратили внимание на различия между электромагнитным и слабым взаимодействиями. В теории Вайнберга-Салама массы W+, W– и Z0-частиц не вводятся искусственно, а возникают естественно из механизма спонтанного нарушения симметрии. Оценки масс этих частиц могут быть получены из самой теории. Каждая из двух W-частиц примерно в 80 раз тяжелее протона, а Z-частица еще тяжелее.

И Вайнберг, и С. ожидали, что с помощью математической процедуры, известной под названием перенормировки, им удастся получить конечные значения для всех измеримых величин. Отчасти потому, что ни Вайнбергу, ни С. не удалось подтвердить свои ожидания расчетами, их теория до 1971 г. привлекала мало внимания. В 1971 г. датскому физику Герхарду Хоофту удалось существенно продвинуться вперед методом перенормировки и в сотрудничестве с другими теоретиками завершить доказательство этой теории. Еще через два года исследователи из Фермиевской национальной ускорительной лаборатории близ Чикаго и из ЦЕРНа (Европейского центра ядерных исследований) близ Женевы открыли слабые нейтральные токи, тем самым подтвердив теорию, выдвинутую С., Глэшоу и Вайнбергом. В 1983 г. сами W- и Z-частицы были открыты в ЦЕРНе Карло Руббиа и его сотрудниками.

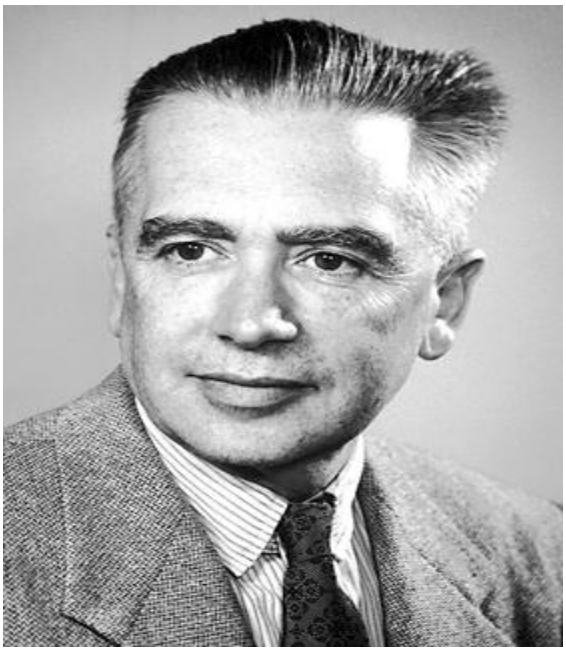
В 1979 г. С., Глэшоу и Вайнберг были удостоены Нобелевской премии по физике «за вклад в теорию объединенного слабого и электромагнитного взаимодействия между элементарными частицами, в том числе за предсказание слабого нейтрального тока». В Нобелевской лекции С. выразил надежду на создание единой теории всех сил, включая гравитацию и сильное взаимодействие. «Эйнштейн постиг природу гравитационного заряда, – говорил он, – выразив его в терминах кривизны пространства – времени. Можем ли мы понять природу других зарядов – природу единого множества зарядов как целого – в терминах чего-то столь же глубокого? Такова вкратце наша мечта, надежды на осуществление которой были существенно подкреплены подтверждением предсказаний калибровочной теории».

Интересы С. далеко не ограничиваются рамками теоретической физики. С 1955 по 1958 г. он был сотрудником ООН, работая в качестве ученого секретаря Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии. С 1964 по 1975 г. он состоял членом Консультативного

комитета по науке и технике ООН, а в 1971 и 1972 гг. был председателем этого комитета. В 1981 г. С. возглавлял в качестве председателя Консультативную комиссию по науке, технике и общественным процессам при ЮНЕСКО, с 1972 по 1978 г. был вице-президентом Международного союза теоретической и прикладной физики. Он состоял также членом многих комиссий по образованию и науке в Пакистане, а в 1961 г. был назначен главным научным советником при канцелярии президента Пакистана. На последнем посту С. находился до 1974 г.

Кроме Нобелевской премии, С. был удостоен медали Максвелла Лондонского физического общества (1961), медали Хьюза (1964) и Королевской медали (1978). Лондонского королевского общества, медали Гутри Лондонского физического института (1976), золотой медали Маттеуччи Итальянской национальной академии наук (1978), медали Джона Торренса Тейта Американского физического института (1978), золотой медали имени Ломоносова АН СССР (1983), а также других наград и отношений. С. состоит членом Пакистанской академии наук. Лондонского королевского общества, Шведской королевской академии наук. Папской академии наук, он является также почетным или иностранным членом Американской академии наук и искусств. Академии наук СССР и американской Национальной академии наук, а также других научных обществ. Он – обладатель почти тридцати почетных ученых степеней, в том числе Пенджабского, Эдинбургского, Бристольского. Кембриджского университетов, Сити-колледжа при Нью-Йоркском городском университете и университета в Глазго.

СЕГРЕ (Segre), Эмилио



1 февраля 1905 г. – 22 апреля 1989 г.
Нобелевская премия по физике, 1959 г.
совместно с Оуэном Чемберленом

Итальянско-американский физик Эмилио Джино Сегре родился в Тиволи, небольшом городке неподалеку от Рима, и был одним из трех сыновей промышленника Джузеппе Сегре и Амелии (в девичестве Тревес) Сегре. Эмилио сначала учился в начальной школе в Тиволи, среднее образование завершил в римском лицее Мамиани в 1922 г. Прежде чем заняться физикой, интерес к которой С. проявлял с детства, ему пришлось в течение пяти лет учиться на инженерном факультете Римского университета. Переход к специализации по физике произошел отчасти под влиянием преподававшего в том время на физическом факультете Энрико Ферми. С. и Ферми становятся близкими друзьями и коллегами, а докторская диссертация С. по физике (1928) была успешно защищена под руководством Ферми.

По окончании университета С. проходит четырехгодичную срочную воинскую службу в итальянской армии в качестве артиллерийского офицера, после чего возвращается в Римский университет на должность инструктора по физике. Получение стипендии Рокфеллеровского фонда позволило ему поработать с Отто Штерном в Гамбурге и с Питером Зееманом в Амстердаме. После этого С. становится адьюнкт-профессором на кафедре Ферми.

Первоначально, еще до службы в армии, С. занимался атомной спектроскопией, молекулярными пучками и рентгеновским излучением. Он выполнял важные исследования в области спектроскопии запрещенных линий и эффектов Зеемана и Штарка. Эффектом Зеемана называется расщепление линий во внешнем магнитном поле на несколько компонент. В эффекте Штарка (названном так в честь Йоханнеса Штарка) расщепление линий происходит под действием электрического поля.

Позднее С. начинает интересовать ядерная физика. Вместе с Ферми и другими коллегами он становится первооткрывателем в области нейтронной физики. Группа Ферми подвергала облучению нейтронами много различных материалов. В 1935 г. она получила медленные нейтроны, скорость которых понизилась в результате столкновений с легкими ядрами. Позднее медленные нейтроны стали играть важную роль в производстве ядерной энергии: ядра-мишени захватывают медленные нейтроны с большей вероятностью, чем быстрые нейтроны, и с большей вероятностью претерпевают ядерные реакции.

В 1936 г. С. назначается деканом физического факультета Университета Палермо. В том же году он наносит свой первый визит в Соединенные Штаты, где работает на циклотроне в Калифорнийском университете в Беркли. В течение некоторого времени он пытается найти неоткрытый элемент с атомным номером 43 (43 протона в ядре) – пробел в периодической системе элементов между молибденом (42) и рутением (44). В Беркли Эрнест О. Лоуренс передал С. образец молибдена, облученного дейтронами (ядрами водорода с одним нейтроном, добавленным к протону). По возвращении в Италию С. и его коллеги подвергли образец тщательному химическому анализу. Их труд увенчался успехом: им удалось

идентифицировать следы элемента с атомным номером 43. С. назвал его технецием от греческого technetos (искусственный), поскольку это был первый элемент, полученный искусственным путем. Технеций, оказавшийся ценным лечебным препаратом в медицине, не встречается в естественном виде на Земле, но он был обнаружен спектроскопическими методами на звездах.

Свой второй визит в Беркли С. наносит в 1938 г. В сотрудничестве с Дейлом Р. Корсоном и К.Р. Маккензи он синтезирует искусственный элемент с атомным номером 85 (тем самым заполнив еще один пробел в периодической таблице элементов), который получил название астата. В 1940 г. С. вместе с Тленном Т. Сиборгом и другими сотрудниками открывает плутоний-239 (с атомным номером 94).

Летом 1938 г. итальянское правительство принимает антисемитские законы о гражданских правах, и С., еврей по национальности и давний оппонент режима, принимает решение остаться в Соединенных Штатах. В качестве ассистента-исследователя в радиационной лаборатории в Беркли С. продолжает исследования искусственной радиоактивности и ядерного изоморфизма (существования ядер с одним и тем же числом протонов и нейтронов, но находящихся в разных энергетических соединениях и потому обладающих различными ядерными свойствами). Работая с Сиборгом, С. разрабатывает действенный химический метод разделения ядерных изомеров. В 1944 г. он получает американское гражданство.

Открытие плутония-239 привело к непредвиденным последствиям, так как новый элемент оказался расщепляющимся. Начиная с 1944 г. были синтезированы большие количества плутония. Именно плутоний стал главным источником энергии в атомной бомбе, сброшенной в августе 1945 г. на Нагасаки (Япония). После войны, во время которой С. был начальником группы в Лос-Аламосской лаборатории Манхэттенского проекта (совершенно секретной организации, в задачу которой входило создание атомной бомбы), он возвращается в Беркли в качестве полного (действительного) профессора. Его последующие исследования по физике элементарных частиц, проводимые с присущим ему размахом, снискали ему заслуженную репутацию одного из новаторов современной физики как в области теории, так и в области эксперимента.

В начале 50-х гг. С. начинает сотрудничать с Оуэном Чемберленом, стремясь получить и детектировать новую частицу антипротон, существование которой было предсказано теоретически (антипротон – отрицательно заряженный аналог положительно заряженного протона, обладающий и другими противоположными свойствами). Более чем за 20 лет до этого П.А.М. Дирак, исходя из математической симметрии релятивисткой квантовой теории, предсказал существование позитрона – положительно заряженного аналога хорошо известного электрона. В 1932 г. Карл Д. Андерсон сообщил об открытии этой частицы в космических лучах – высокоэнергетическом излучении от внеземных источников. Открытие Андерсона стимулировало поиск других античастиц. Используя

рассчитанные на соответствующую энергию ускорители, физики обнаружили, что для мезона (частицы с массой, промежуточной между массой электрона и протона) существует аналог – антимезон. Однако энергии действующих ускорителей оказалось недостаточно для рождения антипротона.

Такие энергии стали доступны после строительства беватрона (ускорителя, способного разгонять частицы до энергий в миллиарды электрон-вольт) в Беркли. Беватрон был спроектирован отчасти в расчете на эксперименты с антипротоном. С., Чемберлен и их коллеги, используя беватрон, разогнали протоны до энергии в 6,2 млрд. электрон-вольт и направили их на атомы меди. Как утверждала теория, при этой энергии должны рождаться антипротоны. Физики ожидали, что антипротоны будут рождаться сравнительно редко, будут очень короткоживущими (так как антипротоны почти сразу же будут соприкасаться с протонами и аннигилировать) и детектировать их среди большого числа других субатомных частиц, рождающихся при высокоэнергетических столкновениях, будет чрезвычайно трудно.

Крупным достижением С., Чемберлена и их сотрудников явилась разработка остроумного метода обнаружения и безошибочной идентификации частиц, ранее ускользавших от исследователей. Экспериментаторы использовали сложную систему магнитов и фокусирующих магнитных устройств для выделения частиц с массой, предсказываемой теорией, отрицательным зарядом и определенной скоростью. Электронные счетчики и таймеры позволяли хронометрировать прохождение частицами заранее определенного расстояния. Наконец, фотоэмульсия позволяла фиксировать аннигиляцию протона и антипротона для конечного подтверждения. Для предотвращения ошибочных результатов экспериментаторы использовали и другие средства. Акты аннигиляции порождают звездообразные треки, которые показывают, что налетающие антипротоны, сталкиваясь с протонами, исчезают и на один акт аннигиляции рождается около пяти мезонов.

Накопив достаточное количество убедительных данных, ученые в 1955 г. объявили об экспериментальном подтверждении существования антипротонов. Эксперимент также показал, что антипротоны рождаются не отдельно, а в парах протон – антипротон (подобно тому как позитроны рождаются в электрон-позитронных парах).

В 1959 г. С. и Чемберлен были удостоены Нобелевской премии по физике «за открытие антипротона». В результате их работы, заявил на церемонии вручения премии Эрик Хюльтен, член Шведской королевской академии наук, «ныне нет ничего, что было бы известно лучше и яснее, чем процесс образования пар и аннигиляции».

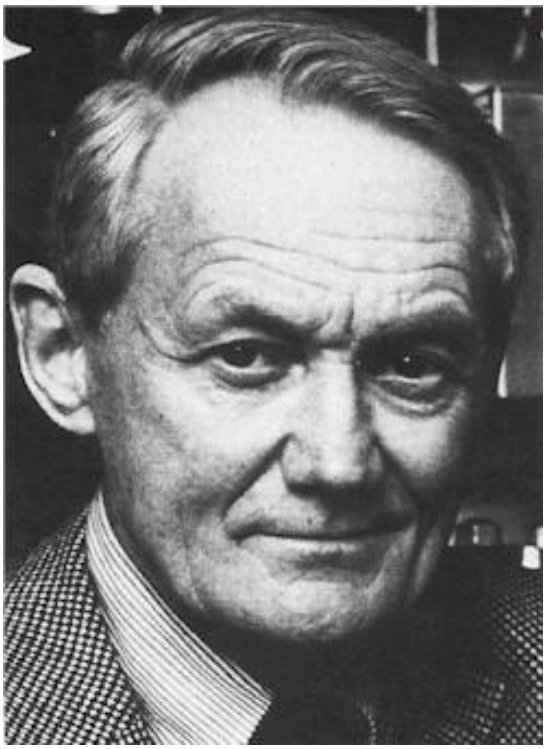
После получения Нобелевской премии С. продолжал свои исследования по физике элементарных частиц в Беркли вплоть до своей отставки в 1972 г. Еще через два года его деятельность завершилась

назначением профессором ядерной физики Римского университета, а в 1975 г. – заслуженным профессором того же университета.

В 1936 г. С. женился на Эльфриде Спиро. У супругов родилось трое детей: сын и две дочери. Жена С. умерла в 1970 г. Два года спустя он вступил во второй брак с Розой Минее. С. оказался талантливым популяризатором физики, выпустив биографическое исследование «Энрико Ферми, физик» («Enrico Fermi, Physicist», 1970) и ряд других книг. Он был страстным рыболовом и альпинистом.

С. удостоен медали Августа Вильгельма фон Хофмана Германского химического общества (1958) и премии Станислав Канниццаро Итальянской национальной академии наук (1958), а также других наград. Он был членом американской Национальной академии наук, Итальянской национальной академии наук, Американского философского общества, Американского и Итальянского физических обществ, Американской академии наук и искусств, Индийской академии наук, Гейдельбергской академии наук, Уругвайского научного общества и Национальной академии наук Перу. Ему были присвоены почетные ученые степени университетами Палермо, Сан-Марко (Лима) и Тель-Авива, колледжем Густава Адольфа.

СИГБАН (Siegbahn), Кай



род. 20 апреля 1918 г.
Нобелевская премия по физике,1981 г.
совместно с Николасом Бломбергеном и Артуром Л. Шавловым

Шведский физик Кай Манне Берье Сигбан родился в Лунде и был младшим из двух сыновей Манне Сигбана и Карин (в девичестве Хегбом) Сигбан. После окончания Упсальской гимназии в 1936 г. он поступает в Упсальский университет, где изучает физику, химию и математику, а в 1942 г. получает степень магистра. С 1942 по 1951 г. С. занимает должность ассистента-исследователя в Нобелевском институте физики в Стокгольме, продолжая одновременно работать над диссертацией в Стокгольмском университете, которую защищает в 1944 г., получив докторскую степень. Его диссертация посвящена бета-распаду (испусканию электронов) радиоактивных ядер. В 1951 г. С. назначается профессором физики Королевского технологического института в Стокгольме и остается на этом посту до своего возвращения в 1954 г. в Упсальский университет в качестве профессора физико-математического сектора физического факультета.

Первые работы С. посвящены электронной спектроскопии – определению энергий электронов, испускаемых атомами. Некоторые из этих электронов представляют собой бета-излучение ядер при радиоактивном распаде нескольких типов. Так как энергия электронов связана с разностью энергий между ядерными состояниями до и после распада, точное знание энергий электронов дает ключ к ядерной структуре.

Появление других электронов не связано непосредственно с первичным бета-распадом, а обусловлено явлением, известным под названием внутренней конверсии. Испускание бета-лучей оставляет ядро на возбужденном уровне, с которого оно затем переходит на менее возбужденный уровень; при этом разность энергий между двумя уровнями высвобождается в виде гамма-излучения (электромагнитного излучения, аналогичного свету и рентгеновскому излучению, но отличающегося большей энергией и, следовательно, частотой). Основатель квантовой теории Макс Планк показал, что электромагнитное излучение состоит из дискретных порций энергии (которые Альберт Эйнштейн назвал квантами; ныне их в случае электромагнитной энергии принято называть фотонами) и что частота пропорциональна энергии фотона. Позднее Эйнштейн объяснил детали фотоэлектрического эффекта (испускание электронов поверхностью металла, на которую падает электромагнитное излучение) в терминах поглощения фотонов, энергия которых достаточно велика для преодоления энергии, связывающей электроны с атомом, и, следовательно, способна высвободить электроны. При внутренней конверсии гамма-излучение, испускаемое ядром, не покидает атом, а выбивает электроны, обращающиеся вокруг ядра; выбитые электроны смешиваются с первичным бета-излучением. Чтобы исследовать энергетические уровни ядра, необходимо знать энергии как первичного бета-излучения, так и вторичных фотоэлектронов.

Точному измерению энергий препятствовали ограниченные возможности имевшейся аппаратуры. Существовало два метода измерения энергии. В первом методе использовалось однородное магнитное поле (такое поле создается, например, между плоскими полюсами большого магнита). Движущиеся электроны порождают магнитное поле. Взаимодействие между

этим полем и внешним магнитом вынуждает электроны двигаться в плоскостях, параллельных полюсам магнита, по окружностям, диаметры которых зависяг от скорости электронов. Чем быстрее движутся электроны, тем больше диаметр окружностей. Следовательно, такая система позволяет сортировать электроны по энергиям. Второй метод состоит в использовании системы магнитов, образующих фокусирующую магнитную линзу. Первый метод дает хорошее разрешение, но низкую интенсивность. Второй метод позволяет, фокусируя электронный пучок, достигать высоких интенсивностей, но дает слабое разрешение. Вместе со своим сотрудником Нильсом Свартхольмом С., используя грибообразный магнит, разработал способ, позволяющий фокусировать электронный пучок по двум направлениям – в плоскости круговых траекторий и под прямым углом к ней. Этот метод, известный под названием двойной магнитной фокусировки и позволяющий достигать высокой интенсивности в сочетании с существенно более высоким разрешением, вскоре получил широкое распространение.

В начале 50-х гг. С. приходилось подолгу ждать радиоактивных образцов, так как готовили их на циклотроне, работавшем в весьма ненадежном режиме. Размышляя над тем, нельзя ли моделировать радиоактивные излучения каким-то другим, более легко регулируемым способом, он подумал о схеме установки, которая оказалась удобной при исследовании гамма-излучения: источник гамма-излучения был завернут в тонкую свинцовую фольгу, а фотоэлектроны, выбиваемые из свинца гамма-излучением, регистрировались электронным спектрометром. Ему также пришло в голову заменить источник гамма-излучения рентгеновской трубкой и извлекать фотоэлектроны из обычных материалов, чтобы получить больше информации об энергиях, связывающих электроны с атомами. Эта информация была нужна С. для проводимого им исследования по ядерной физике, чтобы установить соответствие между измерениями энергий электронов, рождающихся при внутренней конверсии гамма-излучения, и ядерными переходами, порождаемыми гамма-излучением. Знакомясь (по научной литературе) с тем, что было сделано в этой области до него, С. понял, что мог бы внести существенный вклад в атомную физику, используя свои приборы высокого разрешения и свой опыт применения электронной спектроскопии.

Применение электронной спектроскопии в атомной физике наталкивается на большие трудности. Энергии электронов гораздо меньше, чем энергии бета-лучей, и энергетические спектры электронов, выбитых фотонами, не позволяют просто и четко определить энергетические уровни электронов или энергии связей, которые описывают атомную структуру. Например, Эйнштейн показал, что энергия поглощенного фотона равна энергии связи испущенного электрона только при условии, если этот электрон имеет нулевую скорость. В общем случае энергия фотона равна сумме энергии, необходимой для разрыва связи, и кинетической энергии, которой обладает электрон, покидая атом. Поскольку испускаемые

электроны движутся со скоростями, образующими сплошной спектр, спектры имеют вид непрерывных кривых, а не серии линий.

Было известно, что атомные электроны группируются в оболочки С. знал, что энергия связи может быть легко вычислена, как он сформулировал, с помощью «измерения высокоэнергетической части размазанного электронного облака для различных распределений электронов», связанных с оболочками. Однако разрешение электронной спектроскопии для атомной физики должно было бы быть в 10...100 раз выше, чем в случае радиоактивности.

К середине 50-х гг. С. и его сотрудникам удалось получить четкие спектральные линии. В 1957 г., преодолев ряд других трудностей, после многократных проверок оборудования С. и двум его сотрудникам удалось получить первый фотоэлектронный спектр с необычайно четкими линиями и ожидаемыми интенсивностями. Среди других открытий они впервые обнаружили химические сдвиги – слабые изменения энергий связи, обусловленные соединением атомов в молекулы, когда их внешние электроны различным образом смешиваются. Химический сдвиг раскрывает детали химической связи, в том числе ионной (когда электрически нейтральные атомы приобретают или отдают электроны).

Предложенная С. и его сотрудниками форма анализа с необычайно высоким разрешением, известная под названием электронной спектроскопии химического анализа (ЭСХА), быстро стала постоянным лабораторным методом. В частности, ЭСХА оказалась особенно полезной для исследования поверхностей и нашла применение при изучении таких поверхностных явлений, как катализ на платине при очистке нефти или коррозия металла ЭСХА применяется и для анализа частиц в загрязненном воздухе.

В 1981 г. С. был удостоен (половины) Нобелевской премии по физике «за вклад в развитие электронной спектроскопии высокого разрешения». (Его отец. Манне Сигбан, был лауреатом Нобелевской премии за 1924 г. за вклад в разработку рентгеновской спектроскопии). Другая половина премии была присуждена Николасу Бломбергену и Артуру Л. Шавлову за спектроскопические исследования с помощью лазеров. «С появлением электронной спектроскопии стало возможно определять энергию связей атомных электронов с точностью, намного превосходящей все прежние возможности, заявил при презентации лауреата Ингвар Линдгрен, член Шведской королевской академии наук – это имело огромное значение для проверки атомных моделей и схем вычислений».

После получения Нобелевской премии С. продолжал исследования в области ядерной физики в Упсале. Он был президентом Международного союза теоретической и прикладной физики и членом Международного комитета мер и весов.

В 1944 г. С. вступил в брак с Анной Бритой Редин. У супругов трое сыновей, двое из которых пошли по стопам отца и деда и стали физиками.

С. удостоен премии Сикстена Хеймана Гетеборгского университета (1971) и медали Чарлза Фредерика Чендлера Колумбийского университета

(1976). Он член Шведской академии наук. Шведской академии инженерных наук. Королевской академии наук и искусств Упсалы, Норвежской королевской академии наук, Норвежского общества наук и изящной словесности, почетный член Американской академии наук и искусств. Он имеет почетные ученые степени университетов Дарема, Базеля и Льежа, а также многих научных обществ.

СИГБАН (Siegbahn), Манне

3 декабря 1886 г. – 25 сентября 1978 г.
Нобелевская премия по физике, 1924 г.

Шведский физик Карл Манне Георг Сигбан родился в городке Ёребро в семье начальника железнодорожной станции Георга Сигбана и Эммы Софии Матильды (в девичестве Цеттерберг) Сигбан. После поступления в Лундский университет (1906 г.) С. сразу увлекся физикой. В 1908 г. он начинает работать в качестве служащего в Институте физики при университете, в 1908 г. получил степень бакалавра, а в 1910 г. степень магистра (побывав предварительно в университетах Гёттингена и Мюнхена). В качестве ассистента Йоханнеса Ридберга в Лунде С. изучает электромагнетизм и в 1911 г. защищает докторскую диссертацию об измерениях магнитного поля. Проведя лето 1911 г. в Берлинском и Парижском университетах, он остается в Лундском университете лектором по физике.

Заинтересовавшись рентгеновскими лучами, особенно после посещения лабораторий в Париже и Гейдельберге, С. в конце 1913 г.

приступает к самостоятельным исследованиям рентгеновского излучения. Позднее он вносит в эту область физики основополагающий вклад не только своими открытиями, но и своими приборами, позволившими производить прецизионные измерения.

Вильгельм Рентген назвал Х-лучами (х – неизвестные) открытые им в 1895 г. таинственные лучи, исходившие при электрическом разряде из конца ваккумной стеклянной трубки, противоположного отрицательному электроду (катоду). Новые Х-лучи обладали поразительной способностью проходить сквозь непрозрачные предметы. После открытия Дж.Дж. Томсоном в 1897 г. электрона стало ясно, что таинственные лучи возникали; когда испущенные катодом быстро движущиеся электроны сталкивались с другими частями трубки. Ученые начали подозревать, что Х-лучи могут оказаться электромагнитным излучением, таким, как свет и тепло, но обладающим большей проникающей способностью. Но поскольку частоты рентгеновского излучения были слишком велики (длины волн слишком малы), имевшиеся в ту пору приборы не позволяли обнаружить такие знакомые явления, как преломление, поляризация, дифракция и интерференция (все они наблюдаются в случае видимого света). Сначала возможности экспериментаторов были ограничены только измерением относительной способности рентгеновских лучей проникать сквозь различные материалы разной толщины – это свойство лучей получило название жесткости. Однако экспериментаторы сумели заметить, что различные химические элементы, используемые в качестве мишеней в рентгеновской трубке, испускают характерное рентгеновское излучение различной жесткости.

Чарлз Дж. Баркла испытал ряд элементов и показал, что жесткость (частота) рентгеновского излучения возрастает с увеличением атомного веса до тех пор, пока не достигнет некоторого порогового атомного веса, после чего возникает новое семейство более мягких рентгеновских лучей. Испытывая элементы с еще большим атомным весом, Баркла обнаружил, что и более мягкие рентгеновские лучи становятся жестче. Баркла назвал эти группы лучей К- и L-излучением. Баркла же обнаружил поляризацию рентгеновского излучения, что еще больше укрепило надежды тех, кто видел в рентгеновском излучении «близкого родственника» света.

Не слишком тонкие методы, с помощью которых было обнаружено К- и L-излучение, не позволяли разделять рентгеновское излучение по частоте или длине волны, т.е. разложить на линии спектра. Разложить видимый свет можно с помощью дифракционной решетки, у которой расстояние между соседними штрихами сравнимо с длиной волны света. Было ясно, что длины волн рентгеновского излучения в 100...1000 раз меньше, чем длины волн видимого света. Макс фон Лауэ обратил внимание на то, что расстояния между атомными плоскостями в кристалле настолько малы, что позволяют рассматривать кристалл как своего рода дифракционную решетку для рентгеновского излучения. Эксперимент показал правоту фон Лауэ, положив начало развитию рентгеновской

спектроскопии. У.Л. Брэгг вывел простую формулу, связывающую угол, под которым рентгеновские лучи входят в кристалл и выходят из него, с длиной волны рентгеновского излучения и расстоянием между воображаемыми плоскостями, проходящими через атомы в кристаллической решетке. Отец Брэгга У.Г. Брэгг построил первый настоящий рентгеновский спектрометр, используя ионизационную камеру для измерения рентгеновского излучения, выходящего из кристалла, и получил спектральные линии на тех длинах волн, которые, как он установил, характерны для материала источника рентгеновского излучения.

Молодой английский физик Генри Г.Дж. Мозли совершил с помощью спектрометра фундаментальное открытие. Заменив ионизационную камеру фотодетектором, он обнаружил большее число характерных линий в рентгеновских спектрах, чем Брэгг, и показал, что эти линии в общем случае могут быть разделены на две группы. Одну из групп, с более короткими длинами волн, Мозли отождествил с К-излучением Баркла, а другую, с более длинными волнами, – с L-излучением. В отличие от более разнородных оптических спектров рентгеновские спектры различных элементов были аналогичны друг другу, но начинались при тем большей частоте, чем более тяжелые атомы использовались в качестве источника рентгеновского излучения.

Мозли открыл, что ключом к рентгеновским спектрам является не атомный вес, а атомный номер. Согласно модели атома, впервые предложенной Эрнестом Резерфордом в 1911 г. и разработанной более подробно Нильсом Бором в 1913 г., весь положительный заряд и почти вся масса атома сосредоточены в центральном ядре. Ядро окружено электронами, каждый из которых несет единицу отрицательного заряда и имеет очень маленькую массу. Число электронов равно заряду ядра, поэтому атом в целом электрически нейтрален. Атомный вес отражает главным образом массу ядра. Атомный номер равен положительному заряду ядра, или, что эквивалентно, числу электронов в нетральном атоме. Соотношение между частотой (положением в рентгеновском спектре) и атомным номером известно как закон Мозли и играет важную роль в атомной физике.

С. продолжил исследования рентгеновского излучения в духе той же традиции, распространив измерения линий К-серии Баркла на более тяжелые элементы. Стесненные скудным финансированием и недостатком нужных приборов в Лунде, С. и его ученики тем не менее выполнили весьма впечатляющие исследования. Талантливый инженер и создатель приборов, С. непрестанно совершенствовал оборудование, конструируя рентгеновские трубки все большей интенсивности, изготавливая оригинальные вакуумные насосы, совершенствуя спектрометры для измерения длин волн со все большей точностью. Когда поглощение более длинных волн воздухом стало препятствием, он построил вакуумный спектрометр. Когда потребовались более точные измерения, он сконструировал три различных спектрометра, приспособленных к условиям измерения в трех различных диапозонах длин волн, тем самым существенно отклонившись от первоначального проекта

Брэгга. Введенные новшества позволили С. и его ученикам открыть много Новых линий в К- и L-сериях (например, установить, что одна линия в К-излучении в действительности представляет собой две почти слившиеся линии), распространить измерения на легкие и тяжелые элементы, исследовать рентгеновские спектры поглощения и обнаружить две новые серии, которые он обозначил M и N.

Работы С. дали много новых сведений практически обо всех элементах (от натрия до урана) и способствовали лучшему пониманию структуры атома на основе модели Бора. В этой простой модели (которая сильно изменилась с того времени) электроны обращаются вокруг ядра не по любым, а только по «разрешенным» орбитам. Переходя при возбуждении на более высокие орбиты (например, при попадании электронного пучка на мишень в рентгеновской трубке), электроны затем возвращаются на более низкие орбиты, испуская приобретенную при возбуждении энергию в форме дискретных порций (фотонов) электромагнитной энергии. Энергия фотона равна разности энергий между верхней и нижней орбитой. Если возбуждение не слишком велико, то переходы происходят между внешними орбитами и испущенные фотоны обладают сравнительно малыми энергиями. Отец квантовой теории Макс Планк показал, что частота излучения пропорциональна энергии фотона. Таким образом, низкоэнергетические фотоны представляют собой низкочастотное (длинноволновое) излучение, или свет. При более сильном возбуждении, например в рентгеновской трубке, в переход вовлекаются внутренние электроны. Происходит более глубокое «падение» с возбужденной орбиты, и поэтому испущенные фотоны обладают большей энергией. Большая энергия соответствует более высоким частотам (и более коротким длинам волн), и атом испускает рентгеновское излучение. Точное знание длин волн рентгеновского излучения позволяет глубоко заглянуть в структуру атома.

В 1922 г. С. становится профессором физики в Упсальском университете, где для экспериментальных исследований имелись более широкие возможности. В Упсале он и его ученики продолжили исследования рентгеновских лучей, в особенности в длинноволновом диапазоне. В 1924 г. им удалось продемонстрировать преломление такого рентгеновского излучения стеклянной призмой, т.е. осуществить эксперимент, не удававшийся до них многим исследователям, включая самого Рентгена. Это убедило всех тех, у кого еще оставались сомнения в том, что рентгеновское излучение действительно представляет собой электромагнитное излучение.

С. была вручена Нобелевская премия по физике за 1924 г. «за открытия и исследования в области рентгеновской спектроскопии». В Нобелевской лекции «Рентгеновские спектры и структура атомов» («The X-Ray Spectra and the Structure of the Atoms») С. сказал, что стимулом для исследований рентгеновских лучей дослужило не просто желание дать им более широкое применение в медицине, но и понимание того, что «рентгеновские лучи дают нам возможность заглянуть внутрь атома. Вся информация о том, что происходит с этой области физических явлений,

передается, так сказать, на языке рентгеновских лучей. Этим языком мы должны овладеть, если хотим понять и научиться надлежащим образом интерпретировать полученную информацию».

Чтобы повысить точность спектрографических измерений, С. и его коллеги разработали устройство для изготовления прецизионных дифракционных решеток. С помощью этих решеток им удалось достичь рекордных длин волн, которые до них не исследовал ни один экспериментатор. Новые решетки позволили им сравнить длины волн рентгеновского излучения непосредственно с длинами волн видимого света и тем самым получить подтверждение более ранних измерений.

Когда в 1937 г. при Шведской королевской академии наук был основан Нобелевский институт физики, С. был назначен его директором. Находясь на этом посту, он продолжал как спектроскопические исследования, так и работы по ядерной физике. Через год в институте был построен первый в Швеции ускоритель. Во время второй мировой войны институт принял многих ученых-эмигрантов, которые внесли немалый вклад в осуществление теоретических исследовательских программ.

После войны С. расширил тематику института и всячески способствовал работам по исследованию структуры атомного ядра. В 1946 и в 1953 гг. он нанес визит своим коллегам в Соединенных Штатах, побывав в таких научных учреждениях, как Калифорнийский университет, Массачусетский технологический институт и Чикагский университет. После выхода в отставку в 1964 г. он остался в Нобелевском институте, где продолжал исследования.

В 1914 г. С. вступил в брак с Карин Нёгбом. У них родились двое сыновей. Младший, Кай Сигбан, также стал известным физиком. С. умер в возрасте 91 года 25 сентября 1978 г. Коллеги отзывались о нем как о человеке простом и душевном, а его новаторские работы, по словам Герхарда Херцберга, «заложили экспериментальную основу атомной теории и останутся в памяти поколений физиков».

С. был членом Международного комитета мер и весов (1937), а с 1938 по 1947 г. возглавлял Международный союз теоретической и прикладной физики. Кроме Нобелевской премии, он был удостоен медали Хьюза (1934) и медали Румфорда (1940) Лондонского королевского общества и медали Даддела Лондонского физического общества (1948). Ему были присвоены почетные ученые степени многими университетами, в том числе Фрейбургским и Парижским, он состоял членом Лондонского королевского общества, Эдинбургского королевского общества и Французской академии наук.

СКЛОДОВСКАЯ-КЮРИ (Curie), Мари

7 ноября 1867 г. – 4 июля 1934 г.
Нобелевская премия по физике, 1903 г.
совместно с Анри Беккерелем и Пьером Кюри
Нобелевская премия по химии, 1911 г.

Французский физик Мари Склодовская-Кюри (урожденная Мария Склодовская) родилась в Варшаве (Польша). Она была младшей из пяти детей в семье Владислава и Брониславы (Богушки) Склодовских. К. воспитывалась в семье, где занятия наукой пользовались уважением. Ее отец преподавал физику в гимназии, а мать, пока не заболела туберкулезом, была директором гимназии. Мать К. умерла, когда девочке было одиннадцать лет.

К. блестяще училась и в начальной, и в средней школе. Еще в юном возрасте она ощутила притягательную силу науки и работала лаборантом в химической лаборатории своего двоюродного брата. Великий русский химик Дмитрий Иванович Менделеев, создатель периодической таблицы химических элементов, был другом ее отца. Увидев девочку за работой в лаборатории, он предсказал ей великое будущее, если она продолжит свои занятия химией. Выросшая при русском правлении (Польша в то время была разделена между Россией, Германией и Австрией), К. принимала активное участие в движении молодых интеллектуалов и антиклерикальных польских националистов. Хотя большую часть своей жизни К. провела во Франции, она навсегда сохранила преданность делу борьбы за польскую независимость.

На пути к осуществлению мечты К. о высшем образовании стояли два препятствия: бедность семьи и запрет на прием женщин в Варшавский университет. К. и ее сестра Броня разработали план: Мария в течение пяти лет будет работать гувернанткой, чтобы дать возможность сестре окончить медицинский институт, после чего Броня должна взять на себя расходы на высшее образование К. Броня получила медицинское образование в Париже и, став врачом, пригласила к себе сестру. Покинув Польшу в 1891 г., К. поступила на факультет естественных наук Парижского университета (Сорбонны). Именно тогда она стала называть себя Мари Склодовской. В 1893 г., закончив курс первой, К. получила степень лиценциата по физике Сорбонны (эквивалентную степени магистра). Через год она стала лиценциатом по математике. Но на этот раз К. была второй в своем классе.

В том же 1894 г. в доме одного польского физика-эмигранта Мари встретила Пьера Кюри. Пьер был руководителем лаборатории при Муниципальной школе промышленной физики и химии. К тому времени он провел важные исследования по физике кристаллов и зависимости магнитных свойств веществ от температуры. К. занималась исследованием намагниченности стали, и ее польский друг надеялся, что Пьер сможет предоставить Мари возможность поработать в своей лаборатории. Сблизившись сначала на почве увлечения физикой, Мари и Пьер через год вступили в брак. Это произошло вскоре после того, как Пьер защитил докторскую диссертацию. Их дочь Ирен (Ирен Жолио-Кюри) родилась в сентябре 1897 г. Через три месяца К. завершила свое исследование по магнетизму и начала искать тему для диссертации.

В 1896 г. Анри Беккерель обнаружил, что урановые соединения испускают глубоко проникающее излучение. В отличие от рентгеновского, открытого в 1895 г. Вильгельмом Рентгеном, излучение Беккереля было не результатом возбуждения от внешнего источника энергии, например светом, а внутренним свойством самого урана. Очарованная этим загадочным явлением и привлекаемая перспективой положить начало новой области исследований, К. решила заняться изучением этого излучения, которое она впоследствии назвала радиоактивностью. Приступив к работе в начале 1898 г., она прежде всего попыталась установить, существуют ли другие вещества, кроме соединений урана, которые испускают открытые Беккерелем лучи. Поскольку Беккерель заметил, что в присутствии соединений урана воздух становится электропроводным, К. измеряла электропроводность вблизи образцов других веществ, используя несколько точных приборов, разработанных и построенных Пьером Кюри и его братом Жаком. Она пришла к выводу о том, что из известных элементов радиоактивны только уран, торий и их соединения. Однако вскоре К. совершила гораздо более важное открытие: урановая руда, известная под названием урановой смоляной обманки, испускает более сильное излучение Беккереля, чем соединения урана и тория, и по крайней мере в четыре раза более сильное, чем чистый уран. К. высказала предположение, что в урановой смоляной обманке содержится еще не открытый и сильно радиоактивный элемент.

Весной 1898 г. она сообщила о своей гипотезе и о результатах экспериментов Французской академии наук.

Затем супруги Кюри попытались выделить новый элемент. Пьер отложил свои собственные исследования по физике кристаллов, чтобы помочь Мари. Обрабатывая урановую руду кислотами и сероводородом, они разделили ее на известные компоненты. Исследуя каждую из компонент, ими было установлено, что сильной радиоактивностью обладают только две из них, содержащие элементы висмут и барий. Поскольку открытое Беккерелем излучение не было характерным ни для висмута, ни для бария, они заключили, что эти порции вещества содержат один или несколько ранее неизвестных элементов. В июле и декабре 1898 г. Мари и Пьер Кюри объявили об открытии двух новых элементов, которые были названы ими полонием (в честь Польши – родины Мари) и радием.

Поскольку Кюри не выделили ни один из этих элементов, они не могли представить химикам решающего доказательства их существования. И супруги Кюри приступили к весьма нелегкой задаче – экстрагированию двух новых элементов из урановой смоляной обманки. Они установили, что вещества, которые им предстоит найти, составляют лишь одну миллионную часть урановой смоляной обманки. Чтобы экстрагировать их в измеримых количествах, исследователям необходимо было переработать огромные количества руды. В течение последующих четырех лет Кюри работали в примитивных и вредных для здоровья условиях. Они занимались химическим разделением в больших чанах, установленных в дырявом, продуваемом всеми ветрами сарае. Анализы веществ им приходилось производить в крохотной, плохо оборудованной лаборатории Муниципальной школы. В этот трудный, но увлекательный период жалованья Пьера не хватало, чтобы содержать семью. Несмотря на то, что интенсивные исследования и маленький ребенок занимали почти все ее время, Мари в 1900 г. начала преподавать физику в Севре, в Эколь нормаль сюперьёр, учебном заведении, готовившем учителей средней школы. Овдовевший отец Пьера переехал к Кюри и помогал присматривать за Ирен.

В сентябре 1902 г. Кюри объявили о том, что им удалось выделить одну десятую грамма хлорида радия из нескольких тонн урановой смоляной обманки. Выделить полоний им не удалось, так как тот оказался продуктом распада радия. Анализируя соединение, Мари установила, что атомная масса радия равна 225. Соль радия испускала голубоватое свечение и тепло. Это фантастическое вещество привлекло внимание всего мира. Признание и награды за его открытие пришли к супругам Кюри почти сразу.

Завершив исследования, Мари наконец написала свою докторскую диссертацию. Работа называлась «Исследования радиоактивных веществ» («Researcher on Radiactive Substances») и была представлена Сорбонне в июне 1903 г. В нее вошло огромное количество наблюдений радиоактивности, сделанных Мари и Пьером Кюри во время поиска полония и радия. По мнению комитета, присудившего К. научную степень, ее работа явилась

величайшим вкладом, когда-либо внесенным в науку докторской диссертацией.

В декабре 1903 г. Шведская королевская академия наук присудила Нобелевскую премию по физике Беккерелю и супругам Кюри. Мари и Пьер Кюри получили половину награды «в знак признания... их совместных исследований явлений радиации, открытых профессором Анри Беккерелем». К. стала первой женщиной, удостоенной Нобелевской премии. И Мари, и Пьер Кюри были больны и не могли ехать в Стокгольм на церемонию вручения премии. Они получили ее летом следующего года.

Еще до того, как супруги Кюри завершили свои исследования, их работы побудили других физиков также заняться изучением радиоактивности. В 1903 г. Эрнест Резерфорд и Фредерик Содди выдвинули теорию, согласно которой радиоактивные излучения возникают при распаде атомных ядер. При распаде (испускании некоторых частиц, образующих ядро) радиоактивные ядра претерпевают трансмутацию – превращение в ядра других элементов. К. не без колебаний приняла эту теорию, так как распад урана, тория и радия происходит настолько медленно, что в своих экспериментах ей не приходилось его наблюдать. (Правда, имелись данные о распаде полония, но поведение этого элемента К. считала нетипичным). Все же в 1906 г. она согласилась принять теорию Резерфорда – Содди как наиболее правдоподобное объяснение радиоактивности. Именно К. ввела термины распад и трансмутация.

Супруги Кюри отметили действие радия на человеческий организм (как и Анри Беккерель, они получили ожоги, прежде чем поняли опасность обращения с радиоактивными веществами) и высказали предположение, что радий может быть использован для лечения опухолей. Терапевтическое значение радия было признано почти сразу, и цены на радиевые источники резко поднялись. Однако Кюри отказались патентовать экстракционный процесс и использовать результаты своих исследований в любых коммерческих целях. По их мнению, извлечение коммерческих выгод не соответствовало духу науки, идее свободного доступа к знанию. Несмотря на это, финансовое положение супругов Кюри улучшилось, так как Нобелевская премия и другие награды принесли им определенный достаток. В октябре 1904 г. Пьер был назначен профессором физики в Сорбонне, а месяц спустя Мари стала официально именоваться заведующей его лабораторией. В декабре у них родилась вторая дочь, Ева, которая впоследствии стала концертирующей пианисткой и биографом своей матери.

Мари черпала силы в признании ее научных достижений, любимой работе, любви и поддержке Пьера. Как она сама признавалась: «Я обрела в браке все, о чем могла мечтать в момент заключения нашего союза, и даже больше того». Но в апреле 1906 г. Пьер погиб в уличной катастрофе. Лишившись ближайшего друга и товарища по работе, Мари ушла в себя. Однако она нашла в себе силы продолжать работу. В мае, после того как Мари отказалась от пенсии, назначенной министерством общественного образования, факультетский совет Сорбонны назначил ее на кафедру физики,

которую прежде возглавлял ее муж. Когда через шесть месяцев К. прочитала свою первую лекцию, она стала первой женщиной – преподавателем Сорбонны.

В лаборатории К. сосредоточила свои усилия на выделении чистого металлического радия, а не его соединений. В 1910 г. ей удалось в сотрудничестве с Андре Дебирном получить это вещество и тем самым завершить цикл исследований, начатый 12 лет назад. Она убедительно доказала, что радий является химическим элементом. К. разработала метод измерения радиоактивных эманаций и приготовила для Международного бюро мер и весов первый международный эталон радия – чистый образец хлорида радия, с которым надлежало сравнивать все остальные источники.

В конце 1910 г. по настоянию многих ученых кандидатура К. была выдвинута на выборах в одно из наиболее престижных научных обществ – Французскую академию наук. Пьер Кюри был избран в нее лишь за год до своей смерти. За всю историю Французской академии наук ни одна женщина не была ее членом, поэтому выдвижение кандидатуры К. привело к жестокой схватке между сторонниками и противниками этого шага. После нескольких месяцев оскорбительной полемики в январе 1911 г. кандидатура К. была отвергнута на выборах большинством в один голос.

Через несколько месяцев Шведская королевская академия наук присудила К. Нобелевскую премию по химии «за выдающиеся заслуги в развитии химии: открытие элементов радия и полония, выделение радия и изучение природы и соединений этого замечательного элемента». К. стала первым дважды лауреатом Нобелевской премии. Представляя нового лауреата, Э.В. Дальгрен отметил, что «исследование радия привело в последние годы к рождению новой области науки – радиологии, уже завладевшей собственными институтами и журналами».

Незадолго до начала первой мировой войны Парижский университет и Пастеровский институт учредили Радиевый институт для исследований радиоактивности. К. была назначена директором отделения фундаментальных исследований и медицинского применения радиоактивности. Во время войны она обучала военных медиков применению радиологии, например, обнаружению с помощью рентгеновских лучей шрапнели в теле раненого. В прифронтовой зоне К. помогала создавать радиологические установки, снабжать пункты первой помощи переносными рентгеновскими аппаратами. Накопленный опыт она обобщила в монографии «Радиология и война» («La Radiologie et la guerre») в 1920 г.

После войны К. возвратилась в Радиевый институт. В последние годы своей жизни она руководила работами студентов и активно способствовала применению радиологии в медицине. Она написала биографию Пьера Кюри, которая была опубликована в 1923 г. Периодически К. совершала поездки в Польшу, которая в конце войны обрела независимость. Там она консультировала польских исследователей. В 1921 г. вместе с дочерьми К. посетила Соединенные Штаты, чтобы принять в дар 1 г радия для продолжения опытов. Во время своего второго визита в США

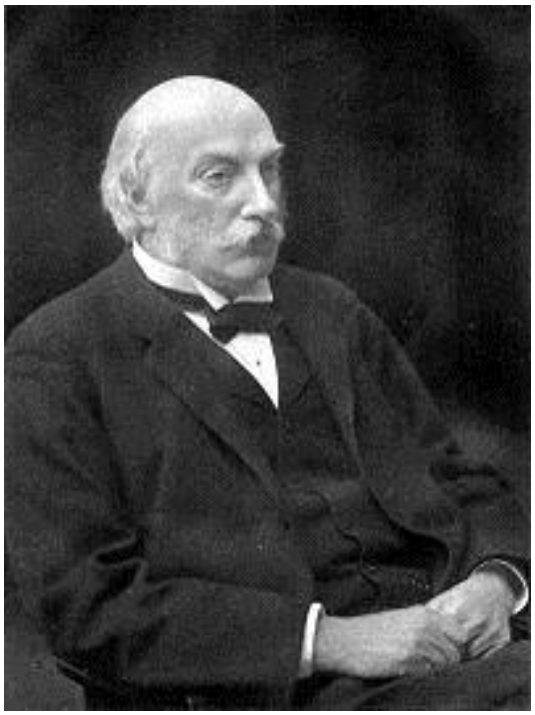
(1929) она получила пожертвование, на которое приобрела еще грамм радия для терапевтического использования в одном из варшавских госпиталей. Но вследствие многолетней работы с радием ее здоровье стало заметно ухудшаться.

К. скончалась 4 июля 1934 г. от лейкемии в небольшой больнице местечка Санселлемоз во французских Альпах.

Величайшим достоинством К. как ученого было ее несгибаемое упорство в преодолении трудностей: поставив перед собой проблему, она не успокаивалась до тех пор, пока ей не удавалось найти решение. Тихая, скромная женщина, которой досаждала ее слава, К. сохраняла непоколебимую верность идеалам, в которые она верила, и людям, о которых она заботилась. После смерти мужа она оставалась нежной и преданной матерью для двух своих дочерей. Она любила природу, и, когда был жив Пьер, супруги Кюри часто совершали загородные прогулки на велосипедах. Любила К. и плавать.

Помимо двух Нобелевских премий, К. была удостоена медали Бертело Французской академии наук (1902), медали Дэви Лондонского королевского общества (1903) и медали Эллиота Крессона Франклиновского института (1909). Она была членом 85 научных обществ всего мира, в том числе Французской медицинской академии, получила 20 почетных степеней. С 1911 г. и до смерти К. принимала участие в престижных Сольвеевских конгрессах по физике, в течение 12 лет была сотрудником Международной комиссии по интеллектуальному сотрудничеству Лиги Наций.

СТРЕТТ (Strutt), Дж. У. лорд Рэлей (Lord Rayleigh)



12 ноября 1842 г. – 30 июня 1919 г.
Нобелевская премия по физике, 1904 г.

Английский физик Джон Уильям Стретт, третий барон Рэлей, родился в Ленгфорд-Гроув, Мелдон (Эссекс); сын Джона Джеймса Стретта (второго барона Рэлея) и Клары Элизабет (в девичестве Викерс) Стретт. Мальчиком страдал от множества изнурительных болезней, и его обучение часто прерывалось. Он недолго посещал в десятилетнем возрасте Итон-колледж, провел три года в частном школе в Уимблдоне, недолго учился в Харроу-скул и четыре года брал уроки частным образом. В 1861 г. С. поступил в Тринити-колледж в Кембридже, где изучал математику и физику у Э. Дж. Роуса, известного математика, и окончил его с отличием в 1865 г. Год спустя ему предложили стать членом ученого совета Тринити-колледжа. Этот пост он занимал до 1871 г.

В 1868 г. С. создал научную лабораторию в своей родовой усадьбе в Терлинг-Плейс, Уитхем (Эссекс), где занялся интересующими его явлениями излучения. В результате этих исследований он опубликовал статьи по акустике и оптике, завоевав репутацию авторитетного специалиста в этих областях науки. В 1871 г. он вывел соотношение, известное как закон рассеяния света Рэлея, между интенсивностью рассеяния света очень малыми частицами и длиной его волны, которое объясняет, почему небо голубое, а закат красный. Поскольку более короткие длины волн (голубые) преимущественно рассеиваются мелкими частицами в атмосфере под большими углами, голубой цвет доминирует в рассеянном свете, падающем сверху. Свет же заходящего солнца, если смотреть прямо на него, теряет голубизну из-за бокового рассеяния, и в нем доминируют более длинные волны (красные). В 1871 г. С. совершил путешествие по Нилу, чтобы поправить здоровье после обострения ревматизма. Во время этого путешествия он начал труд, которому суждено было стать фундаментальным исследованием по теории звука.

Когда в 1873 г. умер его отец, С. стал третьим бароном Рэлеем и владельцем фамильного имения в 7 тыс. акров земли. Однако три года спустя он попросил своего младшего брата взять на себя эти обязанности, и с этого момента С. (известный как лорд Рэлей) почти полностью посвятил себя науке, работая в своей домашней лаборатории. Среди проведенных им исследований мы встречаем экспериментальные и теоретические работы по оптическим приборам, в результате которых впервые была определена разрешающая способность дифракционной решетки, а также был сделан фундаментальный анализ оптических свойств спектроскопов. Дифракционные решетки представляют собой пластинки, на которых проделаны тонкие, близко друг к другу расположенные бороздки, позволяющие разделить проходящий через них свет на составляющие его цвета, выдерживая соотношения между длинами волн и расстояниями между бороздками. В спектроскопе с их помощью получаются серии линий или полосок разных цветов (спектральные линии), положение которых соответствует длине волны. Спектроскоп в конце 1870-х годов становился

все более важным прибором при исследованиях солнечного света и излучении атомов и молекул.

Хотя С. был рад остаться в собственной лаборатории, он в 1879 г. неохотно принял предложение стать профессором экспериментальной физики (пост, учрежденный в 1871 г.) и директором Кавендишской лаборатории (открытой в 1874 г.) в связи со смертью Джеймса Клерка Максвелла, первого директора лаборатории. В Кембридже С. начал осуществлять программу точного переопределения электрических единиц: вольта, ома и ампера. Программа выполнялась с присущими ему тщательностью и терпением, с использованием тонких инструментов, и ее результаты, полученные к 1884 г., в дальнейшем почти не требовали исправлений. Он также ввел для студентов лабораторную работу по элементарной физике, что было совершенно новым видом обучения для Англии того времени, охватившим затем университеты всей страны.

После пяти лет работы в Кембридже С. оставил свой пост и вернулся в Терлинг-Плейс, где продолжал исследования до конца жизни. Он всегда занимался одновременно несколькими проектами, уделяя внимание как экспериментам в лаборатории, так и теоретической работе в своем кабинете. Им опубликованы труды по исключительно широкому кругу вопросов, в том числе по световым и звуковым волнам, электромагнетизму, теоремам механики, вибрации пластичных сред, капиллярности и термодинамике. Его ставшая классической двухтомная монография «Теория звука» ("The Theory of Sound") была опубликована в 1877...1878 гг. и до сих пор остается неизменным руководством для современных ученых и инженеров.

В 1892 г. С. начал серию измерений плотностей газов в соотношении с их атомными весами, что было связано с тем интересом, который он проявлял к гипотезе Праута. В 1815 г. английский химик Уильям Праут обратил внимание на то, что плотности газов имеют тенденцию выражаться целочисленными кратными плотности водорода, легчайшего среди всех газов. Он выдвинул предположение, что все элементы составлены из водородных строительных кирпичиков. Когда С. начал свою работу, наиболее точное значение плотности кислорода в 15,96 раз превышало плотность водорода, что было достаточно близко к целому числу 16 и, казалось, подтверждало гипотезу Праута. С. сделал более тщательное измерение, исправив ошибки других экспериментаторов, и пришел к значению 15,88, что бросало тень сомнения на справедливость гипотезы Праута.

Когда же С. обратил внимание на азот, то обнаружил, к своему удивлению, что азот, получавшийся при разложении аммиака, менее плотен, чем азот, взятый из воздуха. Проведя тщательные измерения, дабы исключить ошибки и сомнения, он нашел ключ к этому явлению в статье, написанной в 1795 г. Генри Кавендишем, английским химиком и физиком, в честь которого была названа лаборатория. Кавендиш окислял азот в воздухе с помощью электрического разряда и обнаружил, что независимо от того, как

долго длится разряд, оставалось небольшое количество газа, которое не поддавалось окислению. Отсюда С. сделал вывод, что полученный из воздуха азот не является чистым и содержит небольшое количество другого неизвестного газа или газов. Азот, который получается из аммиака, чище, поскольку аммиак состоит из водорода и азота и при его образовании водород выборочно вступает в реакцию с азотом, а не с примесями.

Повторяя утомительные опыты Кавендиша, С. удалял азот окислением с помощью электрического разряда и медленно накапливал неизвестный остаточный газ. Тем временем Уильям Рамзай, шотландский химик, узнал об исследованиях С. и применил более эффективные химические методы, чтобы получить нужный газ. Двое ученых скоординировали свои усилия и в 1895 г. объявили, что неуловимый газ открыт. Поскольку он был химически инертным (причина, по которой он не окислялся вместе с азотом), они назвали его аргоном, что по-гречески и означает «инертный». Они обнаружили, что аргон составляет около 1 процента всего объема атмосферы, а его плотность более чем вдвое превышает плотность азота. Они установили также, что выделенный ими газ не был чистым аргоном, а содержал и другие идентифицированные позднее Рамзаем инертные газы, включая неон, криптон, ксенон и гелий. Вся эта группа носит собирательное название благородных газов из-за их сопротивляемости химическим реакциям.

В течение трех лет, пока длились исследования аргона, С. опубликовал десяток работ по таким вопросам, как интерференция и рассеяние света, телефонная связь, звуковые измерения. В 1900 г. он опубликовал вывод о соотношении между температурой и длиной волны в спектре абсолютно черного тела, основанный на существующих физических законах. После так как английский физик Джеймс Джине предложил небольшую модификацию вывода С., он стал известен как закон излучения Рэлея-Джинса. Однако этот закон распространялся только на длинные волны, а его опубликование опередило всего лишь на несколько месяцев сообщение Макса Планка о радикальном решении проблемы черного тела и о рождении квантовой теории. Хотя С. внимательно следил за развитием современной квантовой физики и теории относительности Альберта Эйнштейна, он был слишком консервативен, чтобы принять их.

В 1904 г. С. был награжден Нобелевской премией по физике «за исследования плотностей наиболее распространенных газов и за открытие аргона в ходе этих исследований». (Рамзай получил Нобелевскую премию 1904 г. по химии.) При презентации лауреата Дж. Е. Седерблом, член Шведской королевской академии наук, заявил, что, хотя методы выделения нового газа «в принципе были известны... проблема состояла в том... чтобы получить новый газ не только в наиболее чистом виде, но и в достаточном количестве, чтобы появилась возможность провести тщательные исследования их существенных свойств». Открытие аргона, сказал Седерблом, способствовало открытию Рамзаем гелия и других благородных газов.

Будучи весьма плодовитым автором, С. опубликовал свыше 400 работ за более чем пятьдесят лет своей исследовательской деятельности. Хотя людям, не занимающимся наукой профессионально, он больше известен в связи с открытием аргона, его работы затрагивают буквально каждую область классической физики. Кроме того, часть его времени занимали преподавательская деятельность (в течение нескольких лет), а также работа в шести научных и правительственных организациях, занимавшихся вопросами образования. Он был секретарем (1885...1896) и президентом (1905...1908) Лондонского королевского общества. В число прочих его многочисленных обязанностей входили обязанности президента Консультативного комитета по аэронавтике, президента Британской ассоциации фундаментальных наук, председателя комитета по взрывчатым веществам военного министерства и главного контролера за снабжением Лондона натуральным газом. С 1908 г. до самой смерти он был номинальным президентом Кембриджского университета.

В 1871 г. С. женился на Эвелин Бальфур, сестре Артура Джеймса Бальфура, ставшего премьер-министром Великобритании в 1902 г. У них было трое сыновей, старший из которых, Роберт, стал физиком и биографом своего отца. С. продолжал работать фактически до самой своей смерти в Терлинг-Плейс, опубликовав около 90 работ в последние 15 лет и оставив 3 работы законченными, но не опубликованными. Его называли последним из великих британских классических физиков.

Кроме Нобелевской премии, С. был награжден Королевской медалью (1882), медалью Копли (1899) и медалью Румфорда (1914) Лондонского королевского общества; золотой медалью Маттеучи Итальянской национальной академии наук (1895); медалью Фарадея Британского химического общества (1895); медалью Альберта Королевского общества искусств (1905) и медалью Эллиота Крессона Франклиновского института (1914). Ему было присвоено тринадцать почетных ученых степеней, и он был принят в члены свыше 50 научных обществ.

ТАММ, Игорь

8 июля 1895 г. – 12 апреля 1971 г.
Нобелевская премия по физике, 1958 г.
совместно с Павлом Черенковым и Ильей Франком

Русский физик Игорь Евгеньевич Тамм родился на побережье Тихого океана во Владивостоке в семье Ольги (урожденной Давыдовой) Тамм и Евгения Тамма, инженера-строителя. В 1913 г. он закончил гимназию в Елизаветграде (ныне Кировоград) на Украине, куда семья переехала в 1901 г.. Он выезжал учиться в Эдинбургский университет, где провел год (с той поры у него сохранился шотландский акцент в английском произношении); затем он вернулся в Россию, где окончил физический факультет Московского государственного университета и получил диплом в 1918 г. Еще старшекурсником он в качестве вольнонаемного медицинской службы участвовал в первой мировой войне и вел активную деятельность в елизаветградской городской управе.

В 1919 г. Т. начал свою деятельность как преподаватель физики сначала и Крымском университете в Симферополе, а позднее в Одесском политехническом институте. Переехав в Москву в 1922 г., он в течение трех лет преподавал в Коммунистическом университете им. Свердлова. В 1923 г. он перешел на факультет теоретической физики 2-го Московского университета и занимал там с 1927 по 1929 г. должность профессора. В 1924 г. он одновременно начал читать лекции в Московском государственном университете, где с 1930 по 1937 г. был профессором и заведующим кафедрой теоретической физики. Там он в 1933 г. получил степень доктора

физико-математических наук, тогда же стал членом-корреспондентом Академии наук СССР. Когда Академия в 1934 г. переехала из Ленинграда (ныне Санкт-Петербург) в Москву, Т. стал заведующим сектором теоретической физики академического Института им. П.Н. Лебедева, и этот пост он занимал до конца жизни.

Электродинамика анизотропных твердых тел (т.е. таких, которые обладают самыми различными физическими свойствами и характеристиками) и оптические свойства кристаллов – таковы первые области научных исследований Т., которые он проводил под руководством Леонида Исааковича Мандельштама, профессора Одесского политехнического института в начале 20-х гг., выдающегося советского ученого, внесшего вклад во многие разделы физики, особенно в оптику и радиофизику. Т. поддерживал тесную связь с Мандельштамом вплоть до смерти последнего в 1944 г. Обратившись к квантовой механике, Т. объяснил акустические колебания и рассеяние света в твердых средах. В этой работе впервые была высказана идея о квантах звуковых волн (позднее названных «фононами»), оказавшаяся весьма плодотворной во многих других разделах физики твердого тела.

В конце 20-х гг. важную роль в новой физике играла релятивистская квантовая механика. Английский физик П.А. М. Дирак развил релятивистскую теорию электрона. В этой теории, в частности, предсказывалось существование отрицательных энергетических уровней электрона – концепция, отвергавшаяся многими физиками, поскольку позитрон (частица, во всем тождественная электрону, но несущая положительный заряд) еще не был обнаружен экспериментально. Однако Т. доказал, что рассеяние низкоэнергетических квантов света на свободных электронах происходит через промежуточные состояния электронов, находящихся при этом в отрицательных энергетических уровнях. В результате он показал, что отрицательная энергия электрона является существенным элементом теории электрона, предложенной Дираком.

Т. сделал два значительных открытия в квантовой теории металлов, популярной в начале 30-х гг. Вместе со студентом С. Шубиным он сумел объяснить фотоэлектрическую эмиссию электронов из металла, т.е. эмиссию, вызванную световым облучением. Второе открытие – установление, что электроны вблизи поверхности кристалла могут находиться в особых энергетических состояниях, позднее названных таммовскими поверхностными уровнями, что в дальнейшем сыграло важную роль при изучении поверхностных эффектов и контактных свойств металлов и полупроводников.

Одновременно он начал проводить теоретические исследования в области атомного ядра. Изучив экспериментальные данные, Т. и С. Альтшуллер предсказали, что нейтрон, несмотря на отсутствие у него заряда, обладает отрицательным магнитным моментом (физическая величина, связанная, помимо прочего, с зарядом и спином). Их гипотеза, к настоящему времени подтвердившаяся, в то время расценивалась многими физиками-

теоретиками как ошибочная. В 1934 г. Т. попытался объяснить с помощью своей так называемой бета-теории природу сил, удерживающих вместе частицы ядра.

Согласно этой теории, распад ядер, вызванный испусканием бета-частиц (высокоскоростных электронов), приводит к появлению особого рода сил между любыми двумя нуклонами (протонами и нейтронами). Используя работу Энрико Ферма по бета-распаду, Т. исследовал, какие ядерные силы могли бы возникнуть при обмене электронно-нейтринными парами между любыми двумя нуклонами, если такой эффект имеет место. Он обнаружил, что бета-силы на самом деле существуют, но слишком слабы, чтобы выполнять роль «ядерного клея». Год спустя японский физик Хидеки Юкава постулировал существование частиц, названных мезонами, процесс обмена которыми (а не электронами и нейтрино, как предполагал Т.) обеспечивает устойчивость ядра.

В 1936...1937 гг. Т. и Илья Франк предложили теорию, объяснявшую природу излучения, которое обнаружил Павел Черенков, наблюдая преломляющие среды, подверженные воздействию гамма-излучения. Хотя Черенков описал данное излучение и показал, что это не люминесценция, он не смог объяснить его происхождение. Т. и Франк рассмотрели случай электрона, движущегося быстрее, чем свет в среде. Хотя в вакууме такое невозможно, данное явление возникает и преломляющей среде, поскольку фазовая скорость света в среде равна 3·108 метров в секунду, деленная на показатель преломления данной среды. В случае воды, показатель преломления которой равен 1,333, характерное голубое свечение возникает, когда скорость соответствующих электронов превосходит 2,25·108 метров в секунду (фазовая скорость света в воде).

Следуя этой модели, оба физика сумели объяснить излучение Черенкова (известное в Советском Союзе как излучение Вавилова – Черенкова в знак признания работы, проделанной руководителем Черенкова и Т. физиком С.И. Вавиловым). Т., Черенков и Франк проверили также и другие предсказания данной теории, которые нашли свое экспериментальное подтверждение. Их работа привела в конце концов к развитию сверхсветовой оптики, нашедшей практическое применение в таких областях, как физика плазмы. За свое открытие Т., Франк, Черенков и Вавилов получили в 1946 г. Государственную премию СССР.

Т., Франку и Черенкову в 1958 г. была присуждена Нобелевская премия по физике «за открытие и истолкование эффекта Черенкова». При презентации лауреатов Манне Сигбан, член Шведской королевской академии наук, напомнил, что, хотя Черенков «установил общие свойства вновь открытого излучения, математическое описание данного явления отсутствовало». Работа Т. и Франка, сказал он далее, дала «объяснение... которое, помимо простоты и ясности, удовлетворяло еще и строгим математическим требованиям». Как это ни парадоксально, сам Т. никогда не причислял работу, за которую получил премию, к своим наиболее важным достижениям.

После завершения работы над излучением Черенкова Т. вернулся к исследованиям ядерных сил и элементарных частиц. Он предложил приближенный квантово-механический метод для описания взаимодействия элементарных частиц, скорости которых близки к скорости света. Развитый далее русским химиком П.Д. Данковым и известный как метод Тамма – Данкова, он широко используется в теоретических исследованиях взаимодействия типа нуклон – нуклон и нуклон – мезон. Т. также разработал каскадную теорию потоков космических лучей. В 1950 г. Т. и Андрей Сахаров предложили метод удержания газового разряда с помощью мощных магнитных полей – принцип, который до сих пор лежит у советских физиков в основе желаемого достижения контролируемой термоядерной реакции (ядерного синтеза). В 50-е и 60-е гг. Т. продолжал разрабатывать новые теории в области элементарных частиц и пытался преодолеть некоторое фундаментальные трудности существующих теорий.

За свою долгую деятельность Т. сумел превратить физическую лабораторию Московского государственного университета в важный исследовательский центр и ввел квантовую механику и теорию относительности в учебные планы по физике на всей территории Советского Союза. Кроме того, признанный физик-теоретик принимал деятельное участие в политической жизни страны. Он твердо выступал против попыток правительства диктовать свою политику Академии наук СССР и против бюрократического контроля над академическими исследованиями, следствием которого являлось, как правило, разбазаривание ресурсов и человеческой энергии. Несмотря на откровенные критические высказывания и на то, что он не был членом КПСС, Т. в 1958 г. был включен в советскую делегацию на Женевскую конференцию по вопросам запрещения испытаний ядерного оружия. Он был активным членом Пагуошского движения ученых.

Высоко ценимый коллегами за теплоту и человечность, Т. характеризовался газетой «Вашингтон пост» после интервью, данного им американскому телевидению в 1963 г., не как «владеющий словом пропагандист или умеющий постоять за себя дипломат, не как самодовольный мещанин, но как высококультурный ученый, заслуги которого позволяют ему иметь широту взглядов и свободу их выражения, недоступные для многих его соотечественников». В этом интервью Т. охарактеризовал взаимное недоверие между Соединенными Штатами и Советским Союзом как главное препятствие к подлинному сокращению вооружений и настаивал на «решительном изменении политического мышления, которое должно исходить из того, что недопустима никакая война».

Т. женился на Наталии Шуйской в 1917 г. У них сын и дочь. Он умер в Москве 12 апреля 1971 г.

В 1953 г. Т. был избран действительным членом Академии наук СССР. Он являлся также членом Польской академии наук. Американской академии наук и искусств и Шведского физического общества. Он был награжден двумя орденами Ленина и орденом Трудового Красного Знамени

и был Героем Социалистического Труда. В 1929 г. Т. написал популярный учебник «Основы теории электричества», который многократно переиздавался.

ТАУНС (Townes), Чарлз Х.

род. 28 июля 1915 г.
Нобелевская премия по физике, 1964 г.
совместно с Николаем Басовым и Александром Прохоровым

Американский физик Чарлз Хард Таунс родился в Гринвилле (штат Южная Каролина); он был четвертым из шести детей Генри Кейта Таунса, адвоката, и Эллен Самтер (в девичестве Хард) Таунс. Выросший на ферме в двадцать акров в окрестностях Гринвилля, мальчик стал рано проявлять интерес к природе. Обнаружив блестящие способности в школе и перескочив через седьмой класс, он поступил в Фурманский университет в Гринвилле в 16-летнем возрасте. Окончив его в 1935 г. с двойным отличием, он стал бакалавром наук в области физики и бакалавром искусств в области современных языков. Хотя он выбрал физику своим основным занятием, привлеченный ее логикой и изяществом ее структуры, он в жизни прекрасно читал на французском, немецком, испанском, итальянском и русском языках. После годичной аспирантуры в Дьюкском университете Т. получил степень магистра по физике в 1936 г., а затем и докторскую степень в 1939 г. в Калифорнийском технологическом институте. Его докторская диссертация называлась «Разделение изотопов и определение спина ядра углерода-13» («The Separation of Isotopes and the Determination of the Spin of the Nucleus of Carbon 13»).

Первая работа Т. проходила в лабораториях телефонной компании «Белл», где он оставался с 1939 по 1947 г., занимаясь главным образом и весьма успешно задачами военно-прикладного характера, как, например, разработкой авиационного радара для прицельного бомбометания. Примечательно, что его успех однажды состоял в предсказании неудачи. Во время войны в радарах использовалась длина волны в 3 см (соответствует частоте 10000 мегагерц). После войны руководство военно-воздушных сил попросило компанию «Белл» разработать радар, который работал бы на длине волны в 1,25 см (24 000 мегагерц). Более высокочастотный радар должен был не только обеспечить более высокую точность, но и должен был иметь меньший вес и занимать меньше места в самолете. Т. предсказал, что новая система окажется неэффективной, поскольку водяные пары в атмосфере поглощают энергию именно этой частоты. Не убежденные в этом, ВВС построили радар, и их постигла неудача. Однако этот случай пробудил у Т. интерес к взаимодействию высокочастотных радиоволн (микроволн) с молекулами.

В 1948 г. Т. был назначен адъюнкт-профессором физики в Колумбийском университете. Он стал исполнительным директором университетской радиационной лаборатории в 1950 г., возглавлял физический факультет с 1952 по 1955 г. и оставался в университете полным профессором до 1961 г. В течение этого периода он также учился музыке и вокалу в вечерних классах музыкальной школы Жуйяра. Выполняя научные исследования в Колумбийском университете, Т. понял, что поглощение микроволн может служить основой для новой техники – микроволновой спектроскопии, позволяющей определять строение молекул.

Во время работы Т. в компании «Белл» радарные волны генерировались электронами, осциллирующими внутри металлических резонаторов, размеры которых определялись с высокой точностью. Эти размеры определяли длину волны, и самая короткая достижимая длина волны была около 1 мм (300 000 мегагерц). Т. задумал в противоположность этому использовать естественные свойства молекул, чтобы преодолеть эти ограничения.

В конце XIX – начале XX в. физики установили, что у молекул и атомов энергия принимает дискретные значения и наименьшее из энергетических состояний, или уровней, называется основным состоянием. Множество «допустимых» уровней индивидуально для конкретного атома или молекулы. Энергия связана с конфигурациями и движением электронов вокруг ядра атома. Точно так же и электромагнитное излучение в виде, например, тепла, радиоволн или света состоит из дискретных пучков энергии (фотонов), величина которой пропорциональна частоте волн. Атом или молекула могут поглотить фотон, энергия которого равна разности между двумя уровнями, и подняться в результате на более высокий энергетический уровень. В этом случае говорят, что атом находится в возбужденном состоянии. Возбужденные атомы или молекулы обладают, еледовательно, избыточной энергией. Вскоре после возбуждения они переходят на более

низкий энергетический уровень спонтанным образом, выделяя энергию в виде фотона, равную разности между двумя уровнями. В 1917 г. Альберт Эйнштейн открыл индуцированное излучение, третий процесс при взаимодействии излучения с материей в дополнение к поглощению и спонтанному излучению. В этом процессе возбужденные атомы или молекулы, подверженные воздействию излучения, энергия фотонов которого соответствует разности между возбужденным и основным уровнями, немедленно возвращаются в основное состояние, испуская фотоны, неотличимые от тех, которые стимулировали этот возврат.

Т. понял, что индуцированное излучение дает способ освобождения избытка энергии возбужденных молекул путем усиления излучения, вызвавшего такое освобождение. Для того чтобы это осуществить, было необходимо получить большое количество возбужденных молекул, сравнимое с количеством молекул, находящихся в основном состоянии. Т. нашел практический способ для осуществления подобного замысла с помощью положительной обратной связи в резонансном контуре, сходном по сути с осцилляторами, генерирующими радиоволны в радиопередатчиках.

Николай Басов и Александр Прохоров (СССР) пришли независимо к аналогичным выводам. Т. вместе с аспирантами Колумбийского университета построил работающий прибор в декабре 1953 г. и назвал его «мазер» – сокращение от английского выражения microwave amplification by stimulated emission of radiation: микроволновое усиление с помощью индуцированного (стимулированного) излучения. В первом мазере молекулы аммиака проходили через электрические поля специальной конфигурации, которые отталкивали молекулы, находящиеся в основном состоянии, и фокусировали возбужденные молекулы в резонансной полости. Когда в полости накапливалась достаточная концентрация возбужденных молекул, становилась возможной осцилляция. Небольшая порция излучения нужной частоты (с энергией фотона, равной разности между основным и возбужденным состояниями у молекулы аммиака) может вызвать лавинообразный рост индуцированного излучения, возбуждение еще большего числа молекул, находившихся в основном состоянии, и еще большее возрастание этого излучения. В результате получается мощный усилитель излучения. Разность энергий в основном и возбужденном состояниях у молекулы аммиака определяет энергию выделяющихся фотонов и, следовательно, частоту, которая в данном случае лежит в микроволновом диапазоне.

Вскоре выяснилось, что мазеры обладают столь стабильной частотой, что могут служить высокоточными часами. С помощью двух мазеров Т. и его коллеги проверили и подтвердили специальную теорию относительности Эйнштейна, причем эту проверку позже назвали наиболее точным физическим экспериментом в истории.

Во время своего творческого отпуска в Париже в 1956 г. Т. вместе с коллегами показал в Парижском университете, что действие мазера можно осуществить с помощью процесса из трех уровней в некоторых твердых

кристаллах, содержащих примеси. Излучение подходящей частоты может возбудить атомы примесей до самого высокого из трех уровней. Затем эти атомы, потеряв часть своей энергии, оказываются «пойманными» относительно стабильным промежуточным энергетическим состоянием. Затем к действию мазера и выделению излишней энергии в виде излучения добавляется скачок из промежуточного в основное состояние, сопровождающийся усилением входного излучения той же частоты. В такой системе к физическому носителю мазера следует прикладывать энергию большей частоты (с более короткой длиной волны), чем усиливаемая, поскольку атомы нужно возбудить до более высокого, третьего, уровня. Вскоре мазер стал выполнять роль высокочувствительного усилителя с низким уровнем шума для приема микроволн во многих различных системах. Так, например, в радиоастрономии он позволил распознавать радиоисточники на огромных расстояниях от Земли.

В 1958 г. Т. и его шурин Артур Л. Шавлов сформулировали требования, которые необходимо выполнить, чтобы построить мазер, действующий в более высокочастотной области, соответствующей инфракрасному, видимому и ультрафиолетовому свету. Два года спустя американский физик Теодор Мейман построил такой прибор, излучавший красный свет, в котором в качестве резонансной полости использовался стержень из искусственного рубина с зеркальными концами, а возбуждаемыми атомами служили атомы хрома, вкрапленные в рубин. Этот прибор назвали лазером от английского выражения light amplification by stimulated emission of radiation – световое усиление с помощью индуцированного (стимулированного) излучения. Дальнейшее развитие лазеров носило лавинообразный характер, приведя к образованию новой области, получившей название квантовой электроники. Ныне лазеры используются в связи, машиностроении, медицине, инструментальных и измерительных приборах, в искусстве и в военных областях.

Т: разделил в 1964 г. Нобелевскую премию по физике с Николаем Басовым и Александром Прохоровым «за фундаментальную работу в области квантовой электроники, которая привела к созданию осцилляторов и усилителей, основанных на мазерно-лазерном принципе».

С 1959 по 1961 г. Т. был вице-президентом и директором по науке Института оборонных исследований, занимающегося вопросами обороны, стратегии и системами вооружений. В 1961 г. он занял пост проректора и профессора физики Массачусетского технологического института, а в 1966 г. был назначен университетским профессором физики в Калифорнийском университете в Беркли, где и работает в этом качестве и поныне.

Во время службы в Институте оборонных исследований Т. продолжал активно участвовать в вопросах разработки научной политики, в работе многочисленных местных и правительственных комитетов. В Калифорнийском университете Т. и его коллеги в области инфракрасной и микроволновой астрономии открыли первые многоатомные молекулы в межзвездном пространстве, а именно молекулы аммиака и воды. Он также

ввел новые современные методы инфракрасного детектирования, использующие лазерные осцилляторы, в астрономическую спектроскопию и интерферометрию. Эта работа привела к созданию в 1987 г. системы передвижных инфракрасных телескопов, которая, по словам Т., позволит различить в 100 раз больше деталей, чем обычный радиотелескоп.

Т. был членом правления Солковского института биологических исследований с 1963 по 1968 г. и компании «Рэнд корпорейшн» в 1965...1970 гг. Он являлся членом научно-консультативной группы ВВС США с 1958 по 1961 г. и возглавлял Научно-технологический консультативный комитет по полетам человека в космос при НАСА с 1964 по 1969 г. В 1969 г. он член Президентской группы по национальной научной политике, в 1971...1973 гг. – научный советник компании «Дженерал моторе».

В 1941 г. Т. женился на Фрэнсис Браун. У них четыре дочери. Любитель-натуралист, Т. увлекается музыкой, языками, подводным плаванием и путешествиями.

Кроме Нобелевской премии, Т. получил премию Комстока американской Национальной академии наук (1959); медаль Стюарта Баллантайна Франклиновского института (1959, 1962); премию по электронике Дэвида Сарноффа Американского электротехнического института (1961); медаль Джона Карти американской Национальной академии наук (1962); почетную медаль за общественную деятельность, присуждаемую НАСА (1969); международную золотую медаль Нильса Бора Датского общества инженеров – строителей, электриков и механиков (1979) и Национальную медаль «За научные достижения» Национального научного фонда (1982). Он член американской Национальной академии наук, Института инженеров по электротехнике и электронике, Американской академии наук и искусств, Американского философского общества и Американского астрономического общества. Является иностранным членом Лондонского королевского общества. Он получил почетные ученые степени от более чем двадцати колледжей и университетов и является членом редколлегий журналов «Ревью оф сайентифик инструменте» («Review of Scientific Instruments»), «Физикал ревью» («Physical Review»), «Джорнэл оф молекуляр спектроскопи» («Journal of Molecular Spectroscopy»).

ТИНГ (Ting), Сэмюэл Ч. Ч.

род. 27 января 1936 г.
Нобелевская премия по физике, 1976 г.
совместно с Бертоном Рихтером

Американский физик-ядерщик Сэмюэл Ч.Ч. Тинг родился в Ан-Арборе (штат Мичиган). Он был старшим из трех детей Тинг Куаньхая, профессора, специалиста по технологиям, работавшего в то время в Мичиганском университете, и Ван Дзуньин, профессора психологии. Через два месяца после его рождения семья вернулась в континентальный Китай, где Т. провел свое раннее детство. Подростком он жил на Тайване, где его отец преподавал в Тайваньском национальном университете. Т. возвратился в США в 1956 г. всего лишь с сотней долларов и слабым знанием английского языка, но с желанием поступить в Мичиганский университет. Поддержанный стипендиальным фондом, он добился своего и в 1959 г. получил степень бакалавра по математике и физике, в 1960 г. – степень магистра по физике, а в 1962 г. – докторскую степень по физике.

Т. провел 1963 г. в ЦЕРНе (Европейском центре ядерных исследований) в Женеве (Швейцария), работая вместе с итальянским физиком Джузеппе Коккони на протонном синхротроне – ускорителе частиц. Два года спустя он перешел на факультет Колумбийского университета в Нью-Йорке и вскоре заинтересовался недавним экспериментом, проведенным на ускорителе электронов в Гарвардском университете. Эксперимент был связан с «производством пар», т.е. одновременным получением электрона и его античастицы, позитрона, путем столкновения кванта излучения (фотона) с ядерной мишенью. (Позитрон во всем идентичен электрону, за исключением знака заряда, который у позитрона положителен.)

Экспериментальные результаты, казалось, нарушали некоторые предсказания квантовой электродинамики, описывающей взаимодействие материи с электромагнитным излучением.

Взяв отпуск в Колумбийском университете, Т. отправился в Гамбург (ФРГ), чтобы повторить гарвардский эксперимент на ускорителе ДЕСИ (название германского электронного синхротрона). Гамбургская группа во главе с Т. создала инструмент, названный двухлучевым спектрометром, предназначенным для регистрации электронно-позитронных пар. Два луча спектрометра позволяли одновременно измерять импульсы (произведение массы на скорость) двух частиц (с помощью отклонения их большими магнитами), а также углы между их траекториями и направлением входящего пучка. Раздельное измерение скоростей частиц позволяет вычислить их массы и определить их общую энергию. Затем их можно идентифицировать и установить корреляции между ними Спектрометр можно было также настроить таким образом, чтобы он регистрировал лишь частицы с определенными импульсами, чтобы можно было использовать различные эффективные массы. Полученные группой экспериментальные результаты показали, что описание возникновения пар, даваемое квантовой электродинамикой, справедливо вплоть до малых расстояний порядка одной стотриллионной сантиметра.

Т. продолжал изучать возникновение пар и искать новые частицы, при распаде которых образовывались бы электронно-позитронные пары. Одновременно со своей работой на ДЕСИ он в 1967 г. начал преподавать физику в Массачусетском технологическом институте (МТИ) и двумя годами позже стал там профессором. Со своей группой в 1971 г. Т. начал поиск частиц на ускорителе протонов мощностью 30 млрд. электрон-вольт в Брукхейвенской национальной лаборатории в Лонг-Айленде (штат Нью-Йорк)

Т. искал короткоживущие, относительно тяжелые частицы. Поскольку большая масса эквивалентна очень большой энергии, согласно теории относительности Альберта Эйнштейна, искомые частицы могли появиться только при бомбардировке мишени частицами с высокой энергией. Для таких исследований прежде всего требовался сверхчувствительный детектор, который был бы способен идентифицировать такое событие, как возникновение электронно-позитронной пары с измеримой энергией в течение одной миллиардной доли секунды среди миллиардов других взаимодействий, не представляющих интереса, и под натиском 10 трлн. протонов в секунду. Нельзя было ожидать, что частицу рассматриваемого типа можно поймать и наблюдать непосредственно, однако она должна была проявиться, распавшись на электронно-позитронную пару, энергия которой должна была равняться энергии исчезнувшей родительской частицы. Это требовало высокой разрешающей способности при больших массах, т.е. возможности добавить точно известные небольшие порции энергии к уже существующему большому количеству энергии и измерить их влияние на образование пары. Т. со своими коллегами решил создать оригинальный

вариант двухлучевого спектрометра. Исключительно сложный аппарат, после того как была тщательно отлажена каждая из его компонент, заработал почти с первого включения. Это добавило новый штрих к той репутации, которую Т. снискал в Гамбурге, репутации искусного, тонкого экспериментатора с завидной проницательностью.

Группа Т. бомбардировала пучком протонов бериллиевую мишень. В августе 1974 г. после нескольких месяцев работы они обнаружили острый узкий пик, связанный с возникновением электронно-позитронной пары, при 3,1 млрд. электрон-вольт. После нескольких месяцев повторных проверок этого результата самыми разными способами Т. пришел к выводу, что они имеют дело с новой, не предвиденной ранее частицей. Она была вдвое тяжелее других сравнимых частиц, а ее масса (в терминах эквивалентной энергии) имела в тысячу раз более узкий диапазон, что указывало на малый разброс энергетических состояний, в которых могла находиться данная частица, и могло служить ключом к выявлению ее природы. Т. хотел исследовать другие связанные с этим проблемы, прежде чем публиковать результаты, и не сделал немедленного сообщения в печати. Он лишь проинформировал Джордже Беллеттини, директора лаборатории Фраскати в Италии. Зная, где нужно вести поиск, физики этой лаборатории буквально в течение двух дней подтвердили открытие Т. Статьи Т. и группы из лаборатории Фраскати появились в одном и том же ноябрьском номере журнала «Физикал ревью леттерз» ("Physical Review Letters").

Когда Т. подыскивал имя для новой частицы, ему напомнили, что для названий устойчивых частиц возбуждаемой группы в современной физике используются заглавные латинские буквы, тогда как частицы более классической группы обозначаются греческими буквами. Поскольку в его опытах участвовали электромагнитные токи, которые обозначаются символом J, он дал своей частице имя J (джей). Во время очередной плановой встречи на территории Станфордского линейного ускорителя (СЛАК) в Калифорнии Т. рассказал о своем открытии директору СЛАК Вольфгангу Панофски. Панофски в ответ сообщил ему, что всего лишь несколько дней назад физик из СЛАК Бертон Рихтер сделал сообщение об аналогичном открытии. Сравнив записи, Т. и Рихтер пришли к выводу, что они открыли одну и ту же частицу, которую Рихтер назвал ψ (пси). В знак признания их независимых друг от друга и почти одновременных открытий было решено назвать частицу джей/пси. Многие физические лаборатории внесли изменения в план своей работы, чтобы исследовать новую частицу, тогда как ядерщики-теоретики попытались найти ей место в своих теориях.

Т. и Рихтер были награждены в 1976 г. Нобелевской премией по физике «за изыскательскую работу по открытию тяжелой элементарной частицы нового типа». По словам Геста Экспонга, члена Шведской королевской академии наук, во время презентации лауреатов, Т. открыл новую частицу, в ходе исследования процесса рождения пары из электрона и позитрона при высоких энергиях. Что касается Рихтера, продолжал Экспонг, то он стремился осуществить фронтальное столкновение электронов с

позитронами, и частица появилась, когда условия были точно соблюдены. Создается впечатление, напомнил Экспонг, что «частицы черпают свои свойства из более глубокого уровня деления материи, где требуется всего лишь несколько строительных кирпичей, называемых кварками».

Поскольку частица джей-пси жила в несколько тысяч раз дольше, чем можно было объяснить, исходя из допущения, что существуют только три фундаментальные частицы, называемые кварками, которые образуют различные комбинации, физики выдвинули предположение, что наличие этой частицы связано с существованием четвертого кварка, названного очарованным. Хотя последняя частица была предсказана раньше, экспериментальное подтверждение ее существования до открытия Т. и Рихтера отсутствовало.

С помощью ускорителей в ЦЕРНе и ДЕСИ Т. продолжает поиски новых частиц. Он также выполняет преподавательские обязанности в МТИ, где в 1977 г. стал первым институтским профессором.

В 1960 г. Т. женился на Кэй Луизе Кюне, архитекторе. У них две дочери. Он известен как спокойный и увлекающийся человек, дотошный экспериментатор.

Т. является членом Американской академии наук и искусств, американской Национальной академии наук, Американского, Европейского и Итальянского физических обществ. Он получил памятную награду имени Эрнеста Орландо Лоуренса по физике Агентства по изучению и развитию энергетики в США (1976). Он также имеет почетную ученую степень Мичиганского университета.

ТОМОНАГА (Tomonaga), Синъитиро

31 марта 1906 г. – 8 июля 1979 г.
Нобелевская премия по физике, 1965 г.
совместно с Ричардом Ф. Фейнманом и Джулиусом С. Швингером

Японский физик Синъитиро Томонага родился в Токио, был старшим сыном Сандзюро и Хиде Томонага. В 1913 г., когда его отец занял пост профессора философии Киотского императорского университета, семья переехала в Киото, где Т. учился в прославленной на всю страну 3-й средней школе.

Т. получил степень бакалавра по атомной физике в Киото в 1929 г. и оставался здесь еще три года в качестве аспиранта и ассистента в исследовательской лаборатории Кадзюро Тамаки. Одним из его коллег здесь был Хидэки Юкава, который впоследствии предсказал существование пиона, частицы, осуществляющей передачу ядерной силы между протонами и нейтронами. В 1932 г. Т. перешел в Институт химических и физических исследований в Токио в качестве ассистента-исследователя лаборатории Есио Нисины. С 1937 по 1939 г. он работал в Лейпцигском университете с Вернером Гейзенбергом. Работа, посвященная физическим свойствам атомного ядра, которую он опубликовал, будучи в Германии, была принята в качестве докторской диссертации в Токийском императорском университете в 1939 г.

В 1941 г. Т. занял пост профессора физики в Токийском университете науки и литературы (который позже вошел в состав Токийского университета культуры). Во время второй мировой войны он работал над радарами, т.е. в той области, которой занимался и Джулиус С. Швингер, позднее разделивший с ним Нобелевскую премию.

В начале научной работы интересы Т. были связаны с квантовой электродинамикой, к которой он периодически возвращался на протяжении более чем 20 лет. Его первое исследование в этой области было сделано с Нисиной в Токио, продолжил он его с Гейзенбергом в Лейпциге и вновь вернулся к нему вместе со своими студентами в Токио во время войны. Значительное продвижение на этом пути началось в 1947 г., и именно за эту работу он получил Нобелевскую премию.

Целью исследований Т. в области квантовой электродинамики являлось согласование двух эпохальных физических теорий XX в. – квантовой механики и специальной теории относительности. Квантовая механика в том виде, как она была сформулирована в середине 20-х гг., успешно справилась с объяснением строения атома. Однако был один существенный момент, где эта теория оказалась неполной, ибо она не принимала в расчет возможности превращения материи в энергию, и наоборот. Возможность такого преобразования – это центральный результат специальной теории относительности Альберта Эйнштейна.

Начиная с 1927 г. английский физик П.А. М. Дирак пытался согласовать квантовую механику с теорией относительности. Он сконцентрировал свое внимание на связи между электронами и электромагнитным, излучением. Согласно законченной форме теории Дирака, фотон, или квант электромагнитной энергии, может «материализоваться», порождая при этом электрон и позитрон (античастица, двойник электрона). Аналогично электрон и позитрон в результате

аннигиляции могут порождать фотон. Т. и Нисина исследовали эти процессы в начале 30-х гг.

Теория Дирака дала ключ к новому пониманию взаимодействий заряженных частиц. Например, два соседних электрона могут обменяться серией фотонов, перебрасываясь ими, как мячиками. Сила реакции, испытываемая каждым электроном, когда он испускает или поглощает фотон, тогда проявится как электромагнитное отталкивание, которое стремится удалить электроны друг от друга. В этом случае говорят, что участвующие в подобном обмене фотоны являются «виртуальными» частицами, поскольку их существование быстротечно и их нельзя обнаружить непосредственно.

Энергию виртуальных фотонов можно подсчитать, пользуясь принципом неопределенности Гейзенберга, согласно которому максимальная энергия частицы зависит от величины промежутка времени, необходимого для измерения этой энергии. Поскольку виртуальные фотоны существуют очень малое время, их энергия может быть велика. Более того, так как взаимодействующие электроны по мере сближения укорачивают время жизни виртуальных фотонов, в этом случае верхняя граница энергии еще более поднимается. Возникает интересный вопрос: что произойдет, когда один и тот же электрон сначала испустит виртуальный фотон, а затем вновь поглотит его. В этом случае время жизни фотона может приближаться к нулю и, следовательно, допустимая энергия становится неограниченной. Непрерывное испускание и поглощение таких фотонов, по-видимому, придаст электрону бесконечную массу.

К началу 40-х гг. было признано, что из теории Дирака вытекает, что электрон должен обладать бесконечной массой, а также – по аналогичным соображениям, связанным с виртуальными электронами и позитронами, – и бесконечным электрическим зарядом. Эти выводы, очевидно, абсурдны, так как масса и заряд электрона, как хорошо известно, конечны и не очень велики. Тем не менее этой теорией продолжали пользоваться, поскольку ее недостатки становятся очевидными, только когда мы изучаем электроны с очень близкого расстояния. Для большинства экспериментов, осуществимых в то время, теория Дирака давала верные предсказания, да к тому же лучшей теории не было.

Кризис квантовой электродинамики разразился в 1947 г., когда Уиллис Ю. Лэмб и Роберт К. Резерфорд экспериментально установили, что один энергетический уровень электрона в атоме водорода слегка отличается от значения, предсказанного Дираком. Примерно в то же самое время Поликарп Куш со своими коллегами обнаружил, что магнитный момент такого электрона также слегка отличается от предсказанного значения. Эти противоречия побудили Т. и Швингера реконструировать квантовую электродинамику. Т., изолированный в послевоенной Японии от большинства западных физиков, узнал о результатах Лэмба не из научного журнала, а из научно-популярной колонки в одном еженедельном американском журнале.

Прежде были попытки справиться с очевидно бесконечными массой и зарядом электрона, просто отрицая их существование. Т. и Швингер избрали иной подход: вместо отбрасывания бесконечностей они их использовали. Они показали, что измеряемая масса электрона должна состоять из двух компонентов: истинной, или «чистой», массы, которой обладал бы электрон, если бы он наблюдался изолированно, и массы, связанной с облаком виртуальных фотонов (и других виртуальных частиц), которые электрон непрерывно испускает и поглощает. Если облако фотонов обладает бесконечной массой, то отсюда следует, что чистая масса тоже должна быть бесконечной, но отрицательной. Когда два таких компонента соединяются в общую массу, бесконечности взаимно сокращаются, оставляя только небольшой конечный остаток, который соответствует измеряемой массе. Используя аналогичный подход к бесконечному заряду электрона, Т. и Швингер постулировали бесконечный отрицательный чистый заряд, который притягивает облако положительно заряженных виртуальных частиц. Бесконечно большой положительный заряд виртуального облака экранирует отрицательный чистый заряд, за исключением конечного остатка.

Математическая процедура, изобретенная Т. и Швингером для исключения бесконечных масс и зарядов, называется перенормировкой. Хотя перенормировка дала квантовой электродинамике спасительную концепцию, в конечном итоге многие физики считали, что подобное лекарство хуже самой болезни. Перенормировка устраняла некоторые бесконечности, вводя другие, включая массы, которые не только бесконечны, но еще и отрицательны. Однако Т. и Швингер подчеркивали, что в их теории наблюдаемые величины масс конечны и положительны. Электрон нельзя отделить от его облака виртуальных частиц, поэтому бесконечные чистые массу и заряд наблюдать невозможно. Независимо от Т. и Швингера и приблизительно в то же самое время Ричард Ф. Фейнман нашел совершенно отличный путь для выражения идей квантовой электродинамики. Он показал, что каждое взаимодействие между частицами (включая виртуальные частицы) можно представить с помощью диаграммы траекторий частиц в пространстве и времени.

Теория перенормировки в квантовой электродинамике оказалась наиболее точной из всех физических теорий. Некоторые характеристики электрона можно измерить с точностью значений до нескольких миллиардных; значения, предсказанные теорией, точно согласуются с экспериментальными данными. Более того, квантовая электродинамика послужила моделью для теорий, описывающих иные силы природы, и перенормировка явилась существенным шагом к тому, чтобы эти теории стали работать.

Т., Фейнман и Швингер разделили Нобелевскую премию по физике за 1965 г. «за фундаментальную работу в квантовой электродинамике с далеко идущими последствиями для физики элементарных частиц», В Нобелевской лекции Т. коснулся эволюции идей, побудивших его начать работу в этом направлении. Неудача теории Дирака, сказал он, «породила у

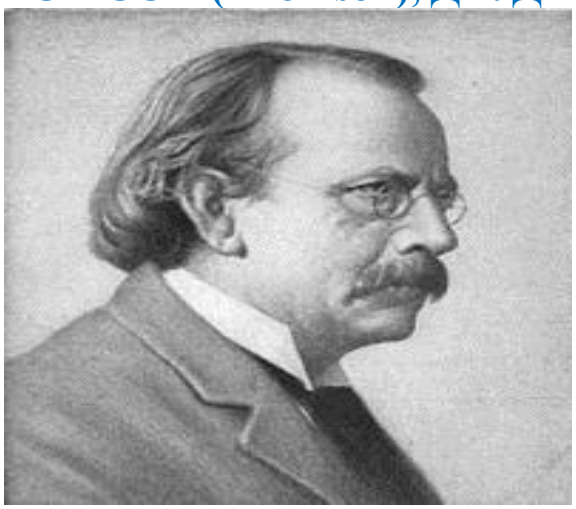
многих сильное недоверие к квантовой теории поля. Были даже люди с крайними взглядами, считавшие, что сама концепция воздействия поля не имеет ничего общего с истинными законами природы... Под влиянием Гейзенберга я пришел к убеждению, что теория воздействий поля, не имевшая объяснения, нуждается во фронтальном наступлении на нее».

Работа Т. во время и сразу после второй мировой войны стала известной за пределами Японии прежде всего благодаря усилиям Юкавы. В результате в 1949 г. его пригласили в Институт фундаментальных исследований в Принстоне (штат Нью-Джерси), где он занимался работой в области квантовой механики систем из многих частиц, таких, как твердые тела, и тем самым открыл новую область исследований. Когда в 1951 г. умер Нисина, Т. вернулся в Японию, чтобы возглавить Институт химических и физических исследований. С 1956 по 1962 г. он был президентом токийского университета культуры, а с 1963 по 1969 г. занимал пост президента Научного совета Японии. Он также возглавлял Институт оптических исследований и служил в различных правительственных комитетах. Он помогал организовать Институт исследований по фундаментальной физике при Киотском университете и Институт ядерных исследований при Токийском университете.

В 1940 г. Т. женился на Реко Секигути, дочери директора токийской Метрополитен-обсерватории. У них было два сына и дочь. Т. умер 8 июля 1979 г.

Кроме Нобелевской премии, Т. получил премию Японской академии наук (1948), орден Культуры японского правительства (1952) и золотую медаль им. Ломоносова АН СССР (1964). Он был членом Японской академии наук, Германской академии естествоиспытателей «Леопольдина», иностранным членом Шведской королевской академии наук, членом-корреспондентом Баварской академии наук, иностранным членом американской Национальной академии наук.

ТОМСОН (Thomson), Дж. Дж.



18 декабря 1856 г. – 30 августа 1940 г.
Нобелевская премия по физике, 1906 г.

Английский физик Джозеф Джон Томсон родился в Читхэм-Хилл, пригороде Манчестера, в семье Джозефа Джеймса и Эммы (в девичестве Суинделлс) Томсон. Поскольку отец, книготорговец, хотел, чтобы мальчик стал инженером, его в возрасте четырнадцати лет послали в Оуэнс-колледж (ныне Манчестерский университет). Однако через два года отец умер, оставив сына без средств. Тем не менее он продолжил обучение благодаря финансовой поддержке своей матери и стипендиальному фонду.

Оуэнс-колледж сыграл важную роль в карьере Т., поскольку там был превосходно оборудованный факультет и в отличие от большинства колледжей того времени читались курсы экспериментальной физики. Получив в Оуэнсе в 1876 г. звание инженера, Т. поступил в Тринитиколледж Кембриджского университета. Здесь он изучал математику и ее приложения к задачам теоретической физики. Степень бакалавра по математике он получил в 1880 г. На следующий год он был избран членом ученого совета Тринитиколледжа и начал работать в Кавендишской лаборатории в Кембридже.

В 1884 г. Дж.У. Стретт, преемник Джейма Клерка Максвелла на посту профессора экспериментальной физики и директора Кавендишской лаборатории, ушел в отставку. Т. занял этот пост, несмотря даже на то, что ему было тогда всего двадцать семь лет и он не добился еще сколько-нибудь заметных успехов в экспериментальной физике. Однако его очень ценили как математико-физика, он активно применял максвелловскую теорию электромагнетизма, что и сочли достаточным при рекомендации его на этот пост.

Приступив к своим новым обязанностям в лаборатории, Т. решил, что главным направлением его исследований должно стать изучение электрической проводимости газов. Особенно его интересовали эффекты, возникающие при прохождении электрического разряда между электродами, помещенными в противоположных концах стеклянной трубки, из которой выкачан почти весь воздух. Ряд исследователей, и среди них английский физик Уильям Крукс, обратили внимание на одно любопытное явление, возникающее в таких газоразрядных трубках. Когда газ становится достаточно разреженным, стеклянные стенки трубки, расположенные на конце, противоположном катоду (отрицательному электроду), начинают флуоресцировать зеленоватым светом, что, по всей видимости, происходило под воздействием излучения, возникающего на катоде.

Катодные лучи вызвали в научной среде огромный интерес, а относительно их природы высказывались самые разноречивые мнения. Британские физики в большинстве своем полагали, что эти лучи представляют собой поток заряженных частиц. Напротив, немецкие ученые большей частью склонялись к мнению, что они являются возмущениями – быть может, колебаниями или токами – в некоей гипотетической невесомой среде, в которой, как они полагали, распространяется данное излучение. С этой точки зрения катодные лучи представлялись чем-то вроде высокочастотной электромагнитной волны, подобной ультрафиолетовому

свету. Немцы ссылались на опыты Генриха Герца, который, как считалось, обнаружил, что катодные лучи, отклоняясь под воздействием магнитного поля, остаются нечувствительными к сильному электрическому полю. Предполагалось, что это опровергает мнение, будто катодные лучи – это поток заряженных частиц, ибо электрическое поле неизменно оказывает воздействие на траекторию таких частиц. Даже если это было и так, тем не менее экспериментальные доводы немецких ученых оставались не вполне убедительными.

Исследования катодных лучей и связанных с ними явлений оживились в связи с открытием Вильгельмом Рентгеном в 1895 г. рентгеновских лучей. Между прочим, эта форма излучения, о которой ранее не подозревали, также возникает в газоразрядных трубках (но не на катоде, а на аноде). Вскоре Т., работая вместе с Эрнестом Резерфордом, обнаружил, что облучение газов рентгеновскими лучами в огромной степени увеличивает их электропроводность. Рентгеновские лучи ионизировали газы, т.е. они превращали атомы газа в ионы, которые в отличие от атомов заряжены и, следовательно, служат хорошими переносчиками тока. Т. показал, что возникающая здесь проводимость в чем-то похожа на ионную проводимость при электролизе в растворе.

Выполнив со своими студентами весьма плодотворное исследование проводимости в газах, Т., ободренный успехами, вплотную занялся нерешенным вопросом, который занимал его уже много лет, а именно составом катодных лучей. Как и другие его английские коллеги, он был убежден в корпускулярной природе катодных лучей, полагая, что это могли быть быстрые ионы или другие наэлектризованные частицы, вылетающие из катода. Повторив опыты Герца, Т. показал, что на самом деле катодные лучи отклоняются электрическими полями. (Отрицательный результат у Герца был связан с тем, что в его газоразрядных трубках находилось слишком много остаточного газа.) Т. отмечал позднее, что «отклонение катодных лучей электрическими силами стало вполне различимым, а его направление указывало на то, что составляющие катодные лучи частицы несли отрицательный заряд. Этот результат устраняет противоречие между воздействием электрических и магнитных сил на катодные частицы. Но он имеет гораздо большее значение. Здесь возникает способ измерения скорости этих частиц v, а также и e/m, где m – масса частицы, а e – ее электрический заряд».

Метод, предложенный Т., был весьма прост. Сначала пучок катодных лучей отклонялся с помощью электрического поля, а затем с помощью магнитного поля он отклонялся на равную величину в противоположную сторону, так что в итоге пучок вновь выпрямлялся. Используя такую экспериментальную методику, стало возможным вывести простые уравнения, из которых, зная напряженности двух полей, легко определить как v, так и e/m.

Найденное таким образом значение e/m для катодных «корпускул» (как называет их Т.) оказалось в 1000 раз больше соответствующего значения

для иона водорода (теперь мы знаем, что истинное отношение близко к 1800:1). Водород среди всех элементов обладает наибольшим отношением заряда к массе. Если, как полагал Т., корпускулы несли тот же самый заряд, что и ион водорода, («единичный» электрический заряд), то он открыл новую сущность, в 1000 раз более легкую, чем простейший атом.

Эта догадка подтвердилась, когда Т. с помощью прибора, изобретенного Ч.Т. Р. Вильсоном, удалось измерить значение e и показать, что оно действительно равно соответствующему значению для иона водорода. Он обнаружил далее, что отношение заряда к массе для корпускул из катодных лучей не зависит от того, какой газ находится в газоразрядной трубке и из какого материала сделаны электроды. Более того, частицы с тем же самым отношением e/m удавалось выделить из угля при нагревании и из металлов при воздействии на них ультрафиолетовыми лучами. Отсюда он сделал вывод, что «атом – не последний предел делимости материи; мы можем двигаться дальше – к корпускуле, и эта корпускулярная фаза одинакова, независимо от источника ее возникновения... Она, по всей видимости, входит составной частью во все разновидности материи при самых разных условиях, поэтому кажется вполне естественным рассматривать корпускулу как один из кирпичиков, из которых построен атом».

Т. пошел дальше и предложил модель атома, согласующуюся с его открытием. В начале XX в. он выдвинул гипотезу, что атом представляет собой размытую сферу, несущую положительный электрический заряд, в которой распределены отрицательно заряженные электроны (как в конце концов стали называть его корпускулы). Эта модель, хотя она и была вскоре вытеснена ядерной моделью атома, предложенной Резерфордом, обладала чертами, ценными для ученых того времени и стимулировавшими их поиски.

Т. получил в 1906 г. Нобелевскую премию по физике «в знак признания его выдающихся заслуг в области теоретических и экспериментальных исследований проводимости электричества в газах». На церемонии презентации лауреата Дж.П. Класон, член Шведской королевской академии наук, поздравил Т. с тем, что он «дал миру несколько главных трудов, позволяющих натурфилософу нашего времени предпринять новые исследования в новых направлениях». Показав, что атом не является самой последней неделимой частицей материи, как это долго считали, Т. и в самом деле открыл дверь в новую эру физической науки.

Между 1906 и 1914 гг. у Т. начался второй и последний большой период экспериментальной деятельности. Он изучал канальные лучи, которые движутся по направлению к катоду в разрядной трубке. Хотя Вильгельм Вин уже показал, что канальные лучи представляют собой поток положительно заряженных частиц, Т. с коллегами пролили свет на их характеристику, выделили различные типы атомов и атомных групп в этих лучах. В своих опытах Т. продемонстрировал совершенно новый способ разделения атомов, показав, что некоторые атомные группы, такие, как CH, CH2 и CH3, могут существовать, хотя в обычных условиях их существование

нестабильно. Большое значение имеет и то, что ему удалось обнаружить, что пробы инертного газа неона содержат атомы с двумя различными атомными весами. Открытие этих изотопов сыграло важную роль в понимании природы тяжелых радиоактивных элементов, таких, как радий и уран.

Во время первой мировой войны Т. работал в Управлении исследований и изобретений и был советником правительства. В 1918 г. он возглавил Тринитиколледж. Год спустя Резерфорд сменил его на посту профессора экспериментальной физики и директора Кавендишской лаборатории.

После 1919 г. деятельность Т. сводилась к выполнению обязанностей главы Тринити-колледжа, дополнительным исследованиям в Кавендишской лаборатории и выгодным вложениям денег. Ему нравилось работать в саду, и он часто совершал дальние прогулки в поисках необычных растений.

Томсон женился на Розе Паджет в 1890 г.; у них были сын и дочь. Его сын, Дж.П. Томсон, получил Нобелевскую премию по физике за 1937 г. Т. умер 30 августа 1940 г. и был похоронен в Вестминстерском аббатстве в Лондоне.

Т. оказал влияние на физику не только результатами своих блестящих экспериментальных исследований, но и как превосходный преподаватель и прекрасный руководитель Кавендишской лаборатории. Привлеченные этими его качествами, сотни наиболее талантливых молодых физиков со всего мира выбирали местом обучения Кембридж. Из тех, кто работал в Кавендише под руководством Т., семеро стали в свое время лауреатами Нобелевской премии.

В дополнение к Нобелевской премии Т. получил много других наград, среди которых можно указать медали: Королевскую (1894), Хьюза (1902) и Копли (1914), присужденные Лондонским королевским обществом. Он был президентом Лондонского королевского общества в 1915 г. и ему было пожаловано дворянство в 1908 г.

ТОМСОН (Thomson), Дж. П.

3 мая 1892 г. – 10 сентября 1975 г.
Нобелевская премия по физике, 1937 г.

совместно с Клинтоном Дж. Дэвиссоном

Английский физик Джордж Паджет Томсон родился в Кембридже. Он был единственным сыном и старшим из двух детей Дж.Дж. Томсона, профессора экспериментальной физики Кембриджского университета и директора Кавендишской лаборатории, и Розы Элизабет (в девичестве Паджет) Томсон, дочери Джорджа Паджета, регius-профессора медицины в Кембридже. До вступления в брак Роза Паджет была одной из студенток Дж. Томсона в Кавендишской лаборатории.

Джи-Пи, как называли его друзья и коллеги, получил школьное образование в Перс-скул в Кембридже, где учился блестяще. Поступив в Тринити-колледж в 1910 г., он уже на следующий год оказался старшекурсником ив 1914 г. взял первые награды по математике и естественным наукам. Окончив в этом же году университет со степенью бакалавра, он стал стипендиатом-исследователем и преподавателем математики в Корпус-Кристи-колледже Кембриджа. В этом качестве он пребывал вплоть до 1922 г. с перерывом в годы первой мировой войны.

Во время войны Т. с 1914 по 1915 г. служил во Франции лейтенантом, а затем вернулся в Англию, где в течение четырех лет работал над проблемами устойчивости и летных качеств самолетов. В это время он научился летать и написал свой первый учебник «Прикладная аэродинамика» («Applied Aerodynamics»), который был опубликован в 1919 г. По возвращении в Кембридж Т. закончил исследования по электрическим разрядам в газах – ту работу, которую он начал еще студентом под руководством своего отца. В ходе ее он открыл – одновременно с Фрэнсисом У. Астоном, – что элемент литий существует в форме двух изотопов с массами 6 и 7.

В 1922 г. Т. стал профессором натурфилософии (физики) в Абердинском университете в Шотландии и занимал этот пост до 1930 г., когда он был назначен профессором физики в Империал-колледже в Лондоне. В 1952 г. он возвращается в Кембридж как руководитель Корпус-Кристи-колледжа, где и остается вплоть до ухода в отставку в 1962 г.

Именно в Абердине Т. сделал свой наиболее значительный вклад в теоретическую физику. В период между 1919 и 1927 гг. американский физик Клинтон Дж. Дэвиссон (в содружестве с К. Кунсманом и Лестером Джермером) изучал взаимодействие электронов с металлическими поверхностями. Используя электронные пучки и монокристаллические металлические мишени, эта группа ученых, работая в лабораториях телефонной компании «Белл», экспериментально доказала существование дифракции электронов на кристаллах – явления, предсказанного еще Луи де Бройлем, который выдвинул гипотезу о том, что электроны имеют волновую природу, причем длина волны электрона обратно пропорциональна его скорости. Решающие эксперименты были проведены этими учеными в январе 1927 г., когда им удалось зарегистрировать явление интерференции, вызванное дифракцией электронов на монокристалле никеля.

Т. узнал об исследованиях Дэвиссона в сентябре 1926 г., когда оба ученых встретились на конференции в Оксфорде. Вернувшись в Абердин, он начал изучать взаимодействие электронов с тонкими твердыми пленками в вакууме вместо более сложной газовой среды. Т. предложил одному из своих студентов, Александеру Риду, использовать в качестве мишени очень тонкую пленку целлулоида. Многие электроны, обладавшие высокой энергией, проходя через такую пленку, отклонялись, образуя на помещенной позади мишени фотопластинке дифракционные кольца. По мере возрастания энергии у электронов углы отклонения уменьшались, что подтверждало волнообразное поведение электронов.

Поскольку структура целлулоида была тогда еще неизвестна, Т. и Рид переключились на металлические мишени (алюминиевые, золотые, платиновые) с хорошо изученной кристаллической решеткой. В каждом случае отклонившиеся электроны образовывали ясно различимые кольца, размеры которых превосходно согласовывались с формулой де Бройля. Эксперименты Т. дали решающее опытное подтверждение гипотезе о волновой природе высокоэнергетических электронов, дополнив тем самым результаты Дэвиссона, который имел дело с электронами низких энергий.

Т. и Дэвиссон разделили в 1937 г. Нобелевскую премию по физике «за экспериментальное открытие дифракции электронов на кристаллах». При презентации лауреатов Ханс Плейель, член Шведской королевской академии наук, сказал: «С помощью электронных пучков стало возможным объяснить, каким образом структура металлических поверхностей изменяется при различных механических, температурных и химических воздействиях. Кроме того, удалось установить свойства тонких слоев газа и порошка». Болезнь помешала Т. присутствовать на церемонии награждения, однако в следующем году он съездил в Стокгольм, чтобы прочитать Нобелевскую лекцию.

После 1937 г. Т. неоднократно выполнял роль научного советника британского министерства авиации. В 1941 г. возглавляемый им комитет передал британскому правительству заключение, в котором производство атомной бомбы признавалось осуществимым. Эта рекомендация оказала влияние на решение Великобритании принять участие в Манхэттенском проекте. После второй мировой войны Т. принял активное участие в работах по овладению управляемым термоядерным синтезом. Он выступал в поддержку максимального международного сотрудничества в развитии атомной энергии в мирных целях. Свой последний вклад в физику он сделал в 1951 г., когда исследовал ливни космических частиц в космических лучах, испускаемых звездами.

В 1924 г. Т. женился на Кетлин Бьюкенен, дочери ректора Абердинского университета. У них родились два сына и две дочери, которых Томсону пришлось воспитывать одному после смерти жены в 1941 г. С детства Т. увлекался изготовлением миниатюрных моделей кораблей, любил пускать их по воде. Его коллега Майкл Маккрум как-то вспоминал, что «способность Т. связывать между собой разнообразные факты, его богатая

память, широкий кругозор и проницательный ум вместе с ненасытной жаждой обмениваться мнениями делали застольные беседы с ним просто восхитительными».

Т. было пожаловано дворянство в 1943 г. Среди его многочисленных наград есть медаль Хьюза (1939) и Королевская медаль (1949) Лондонского королевского общества, медаль Франклина (1960) Франклиновского института и медаль Фарадея (1960) Института инженеров по электротехнике и электронике. Он был иностранным членом Американской академии наук и искусств. Лиссабонской академии наук, а также членом-корреспондентом Австрийской академии наук.

УОЛТОН (Walton), Эрнест

род. 6 октября 1903 г.
Нобелевская премия по физике, 1951 г.
совместно с Джоном Кокрофтом

Ирландский физик Эрнест Томас Синтон Уолтон родился в Дангарване (графство Уотерфорд) и был сыном Джона Артура Уолтона, методистского священника, и Анны Элизабет (в девичестве Синтон) Уолтон. Семья периодически меняла место жительства по мере получения главой семьи нового прихода. Юный У. свое школьное образование получил в школах Бэнбриджа и Кукстауна. В 1915 г. он поступил в Методистский колледж в Белфасте и окончил его в 1922 г. Затем У. поступил в Тринити-колледж при Дублинском университете, где изучал математику и физику на

средства стипендиального фонда и получил степень бакалавра в 1926 г. Он остался в Тринити-колледже еще на год для экспериментальной и теоретической работы по турбулентности жидкости и получил степень магистра в 1927 г.

В этом же году У. получил правительственную стипендию для изучения ядерной физики под руководством Эрнеста Резерфорда в Кавендишской лаборатории Кембриджского университета, где он защитил докторскую диссертацию 1931 г. Резерфорд незадолго до этого показал, бомбардируя азот альфа-частицами (ионами гелия), излучаемыми радиоактивным источником, что атомное ядро можно расщеплять. Аналогичным же образом он получил из атомов азота атомы кислорода, тем самым став первым человеком, которому удалось превратить один элемент в другой с помощью внешнего воздействия. Чтобы добиться новых атомных превращений, Резерфорд с сотрудниками стремился придумать прибор, который позволил бы бомбардировать ядро еще более быстро движущимися частицами.

Многие другие ученые также были остро заинтересованы в создании таких приборов, используя как прямые методы, где применяется один электрический импульс, так и косвенные, где частицы ускоряются, получая меньшие импульсы несколько раз. В последующие годы, когда стали доступны более мощные источники энергии, оба метода использовались в качестве модельных при разработке бетатрона и линейного ускорителя. Вскоре после приезда в Кембридж У. предложили определить возможность ускорения электронов по круговой траектории, окруженной электрическими и магнитными полями. Хотя его первый аппарат ускорял электроны при их движении по круговой орбите, этого было недостаточно, чтобы проникнуть внутрь ядра и тем самым расщепить его. Второй его прибор ускорял более тяжелые положительно заряженные частицы, перемещая их вперед прямолинейно с помощью меняющихся электрических сил.

В 1929 г. У. объединил свои усилия с Джоном Кокрофтом, который также пытался создать ускорители частиц. Трудности в достижении этой цели были связаны с необходимостью использовать очень высокие энергии с тем, что положительно заряженные атомные ядра отталкивают положительно заряженные частицы, к ним направляющиеся. Выкладки показали, что только частицы, разогнанные с помощью энергии более нескольких миллионов электрон-вольт (величина, примерно в десять раз превосходящая уровень, достигнутый в конце 20-х гг.), могли преодолеть этот барьер.

В 1929 г. Кокрофт решил использовать для ядерных превращений наименее привлекательный прямой метод, но сделать это новым остроумным способом, не требующим разгона частиц с помощью энергии в миллионы электрон-вольт. Чтобы добиться этого, Кокрофт воспользовался блестящей идеей, пришедшей ему в голову после того, как он прочитал в 1928 г. статью физика русского происхождения Джорджа (Георгия) Гамова. Гамов предположил, что если атомные частицы будут совершать волновое

движение, то некоторые из них могут покинуть атомные ядра, хотя, согласно классической теории частиц, они не должны обладать такой возможностью.

Вероятно, полагал Гамов, некоторые альфа-частицы могли бы покинуть ядра, если исследовать очень большое число ядер. Когда Гамов посетил Кавендишскую лабораторию примерно в это же время, Кокрофту предоставилась возможность спросить его, возможен ли обратный процесс, другими словами, могут ли положительно заряженные частицы малой энергии проникнуть в ядро. Гамов подсчитал, что это возможно, если направить на ядро достаточно большое число альфа-частиц.

Ободренные теорией Гамова, Кокрофт и У. несколько лет работали над созданием надежного и эффективного ускорителя частиц, с помощью которого можно было бы направить на ядро достаточно большое число положительно заряженных частиц. Приложив к этим частицам несколько сот тысяч электрон-вольт, Кокрофту и У. удалось расщепить атомы в начале 1932 г. Одна из каждых десяти миллионов альфа-частиц, направленных на легкие атомы вроде лития и бора, расщепляла ядро и высвобождала энергию.

Став стипендиатом в 1932 г., У. оставался в Кембридже еще два года. В течение этого времени он продолжал свою работу по превращению атомных ядер других элементов. В 1934 г. он вернулся в Ирландию и стал членом совета Тринити-колледжа; в 1974 г. он стал его почетным членом в отставке. С 1946 по 1974 г. он занимал должность профессора натуральной и экспериментальной философии в Трините-колледже.

У. разделил в 1951 г. Нобелевскую премию по физике с Кокрофтом «за исследовательскую работу по превращению атомных ядер с помощью искусственно ускоряемых атомных частиц». «Работа Кокрофта и У. была смелым прорывом вперед в новую область исследования, – заявил Ивар Валлер, член Шведской королевской академии наук, при презентации награжденных, – их открытия послужили толчком для последующего быстрого развития ядерной физики. Можно сказать, что эта работа действительно знаменовала собой совершенно новую эпоху в ядерных исследованиях».

Своими исследованиями У. и Кокрофт не только показали возможность превращений атомных частиц полностью под контролем человека и без использования радиоактивных материалов, но также осуществили атомные реакции, сопровождающиеся выделением большой энергии. Более того, их эксперименты дали первое крупное подтверждение теории Альберта Эйнштейна, а точнее, его формулы, выражающей эквивалентность массы и энергии. В других исследованиях У. занимался вопросами гидродинамики, микроволнами и прочими аспектами ядерной физики.

Он женился в 1934 г. на Уинифред Изабель Уилсон, воспитательнице детского сада; у них родились два сына и две дочери. У., которого характеризуют как спокойного, не очень общительного человека, любит отдыхать, работая в саду.

У. – член Ирландской королевской академии наук и Дублинского королевского общества; сотрудничал в комитетах советников при Дублинском институте фундаментальных исследований и Королевском госпитале города Дублина. Он был награжден медалью Хьюза Лондонского королевского общества (1938) и является обладателем почетных ученых степеней Королевского университета в Белфасте и колледжа Густава Адольфа в штате Миннесота.

ФАУЛЕР (Fowler), Уильям

род 9 августа 1911 г.
Нобелевская премия по физике, 1983 г.
совместно с Субрахманьяном Чандрасекаром

Американский физик Уильям Альфред Фаулер родился в Питсбурге (штат Пенсильвания), он был старшим из трех детей Дженни Саммерс (Уотсон) Фаулер и Джона Маклеода Фаулера, бухгалтера. Когда Уильяму было два года, семья переехала в г. Лиму (штат Огайо), крупный железнодорожный узел, где мальчик на всю жизнь приобрел любовь к паровозам. В школе учителя поощряли его интерес к науке и технике. Поступив в университет штата Огайо в 1929 г, чтобы специализироваться по керамическому производству, он перешел на втором курсе на вновь открывшуюся специализацию по прикладной физике и закончил университет с отличием. Чтобы получить образование, Ф. приходилось подрабатывать во

время летних студенческих каникул, а после занятий он работал в электронной лаборатории электротехнического факультета. Ему очень нравилось самому выполнять физические измерения и делать инженерные разработки. На последнем курсе он написал дипломную работу «Фокусировка электронных пучков» ("Focusing of Electron Beams").

Поступив в аспирантуру Калифорнийского технологического института (Калтех), Ф. занимался в Келлоговской радиационной лаборатории под руководством датского физика Чарлза Лауритсена, у которого он научился, как он сам говорил, тому, «как делать физику и получать удовольствие от своей работы». В 1936 г. он стал доктором, защитив диссертацию под названием «Радиоактивные элементы с малым атомным весом» ("Radioactive Elements of Low Atomic Number"). С этого времени Ф. сотрудник Келлоговской лаборатории, где в 1970 г. он стал первым институтским профессором физики (высшее научное знание в институте).

Во время второй мировой войны Келлоговская лаборатория занималась военными исследованиями, и Ф., оставаясь штатским человеком, помогал разрабатывать взрыватели, реактивные и торпедные орудия и атомное оружие. За эту работу он получил от правительства Соединенных Штатов в 1948 г. медаль «За заслуги». В конце войны Ф., Лауритсен и сын Лауритсена Томас продолжили ядерные исследования, сосредоточившись главным образом на ядерных реакциях в звездах.

В 1939 г. физик-теоретик, специалист по ядерной физике Ханс Бете открыл источник энергии звезд, установив, что эта энергия образуется в результате ядерной реакции, ведущей к превращению ядер водорода в ядра гелия. Имеется несколько разновидностей, или изотопов, водорода у каждой из которых один протон (несущий положительный электрический заряд) в ядре и, следовательно, атомный номер равен 1. Наиболее распространенная форма содержит в ядре только протон, поэтому ее массовое число также равно 1. Однако в ядре тяжелого водорода, или дейтерия, один протон и один нейтрон, так что его массовое число равно 2. А ядро трития содержит один протон и два нейтрона, в силу чего его массовое число равно 3.

Каждое ядро гелия содержит два протона (атомный номер 2), и у его наиболее распространенной формы в ядре содержатся еще и два нейтрона (массовое число 4). Однако другие изотопы гелия обладают большим или меньшим числом нейтронов и, следовательно, другими массовыми числами. В ядерные реакции могут вовлекаться различные изотопы, многие из которых нестабильны (радиоактивны). Изотопы, встречающиеся в обычных условиях, как правило, принадлежат к числу наиболее стабильных; другие перешли с течением времени в более стабильные типы в результате распадов и излучения. Бете экстраполировал результаты лабораторных измерений ядерных реакций и подсчитал вероятные скорости реакции в условиях, существующих предположительно в центре звезд, что и привело его к открытию источника их энергии.

Специалист по космологии Георгий Гамов в своей концепции происхождения Вселенной, известной как теория «большого взрыва»,

выдвинул предположение, что атомные ядра тяжелее гелия могли образоваться с помощью добавления нейтронов, по одной единичной массе за один раз. Однако Ханс Штауб и Уильям Стивенс установили, что ни одно устойчивое ядро не обладает массой 5, а Ф. с коллегами выяснили, что никакое устойчивое ядро не имеет массы 8. Эти две бреши опровергали схему Гамова в двух отношениях. Во-первых, добавление одного нейтрона к ядру гелия массы 4 не может привести к атомам более тяжелых элементов, поскольку нестабильное ядро массы 5 распадается прежде, чем дополнительные нейтроны смогут с ним вступить во взаимодействие. Во-вторых, слияние двух ядер гелия массы 4 (наподобие двух ядер водорода) также не сможет привести к атомам более тяжелых элементов, поскольку нестабильное ядро массы 8 распадается прежде, чем ядерные реакции смогут добавить дополнительные нейтроны (Более тяжелые элементы обладают также и большим числом протонов, но нейтроны могут переходить в протоны, чтобы восполнить их недостаток, так что здесь не возникает препятствий).

В 1951 г. в Келлоговскую лабораторию пришел физик Е.Е. Салпетер, и ему удалось доказать, что три ядра гелия (каждое с массой 4) могли бы образовать ядро углерода (масса 12) при условиях, какие имеются в гигантских красных звездах (звезды в промежуточной стадии эволюции, с большим объемом и относительно низкой температурой поверхности), но не при тех, которые сопровождали «большой взрыв». Два года спустя британский астроном Фред Хойл привел Уорда Вейлинга в Келлоговскую лабораторию, чтобы посгавить эксперимент, который дал бы количественное подтверждение тому, что гелий может, сгорая, превратиться в углерод при той температуре и плотности, которые характерны для красных гигантов.

В результате работы с Хойлом, а также с Маргарет и Джоффри Бербидж во время творческого отпуска 1954...1955 гг. в Англии, где он находился в качестве фулбрайтовского стипендиата Кембриджского университета, Ф. сформулировал исчерпывающую теорию, которая суммировала ядерные реакции, ведущие к синтезу всех встречающихся в природе элементов, и объясняла относительные величины их распространенности, наблюдаемые астрономами. В их статье 1957 г. «Синтез элементов в звездах» ("Sunthesis of the Elements in Star"), которая появилась в журнале «Обозрение современной физики» ("Reviews of Modern Physics"), показывалось, что образовавшиеся при «большом взрыве» водород и гелий могли быть основой ядерного синтеза в звездах всех элементов – от углерода до урана. Эти элементы затем могли быть выброшены в пространство в результате взрыва сверхновых звезд, появляющихся в результате эволюции тяжелых звезд. Физик А. Камерон независимо от них высказал те же основные идеи в то же самое время.

Комбинируя данные ядерной астрофизики и теории строения звезд, Ф. сыграл главную роль в создании основополагающей модели звездного развития. В соответствии с этой моделью облако газа (в основном водорода и гелия) сжимается под действием собственных гравитационных сил. Когда

облако становится достаточно плотным и горячим, водород превращается в гелий и облако становится звездой. По мере выгорания водорода в центре звезды она сжимается еще больше. Если звезда достаточно массивна, ядро вновь становится достаточно плотным и горячим, что позволяет гелию перейти в углерод. Затем звезда сильно расширяется и становится красным гигантом. Если звезда обладает достаточной массой, ее ядро проходит повторяющиеся циклы истощения ядерного топлива, сжатия ядра и нового ядерного возгорания продуктов предыдущих ядерных реакций до тех пор, пока образующееся в результате ядро не будет состоять в основном из железа (атомная масса 56). Если железное ядро становится слишком массивным, оно взрывает звездную атмосферу, становясь сверхновой, и сжимается до плотности, подобной плотности атомных ядер. Если звезда недостаточно массивна, чтобы образовать железное ядро, она обычно теряет свою атмосферу после того, как становится красным гигантом.

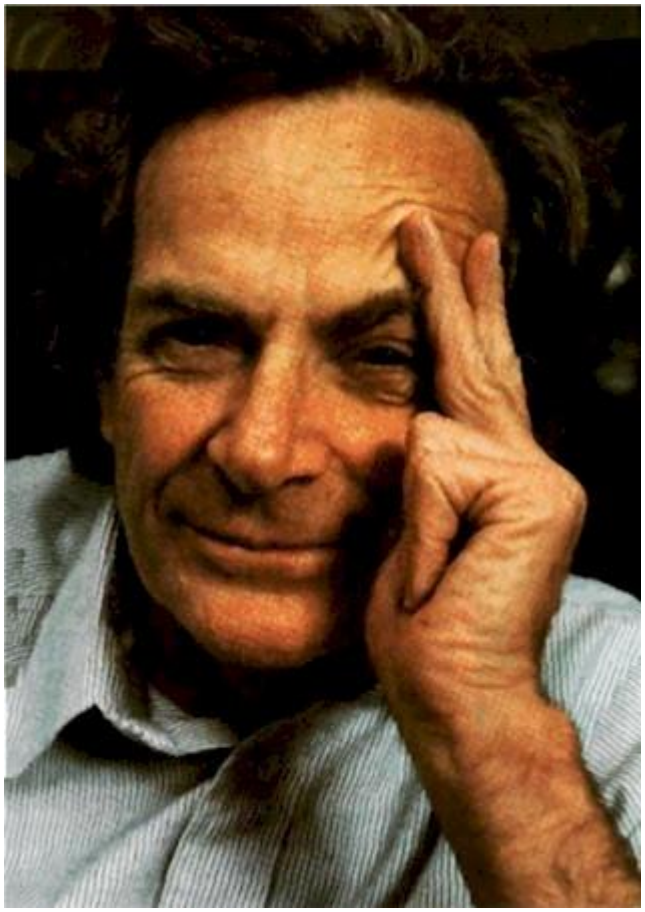
Ф. с соавторами предположили, что элементы тяжелее железа образуются путем последовательного захвата нейтронов ядрами тяжелых звезд либо до, либо во время образования сверхновой. В результате этих процессов часть синтезированных тяжелых элементов рассеивается в пространстве, где они могут войти в состав будущих звездных систем.

Ф. получил в 1983 г. Нобелевскую премию по физике, «за теоретическое и экспериментальное исследование ядерных реакций, имеющих важное значение для образования химических элементов Вселенной». Он разделил премию с астрофизиком Субрахманьяном Чандрасекаром. В своей речи Свен Йоханссон из Шведской королевской академии наук определил работу Ф. как «исчерпывающую теорию образования химических элементов во Вселенной» и отметил, что «эта теория до сих пор служит основой наших знаний в этой области». В ответной речи Ф. сказал, что он «пришел в Калтех молодым аспирантом 50 лет тому назад, а теперь известен как старейший аспирант Калтеха». И добавил – «Великая притягательность процесса познания заключается в том, что, делая свой небольшой вклад в этот процесс, мы при этом продолжаем учиться и получать удовольствие от этой учебы». В своей Нобелевской лекции Ф. сделал обзор экспериментальных и теоретических аспектов работы по созданию теории образования элементов. В заключение он напомнил слушателям, что их тела, кроме водорода и кислорода, состоят в основном их тяжелых элементов. «Таким образом, можно сказать, что вы, и ваш сосед, и я, каждый из нас и все мы вместе представляем собой на самом деле и буквально кучку звездной пыли».

В 1940 г. Ф. женился на Ардийэн Фой Олмстед; у них две дочери. «Наиболее бросающейся в глаза чертой Ф. является его любовь к людям, – однажды написал Ханс Бете. Он полон юмора и доброжелательности и заражает этим других». Ф. любит заниматься альпинизмом, активно болеет за питсбургские профессиональные бейсбольную и футбольную команды, кроме того, он с детства сохранил любовь к паровозам.

Ф. – член Национальной академии наук США, почетный член Королевского общества искусств в Лондоне, член-корреспондент Королевского астрономического общества. Он был президентом Американского физического общества, работал в Национальном научном совете и в Совете по космическим наукам. Среди его наград есть награда в честь успешного запуска корабля «Аполлон» от организации НАСА (1969), премия Тома Боннера Американского физического общества (1970), национальная медаль «За научные достижения». Национального научного фонда (1974), медаль Эддингтона Королевского астрономического общества (1978) и золотая Брюсовская медаль Тихоокеанского астрономического общества (1979). Он обладает почетными степенями Чикагского и Льежского университетов, университета штата Огайо и Университета Денисона, равно как и Парижской обсерватории.

ФЕЙНМАН (Feynman), Ричард Ф.



11 мая 1918 г. – 15 февраля 1988 г.
Нобелевская премия по физике, 1965 г.
совместно с Джулиусом С. Швингером и Синъитиро Томонагой

Американский физик Ричард Филлипс Фейнман родился в Нью-Йорке, в семье Мелвилла Артура Фейнмана и урожденной Люсиль Филлипс.

Вместе с младшей сестрой он вырос в Фар-Рокэвэй, в Куинсе (район Нью-Йорка). Отец Ф., заведующий отделом сбыта фабрики по изготовлению форменной одежды, питал глубокий интерес к естественным наукам и поощрял сына в проведении экспериментов в домашней лаборатории. Вместе со своим школьным приятелем Ф. устраивал для соседей представления, показывая нехитрые химические фокусы. Еще будучи учеником средней школы, он зарабатывал на мелкие расходы починкой радиоприемников. Став капитаном школьной команды по алгебре, Ф. обнаружил способность быстро решать головоломные математические задачи, рассматривая их в целом и избегая громоздких вычислений.

По окончании средней школы в 1935 г. Ф. поступил в Массачусетский технологический институт (МТИ) и в 1939 г. окончил его с дипломом бакалавра по физике. В МТИ, вспоминал впоследствии Ф., он осознал, что «наиболее важной проблемой того времени было неудовлетворительное состояние квантовой теории электричества и магнетизма (квантовой электродинамики)». Квантовая электродинамика занимается изучением взаимодействий между элементарными частицами и между частицами и электромагнитным полем.

Множество положений существовавшей тогда теории, созданной Вернером Гейзенбергом, Вольфгангом Паули и П.А. М. Дираком, получили блестящее подтверждение, но в ее структуре были и не совсем ясные моменты, например бесконечная масса и бесконечный заряд электрона. Ф. начал разрабатывать радикально новые теоретические подходы к решению этих проблем. Он назвал допущение о действии электрона на самого себя (а именно оно было источником появления бесконечностей, или расходимостей) «глупым» и предложил считать, что электроны испытывают действие только со стороны других электронов, причем с запаздыванием из-за разделяющего их расстояния. Такой подход позволял исключить само понятие поля и тем самым избавиться от других бесконечностей, доставлявших немало хлопот. Хотя Ф. и не удалось достичь удовлетворительных результатов, нетрадиционность мышления он сохранил на все последующие годы.

В 1939 г. Ф. поступил в аспирантуру Принстонского университета и получил Прокторскую стипендию. В аспирантуре он продолжил эксперименты с различными подходами к квантовой электродинамике, учась на ошибках, отбрасывая неудачные схемы и пробуя множество новых идей, часть которых рождалась в беседах с его руководителем Джоном А. Уиллером. Ф. стремился сохранить принцип запаздывающего действия одного электрона на другой: электрон, испытывающий действие со стороны другого электрона, в свою очередь воздействует на него с определенным дополнительным запаздыванием, подобно свету, отражающемуся назад, к своему источнику. По совету Уиллера Ф. предположил, что такое отражение состоит в испускании не только обычной запаздывающей волны, но и «опережающей», достигающей электрон до того, как начинается его возмущающее действие на другой электрон. Парадоксальный ход времени,

текущего не только вперед, но и назад, его не беспокоил, как признавался впоследствии Ф.: «К тому времени я уже в достаточной мере стал физиком, чтобы не говорить: «О нет, это невозможно!»

После многих месяцев математических прикидок, неудач и попыток найти новые подходы Ф. преуспел в преобразовании понятий и уравнений с различных точек зрения. Ему удалось найти оригинальные пути включения квантовой механики в классическую электродинамику и разработать методы, позволяющие просто и быстро получать результаты, требующие при традиционном подходе громоздких вычислений. Одной из наиболее удачных его идей было применение принципа наименьшего действия, основанного на предположении о том, что природа выбирает для достижения определенной цели наиболее экономичный путь. Хотя Ф. и не был удовлетворен своими достижениями, однако он сознавал, что ему удалось существенно продвинуться в решении проблемы, а его работа получила признание. Ф. опубликовал свою диссертацию «Принцип наименьшего действия в квантовой механике» («The Principle of Least Action in Quantum Mechanics») и в 1942 г. получил докторскую степень по физике.

Незадолго до завершения диссертации Ф. получил приглашение на работу от группы принстонских физиков, занимавшихся разделением изотопов урана для нужд Манхэттенского проекта, т.е. для создания атомной бомбы. С 1942 по 1945 г. Ф. возглавлял в Лос-Аламосе (штат Нью-Мексико) группу, работавшую в отделе Ханса А. Бете. Даже в эти годы он находил время размышлять во время поездок в автобусе, производя необходимые вычисления на клочках бумаги, над дальнейшим развитием предложенного им варианта квантовой электродинамики. В Лос-Аламосе Ф. общался с Нильсом Бором, Ore Бором, Энрико Ферми. Робертом Оппенгеймером и другими ведущими физиками. Он был среди тех, кто присутствовал при первых испытаниях атомной бомбы в Алмогордо (штат Нью-Мексико).

После окончания войны лето 1945 г. Ф. провел, работая с Хансом А. Бете в компании «Дженерал электрик» в Скенектади (штат Нью-Йорк). Затем он стал адъюнкт-профессором теоретической физики в Корнеллском университете. Тем временем перед квантовой электродинамикой встали новые вопросы. Так, в 1947 г. Уиллис Э. Лэмб с помощью прецизионных экспериментов показал, что два энергетических уровня, которые, по теории Дирака, должны были бы соответствовать одному и тому же значению энергии, в действительности слегка отличаются («лэмбовский сдвиг»). Другое расхождение между теорией и экспериментом было установлено Поликарпом Кушем, обнаружившим, что собственный магнитный момент электрона более чем на 0,1 % превышает его орбитальный магнитный момент.

Опираясь на основополагающие работы Бете, Ф. приступил было к решению этих фундаментальных проблем, но вскоре у него наступил период застоя, вызванный, по его собственному мнению, тем, что физика перестала доставлять ему наслаждение как интеллектуальная игра. По прошествии какого-то времени он случайно оказался свидетелем того, как в кафетерии

Корнеллского университета некто развлекался, подбрасывая тарелку в воздух, и заинтересовался зависимостью между скоростью вращения тарелки и ее «рысканием». Ф. удалось вывести уравнения, описывающие полет тарелки. Это упражнение позволило ему восстановить душевные силы, и он возобновил свою работу над квантовой электродинамикой. «То, что я делал, казалось, не имело особого значения, – писал впоследствии Ф., – но в действительности в этом был заложен великий смысл. Диаграммы и все прочее, за что я получил Нобелевскую премию, берут свое начало в той, казалось бы, бессмысленной возне с летающей тарелкой».

«Все прочее» было новым вариантом теории, в котором квантовоэлектродинамические взаимодействия рассматривались с новой точки зрения – траектории в пространстве-времени. Говорят, что частица распространяется из начальной точки траектории в конечную; возможные взаимодействия «по дороге» выражаются в терминах их относительных вероятностей. Эти вероятности суммируются в ряды (иногда комплексные), для вычисления которых Ф. разработал правила и графическую технику (диаграммы Фейнмана). Внешне простые, но чрезвычайно удобные, диаграммы широко используются во многих областях физики. Ф. удалось объяснить «лэмбовский сдвиг», магнитный момент электрона и другие свойства частиц.

Независимо от Ф. и друг от друга, исходя из других теоретических подходов, Джулиус С. Швингер и Синьитиро Томонага почти одновременно предложили свои варианты квантовой электродинамики и сумели преодолеть основные трудности. Используемая ими математическая процедура получила название перенормировки. Доставивших столько неприятностей расходимостей удалось избежать, постулируя положительные и отрицательные бесконечности, которые почти полностью компенсируют друг друга, а остаток (например, заряд электрона) соответствует экспериментально измеренным значениям. Квантовая электродинамика Фейнмана – Швингера – Томонаги считается наиболее точной из известных ныне физических теорий. Правильность ее подтверждена экспериментально в широком диапазоне масштабов – от субатомных до астрономических.

Совместно со Швингером и Томонагой Ф. была присуждена Нобелевская премия по физике 1965 г. «за фундаментальные работы по квантовой электродинамике, имевшие глубокие последствия для физики элементарных частиц». В речи на церемонии вручения премии Ивар Валлер из Шведской королевской академии наук отметил, что лауреаты привнесли новые идеи и методы в старую теорию и создали новую, занимающую ныне центральное положение в физике. Она не только объясняет прежние расхождения между теорией и экспериментом, но и позволяет глубже понять поведение мю-мезона и других частиц в ядерной физике, проблемы твердого тела и статистической механики.

Ф. оставался в Корнеллском университете до 1950 г., после чего перешел в Калифорнийский технологический институт на должность профессора теоретической физики. Там же в 1959 г. он занял почетную

должность, учрежденную в память Ричарда Чейса Толмена. Помимо работ по квантовой электродинамике, Ф. предложил атомное объяснение теории жидкого гелия, развитой советским физиком Львом Ландау. Гелий, переходящий в жидкое состояние при 4°К (–269°С), становится сверхтекучим около 2°К. Динамика сверхтекучего гелия резко контрастирует с законами, которым удовлетворяют обычные жидкости: при течении он остывает, а не нагревается; свободно протекает сквозь микроскопически узкие отверстия, «презрев» силу тяжести, вползает вверх по стенкам сосуда. Ф. вывел ротоны, постулированные Ландау для объяснения необычного поведения сверхтекучего гелия. Это объяснение состоит в том, что атомы очень холодного гелия агрегируют в ротоны, образуя нечто вроде дымовых колец.

Вместе со своим сотрудником Марри Гелл-Манном Ф. внес существенный вклад в создание теории слабых взаимодействий, таких, как испускание бета-частиц радиоактивными ядрами. Эта теория родилась из диаграмм Ф., позволяющих графически представить взаимодействия элементарных частиц и их возможные превращения. Последние работы Ф. посвящены сильному взаимодействию, т.е. силам, удерживающим нуклоны в ядре и действующим между субъядерными частицами, или «партонами» (например, кварками), из которых состоят протоны и нейтроны.

Оригинальность мышления и артистизм Ф. как лектора оказали влияние на целое поколение студентов-физиков. Его метод интуитивного угадывания формулы и последующего доказательства ее правильности находит больше подражателей, чем критиков. Влияние как его теорий, так и его личности ощущается в каждом разделе современной физики элементарных частиц.

Ф. был трижды женат. Арлен Х. Гринбаум, с которой он вступил в брак в 1941 г., умерла от туберкулеза в 1945 г., когда Ф. был в Лос-Аламосе. Его брак с Мэри Луиз Белл, заключенный в 1952 г., закончился разводом. В 1960 г. он женился в Англии на Гвенет Ховарт. У них родились сын и дочь. Искренний и непочтительный к авторитетам, Ф. входил в состав президентской комиссии, расследовавшей обстоятельства взрыва космического корабля многоразового использования «Челенджер» в 1986 г. Он составил собственный тринадцатистраничный отчет, в котором критиковал ответственных сотрудников Национального управления аэронавтики и космических исследований (НАСА) за то, что те дали «одурачить себя», не заметив существенных недостатков в конструкции космического корабля. Человек неуемной любознательности и разносторонних интересов, Ф. с удовольствием играл на барабанах «бонго», изучал японский язык, рисовал и занимался живописью, принимал участие в дешифровке текстов майя и проявлял живой интерес к чудесам парапсихологии, относясь к ним, однако, с изрядной долей скепсиса.

Помимо Нобелевской премии, Ф. был удостоен премии Альберта Эйнштейна Мемориального фонда Льюиса и Розы Страусе (1954), премии по физике Эрнеста Орландо Лоуренса Комиссии по атомной энергии Соединенных Штатов Америки (1962) и международной золотой медали

Нильса Бора Датского общества инженеров-строителей, электриков и механиков (1973). Ф. был членом Американского физического общества. Бразильской академии наук и Лондонского королевского общества. Он был избран членом Национальной академии наук США, но позднее вышел в отставку.

ФЕРМИ (Fermi), Энрико

29 сентября 1901 г. – 30 ноября 1954 г.
Нобелевская премия по физике, 1938 г.

Итало-американский физик Энрико Ферми родился в Риме. Он был младшим из трех детей железнодорожного служащего Альберте Ферми и урожденной Иды де Гаттис, учительницы. Еще в детстве Ф. обнаружил большие способности к математике и физике. Его выдающиеся познания в этих науках, приобретенные в основном в результате самообразования, позволили ему получить в 1918 г. стипендию и поступить в Высшую нормальную школу при Пизанском университете. Уже через четыре года, в 1922 г., Ф. получил докторскую степень по физике с отличием за работу по экспериментальному исследованию рентгеновских лучей.

По возвращении в Рим Ф. получил от итальянского правительства стипендию, позволившую ему продолжать изучение современной физики в Германии, у Макса Борна, возглавлявшего в то время отделение

теоретической физики Геттингенского университета, и в Голландии, у Пауля Эренфеста в Лейденском университете. Эренфест поддержал юного Ф.

В 1924 г. Ф. приступил к чтению лекций по математической физике и механике во Флорентийском университете. В первые годы его исследования затрагивали проблемы общей теории относительности Альберта Эйнштейна, статистической механики, квантовой теории и теории электронов в твердом теле. В 1926 г. им была разработана новая разновидность статистической механики, подсказанная принципами запрета Вольфганга Паули. Она позволяла успешно описывать поведение электронов, а позднее была применена к протонам и нейтронам. Статистика Ф. позволила лучше понять электропроводность металлов и привела к построению более эффективной модели атома.

Когда в Римском университете в 1927 г. была учреждена первая кафедра теоретической физики, Ф., успевший обрести международный авторитет, был избран ее главой. В Риме Ф. сплотил вокруг себя несколько выдающихся ученых и основал первую в Италии школу современной физики. В международных научных кругах ее стали называть группой Ферми. Через два года Ф. был назначен Бенито Муссолини на почетную должность члена вновь созданной Королевской академии Италии.

В начале 30-х гг. Ф. перенес свое внимание с внешних электронов атома на атомное ядро. В 1933 г. он предложил теорию бета-распада, позволившую объяснить, каким образом ядро спонтанно испускает электроны и роль нейтрино-частиц, лишенных электрического заряда и не поддававшихся тогда экспериментальному обнаружению. Существование таких частиц было постулировано Паули, а название придумано Ф. (Нейтрино было экспериментально обнаружено в 1956 г.). Теория бета-распада Ф. затрагивала новый тип сил, получивших название слабого взаимодействия. Такие силы действуют между нейтронами и протонами в ядре и обусловливают бета-распад, По интенсивности слабое взаимодействие значительно уступает сильному, удерживающему вместе нуклоны – частицы, из которых состоит ядро. Статья Ф. о бета-распаде была отвергнута из-за своей новизны английским журналом «Нейче», но опубликована в итальянском и в немецком журналах. Опираясь на высказанные Ф. идеи, Хидеки Юкава предсказал в 1935 г. существование новой элементарной частицы, известной ныне под названием пи-мезона, или пиона.

В 20-х гг. было принято считать, что атом содержит два типа заряженных частиц: отрицательные электроны, которые обращаются вокруг ядра из положительных протонов. Физиков интересовало, может ли ядро содержать частицу, лишенную электрического заряда. Эксперименты по обнаружению электронейтральной частицы достигла кульминации в 1932 г., когда Джеймс Чедвик открыл нейтрон, в котором физики, в особенности Вернер Гейзенберг, почти сразу признали ядерного партнера протона. Ф. по достоинству оценил значение нейтрона как мощного средства инициирования ядерных реакций. Экспериментаторы пытались бомбардировать атомы заряженными частицами, но для преодоления

электрического отталкивания заряженные частицы необходимо разгонять на мощных и дорогих ускорителях. Налетающие электроны отталкиваются атомными электронами, а протоны и альфа-частицы – ядром так, как отталкиваются одноименные электрические заряды. Поскольку нейтрон не имеет электрического заряда, необходимость в ускорителях отпадает.

Значительный прогресс был достигнут в 1934 г., когда Фредерик Жолио и Ирен Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность. Бомбардируя ядра бора и алюминия альфа-частицами, они впервые создали новые радиоактивные изотопы известных элементов. Продолжая начатую этими исследованиями работу, Ф. и его сотрудники в Риме принялись бомбардировать нейтронами каждый элемент периодической таблицы в надежде получить новые радиоактивные изотопы с помощью присоединения нейтронов к ядрам. Первого успеха удалось достичь при бомбардировке фтора. Методически бомбардируя все более тяжелые элементы, Ф. и его группа получили сотни новых радиоактивных изотопов. При бомбардировке урана – 92-го элемента, самого тяжелого из встречающихся в природе, они получили сложную смесь изотопов. Химический анализ не обнаружил в ней ни изотопов урана, ни изотопов соседнего элемента (более того, результаты анализа исключали присутствие всех элементов с номерами от 86 до 91). Возникло подозрение, что экспериментаторам впервые удалось получить новый искусственный элемент с атомным номером 93. К неудовольствию Ф., директор лаборатории Орсо Корбино, не дожидаясь контрольных анализов, объявил об успешном синтезе 93-го элемента. В действительности же Ф. не удалось его получить. Но он, сам того не зная, вызвал деление урана, расщепив тяжелое ядро на два или большее число осколков и других фрагментов. Деление урана было открыто в 1938 г. Отто Ганом, Лизе Майтнер и Фритцем Штрассманом.

В 1935 г., через несколько месяцев после начала экспериментов, Ф. и его сотрудники обнаружили, что если нейтроны замедлить, пропуская через воду и парафин, то они более эффективно инициируют ядерные реакции. Замедление нейтронов обусловлено их столкновениями с ядрами водорода (протонами), в больших количествах содержащихся в этих средах. При столкновениях нейтронов и протонов значительная часть энергии нейтронов теряется, так как массы этих частиц почти равны. Столь же большая передача энергии наблюдается при столкновениях бильярдных шаров с одинаковыми массами.

Тем временем в Италии все большую силу набирала фашистская диктатура Муссолини. В 1935 г. итальянская агрессия против Эфиопии привела к экономическим санкциям со стороны членов Лиги Наций, а в 1936 г. Италия заключила союз с нацистской Германией. Группа Ф. в Римском университете начала распадаться. После принятия итальянским правительством в сентябре 1938 г. антисемитских гражданских законов Ф. и его жена, еврейка по национальности, решили эмигрировать в США. Приняв приглашение Колумбийского университета занять должность профессора

физики, Ф. информировал итальянские власти о том, что он уезжает в Америку на полгода.

В 1938 г. Ф. была присуждена Нобелевская премия по физике. В решении Нобелевского комитета говорилось, что премия присуждена Ф. «за доказательства существования новых радиоактивных элементов, полученных при облучении нейтронами, и связанное с этим открытие ядерных реакций, вызываемых медленными нейтронами». «Наряду с выдающимися открытиями Ф. всеобщее признание получили его искусство экспериментатора, поразительная изобретательность и интуиция... позволившая пролить новый свет на структуру ядра и открыть новые горизонты для будущего развития атомных исследований», – заявил, представляя лауреата, Ханс Плейель из Шведской королевской академии наук.

Во время церемонии вручения премии, состоявшейся в декабре 1938 г. в Стокгольме, Ф. обменялся рукопожатием с королем Швеции, вместо того чтобы приветствовать того фашистским салютом, за что подвергся нападкам в итальянской печати. Сразу же после торжеств Ф. отправился за океан. По прибытии в Соединенные Штаты, Ф., как и всем эмигрантам того времени, пришлось пройти тест на проверку умственных способностей. Нобелевского лауреата попросили сложить 15 и 27 и разделить 29 на 2.

Вскоре после того, как семейство Ф. высадилось в Нью-Йорке, в США из Копенгагена прибыл Нильс Бор, чтобы провести несколько месяцев в принстонском Институте фундаментальных исследований. Бор сообщил об открытии Ганом, Майтнер и Штрассманом расщепления урана при бомбардировке его нейтронами. Многие физики начали обсуждать возможность цепной реакции. Если всякий раз, когда нейтрон расщепляет атом урана, испускались новые нейтроны, то они могли бы, сталкиваясь с другими атомами урана, порождать новые нейтроны и тем самым вызвать незатухающую цепную реакцию. Так как при каждом делении урана высвобождается большое количество энергии, цепная реакция могла бы сопровождаться колоссальным ее выделением. Если бы удалось «взнуздать» цепную реакцию, то уран стал бы взрывчатым веществом неслыханной силы, с целью осуществить цепную реакцию Ф. приступил к планированию экспериментов, которые позволили бы определить, возможна ли такая реакция и управляема ли она.

На переговорах с Управлением военно-морского флота в 1939 г. Ф. впервые упомянул о возможности создания атомного оружия на основе цепной реакции с мощным выделением энергии. Он получил федеральное финансирование для продолжения своих исследований. В ходе работы Ф. и итальянский физик Эмилио Сегре, бывший его студент, установили возможность использования в качестве «взрывчатки» для атомной бомбы тогда еще не открытого элемента плутония. Хотя плутоний (Pu), элемент с порядковым номером 94, еще не был известен, оба ученых были убеждены в том, что элемент с массовым числом 239 (239Pu) должен расщепляться и может быть получен в урановом реакторе при захвате нейтрона ураном-238.

В 1942 г., когда в США был создан Манхэттенский проект для работ по созданию атомной бомбы, ответственность за исследование цепной реакции и получение плутония была возложена на Ф., имевшего с юридической точки зрения статус «иностранца – подданного враждебной державы». На следующий год исследования были перенесены из Колумбийского в Чикагский университет, в котором Ф. как председатель подсекции теоретических аспектов Уранового комитета руководил созданием первого в мире ядерного реактора, который строился на площадке для игры в сквош под трибунами университетского футбольного стадиона Стэгг-Филд.

Воздвигаемый реактор на техническом жаргоне называли «кучей», так как он был сложен из брусков графита (чистого углерода), которые должны были сдерживать скорость цепной реакции (замедлять нейтроны). Уран и оксид урана размещались между графитовыми брусками. 2 декабря 1942 г. кадмиевые регулирующие стержни, поглощающие нейтроны, были медленно выдвинуты, чтобы запустить первую в мире самоподдерживающуюся цепную реакцию. «Было ясно, – писал впоследствии Джон Кокрофт, – что Ф. открыл дверь в атомный век». Несколько позднее Ф. был назначен руководителем отдела современной физики в новой лаборатории, созданной под руководством Роберта Оппенгеймера для создания атомной бомбы в строго засекреченном местечке Лос-Аламосе (штат Нью-Мексико). Ф. и его семья стали гражданами Соединенных Штатов в июле 1944 г., а в следующем месяце они переехали в Лос-Аламос. Ф. был свидетелем первого взрыва атомной бомбы 16 июля 1945 г. близ Аламогордо (штат Нью-Мексико). В августе 1945 г. атомные бомбы были сброшены на японские города Хиросима и Нагасаки.

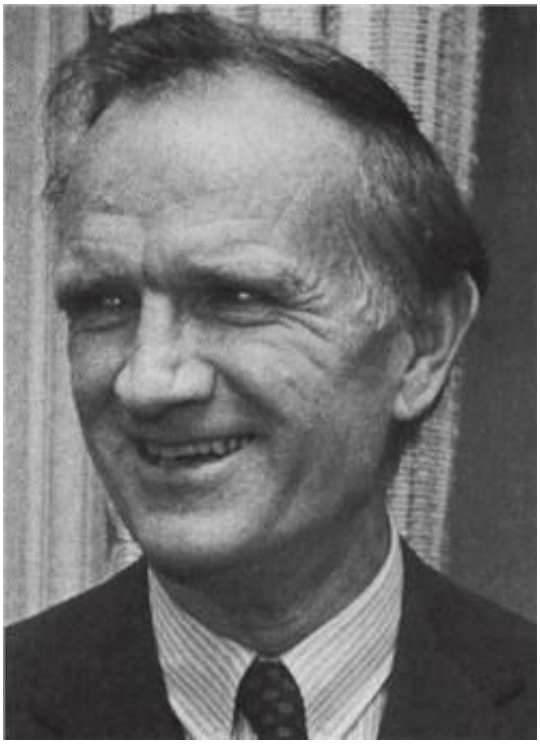
В конце войны Ф. вернулся в Чикагский университет, чтобы занять пост профессора физики и стать сотрудником вновь созданного при Чикагском университете Института ядерных исследований. Ф. был великолепным педагогом и славился как непревзойденный лектор. Среди его аспирантов можно назвать Марри Гелл-Манна, Янга Чжэньнина, Ли Цзун-дао и Оуэна Чемберлена. После завершения в 1945 г. в Чикаго строительства циклотрона (ускорителя частиц) Ф. начал эксперименты по изучению взаимодействия между незадолго до того открытыми пи-мезонами и нейтронами. Ф. принадлежит также теоретическое объяснение происхождения космических лучей и источника их высокой энергии.

В 1928 г. Ф. вступил в брак с Лаурой Капон, принадлежавшей к известной в Риме еврейской семье. У супругов Ферми родились сын и дочь. Человек выдающегося интеллекта и безграничной энергии, Ф. увлекался альпинизмом, зимними видами спорта и теннисом. Он умер от рака желудка у себя дома в Чикаго вскоре после того, как ему исполнилось пятьдесят три года. На следующий год в честь него новый, 100-й элемент был назван фермием.

Ф. был избран членом Национальной академии наук США (1945), почетным членом Эдинбургского королевского общества (1949) и

иностранным членом Лондонского королевского общества (1950). Президентом США Ф. был назначен членом Генерального консультативного комитета Комиссии по атомной энергии (1946...1950). Он был вице-президентом (1952) и президентом (1953) Американского физического общества. Помимо Нобелевской премии, Ф. был удостоен золотой медали Маттеуччи Национальной академии наук Италии (1926), медали Хьюза Лондонского королевского общества (1943), гражданской медали «За заслуги» правительства Соединенных Штатов Америки (1946), медали Франклина Франклиновского института (1947), золотой медали Барнарда за выдающиеся научные заслуги Колумбийского университета (1950) и первой премии Ферми, присужденной Комиссией по атомной энергии Соединенных Штатов Америки (1954). Он был почетным доктором многих высших учебных заведений, в том числе Вашингтонского и Йельского университетов, Рокфордского колледжа. Гарвардского и Рочестерского университетов.

ФИТЧ (Fitch), Вал Л.



род. 10 марта 1923 г.
Нобелевская премия по физике, 1980 г.
совместно с Джеймсом У. Кронином

Американский физик Вал Логсдон Фитч, младший из трех детей Фрэнсиса М. (Логсдона) Фитча и Фред Б. Фитч, родился на скотоводческом ранчо в Черри-Каунти (штат Небраска), неподалеку от границы штата Южная Дакота. Когда Ф. был еще ребенком, его отец, объезжая лошадь,

сильно пострадал и семье пришлось переехать в соседний г. Гордон, где глава семьи занялся страхованием.

По окончании средней школы Ф. был мобилизован в армию и в 1943 г. был направлен в составе специального инженерного подразделения в Лос-Аламос (штат Нью-Мексико) для обеспечения работ в рамках Манхэттенского проекта секретной программы создания атомной бомбы. Назначенный лаборантом в группу, которую возглавлял английский физик Эрнест Титтертон из британской миссии в Лос-Аламосе, Ф. познакомился с такими выдающимися физиками, как Энрико Ферми, Айзек Раби, Роберт Оппенгеймер, Нильс Бор, Джеймс Чедвик и Р.Ч. Толмен. Их профессиональные и личные качества произвели на него неизгладимое впечатление. Впоследствии Ф. вспоминал, что именно тогда он научился «не использовать для измерений уже имеющийся прибор, а отдаться свободному течению мыслей и попытаться изобрести способ решить задачу по-новому». Ф. был очевидцем первого атомного взрыва в пустыне Нью-Мексико, где его группа прокладывала кабель, по которому был передан сигнал о взрыве бомбы.

Ф. демобилизовался в 1946 г., а в 1948 г. получил степень бакалавра наук по электротехнике в Университете Макгилла (Монреаль) и поступил в аспирантуру Колумбийского университета в Нью-Йорке Под руководством Джеймса Рейнуотера Ф. подготовил диссертацию о мезоатомах. Тему диссертации подсказал ему Оге Бор, который в то время был соседом Рейнуотера по кабинету. В мезоатомах вместо обычных электронов на орбитах находятся мю-мезоны – частицы, первоначально обнаруженные в космических лучах. Мю-мезоны во всем тождественны электронам, за исключением того, что они примерно в 200 раз тяжелее их. Как показывают вычисления, излишек массы усиливает различия между близко расположенными энергетическими уровнями и тем самым оказывает влияние на спектр испускаемого атомом излучения. Учась последний год в аспирантуре, Ф. стал преподавать физику в том же университете. Докторскую диссертацию он защитил в 1954 г. Затем Ф. работал преподавателем физики в Принстонском университете, где в 1960 г. стал полным профессором, а в 1976 г. был назначен деканом факультета.

В 1963 г. Ф. и Джеймс У. Кронин вместе с Джеймсом Кристенсоном (студентом Кронина) и физиком из французского Центра ядерных исследований Рене Турле выполнили эксперимент в Брукхейвенской национальной лаборатории на Лонг-Айленде (Нью-Йорк) по изучению нейтральных K-мезонов (каонов). Каоны, известные своими странными свойствами – неустойчивые частицы с массой, равной примерно половине массы протона, – образуются при столкновениях ядер с высокой энергией. Ранее они были описаны в работе Ли Цзундао и Янга Чжэньина (1956) как необычные частицы в так называемых «слабых» реакциях, в которых может нарушаться одна из трех фундаментальных симметрий, или законов сохранения. Эти симметрии имеют особые обозначения C, P и T. Сохранение C (зарядовое сопряжение) означает, что реакции должны происходить

одинаково, если частицы заменить античастицами (частицами-близнецами, но с противоположным электрическим зарядом), например электроны позитронами и протоны антипротонами. Сохранение Р (четности) означает, что реакции должны происходить одинаково, если геометрические характеристики частиц заменить их зеркальными отражениями, например левое правым, вращение по часовой стрелке – вращением против часовой стрелки. Сохранение Т (симметрия относительно обращения времени) означает, что прямая реакция протекает так же, как обратная.

Ли и Янг предложили эксперименты для проверки своих теоретических предположений, а Ву Цзиньсян и ее сотрудники из Колумбийского университета обнаружили, что четность сохраняется при бета-распаде (испускании электрона) радиоактивных ядер не строго, а лишь приближенно ядро испускает преимущественно «левосторонние» электроны. Другие эксперименты показали, что С сохраняется тоже неточно некоторые реакции между частицами идут с большей вероятностью, чем реакции между античастицами. Теоретические трудности удалось преодолеть после того, как было выдвинуто предположение о том, что должна сохраняться комбинированная четность СР; нарушение зарядового сопряжения С должно компенсироваться одновременным нарушением четности Р, подобно тому как в алгебре произведение двух положительных чисел остается положительным, если оба сомножителя одновременно сделать отрицательными. Поскольку сохранение полной симметрии СРТ подкрепляется общими принципами, а четность СР в то время считалась инвариантной, должна сохраняться и симметрия относительно обращения времени Т. Нарушение симметрии Т не могло бы быть компенсировано весьма маловероятным нарушением симметрии СР.

В 1955 г. Марри Гелл-Манн и Абрахам Пайс высказали предположение о том, что пучок каонов состоит из комбинаций частица античастица, проявляющихся в экспериментальных наблюдениях как два различных электрически нейтральных каона KS0 (S короткоживущий) и KL0 (L долгоживущий). Время жизни KL0 составляет всего лишь около одной десятимиллионной доли секунды, но эта величина примерно в 500 раз превышает время жизни каона KS0. Сохранение комбинированной симметрии СР допускает распад каона KS0 на два пи-мезона (пиона) один – положительно заряженный другой отрицательно заряженный (пионы связаны с сильным взаимодействием, обеспечивающим целостность атомного ядра). Однако такой распад запрещен для каона KL0, который может распадаться только на три пиона положительно заряженный, отрицательно заряженный и нейтральный. Теоретическое положение было подтверждено в 1956 г., когда был экспериментально доказан распад каона KL0 на три пиона. Два типа каона можно было бы разделить, поскольку в типичной экспериментальной ситуации короткоживущие частицы успевают пролететь до распада лишь несколько сантиметров, в то время как долгоживущие частицы пролетают десятки метров, что позволило бы наблюдать лишь KL0.

Ф., Кронин и их сотрудники начали свои исследования, используя усовершенствованное оборудование, например искровую камеру, позволяющую с особой точностью определять треки продуктов распада и выбирать реакцию для наблюдения. Чтобы получить каоны, экспериментаторы бомбардировали бериллиевую мишень протонами, разогнанными до высоких энергий на Брукхейвенском синхротроне с сильной фокусировкой (ускорителе, способном разгонять частицы до энергий в несколько млрд. электрон-вольт). Свои детекторы экспериментаторы поместили в 17 м от мишени, где рождались каоны, на расстоянии, достаточно большом, чтобы успел пройти распад каонов KS0 и остался пучок, состоящий из одних лишь каонов KL0. Но одна из особенностей в поведении каонов, обнаруженная в ходе эксперимента, состояла в том, что после прохождения через блок из материала, поглощающего KL0, в пучке вновь возникали каоны KS0. Это явление называется регенерацией. Исследуя его, ученые использовали блоки из вольфрама, меди, углерода и жидкого водорода и обнаружили подтверждение теоретических предположений при полном отсутствии аномалий. Полученные данные позволили участникам эксперимента утверждать, что регенерация незначительно влияет на результаты проведенного ими позднее испытания, когда в область распада каона KL0 был введен сосуд, наполненный гелием. Результаты эксперимента, встреченные сначала с недоверием, показали, что в 45 из 23 тыс. сфотографированных событий в искровой камере каон KL0 распался на два пиона, вместо того чтобы в соответствии с теорией распасться на три. Учитывая важность результатов, экспериментаторы подтвердили его повторными испытаниями и на протяжении полугода безуспешно пытались найти альтернативные объяснения, прежде чем решились опубликовать данные о нарушении комбинированной симметрии CP.

Нарушение CP-симметрии означает, что в силу сохранения CPT-симметрии нарушается также симметрия относительно обращения времени T, поэтому можно сделать вывод, что природа небезразлична к тому, в каком направлении течет время, вперед или назад. Это нарушение симметрии позволило ученым высказать определенные предположения, объясняющие, почему материя и антиматерия, возникшие, по теории «большого взрыва», при рождении Вселенной, аннигилировали не полностью. Если материя обладает даже чуть более продолжительным периодом распада, чем антиматерия, то это приводит к тому, что современная Вселенная является тем остатком вещества, который сохранился после взаимной аннигиляции материи и антиматерии и окончательного исчезновения антиматерии из-за его более быстрого распада. При этом именно аннигиляция является источником большей части космического электромагнитного излучения.

Ф. и Кронину была присуждена Нобелевская премия по физике 1980 г. «за открытие нарушений фундаментальных принципов в распаде нейтральных K-мезонов». Представляя лауреатов на церемонии вручения премий Геста Экспонг из Шведской королевской академии наук

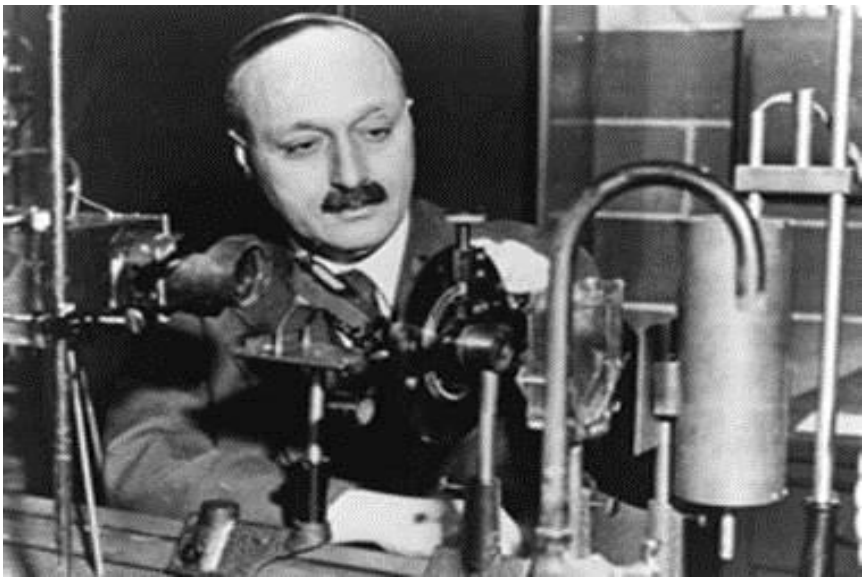
охарактеризовал три фундаментальные симметрии как «путеводные правила, позволяющие нам открывать математические законы природы». Ссылаясь на работу Гелл-Манна о нейтральных K-мезонах и открытия Ли и Янга, он отметил, что Кронин и Ф. «интерпретировали результаты своих экспериментов как слабое, но четко выраженное нарушение симметрии», и подчеркнул, что «никто, абсолютно никто, не ожидал ничего подобного».

Нарушение симметрии CP можно объяснить с помощью новых теорий, утверждающих существование фундаментальных частиц – кварков, из которых состоят другие субатомные частицы. Существование кварков было впервые постулировано Гелл-Манном. Различают 6 кварков: u-кварк (верхний), d-кварк (нижний), s-кварк (странный), c-кварк (очарованный), b-кварк (нижний), t-кварк (верхний, или правдивый).

В 1949 г. Ф. вступил в брак с Элизой Каннингхем. У них родились два сына. Через четыре года после смерти первой жены Ф. в 1973 г. женился на Дейзи Харкер, у которой было трое детей от предыдущего брака. С детских лет Ф. был горячим поклонником отдыха на свежем воздухе: пеших прогулок, походов с ночевками в палатках и т.п. Он любит слушать классическую музыку и на досуге заниматься выращиванием карликовых деревьев.

Ф. состоит членом Американского физического общества. Американской академии наук и искусств и Национальной академии наук США. С 1970 по 1973 г. он был членом Американской ассоциации содействия развитию науки и состоял членом Консультативного комитета по науке при президенте США. Среди полученных им наград и отличий премия по науке Исследовательской корпорации Америки (1968), премия по физике Эрнеста Орландо Лоуренса Комиссии по атомной энергии Соединенных Штатов Америки (1968) и медаль Джона Прайса Уезерилла Франклиновского Института (1976).

ФРАНК (Franck), Джеймс



26 августа 1882 г. – 21 мая 1964 г.

Нобелевская премия по физике. 1925 г.
совместно с Густавом Герцем

Немецко-американский физик Джеймс Франк родился в Гамбурге, в семье Якоба Франка, банкира, и Ребекки Франк, в девичестве Дрюкер, которая была родом из известной семьи раввинов. В гамбургской гимназии, где учился Ф., упор делался на классическое образование и языки – предметы, которые его не интересовали. Когда в 1901 г. отец послал его в Гейдельбергский университет, то ожидалось, что Ф. будет изучать юриспруденцию и экономику, после чего займется традиционным для его семьи банковским делом. Однако в Гейдельберге он изучал также геологию и химию, здесь он встретил Макса Борна, который поддержал интерес Ф. к науке и стал его другом на всю жизнь. Позднее Борн убедил родителей Ф. помочь сыну в его стремлении получить научное образование.

В 1902 г. Ф. перешел в Берлинский университет, тогдашний центр физической науки и образования в Германии. Докторскую степень он получил в 1906 г. за исследование движения ионов в газовых разрядах. После краткого периода работы ассистентом-преподавателем в университете Франкфурта-на-Майне Ф. вернулся в Берлинский университет ассистентом физической лаборатории и стал лектором в этом же университете в 1911 г.

Ф. начал совместную работу с Густавом Герцем в 1913 г. В своих первых совместных экспериментах Ф. и Герц исследовали взаимодействие электронов с атомами благородных газов низкой плотности. Они обнаружили, что при низких энергиях электроны соударяются с атомами благородных газов без большой потери энергии, т.е. эти соударения являются упругими. В 1914 г. ученые повторили свои эксперименты, используя пары ртути, и обнаружили, что электроны сильно взаимодействуют с атомами ртути, отдавая им большую долю своей энергии. Именно эта работа по неупругим соударениям привела Ф. и Герца к открытию квантованной передачи энергии в столкновениях атомов и электронов. Между 1900 г. и временем экспериментов Ф. и Герца Макс Планк, Альберт Эйнштейн и Нильс Бор создали квантовую теорию. В этой теории предполагалось, что энергия передается не непрерывно, а дискретными порциями, которые Эйнштейн назвал квантами. Энергия кванта выражается через частоту испускаемой или поглощаемой энергии с помощью множителя, известного как постоянная Планка. В 1913 г. Бор предложил квантовую модель атома, в которой электроны движутся вокруг ядра только по определенным орбитам, соответствующим специальным энергетическим состояниям; когда электроны переходят с одной орбиты на другую, они испускают или поглощают кванты. Модель Бора отвечала на некоторые существовавшие тогда возражения против ядерной модели атома и, в частности, объясняла спектры элементов. При нагревании газа он поглощает энергию в форме тепла, затем испускает ее в виде света; каждый элемент излучает свет специфических цветов, или длин волн, которые можно разделить, получив при этом серию линий, называемых спектром элемента. Согласно Бору,

каждая линия спектра соответствует определенному количеству энергии, излучаемой при переходе электрона с более высокой энергетической орбиты на более низкую. Хотя эта теория вызвала среди физиков огромный интерес и во многом убедила их в справедливости квантовой теории, она все же не была подтверждена экспериментально.

В своих знаменитых экспериментах Ф. и Герц показали, что электроны могут передавать энергию атому ртути только целыми кратными 4, 9 электрон-вольт. (Один электрон-вольт – это количество энергии, приобретаемой электроном, который ускоряется с помощью напряжения в один вольт.) Затем они предположили, что атомы ртути могут излучать энергию, равную той, которую они поглощают, давая спектральную линию с вычисляемой длиной волны. Обнаружив эту линию в спектре ртути, Ф. и Герц сделали вывод, что атомы при бомбардировке их электронами и поглощают, и испускают энергию неделимыми единицами, или квантами. Работа с газами других элементов подтвердила это открытие.

Эксперименты Ф. и Герца не только продемонстрировали существование квантов энергии более убедительно, чем любая предшествующая работа, но и дали новый метод измерения постоянной Планка. Более того, их результаты явились экспериментальным подтверждением боровской модели атома. Ни Ф., ни Герц не поняли этого вначале, обратив мало внимания на предположение Бора. Однако Бор и другие вскоре воспользовались результатами Ф. и Герца, чтобы подтвердить идеи Бора, оказавшие глубокое влияние на развитие квантовой теории.

В 1926 г. Шведская королевская академия наук наградила Нобелевской премией по физике за 1925 г. Ф. и Герца «за открытие законов соударений электронов с атомами». В своей Нобелевской лекции Ф. указал, что «первые работы Нильса Бора по теории атома появились за полгода до окончания этой работы». «Впоследствии, – продолжал он, – мне казалось совершенно необъяснимым, почему мы не осознали фундаментального значения теории Бора, причем до такой степени, что ни разу даже не упомянули о ней в своем научном докладе».

Исследования Ф. были прерваны разразившейся в 1914 г. первой мировой войной. Он служил офицером на русско-германском фронте, затем из-за тяжелого заболевания дизентерией был отправлен в тыл для длительного лечения. В 1917 г. Ф. стал главой секции в Институте физической химии кайзера Вильгельма, работая под руководством Фрица Хабера. Там он продолжил свои исследования по неупругим столкновениям электронов с атомами и молекулами. Ф. и его коллеги обнаружили, что электроны могут возбудить атом (заставив его поглотить энергию) таким образом, что он не сможет освободиться от возбуждающей энергии, испуская свет. Такие атомы находятся в «метастабильном состоянии», по терминологии, введенной Ф. и его сотрудниками, и способен потерять энергию возбуждения только при соударении с частицами. Метастабильные состояния играют важную роль в химии и физике: при фотосинтезе, например, они являются решающими при накоплении энергии в растениях.

Позднее Ф. обратился к фотосинтезу, который оставался самым важным для него предметом научных исследований последние 30 лет его жизни.

Когда Максу Борну в 1912 г. предложили возглавить кафедру теоретической физики в Геттингенском университете, он согласился при условии, что Ф. возглавит кафедру экспериментальной физики. Следующие 12 лет двое ученых работали в тесном контакте, обсуждая друг с другом каждый аспект своей работы. Когда Борн начал разрабатывать формальный математический аппарат квантовой теории, которую он назвал квантовой механикой, глубокая научная интуиция Ф. оказалась для него бесценной. В Геттингене Ф. вначале изучал взаимодействия атомов с электронами, светом и другими атомами. Его работа по формированию и структуре молекул, где использовались молекулярные спектры, позволила ему определить основные химические свойства по спектроскопическим измерениям. Подход, который он разработал со своим коллегой Эдвардом Кондоном, известен как принцип Франка – Кондона.

Вскоре после того, как Адольф Гитлер стал рейхсканцлером (1933), германское правительство стало удалять евреев с академических постов. Хотя Ф. и был евреем, но его заслуги в период первой мировой войны вначале ограждали его от смещения с поста. Он тем не менее сам подал в отставку, поскольку не хотел выполнять указание об увольнении сотрудников и студентов еврейской национальности. Он заявил о своем несогласии публично, что было актом личного мужества. Перед тем как покинуть Германию, Ф., несмотря на экономическую депрессию, сумел найти работу за границей для каждого члена своей лаборатории.

Проработав год в Исследовательском институте Бора в Копенгагене, Ф. в 1935 г. эмигрировал в Соединенные Штаты, став профессором Университета Джонса Хопкинса. Здесь он стал изучать влияние света на химические вещества и начал работы по разгадке тайн фотосинтеза, фундаментального фотохимического процесса в природе. В 1938 г. он был назначен профессором физической химии и директором новой лаборатории фотосинтеза Чикагского университета. Три года спустя он стал американским гражданином.

После вступления США во вторую мировую войну Ф. руководил химическим отделом металлургической лаборатории Чикагского университета, являвшейся составной частью Манхэттенского проекта по созданию атомной бомбы. Хотя перспектива создания ядерного оружия была ему ненавистна, он опасался, что Германия идет к той же цели. После поражения Германии Ф. возглавил комитет, изучавший социальные и политические последствия применения ядерного оружия. В докладе комитета, сделанном в июне 1945 г. и известном как «доклад Франка», настаивалось на том, чтобы ядерное оружие не применялось в военных целях до тех пор, пока оно не будет продемонстрировано в каком-нибудь необитаемом месте представителям всех наций, в особенности японцам. Доклад также предсказывал опасность гонки ядерных вооружений. Этими

рекомендациями пренебрегли, и японские города Хиросима и Нагасаки были разрушены в августе этого же года.

В 1907 г. Ф. женился на Ингрид Йозефсон, у них было две дочери. Ингрид Франк умерла в 1942 г. после продолжительной болезни. В 1946 г. Ф. женился на Герте Спонер, своей бывшей студентке, которая стала профессором физики Дьюкского университета в Дареме (штат Северная Каролина). После второй мировой войны Ф. вернулся к своим исследованиям в Чикагском университете, деля время между Чикаго и семейным домом в Дареме. В 1949 г. он стал почетным профессором в отставке Чикагского университета и продолжал вести активные исследования, особенно по фотосинтезу.

Ф. умер внезапно, когда они с женой в 1964 г. гостили у друзей в Геттингене.

Его коллеги знали Ф. как доброго, мягкого, демократичного человека, и многие из них неоднократно обращались к нему за советом по научным и личным делам. Они вспоминают его публичный протест против нацистов и его попытку предотвратить использование атомной бомбы против гражданского населения как примеры морального мужества.

Кроме Нобелевской премии, Ф. получил медаль Макса Планка Германского физического общества (1951 г.) и медаль Румфорда Американской академии наук и искусств (1955 г.). В 1953 г. он стал почетным гражданином Геттингена. Ф. был членом многих научных организаций, включая американскую Национальную академию наук, Ассоциацию содействия развитию науки, Американское философское общество, Американское химическое общество, Американское ботаническое общество и Лондонское королевское общество.

ФРАНК, Илья

23 октября 1908 г. – 22 июня 1990 г.
Нобелевская премия по физике, 1958 г
совместно с Павлом Черенковым и Игорем Таммом

Русский физик Илья Михайлович Франк родился в Санкт-Петербурге. Он был младшим сыном Михаила Людвиговича Франка, профессора математики, и Елизаветы Михайловны Франк. (Грацианової), по профессии физика. В 1930 г. он закончил Московский государственный университет по специальности «физика», где его учителем был С.И. Вавилов, позднее президент Академии наук СССР, под чьим руководством Ф. проводил эксперименты с люминесценцией и ее затуханием в растворе. В Ленинградском государственном оптическом институте Ф. изучал фотохимические реакции оптическими средствами в лаборатории А.В. Теренина. Здесь его исследования обратили на себя внимание элегантностью методики, оригинальностью и всесторонним анализом экспериментальных данных. В 1935 г. на основе этой работы он защитил диссертацию и получил степень доктора физико-математических наук.

По приглашению Вавилова в 1934 г. Ф. поступил в Физический институт им. П.Н. Лебедева АН СССР в Москве, где и работал с тех пор. Вавилов настаивал, чтобы Ф. переключился на атомную физику. Вместе со своим коллегой Л.В. Грошевым Ф. провел тщательное сравнение теории и экспериментальных данных, касающееся недавно открытого явления, которое состояло в возникновении электронно-позитронной пары при воздействии гамма-излучения на криптон.

Примерно в это же время Павел Черенков, один из аспирантов Вавилова в Институте им. Лебедева, начал исследование голубого свечения (позднее названного излучением Черенкова или излучением Вавилова – Черенкова), возникающего в преломляющих средах под воздействием гамма-лучей. Черенков показал, что это излучение не было еще одной разновидностью люминесценции, но он не мог объяснить его теоретически. В 1936...1937 гг. Ф. и Игорь Тамм сумели вычислить свойства электрона, равномерно движущегося в некоторой среде со скоростью, превышающей скорость света в этой среде (нечто напоминающее лодку, которая движется по воде быстрее, чем создаваемые ею волны). Они обнаружили, что в этом случае излучается энергия, а угол распространения возникающей волны просто выражается через скорость электрона и скорость света в данной среде и в вакууме.

Одним из первых триумфов теории Ф. и Тамма было объяснение поляризации излучения Черенкова, которая, в отличие от случая люминесценции, была параллельна падающему излучению, а не перпендикулярна ему. Теория казалась столь удачной, что Ф., Тамм и Черенков экспериментально проверили некоторые ее предсказания, такие, как наличие некоторого энергетического порога для падающего гамма-излучения, зависимость этого порога от показателя преломления среды и форма возникающего излучения (полый конус с осью вдоль направления падающего излучения). Все эти предсказания подтвердились. В знак признания этой работы Ф. в 1946 г. был избран членом-корреспондентом АН

СССР и вместе с Таммом, Черенковым и Вавиловым был награжден Государственной премией СССР.

Трое здравствующих членов этой группы (Вавилов умер в 1951 г.) были в 1958 г. награждены Нобелевской премией по физике «за открытие и истолкование эффекта Черенкова». В своей Нобелевской лекции Ф. указывал, что эффект Черенкова «имеет многочисленные приложения в физике частиц высокой энергии». «Выяснилась также связь между этим явлением и другими проблемами, – добавил он, – как, например, связь с физикой плазмы, астрофизикой, проблемой генерирования радиоволн и проблемой ускорения частиц».

Исследование Ф. эффекта Черенкова знаменовало начало его длительного интереса к влиянию оптических свойств среды на излучение движущегося источника; одна из его статей об излучении Черенкова появилась уже в 1980 г. Одним из наиболее важных вкладов Ф. в эту область была теория переходного излучения, которую он сформулировал вместе с советским физиком В.Л. Гинзбургом в 1945 г. Этот вид излучения возникает из-за перестройки электрического поля равномерно движущейся частицы, когда она пересекает границу между двумя средами, обладающими разными оптическими свойствами. Хотя эта теория была позднее проверена экспериментально, некоторые из ее важных следствий не удавалось обнаружить лабораторным путем еще более десятка лет.

Кроме оптики, среди других научных интересов Ф., особенно во время второй мировой войны, можно назвать ядерную физику. В середине 40-х гг. он выполнил теоретическую и экспериментальную работу по распространению и увеличению числа нейтронов в уран-графитовых системах и таким образом внес свой вклад в создание атомной бомбы. Он также обдумал экспериментально возникновение нейтронов при взаимодействиях легких атомных ядер, как и при взаимодействиях между высокоскоростными нейтронами и различными ядрами.

В 1946 г. Ф. организовал лабораторию атомного ядра в Институте им. Лебедева и стал ее руководителем. Будучи с 1940 г. профессором Московского государственного университета, Ф. с 1946 по 1956 г. возглавлял лабораторию радиоактивного излучения в Научно-исследовательском институте ядерной физики при МГУ.

Год спустя под руководством Ф. была создана лаборатория нейтронной физики в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне. Здесь в 1960 г. был запущен импульсный реактор на быстрых нейтронах для спектроскопических нейтронных исследований. В 1977 г. вошел в строй новый и более мощный импульсный реактор.

Коллеги считали, что Ф. обладал глубиной и ясностью мышления, способностью вскрывать существо дела самыми элементарными методами, а также особой интуицией в отношении самых труднопостигаемых вопросов эксперимента и теории. Его научные статьи чрезвычайно ценятся за ясность и логическую четкость.

В 1937 г. Ф. женился на Элле Абрамовне Бейлихис, видном историке. Их единственный ребенок, Александр, стал специалистом по нейтронной физике.

Ф. получил многочисленные награды Советского правительства, включая Ленинскую премию, два ордена Ленина, орден Трудового Красного Знамени, орден Октябрьской Революции, а также золотую медаль Вавилова Академии наук СССР. Он был избран академиком АН СССР в 1968 г.

ХОФСТЕДТЕР (Hofstadter), Роберт

род. 5 февраля 1915 г.
Нобелевская премия по физике, 1961 г.
совместно с Рудольфом Л. Мёссбауэром

Американский физик Роберт Хофстедтер родился в Нью-Йорке. В семье торговца Луиса Хофстедтера и урожденной Генриетты Кенигсберг было четверо детей, Х. был третьим сыном. Детские годы он провел в Нью-Йорке, там же учился в школе, а затем поступил в нью-йоркский Сити-колледж, где специализировался по физике и математике. В 1935 г. Х. получил степень бакалавра с высшим отличием и премию Кениона по физике и математике. На всю жизнь он сохранил признательность одному из преподавателей колледжа, сумевшему передать ему свою увлеченность точными науками, – ведь первоначально интересы Х. лежали в области философии. Стипендия Коффина от компании «Дженерал электрик» позволила Х. поступить в Принстонский университет. В 1938 г. ему были

присвоены ученые степени магистра и доктора наук по физике. Получив стипендию Проктера, следующий год Х. провел в Принстонском университете, занимаясь исследованием фотопроводимости кристаллов. В 1940 г. он стал преподавателем физики Пенсильванского университета, а в 1941 г. – Сити-колледжа Нью-Йорка. Став стипендиатом Пенсильванского университета, Х. в 1940...1941 гг. принимал участие в строительстве большого генератора Ван де Граафа.

В 1942...1943 гг. Х. работал в Национальном бюро стандартов и внес вклад в создание фотоэлектрических дистанционных взрывателей для зенитных снарядов. С 1943 по 1946 г. он занимал пост ассистента главного физика компании «Норден лабораториз», организованной создателем знаменитого прицела для бомбометания Норденом. По окончании войны Х. возвратился к академической жизни и в 1946 г. стал ассистент-профессором Принстонского университета. В этот период его исследования были сосредоточены на кристаллах, используемых в качестве детекторов частиц с высокой энергией, и радиации. В 1948 г. он разработал сцинтилляционный детектор на основе кристалла соли иодида натрия, «легированного» небольшим количеством таллия. При столкновении с таким кристаллом высокоэнергичной атомной частицы или фотона (частицы световой энергии) возникает вспышка света, интенсивность которой пропорциональна энергии частиц или фотона. Измеряя интенсивность света, экспериментатор получает возможность измерить и энергию частиц. Этот эффект лежит в основе сцинтилляционного спектрометра – одного из основных средств измерения в исследованиях ядерной радиации.

В 1950 г. Х. был назначен адъюнкт-профессором физики Станфордского университета. Используя новый ускоритель электронов Лаборатории физики высоких энергий университета, он приступил к исследованию структуры ядра. К тому времени Джордж П. Томсон, Клинтон Дж. Дэвиссон и другие доказали, что электроны обладают волновой природой. Было уже известно, что при увеличении энергии длина волны электрона убывает. Станфордский ускоритель позволял разгонять электроны до энергий от 100 до 500 млн. электрон-вольт, что соответствует длине волны электронов меньше характерных размеров атомных ядер. Это означало, что этот ускоритель можно было бы использовать как гигантский электронный микроскоп, позволяющий исследовать структуру атомного ядра. При столкновении с ядром электрон, разогнанный на ускорителе, отклоняется, как бильярдный шар. В некоторых случаях ядро распадается, испуская дополнительные электроны и другие частицы. Исследуя обломки таких столкновений, Х. надеялся получить представление о структуре ядра.

Х. измерял отклонение электронов, столкновения которых с ядром не сопровождались испусканием новых частиц. Для этого он использовал два массивных, весом по 250 т, магнитных спектрометра – прибор, позволяющий сортировать электроны по энергии и углу отклонения от первоначальной траектории. С помощью этого оборудования Х. удалось измерить величину и определить форму многих атомных ядер. Выяснилось, что все они имеют

примерно одну и ту же среднюю плотность. Объем ядра пропорционален полному числу протонов и нейтронов. Это означает, что в больших тяжелых ядрах эти частицы упакованы не более плотно, чем в малых легких. Почти постоянная плотность ядер оказалась равной 150 млн кг на м3. Если бы капля воды обладала такой плотностью, то она весила бы 2 млн. тонн.

Хотя Х. и обнаружил, что средняя плотность всех ядер примерно одинакова, его эксперименты показали, что атомное ядро отнюдь не является просто сферой с жесткой оболочкой. У него есть мягкая «шкура», толщина которой одинакова для всех ядер независимо от их размеров и составляет величину около 2,4·1013 см.

После того как станфордский ускоритель после реконструкции стал разгонять электроны до энергии в 1 млрд электрон-вольт, Х. обратился к исследованию внутренней структуры протонов и нейтронов – частиц, из которых состоит атомное ядро. В 1956...1957 гг. он вместе со своей группой определил размеры и форму протона и нейтрона. Исследователи пришли к выводу о том, что протоны и нейтроны представляют собой разновидности одной частицы, получившей название нуклона. Хотя протон и нейтрон имеют различный электрический заряд (положительный у протона и нулевой у нейтрона), во всех процессах, связанных с сильным взаимодействием, не дающим распадаться атомному ядру, они ведут себя одинаково. Открытие Х. показало неадекватность существовавшей в то время теории ядра и побудило Йоширо Намбу из Чикагского университета пересмотреть ее наиболее важные понятия. Считалось, что переносчиками взаимодействия между нуклонами являются пи-мезоны – частицы с массой, составляющей примерно половину массы протона. Намбу привел теоретические аргументы в пользу существования более тяжелых и короткоживущих носителей сильного взаимодействия. Предсказанные им частицы были открыты в 1961 г.

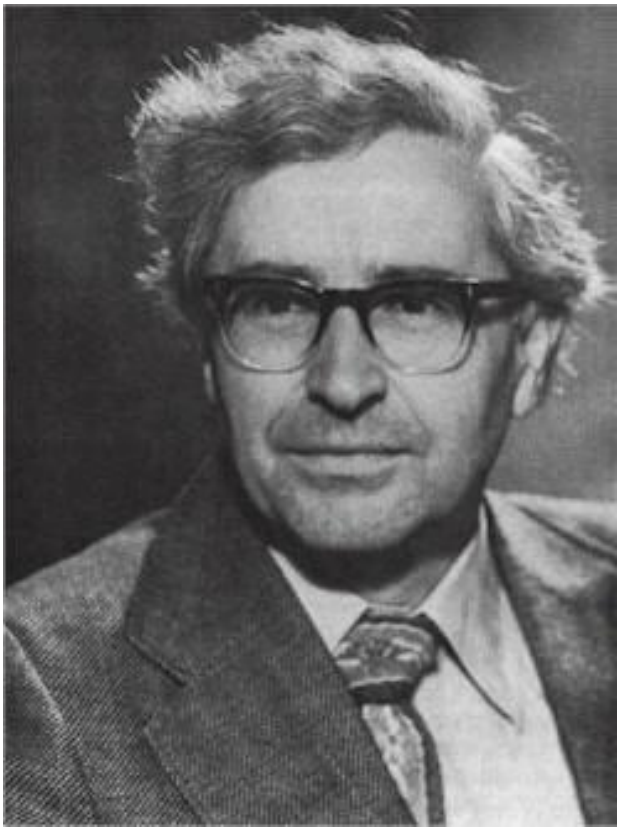
В 1961 г. Х. был удостоен Нобелевской премии по физике «за основополагающие исследования по рассеянию электронов на атомных ядрах и связанных с ними открытий в области структуры нуклонов». Вторым лауреатом того же года был Рудольф Л. Мёссбауэр. Представляя новых лауреатов, Ивар Валлер из Шведской королевской академии наук с особой похвалой отозвался об отличительной особенности работ Х. – «точности, недостижимой ранее в физике высоких энергий». Результаты Х., заметил Валлер, «стимулировали открытие новых частиц, существенных для понимания сил, действующих в атомных ядрах».

С 1971 г. Х. – профессор Станфордского университета, где продолжает свои исследования по физике высоких энергий. В 1942 г. он вступил в барк с Нэнси Гивон. У супругов родилось трое детей. Их сын Дуглас приобрел известность как специалист по искусственному интеллекту. По отзывам коллег, Х. спокойный, тихий человек. Он любит слушать классическую и джазовую музыку, заниматься фотографией, читать и ходить на лыжах.

Х. член Национальной академии наук США, Итальянского, Американского и Лондонского физических обществ. В 1959 г. в Калифорнии

он был удостоен почетного титула «Ученый года». В 1962 г. Сити-колледж Нью-Йорка отчеканил медаль в честь Х. Он удостоен почетных степеней Сити-колледжа, Падуанского и Карлтонского университетов.

ХЬЮИШ (Hewich), Энтони



род. 11 мая 1924 г.
Нобелевская премия по физике, 1974 г.
совместно с Мартином Райлом

Английский радиоастроном Энтони Хьюиш, младший из трех сыновей банкира Эрнеста Уильяма Хьюиша и урожденной Фрэнсис Грейс Лэнвон Пинч, родился в г. Фой (Корнуолл). Детские годы он провел в Ньюкэе на северном побережье Корнуолла. С 1935 по 1942 г. Х. учился в Королевском колледже в Тонтоне. В 1942 г. он поступил в Кембриджский университет, но на следующий год оставил его, чтобы принять участие в разработке противорадарных устройств для самолетов в Отделении телекоммуникационных исследований в Малверне. Там он впервые начал работать с Мартином Райлом. В 1946 г. Х. возвратился в Кембридж и в 1948 г. закончил его. Сразу же по окончании университета Х. стал сотрудником руководимой Райлом группы радиоастрономических исследований при Кавендишской лаборатории в Кембридже.

Продолжая свои исследования, Х. в 1952 г. защитил в Кембридже докторскую диссертацию по радиозондированию верхних слоев атмосферы. Вся научная деятельность Х. прошла в Кавендишской лаборатории и

Маллардовской радиоастрономической обсерватории, где он занимал должности научного сотрудника (1952...1954), внештатного члена колледжа (1955...1961), члена, научного руководителя и лектора Черчилл-колледжа (1961 1969), преподавателя (1969 1971) и профессора радиоастрономии (1971). В 1972 г. Х. был приглашенным профессором астрономии в Йельском университете.

После получения докторской степени Х. продолжил с помощью радиоволн исследования верхних слоев земной атмосферы и солнечного ветра – потока заряженных частиц (плазмы), испускаемого поверхностью Солнца. Х. участвовал в монтаже элементов радиоантенны и произвел некоторые наблюдения за радиоизлучением солнечной короны. В 1954 г. он предсказал мерцание радиоисточников с малым угловым диаметром Радиоволны, испускаемые такими источниками, проходя через космическое пространство, заполненное газом с переменной плотностью (солнечным ветром со слабо выраженными сгустками), должны слегка отклоняться от первоначального направления. В результате этого возникают быстрые, измеряемые секундами вариации принимаемого сигнала. Этот эффект, получивший название мерцания в межпланетном пространстве (ММП), аналогичен мерцанию звезд, свет от которых проходит через земную атмосферу, обладающую переменной плотностью. Если угловые размеры источника волн (будь то радиоволны, или свет) достаточно велики, то мерцание не наблюдается, так как сигналы, проходящие от различных частей такого источника, образуют в точке наблюдения сложное изображение, в котором отдельные мерцания усредняются.

Поскольку малые радиоисточники в то время еще не были известны, Х. не стал заниматься поиском подтверждений своей гипотезы. Но позднее, в 1964 г., Х. и его коллегам П.Ф. Скотту и Д. Уиллсу удалось наблюдать ММП. Понимая, что ММП может стать хорошим средством зондирования межпланетного газа и определения углового диаметра малых радиоисточников, Х. за два года измерил скорость солнечного ветра как в плоскости обращения планет, так и в перпендикулярном направлении.

В 1967 г. было завершено строительство радиотелескопа, спроектированного Х. для исследования влияния солнечной короны на излучение от далеких точечных источников на основе использования ММП. Аспирантка Х. Джоселин Белл Барнел, участвовавшая в создании телескопа, начала с его помощью поиск радиоисточников с быстро и заметно меняющейся амплитудой сигнала. Такая изменчивость свидетельствовала бы о сильном ММП. После двух месяцев поисков ей удалось обнаружить такой радиоисточник. Более подробное исследование показало, что он испускал импульсы радиоволн с очень стабильной частотой. Вскоре обнаружились и другие пульсары (пульсирующие звезды), которые все имели меньший диаметр, чем любая планета, и находились на расстоянии более чем 300 парсеков (1 парсек – 3,0857·1016 м). До того как была установлена природа пульсаров, Х. высказал чисто умозрительное предположение о том, что такие периодические сигналы могут быть посланиями от внеземных цивилизаций.

Какое-то напоминание об этой далекой от истины гипотезе можно найти в журналах наблюдений, в которых рукой Х. первые четыре пульсара обозначены как LGM 1, LGM 2 и т.д. (LGM означает "Little Green Men" – «маленькие зеленые человечки»).

Из немногочисленных астрономических объектов, имеющих столь малые размеры, как пульсары, наиболее известны так называемые белые карлики звезды с массами, примерно равными массе Солнца, а с диаметром, сравнимым с диаметром Земли. Хотя астрономы предсказывали существование нейтронных звезд с массами, примерно вдвое превышающими массу Солнца, и с диаметром около 10 км, ни одна из них не была обнаружена. Некоторые астрономы предполагали и существование черных дыр, объектов еще меньших размеров, но Х. полагал, что они не могут испускать радиоволны. В 1968 г. Х. предположил, что источником радиоволн, испускаемых пульсарами, служат либо высокочастотные колебания возбужденного белого карлика (было известно, что естественная частота белого карлика гораздо ниже), либо колебания нейтронной звезды на ее естественной частоте. В том же году британский астроном Томас Голд предложил теорию, впоследствии подтвердившуюся, согласно которой пульсар представляет собой вращающуюся вокруг собственной оси нейтронную звезду с сильнейшим магнитным полем (примерно в 1015 раз превосходящим магнитное поле Земли), окруженную облаком электропроводного разреженного газа (плазмы), которое испускает вращающийся луч. С тех пор было открыто по меньшей мере 130 пульсаров.

Х. и Райлу была присуждена Нобелевская премия по физике 1974 г. «за пионерские исследования в области радиофизики». В решении Нобелевского комитета особо отмечалась решающая роль, которую Х. сыграл в открытии пульсаров. Представляя лауреатов, Ханс Вильгельмсон из Шведской королевской академии заявил: «Радиоастрономия предоставляет уникальную возможность исследовать то, что происходит, а в действительности происходило очень давно, на огромных расстояниях от Земли. Х. сыграл решающую роль в открытии пульсаров. Это открытие, представляющее необычайный научный интерес, проложило путь к новым методам исследования вещества в экстремальных физических условиях».

После присуждения Нобелевской премии Х. продолжает заниматься исследованием ММП далеких радиоисточников. Он доказал, что самые мощные радиоисточники имеют необычайно малые размеры. Наблюдая малые радиоисточники на все больших расстояниях от Галактики, Х. подверг проверке космологические теории.

В 1950 г. Х. вступил в брак с Марджори Ричарде. У них родились сын и дочь. Х. любит ходить под парусом, плавать, работать в саду, мастерить что-нибудь, слушать музыку.

Он обладатель почетных степеней Лейчестерского и Экстерского университетов, член Лондонского королевского общества. Королевского астрономического общества и Американской академии наук и искусств.

Среди его многочисленных наград медаль Эддингтона Королевского астрономического общества (1969), медаль Альберта Майкельсона Франклиновского института (1973), медаль Ольвека и премия Французского физического общества (1974)

ЦЕРНИКЕ (Zernike), Фриц

16 июля 1888 г. – 10 марта 1966 г.
Нобелевская премия по физике, 1953 г.

Нидерландский физик Фриц Цернике родился в г. Амстердаме и был вторым из шести детей Карла Фредерика Августа Цернике, директора начальной школы, учителя математики и автора нескольких учебников по математике, и Антье (в девичестве Диперник) Цернике, также учителя математики. Мальчиком он любил ставить опыты в своей домашней лаборатории и радовался, решив трудную математическую задачу. В средней школе, блистая по физике, он был довольно равнодушен к другим предметам.

В 1905 г. Ц. поступил в Амстердамский университет, где специализировался по химии и в качестве непрофилирующих предметов изучал физику и математику. Три года спустя он принял участие в конкурсе работ, финансируемом Гронингенским университетом, и был награжден золотой медалью за работу по теории вероятностей. Аналогичную награду он получил от Голландского научного общества в 1912 г. за решение проблемы рассеяния света чистыми веществами и смесями. Расширенный вариант этой работы составил его диссертацию, за которую Амстердамским университетом в 1915 г. ему была присуждена докторская степень.

В том же году Ц., которого уже считали ведущим специалистом в своей области, сменил Л. С Ёрнстейна на посту лектора по физике в

Гронингенском университете, где двумя годами ранее известный астроном Я.К. Каптейн сделал Ц. своим ассистентом. К 1920 г., когда он стал полным профессором по теоретической физике, Ц. и Ёрнстейн провели совместное исследование по статистической механике, получившее широкое признание за тот значительный вклад, который оно внесло в данную область. Ц. использовал также свои математические способности и мастерство в изготовлении и совершенствовании таких научных инструментов, как гальванометр, но после 1930 г. основные свои усилия он направил на исследования в области оптики.

Вначале его заинтересовал щелевой эффект в дифракционных решетках. Дифракционная решетка представляет собой прозрачное стекло или зеркало, на поверхности которого нанесено большое число тонких, близко расположенных, равноотстоящих бороздок. Бороздки разделяют проходящий или отраженный свет на много индивидуальных щелеобразных источников. Когда лучи света от множества источников (обычно сфокусированных линзой) достигают некоторой точки на экране, яркость становится результатом суммирования всех лучей. Поскольку свет представляет собой электромагнитные волны, состоящие из электрического и магнитного полей, совершающих периодические колебания, лучи складываются или вычитаются в зависимости от того, прибывают они в данную точку в одинаковых или противоположных фазах. Фазой называется определенное положение в процессе колебания, и когда луч света проходит расстояние, равное длине волны, то за это время колебание совершает полный цикл (возвращается к исходной фазе). Поскольку лучи от разных участков данного щелевидного источника на решетке, так же как и лучи от разных щелей, проходят различные расстояния до заданной точки на экране, они приходят туда в разных фазах. Если свет монохроматичен (единственная длина волны), то в результате получается картина, состоящая из узких полос, или линий, попеременно светлых (когда лучи приходят в одинаковых фазах) и темных (когда лучи приходят в противоречие друг с другом). Если свет представляет собой смесь разных длин волн (цветов для видимого света), каждая длина волны дает свою дифракционную картину, отличную от остальных. В результате получается непрерывный спектр отдельных цветов, подобный радуге.

Многие ученые замечали, что решетки, содержащие повторяющиеся ошибки в расположении бороздок, вызванные неполадками в механизме, наносившем эти бороздки, порождают лишние линии, названные призраками, с каждой стороны выделяющейся яркой линии. Они считали эти линии не заслуживающими внимания и давали их появлению разные объяснения, с которыми Ц. не мог согласиться. Полагая, что призраки возникают из-за фазовых сдвигов, вызванных погрешностями изготовления решеток, он выполнил серию экспериментов, которые не только подтвердили его правоту, но и привели его к изобретению прибора, названного им фазово-контрастным микроскопом.

Оптические микроскопы уже были доведены до высокой степени совершенства немецкими оптическими компаниями. Однако возможность увидеть увеличенные детали зависели от их способности пропускать или отражать определенную порцию света, весьма отличную от общего светового окружения. При работе с относительно прозрачными препаратами, как это бывает в медицине и биологии, обычные микроскопы обладают рядом серьезных дефектов. Ц. полагал, что свет, проходящий сквозь прозрачные детали в препаратах, отличается от света, который проходит мимо них, и, следовательно, содержит нужную информацию. Разница здесь не в амплитуде, которую может обнаружить глаз, а в фазе, которую глаз отличить не в состоянии. Фазы же отличаются, поскольку свет движется с разными скоростями в различных веществах. Если вещество прозрачно, то оно не меняет количество пропускаемого света, но изменяет число длин волн или долей длин волн, укладывающихся по всей длине оптического пути, ибо оно понижает скорость света и, следовательно, расстояние, проходимое за один период колебания. Обычно говорят, что оно приводит к запаздыванию фазы. Ц. в своих экспериментах с призраками дифракционных решеток нашел способ превращения фазовых изменений в амплитудные, которые и позволяли сделать прозрачные детали видимыми для глаза.

Принцип состоял в том, чтобы наложить свет, проходящий сквозь прозрачный объект, на однородное фоновое освещение, представляющее собой небольшую порцию прямого света (света, обтекающего объект), который намеренно обладает опережением по фазе на четверть длины волны. В результате сочетания света, проходящего сквозь прозрачный объект, который обладает запаздыванием по фазе относительно прямого света, с фоновым освещением, которое имеет опережение по фазе, образуется деструктивная интерференция, т.е. понижение яркости. Для глаза наблюдателя это выглядит так, как если бы объект поглощал свет. Ц. добивался нужного фонового освещения, помещая то, что он называл фазовой пластиной (стеклянная пластина с выгравированной бороздкой), на пути луча света в фокальной плоскости линз объектива у микроскопа.

Фазово-контрастный микроскоп Ц. сделал возможным наблюдение бесцветных организмов, таких, как клетки или бактерии, без применения красителей, которые зачастую убивали образцы. Он позволял проводить более точные наблюдения, чем те, которые можно было получить с освещением темного поля, – еще один метод, часто приводивший к неправильной интерпретации мелких деталей. Фазово-контрастный метод оказался также полезным при оценке неровностей оптических поверхностей, например зеркала телескопа, да и самих дифракционных решеток, давших рождение самой этой идее.

Впервые убедившись в грандиозности своего изобретения и поняв его значение, Ц. посвятил в него германскую компанию «Цейс» в Йене, ведущего изготовителя микроскопов в то время. Но представители компании не проявили должного к нему интереса. «Они сказали, что, если бы это имело практическое значение, они бы уже изобрели это сами», – вспоминал Ц.

Во время второй мировой войны, в 1940 г., германские войска оккупировали Нидерланды. В поисках изобретений, которые могли бы оказаться полезными в военном деле, немецкие военные власти натолкнулись на описание работы Ц. по фазово-контрастному микроскопу, и в 1941 г. первые инструменты были изготовлены. Однако лишь по окончании войны эта технология была использована в полной мере.

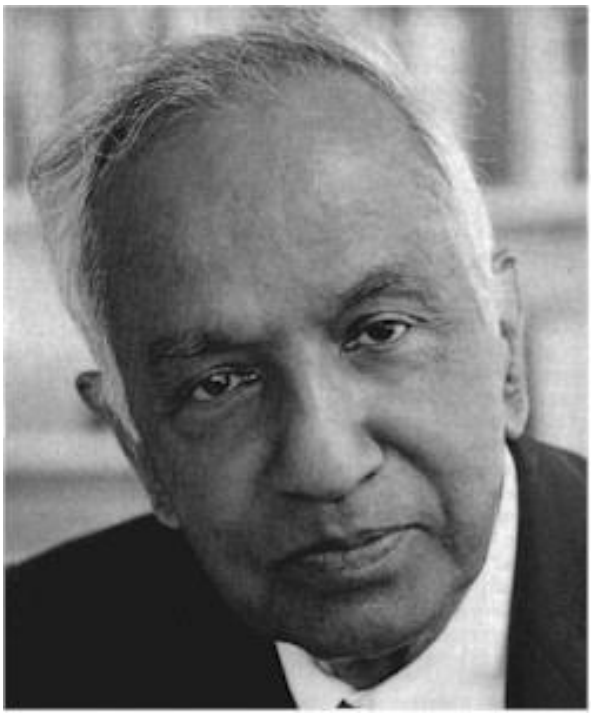
Фазово-контрастный микроскоп стал чрезвычайно важным инструментом, особенно в медицинских исследованиях. В качестве приглашенного профессора физики в Университете Джонса Хопкинса в Балтиморе в 1948...1949 гг. Ц. продолжал совершенствовать свое изобретение и сумел получить цветные изображения.

В 1953 г. Ц. был награжден Нобелевской премией по физике «за обоснование фазово-контрастного метода, особенно за изобретение фазово-контрастного микроскопа». «Когда Нобелевская премия присуждается за вклад в классическую физику, – сказал Эрик Хюльтен, член Шведской королевской академии наук, представляя лауреата, – то сам этот факт столь уникален, что в поисках аналогов нам придется вернуться к самым первым Нобелевским премиям», поскольку, за малым исключением, все последующие премии были присуждены «за открытия в области атомной и ядерной физики».

В 1930 г. Ц. женился на Теодоре Вильгельмине ван Боммель ван Флотен, у которой была дочь от первого брака; у них был один сын. Жена Ц. умерла в 1945 г., и в 1954 г. он женился на Лене Баандерс. У них не было детей. В 1958 г. после более чем 40-летней преподавательской и научной деятельности Ц. ушел в отставку из Гронингенского университета и поселился в городке Наарден вблизи Амстердама. Перед смертью у него прогрессировала болезнь Паркинсона.

Хотя признание пришло к Ц. поздно, он получил большое число наград, помимо Нобелевской премии, включая медаль Румфорда Лондонского королевского общества (1952) и почетные ученые степени университетов Амстердама, Лондона, Пуатье и Модены. Он был избран членом Нидерландской королевской академии наук в 1946 г.

ЧАНДРАСЕКАР (Chandrasekhar), Субрахманьян



Родился 19 октября 1910 г.
Нобелевская премия по физике, 1983 г.
совместно с Уильямом Фаулером

Индийско-американский астрофизик Субрахманьян Чандрасекар родился в Лахоре, Индия (ныне Пакистан). Он был первым сыном и третьим из десяти детей Чандрасекара Субрахманьи Айяра, индийского правительственного чиновника и музыковеда, и его жены Ситы (до замужества Балакришнан), преподавателя литературы и лингвиста. Воодушевленный примером дяди, физика Венката Рамана, мальчик решил стать ученым. Чандра (как его всегда называли) учился дома под руководством родителей и приглашенных педагогов, а в 1922 г. поступил в школу в Мадрасе, куда семья перебралась в 1918 г. Окончив школу в 1925 г., он поступил в Президентский колледж Мадрасского университета, где выбрал основным предметом физику, особенно интересуясь последними открытиями в астрофизике. Он получил степень бакалавра с отличием в 1930 г. Еще будучи старшекурсником, он в 1928 г. опубликовал статью, где анализировалась термодинамика эффекта Комптона (по имени Артура Х. Комптона) в связи с процессами внутри звезд.

Получив стипендию индийского правительства для обучения в аспирантуре Кембриджского университета, Ч. в 1930 г. отправился морем к берегам Англии. Во время долгого путешествия он читал книгу Артура Эддингтона «Внутреннее строение звезд», которую получил в качестве награды на физическом конкурсе. В этой книге видный британский астроном утверждал, что все звезды, когда истощается топливо, поддерживавшее ядерную реакцию, сжимаются под действием собственного веса, выделяя

избыток энергии в пространство. Такая звезда, как Солнце, сожмется в белый раскаленный шар размером с Землю, называемый белым карликом, с плотностью в 10 тонн на кубический сантиметр, после чего она будет просто остывать, в остальном оставаясь вечно неизменной. В Тринити-колледже в Кембридже Ч. исследовал поведение умирающих звезд под руководством физика Ральфа Говарда Фаулера, и в возрасте двадцати одного года он опубликовал три работы «Конфигурации звездных масс при сильном сжатии» ("The Highly Collapsed Configurations of a Stellar Mass"), «Максимальная масса идеальных белых карликов» ("The Maximum Mass of Ideal White Dwarfs") и «Плотность белых карликов» ("The Density of White Dwarf Stars"). В этих работах Ч. спорит с Эддингтоном. Взгляды Эддингтона во многом разделял и Фаулер, указывая, что звезды при сжатии образуют объекты планетарного размера, которые становятся либо белыми карликами, раскаленными и соответственно яркими, либо коричневыми карликами, холодными и довольно тусклыми.

По совету П.А.М. Дирака Ч. последний год своих докторских исследований провел у Нильса Бора в Институте теоретической физики в Копенгагене. Получив докторскую степень в 1933 г., он 4 года являлся членом ученого совета Тринити-колледжа. Все это время он продолжал исследование звезд.

В своих ранних работах Ч. показал, что большие и малые звезды ведут себя по-разному после того, как погаснет их ядерный огонь. С помощью квантовой механики и теории относительности он проанализировал поведение звездного вещества в процессе его сжатия, уделяя особое внимание электронам. Если масса звезды достаточно мала, то гравитационное давление, вызывающее сжатие, постепенно уравновешивается внутренним давлением, и звезда достигает положения равновесия при размерах белого карлика. Этот вывод остается справедливым независимо от того, будем ли мы рассчитывать внутреннее давление с помощью классической физики, где его источником считается по преимуществу тепловая энергия электронов, или в рамках квантовой механики, когда приходится учитывать величину, называемую энергией Ферми (по имени Энрико Ферми), которая зависит от плотности электронов. Однако если масса звезды превосходит определенную величину, то электроны будут постепенно сжиматься до такой степени, что их скорости станут близки к скорости света, условие, называемое релятивистским вырождением. В результате гравитационное сжатие превзойдет противодействующие силы и звезда будет продолжать сжиматься до невероятно малого размера и огромной плотности Критическая масса звезды, ниже которой звезда может стать белым карликом, известна теперь как граница Чандрасекара. Она в 1,4 раза превышает массу Солнца.

Из общей теории относительности Альберта Эйнштейна было известно, что массивные звезды, чьи размеры сжимаются меньше некоторого радиуса, не дадут вырваться с их поверхности никакому излучению. Они

станут невидимыми. Вычисления Ч. предсказали то, что ныне известно как «черные дыры».

К 1934 г. эти вычисления привели Ч. к предсказанию еще одного звездного события Сжимающаяся мертвая звезда с массой, в 2 или 3 раза превышающей массу Солнца, выделит такое огромное количество энергии, что, превратившись в сверхновую, взорвется. Ее наружная оболочка будет выброшена в пространство, а остаток сожмется до устойчивой нейтронной звезды, не содержащей электрически заряженных электронов и протонов. Ее плотность должна быть порядка 100 млн. тонн на кубический сантиметр.

В январе следующего года, в возрасте 24 лет, Ч. был приглашен на заседание Королевского астрономического общества в Лондоне, где его просили рассказать о своих вычислениях. Только за день до этого он, к своему ужасу, узнал, что Эддингтон тоже выступит с докладом на этом заседании. Он и Эддингтон, с которым они стали друзьями, месяцами обсуждали идеи Ч., однако Эддингтон ни разу не намекнул, что он сам ведет работы в том же направлении, и не обнаруживал желания публично оспорить взгляды Ч. После того как Ч. закончил свой доклад, Эддингтон, 52-летний всемирно известный астроном, выступил с глубоко оскорбительным ироническим опровержением «Не существует никакого релятивистского вырождения, сказал он, отвергая идею «черной дыры» как абсурдную. Я думаю, что должен существовать закон природы, не позволяющий звезде вести себя столь нелепо».

Хотя Эддингтон не подтвердил свои опровержения чем-либо существенным, Ч. был в ужасном состоянии. Никто не выступил публично в его защиту, однако такие выдающиеся физики, как Нильс Бор и Вольфганг Паули, в частном порядке ободрили его. Он не бросил свою работу и даже оставался в приятельских отношениях с Эддингтоном. После того как его идеи были осмеяны Эддингтоном, перспективы занять прочное положение в научной среде в Англии стали очень шаткими, и в 1937 г. он переехал в Соединенные Штаты, заняв должность научного сотрудника в Чикагском университете. В 1938 г. Ч. стал адъюнкт-профессором, в 1944 г. полным профессором и в 1947 г. почетным профессором астрофизики.

После работ по изучению строения звезд Ч. исследовал звездную динамику, особенно динамическое трение, замедление движения любой звезды в галактике из-за гравитации окружающих звезд. Между 1943 и 1950 гг. он развивал теорию переноса излучения, важную для понимания звездной атмосферы, звездной яркости и образования спектральных линий, так же как и для атмосферы планет и поляризации лучей света, падающих с неба в солнечный день. Во время второй мировой войны он служил консультантом военного министерства США на испытательном полигоне в Абердине (штат Мэриленд). Чикагский университет принял участие в Манхэттенском проекте по созданию атомной бомбы, и Ч. тоже внес свой вклад, работая вместе с Ферми, Джеймсом Франком и другими.

Кроме того, он занимался гидродинамикой и гидродинамической устойчивостью (1952 1961), равновесием и устойчивостью эллипсоидальных

фигур вращения (1961 1968), а также общей теорией относительности и релятивистской астрофизикой (1962 1971). Его работы по математической теории «черных дыр», проведенные в 1974...1983 гг., способствовали подтверждению тех самых взглядов, которые оспаривал Эддингтон в 1935 г. В самом деле, не было найдено ни одного белого карлика, масса которого превышала бы более чем в 1,4 раза массу Солнца, и граница Чандрасекара легла в основание современной астрофизики, приведя к признанию нейтронных звезд и «черных дыр». Возможно, квазизвездный объект, или квазар, представляет собой «черную дыру» в центре галактики. «Черные дыры» определяются по излучению, испускаемому веществом, которое ускоряется до очень высокой энергии, когда его затягивает «черная дыра».

Ч. был награжден в 1983 г. Нобелевской премией по физике «за теоретические исследования физических процессов, играющих важную роль в строении и эволюции звезд». Он разделил премию с Уильямом Фаулером. В своей речи Ч. процитировал несколько поэтических строк Рабиндраната Тагора, в которых говорится о необходимости свободы для творческой деятельности.

Всю свою жизнь Ч. был и теоретиком, и педагогом. Среди его докторантов были Цзундао Ли и Чжэньнин Янг. Он был единственным редактором «Астрофизического журнала» ("Astrophysical Journal") с 1951 по 1972 г. В редкие часы досуга Ч. слушает классическую музыку или читает.

Во время поездки в Индию в 1936 г. Ч. женился на Лалите Дорайсвами, стипендиатке Президентского колледжа. Он получил американское гражданство в 1953 г.

Помимо Нобелевской премии, Ч. получил золотую Брюсовскую медаль Тихоокеанского астрономического общества (1952 г.), золотую медаль Королевского астрономического общества в Лондоне (1953 г.), медаль Румфорда Американской академии наук и искусств (1957 г.). Королевскую медаль Лондонского королевского общества (1962 г.), национальную медаль «За научные достижения» Национального научного фонда (1966 г.) и премию Дэнни Хейнемана Американского физического общества (1974 г.). Он член Национальной академии наук, Американской академии наук и искусств. Американского астрономического общества. Королевского астрономического общества в Лондоне и Лондонского королевского общества.

ЧЕДВИК (Chadwick), Джеймс

20 октября 1891 г. – 24 июля 1974 г.
Нобелевская премия по физике, 1935 г.

Английский физик Джеймс Чедвик родился в г. Боллингтоне, вблизи Манчестера. Он был старшим из четырех детей Джона Джозефа Чедвика, владельца прачечной, и Энн Мэри (Ноулс) Чедвик. Окончив местную начальную школу, он поступил в манчестерскую муниципальную среднюю школу, где выделялся успехами в математике. В 1908 г. Ч. поступил в Манчестерский университет, собираясь изучать математику, однако по недоразумению с ним провели собеседование по физике. Слишком скромный, чтобы указать на ошибку, он внимательно выслушал вопросы, которые ему задавали, и решил сменить специализацию. Через три года он окончил университет с отличием по физике.

В 1911 г. Ч. начал аспирантскую работу под руководством Эрнеста Резерфорда в физической лаборатории в Манчестере. Именно в это время эксперименты по рассеянию альфа-частиц (которые рассматривались как заряженные атомы гелия), пропущенных через тонкую металлическую фольгу, привели Резерфорда к предположению, что вся масса атома сконцентрирована в плотном положительно заряженном ядре, окруженном отрицательно заряженными электронами, которые, как известно, обладают относительно малой массой. Ч. получил степень магистра в Манчестере в 1913 г., и в этом же году, став обладателем стипендии, он уехал в Германию,

чтобы изучать радиоактивность под руководством Ханса Гейгера (бывшего ассистента Резерфорда) в Государственном физико-техническом институте в Берлине. Когда в 1914 г. началась первая мировая война, Ч. был интернирован как английский гражданин и более 4 лет провел в лагере для гражданских лиц в Рулебене. Хотя Ч. страдал от суровых условий, подтачивавших его здоровье, он принял участие в научном обществе, созданном его товарищами по несчастью. Деятельность этой группы получила поддержку со стороны некоторых немецких ученых, включая Вальтера Нернста, с которым Ч. познакомился, будучи интернирован.

Ч. вернулся в Манчестер в 1919 г. Незадолго перед этим Резерфорд обнаружил, что бомбардировка альфа-частицами (которые теперь рассматривались как ядра гелия) может вызвать распад атома азота на более легкие ядра других элементов. Несколько месяцев спустя Резерфорда выбрали на должность директора Кавендишской лаборатории Кембриджского университета, и он пригласил Ч. последовать за ним. Ч. получил стипендию Уоллестона в Гонвилл-энд-Кайус-колледже, Кембридж, и смог работать с Резерфордом, продолжая эксперименты с альфа-частицами. Они выяснили, что при бомбардировке ядер часто образуется то, что, по-видимому, является ядрами водорода, легчайшего из элементов. Ядро водорода несло положительный заряд, равный по величине отрицательному заряду соответствующего электрона, но обладало массой, примерно в 2 тыс. раз превышающей массу электрона. Резерфорд позднее назвал его протоном. Становилось ясно, что атом как целое был электрически нейтральным, поскольку число протонов в его ядре равнялось числу окружающих ядро электронов. Однако такое число протонов не согласовалось с массой атомов, за исключением простейшего случая водорода. Чтобы устранить такое расхождение, Резерфорд предложил в 1920 г. идею, что ядра могут содержать электрически нейтральные частицы, которые позднее он назвал нейтронами, образованные соединением электрона и протона. Противоположная точка зрения состояла в том, что атомы содержат электроны как вне, так и внутри ядра и что отрицательный заряд ядерных электронов просто нейтрализует часть заряда протонов. Тогда протоны ядра давали бы полный вклад в общую массу атома, а их суммарный заряд был бы как раз такой, чтобы нейтрализовать заряд окружающих ядро электронов. Хотя к предположению Резерфорда о том, что существует нейтральная частица, отнеслись с уважением, но все же не было экспериментального подтверждения этой идеи.

Ч. получил докторскую степень по физике в Кембридже в 1921 г. и был избран членом ученого совета Гонвилл-энд-Кайус-колледжа. Два года спустя он стал заместителем директора Кавендишской лаборатории. Вплоть до конца 20-х гг. он исследовал такие атомные явления, как искусственный распад ядер легких элементов под действием бомбардировки альфа-частицами и спонтанное испускание бета-частиц (электронов). В процессе этой работы он размышлял над тем, как можно было бы подтвердить существование резерфордовской нейтральной частицы, однако решающие

исследования, позволившие это сделать, были проведены в Германии и Франции.

В 1930 г. немецкие физики Вальтер Боте и Ханс Беккер обнаружили, что при бомбардировке некоторых легких элементов альфа-частицами возникает излучение, обладающее особой проникающей силой, которое они приняли за гамма-лучи. Гамма-лучи впервые стали известны как излучение, порождаемое радиоактивными ядрами. Они обладали большей, чем у рентгеновских лучей, проникающей способностью, поскольку у них более короткая длина волны. Однако некоторые результаты озадачивали, особенно когда в качестве мишени для бомбардировки использовался бериллий. При этом излучение в направлении движения падающего потока альфа-частиц обладало большей проникающей способностью, чем обратное излучение. Ч. предположил, что бериллий испускает поток нейтральных частиц, а не гамма-лучи. В 1932 г. французские физики Фредерик Жолио и Ирен фолио-Кюри, исследуя проникающую способность излучения бериллия, помещали различные поглощающие материалы между бомбардируемым бериллием и ионизационной камерой, выполнявшей роль регистратора излучения. Когда в качестве поглотителя они взяли парафин (вещество, богатое водородом), то обнаружили увеличение, а не уменьшение излучения, выходящего из парафина. Проверка привела их к выводу, что усиление излучения связано с протонами (ядрами водорода), выбиваемыми из парафина проникающей радиацией. Они предположили, что протоны выбиваются в результате столкновений с квантами (дискретными единицами энергии) необычайно мощного гамма-излучения, подобно тому как электроны выбиваются при столкновении с рентгеновскими лучами (эффект Комптона) в эксперименте, впервые проведенном Артуром Х. Комптоном.

Ч. быстро повторил и расширил эксперимент, проведенный французской парой, и обнаружил, что толстая свинцовая пластина не оказывает сколько-нибудь заметного влияния на излучение бериллия, не ослабляя его и не порождая вторичного излучения, что свидетельствовало о его высокой проникающей способности. Однако парафин вновь дал добавочный поток быстрых протонов. Ч. произвел проверку, которая подтвердила, что это действительно протоны, и определил их энергию. Затем он показал, что по всем признакам крайне мало вероятно, чтобы при столкновениях альфа-частиц с бериллием могли возникать гамма-лучи с энергией, достаточной для того, чтобы выбивать протоны из парафина с такой скоростью. Поэтому он оставил идею о гамма-лучах и сосредоточился на нейтронной гипотезе. Приняв существование нейтрона, он показал, что в результате захвата альфа-частицы ядром бериллия может образоваться ядро элемента углерода, причем освобождается один нейтрон. То же самое он проделал и с бором – еще одним элементом, порождавшим проникающую радиацию при бомбардировке альфа-лучами. Альфа-частица и ядро бора соединяются, образуя ядро азота и нейтрон. Высокая проникающая способность потока нейтронов возникает потому, что нейтрон не обладает зарядом и, следовательно, при движении в веществе не испытывает влияния

электрических полей атомов, а взаимодействует с ядрами лишь при прямых столкновениях. Нейтрону требуется также меньшая энергия, чем гамма-лучу, чтобы выбить протон, поскольку он обладает большим импульсом, чем квант электромагнитного излучения той же энергии. То, что излучение бериллия в прямом направлении оказывается более проникающим, можно связать с предпочтительным излучением нейтронов в направлении импульса падающего потока альфа-частиц.

Ч. также подтвердил гипотезу Резерфорда, что масса нейтрона должна быть равна массе протона, анализируя обмен энергией между нейтронами и протонами, выбитыми из вещества, как если бы речь шла о соударении бильярдных шаров. Энергообмен особенно эффективен, поскольку их массы почти одинаковы. Он также проанализировал треки атомов азота, подвергшихся соударению с нейтронами, в конденсационной камере – приборе, изобретенном Ч.Т.Р. Вильсоном. Пар в конденсационной камере конденсируется вдоль наэлектризованной дорожки, которую оставляет ионизирующая частица при взаимодействии с молекулами пара. Дорожка видна, хотя сама частица и невидима. Поскольку нейтрон не оказывает непосредственно ионизирующего воздействия, его след не виден. Ч. пришлось устанавливать свойства нейтрона по треку, оставляемому после соударения с атомом азота. Оказалось, что масса нейтрона на 1,1% превышает массу протона.

Эксперименты и расчеты, проделанные другими физиками, подтвердили выводы Ч., и существование нейтрона было быстро признано. Вскоре после этого Вернер Гейзенберг показал, что нейтрон не может быть смесью протона и электрона, а представляет собой незаряженную ядерную частицу – третью субатомную, или элементарную, частицу из тех, что были открыты. Предложенное Ч. доказательство существования нейтрона в 1932 г. в корне изменило картину атома и проложило путь для дальнейших открытий в физике. У нейтрона было и практическое применение как у разрушителя атома: в отличие от положительно заряженного протона он не отталкивается при подходе к ядру.

«За открытие нейтрона» Ч. был награжден в 1935 г. Нобелевской премией по физике. «Существование нейтрона полностью установлено, – сказал Ханс Плейель из Шведской королевской академии наук в своей речи на церемонии вручения, – в результате чего ученые пришли к новой концепции строения атома, которая лучше согласуется с распределением энергии внутри атомных ядер. Стало очевидным, что нейтрон образует один из строительных кирпичей, из которых состоят атомы и молекулы, а значит, и вся материальная Вселенная».

Ч. перешел в 1935 г. в Ливерпульский университет, чтобы создать новый центр физических ядерных исследований. В Ливерпуле он следил за модернизацией университетского оборудования и руководил строительством циклотрона – установки для ускорения заряженных частиц.

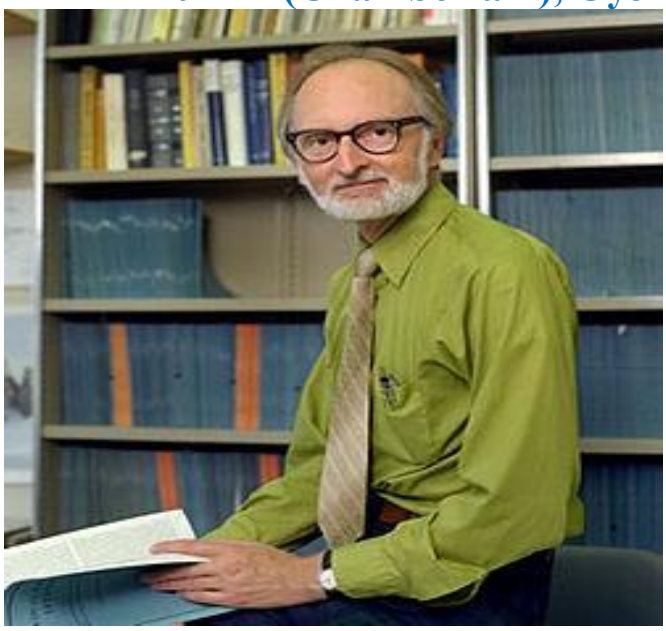
Когда в 1939 г. началась вторая мировая война, британское правительство обратилось к Ч. с запросом, возможна ли цепная ядерная

реакция, и он начал с помощью ливерпульского циклотрона исследовать эту возможность. В следующем году он вошел в состав Модовского комитета, небольшой избранной группы видных британских ученых, которая сделала оптимистические выводы о возможности Британии создать атомную бомбу, и стал координатором экспериментальных программ по разработке атомного оружия в Ливерпуле, Кембридже и Бристоле. В дальнейшем, однако, Британия решила присоединиться к американской программе создания ядерного оружия и направила своих ученых, занимавшихся ядерными исследованиями, в Соединенные Штаты. С 1943 по 1945 г. Ч. координировал усилия британских ученых, работавших над Манхэттенским проектом (секретная программа создания атомной бомбы).

Ч. вернулся в Ливерпульский университет в 1946 г. Два года спустя он отошел от активной научной деятельности и возглавил Гонвилл-энд-Кайус-колледж. В 1958 г. он переехал в Северный Уэльс с женой Эйлин, до замужества Стюарт-Браун, на которой женился в 1925 г. Они вернулись в Кембридж в 1969 г., чтобы быть поближе к своим дочерям-близнецам. Ч. умер 5 лет спустя в Кембридже.

Кроме Нобелевской премии, Ч. получил медаль Хьюгса (1932 г.) и медаль Копли (1950 г.) Королевского общества, медаль «За заслуги» правительства США (1946 г.), медаль Франклина Франклиновского института (1951 г.) и медаль Гутри Физического института в Лондоне (1967 г.). Получив дворянское звание в 1945 г., он являлся обладателем почетных степеней 9 британских университетов и был членом многих научных обществ и академий в Европе и Соединенных Штатах.

ЧЕМБЕРЛЕН (Chamberlain), Оуэн



род. 10 июля 1920 г.
Нобелевская премия по физике, 1959 г.
совместно с Эмилио Сегре

Американский физик Оуэн Чемберлен родился в Сан-Франциско (штат Калифорния), в семье Эдварда Чемберлена, радиолога в госпитале Станфордского университета, и Женевьевы Лусинды (Оуэн) Чемберлен. Когда мальчику было 10 лет, его семья переехала в Филадельфию, где он получил среднее образование. Степень бакалавра он получил в Дартмутском колледже в 1941 г. и поступил в аспирантуру Калифорнийского университета в Беркли. Однако после вступления США во вторую мировую войну он прервал обучение для участия в Манхэттенском проекте, секретной программе создания атомной бомбы. Он исследовал изотопы урана в Беркли под руководством Эрнеста О. Лоуренса, изобретателя циклотрона, и в 1943 г. был направлен в Лос-Аламос, где продолжал работу и присутствовал при первом испытании бомбы в 1945 г.

После войны Ч. специализировался по физике частиц в Аргоннской национальной лаборатории в Чикаго, сосредоточившись на диффузии медленных нейтронов в жидкостях. Одновременно он возобновил свои аспирантские исследования в Чикагском университете под руководством Энрико Ферми и получил докторскую степень в 1948 г. В этом же году он принял приглашение вернуться в Беркли преподавателем физики, став ассистент-профессором в 1950 г., адъюнкт-профессором в 1954 г. и полным профессором в 1958 г.

В Беркли Ч. воспользовался университетским циклотроном, новым ускорителем частиц высокой энергии, для того чтобы исследовать рассеяние быстрых протонов и нейтронов. В начале 50-х гг. он начал совместную работу с Эмилио Сегре, коллегой по Беркли, с которым он встречался во время войны в Лос-Аламосе, и с исследовательской группой, куда входили Клайд Вейганд и Томас Ипсилантис. Сегре был представителем известной итальянской физической школы, сложившейся под руководством Ферми в Римском университете в 30-х гг. Совместная работа привела к открытию антипротона, теоретически предсказанного двойника протона, но с противоположным электрическим зарядом и некоторыми другими обратными свойствами.

В 1928 г. английский физик П.А.М. Дирак предсказал существование античастиц (нечто вроде зеркального отражения обычных частиц, таких, как электрон и протон), основываясь на уравнениях, которые он вывел, объединив теорию относительности Альберта Эйнштейна с квантовой теорией. При отсутствии экспериментального подтверждения существование античастиц было принято не всеми. Доверие возросло, когда четыре года спустя Карл Д. Андерсон открыл позитрон, двойник отрицательного электрона, но с положительным зарядом (т.е. антиэлектрон). Позитрон наблюдался в космических лучах, высокоэнергетическом излучении, бомбардирующем Землю из космоса. Это открытие стимулировало поиски других античастиц с помощью вновь построенных ускорителей частиц. Поскольку античастицы возникают при разрушающем ядро соударении ускоренной частицы и мишени, для получения таких частиц

требуется большая энергия. Для получения тяжелой частицы, подобной антипротону, требовалась энергия большая, чем могли обеспечить имеющиеся в то время ускорители.

Ситуация изменилась со строительством в Беркли беватрона, наиболее мощного в то время ускорителя частиц, способного разогнать частицы до энергий, достигающих миллиардов электрон-вольт. С помощью этой установки Ч., Сегре и их коллеги ускорили протоны до энергии в 6,2 млрд электрон-вольт и бомбардировали ими атомы меди. Хотя теоретически этой энергии было достаточно, чтобы получить антипротоны, их количество ожидалось небольшим, время жизни коротким и, кроме того, их крайне трудно было обнаружить среди обломков, остающихся после соударений, среди которых было большое число других субатомных частиц.

Решение проблемы обнаружения и идентификации было главным достижением Ч., Сегре и всей их исследовательской группы. Они разработали сложную и хитроумную систему, состоящую из магнитов и магнитных фокусирующих устройств, которая выделяла частицы, обладавшие массой, зарядом и скоростью антипротона, из всех остальных. Электронные счетчики и таймеры измеряли скорость частиц, когда они пролетали путь заданной длины; аннигиляция протон – антипротон регистрировалась с помощью фотоэмульсии (это являлось окончательным подтверждением других измерений); кроме того, использовались и другие средства для устранения возможных ошибок. Эмульсия фиксировала трек входящего антипротона, заканчивавшийся аннигиляцией, что напоминало звездочку, где роль лучей выполняли треки продуктов аннигиляции. Оказалось, что продуктами аннигиляции являются мезоны, примерно по пять штук на каждый акт аннигиляции.

В 1955 г., когда накопилось убедительное число (40) обнаружений (только одна из примерно 30 тыс. частиц была антипротоном, и один антипротон наблюдался примерно каждые 15 минут), ученые объявили об открытии антипротона. «Беватрон – это единственный источник энергии, достаточно большой для того, чтобы получить антипротоны, – сказал позднее Ч. – Даже звезды в миллион раз холоднее, чем нужно, тогда как водородная бомба, которая в основе своей не что иное, как звезда, принадлежит иной категории». Этот эксперимент показал также, что антипротоны возникают не сами по себе, а обязательно парами протон – антипротон, точно так же, как позитроны появляются только в парах электрон – позитрон. Данное наблюдение подтвердило теорию Дирака и убедило ученых в том, что существуют и другие античастицы, независимо от того, можно ли их наблюдать.

В течение месяцев, последовавших за основными экспериментами, Ч. с коллегами проводил смежные исследования, используя разнообразную фотографическую технику, чтобы получить побольше снимков аннигиляции протона с антипротоном. Стипендия Гуггенхейма позволила ему провести 1957 год на физическом факультете Римского университета, где он продолжал исследование антипротона, частично в содружестве с Эдоардо

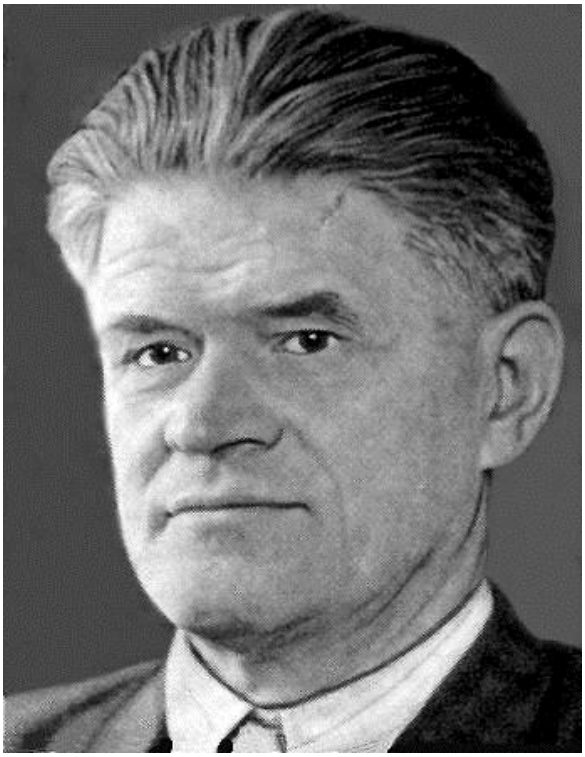
Амальди, еще одним физиком из первоначальной группы Ферми 30-х гг. По возвращении в Беркли Ч. получил звание полного профессора физики, а в следующем году он был приглашен на семестр в Гарвард в качестве лектора по физике.

«За открытие антипротона» Ч. и Сегре получили в 1959 г. Нобелевскую премию по физике. В своей речи Эрик Хультен из Шведской королевской академии наук воздал должное Ч. и его «остроумным методам распознавания и анализа новой частицы». В своей Нобелевской лекции Ч. подытожил результаты работы, которую он проделал вместе с коллегами. «Поскольку протон и нейтрон – близкие родственники, – сказал он, – ожидалось, что открытие антинейтрона последует быстро за открытием антипротона. Было бы естественно предположить, что существуют античастицы для всех заряженных частиц».

Оставаясь в Беркли, Ч. продолжал работать в области физики частиц, исследуя взаимодействие антипротонов с водородом и дейтерием, рассеяние пи-мезонов и возможность получения антинейтронов из антипротонов.

В 1943 г. Ч. женился на Беатрис Бабетт Купер, у них было три дочери и сын. Брак был расторгнут в 1978 г. Ч. – член Американского физического общества, Национальной академии наук, Американской ассоциации содействия развитию науки и Американской академии наук и искусств.

ЧЕРЕНКОВ, Павел



28 июля 1904 г. – 6 января 1990 г.
Нобелевская премия по физике, 1958 г.
совместно с Ильей Франком и Игорем Таммом

Русский физик Павел Алексеевич Черенков родился в Новой Чигле вблизи Воронежа. Его родители Алексей и Мария Черенковы были крестьянами. Окончив в 1928 г. физико-математический факультет Воронежского университета, он два года работал учителем. В 1930 г. он стал аспирантом Института физики и математики АН СССР в Ленинграде и получил кандидатскую степень в 1935 г. Затем он стал научным сотрудником Физического института им. П.Н. Лебедева в Москве, где и работал в дальнейшем.

В 1932 г. под руководством академика С.И. Вавилова Ч. начал исследовать свет, возникающий при поглощении растворами излучения высокой энергии, например излучения радиоактивных веществ. Ему удалось показать, что почти во всех случаях свет вызывался известными причинами, такими, как флуоресценция. При флуоресценции падающая энергия возбуждает атомы или молекулы до более высоких энергетических состояний (согласно квантовой механике, каждый атом или молекула обладает характерным множеством дискретных энергетических уровней), из которых они быстро возвращаются на более низкие энергетические уровни. Разность энергий более высокого и более низкого состояний выделяется в виде единицы излучения – кванта, частота которого пропорциональна энергии. Если частота принадлежит видимой области, то излучение проявляется как свет. Поскольку разности энергетических уровней атомов или молекул, через которые проходит возбужденное вещество, возвращаясь в самое низкое энергетическое состояние (основное состояние), обычно отличаются от энергии кванта падающего излучения, эмиссия из поглощающего вещества имеет другую частоту, чем у порождающего ее излучения. Обычно эти частоты ниже.

Однако Ч. обнаружил, что гамма-лучи (обладающие гораздо большей энергией и, следовательно, частотой, чем рентгеновские лучи), испускаемые радием, дают слабое голубое свечение в жидкости, которое не находило удовлетворительного объяснения. Это свечение отмечали и другие. За десятки лет до Ч. его наблюдали Мария и Пьер Кюри, исследуя радиоактивность, но считалось, что это просто одно из многочисленных проявлений люминесценции. Ч. действовал очень методично. Он пользовался дважды дистиллированной водой, чтобы удалить все примеси, которые могли быть скрытыми источниками флуоресценции. Он применял нагревание и добавлял химические вещества, такие, как йодистый калий и нитрат серебра, которые уменьшали яркость и изменяли другие характеристики обычной флуоресценции, всегда проделывая те же опыты с контрольными растворами. Свет в контрольных растворах изменялся, как обычно, но голубое свечение оставалось неизменным.

Исследование существенно осложнялось из-за того, что у Ч. не было источников радиации высокой энергии и чувствительных детекторов, которые позднее стали самым обычным оборудованием. Вместо этого ему пришлось пользоваться слабыми естественными радиоактивными

материалами для получения гамма-лучей, которые давали едва заметное голубое свечение, а вместо детектора полагаться на собственное зрение, обострявшееся с помощью долгого пребывания в темноте. Тем не менее ему удалось убедительно показать, что голубое свечение представляет собой нечто экстраординарное.

Значительным открытием была необычная поляризация свечения. Свет представляет собой периодические колебания электрического и магнитного полей, напряженность которых возрастает и убывает по абсолютной величине и регулярно меняет направление в плоскости, перпендикулярной направлению движения. Если направления полей ограничены особыми линиями в этой плоскости, как в случае отражения от плоскости, то говорят, что свет поляризован, но поляризация тем не менее перпендикулярна направлению распространения. В частности, если поляризация имеет место при флуоресценции, то свет, излучаемый возбужденным веществом, поляризуется под прямым углом к падающему лучу. Ч. обнаружил, что голубое свечение поляризовано параллельно, а не перпендикулярно направлению падающих гамма-лучей. Исследования, проведенные в 1936 г., показали также, что голубое свечение испускается не во всех направлениях, а распространяется вперед относительно падающих гамма-лучей и образует световой конус, ось которого совпадает с траекторией гамма-лучей. Это послужило ключевым фактором для его коллег, Ильи Франка и Игоря Тамма, создавших теорию, которая дала полное объяснение голубому свечению, ныне известному как излучение Черенкова (Вавилова – Черенкова в Советском Союзе).

Согласно этой теории, гамма-квант поглощается электроном в жидкости, в результате чего он вырывается из родительского атома. Подобное столкновение было описано Артуром Х. Комптоном и носит название эффекта Комптона. Математическое описание такого эффекта очень похоже на описание соударений бильярдных шаров. Если возбуждающий луч обладает достаточно большой энергией, выбитый электрон вылетает с очень большой скоростью. Замечательной идеей Франка и Тамма было то, что излучение Черенкова возникает, когда электрон движется быстрее света. Других, по всей видимости, удерживал от подобного предположения фундаментальный постулат теории относительности Альберта Эйнштейна, согласно которому скорость частицы не может превышать скорости света. Однако подобное ограничение носит относительный характер и справедливо только для скорости света в вакууме. В веществах, подобных жидкостям или стеклу, свет движется с меньшей скоростью. В жидкостях электроны, выбитые из атомов, могут двигаться быстрее света, если падающие гамма-лучи обладают достаточной энергией.

Конус излучения Черенкова аналогичен волне, возникающей при движении лодки со скоростью, превышающей скорость распространения волн в воде. Он также аналогичен ударной волне, которая появляется при переходе самолетом звукового барьера.

За эту работу Ч. получил степень доктора физико-математических наук в 1940 г. Вместе с Вавиловым, Таммом и Франком он получил Сталинскую (впоследствии переименованную в Государственную) премию СССР в 1946 г.

В 1958 г. вместе с Таммом и Франком Ч. был награжден Нобелевской премией по физике «за открытие и истолкование эффекта Черенкова». Манне Сигбан из Шведской королевской академии наук в своей речи отметил, что «открытие явления, ныне известного как эффект Черенкова, представляет собой интересный пример того, как относительно простое физическое наблюдение при правильном подходе может привести к важным открытиям и проложить новые пути для дальнейших исследований».

Комментируя первое награждение советских ученых Нобелевской премией по физике, газета «Нью-Йорк таймс» отметила, что оно свидетельствует о «несомненном международном признании высокого качества экспериментальных и теоретических исследований в области физики, проводимых в Советском Союзе». Подобное признание носило иронический характер (по крайней мере отчасти), поскольку во времена оригинальных исследований Ч. его примитивные методы делали для многих физиков сомнительными результаты исследований.

В течение ряда лет теория излучения Черенкова, сохраняя фундаментальное значение, не имела практических приложений. Однако впоследствии были созданы счетчики Черенкова (основанные на обнаружении излучения Черенкова) для измерения скорости единичных высокоскоростных частиц, вроде тех, что образуются в ускорителях или в космических лучах. Определение скорости основано на том, что чем быстрее движется частица, тем уже становится конус Черенкова. Поскольку излучение Черенкова обладает энергетическим порогом и представляет собой короткие импульсы, с помощью счетчика Черенкова можно отсеивать частицы с низкими скоростями и различать две частицы, поступающие почти одновременно. При регистрации излучения поступает также информация о массе и энергии частицы. Этот тип детектора использовался при открытии антипротона (отрицательного ядра водорода) Оуэном Чемберленом и Эмилио Сегре в 1955 г.; позднее он применялся в счетчике космических лучей на советском искусственном спутнике «Спутник-111».

Многие годы Ч. был начальником отдела Института им. Лебедева, после войны он занялся изучением космических лучей и принимал участие в создании электронных ускорителей. За участие в разработке и создании в Институте им. Лебедева синхротрона он был награжден второй Сталинской (Государственной) премией в 1951 г. В 1959 г. Ч. стал руководителем институтской лаборатории фотомезонных процессов, где проводил исследования по фотораспаду гелия и других легких ядер и фотопродукции внутриатомных частиц.

Помимо научно-исследовательской деятельности, Ч., начиная с 1944 г., много лет преподавал физику в Московском энергетическом институте, а

позднее в Московском инженерно-физическом институте. Он стал профессором физики в 1953 г.

В 1930 г. Ч. женился на Марии Путинцевой, дочери профессора русской литературы. У них было двое детей.

Черенков был избран членом-корреспондентом АН СССР в 1964 г. и академиком в 1970 г. Он трижды лауреат Государственной премии СССР, имел два ордена Ленина, два ордена Трудового Красного Знамени и другие государственные награды.

ШАВЛОВ (Schawlow), Артур Л.

Род. 5 мая 1921 г.
Нобелевская премия по физике, 1981 г.
совместно с Николасом Бломбергеном и Каем Сигбаном

Американский физик Артур Леонард Шавлов родился в г. Маунт-Верноне (штат Нью-Йорк). За десять лет до этого события его отец, Артур Шавлов, иммигрировал в Соединенные Штаты из Риги (Латвия). Поселившись в Нью-Йорке, он стал работать агентом по страхованию и женился на канадской подданной Элен Мейсон. Когда Артуру исполнилось три года, семья (вместе с родившейся дочерью) переселилась в Канаду.

Выросший в Торонто, Ш. посещал Винчестерскую начальную школу. Нормальную образцовую школу при учительском колледже и Воган-Роуд-колледж среднее учебное заведение, которое окончил в 1937 г. Он надеялся продолжить свое образование и в соответствии с проявившимся

еще в детские годы интересом к естественным наукам избрал специальность радиоинженера в Университете Торонто, но из-за трудностей, вызванных депрессией, родители не смогли оказать ему должной материальной поддержки. Мечте о профессии радиоинженера не суждено было сбыться, но Ш. завоевал почетную стипендию по математике и физике. По его собственным воспоминаниям, «физика казалась мне весьма близкой к радиоделу, поэтому я решил заняться изучением физики».

К тому времени, когда Ш. получил степень бакалавра (1941), Канада вступила в войну, и он преподавал на курсах для военного персонала при Университете Торонто до 1944 г., после чего принял участие в работе над проектом создания микроволновой антенны на заводе, занимавшемся изготовлением радарного оборудования. В 1945 г. он возвращается в Университет Торонто, где выполняет диссертационную работу по оптической спектроскопии под руководством Мал-кольма Ф. Кроуфорда, о котором он отзывался впоследствии как о «необычайно творческой личности». Степень доктора по физике Ш. получает в 1949 г.

Стипендия для постдокторантов компании «Карбайд энд карбон кемиклс» позволяет ему провести два года в Колумбийском университете, работая с Чарлзом Х. Таунсом над проблемами микроволновой спектроскопии.

В 1951 г. Ш. становится сотрудником лаборатории компании «Белл» в Мюррей-Хилле (штат Нью-Джерси). Основной областью его исследований становится сверхпроводимость явление, открытое в 1911 г. нидерландским физиком Хейке Камерлинг-Оннесом и состоящее в полном исчезновении электрического сопротивления в некоторых веществах при охлаждении их до температур, близких к абсолютному нулю (–273°С). Ш. не порывал связи с Таунсом. Они встречались в конце недели и работали над завершением книги «Микроволновая спектроскопия» ("Microwave Spectroscopy"), начатой еще в бытность Ш. в Колумбийском университете. Книга была опубликована в 1955 г.

За два года до этого Таунсу и двум его коллегам удалось разработать устройство, которое они назвали мазером по первым буквам английских слов: микроволновое усиление с помощью индуцированного (стимулированного) излучения. Индуцированное излучение было предсказано Альбертом Эйнштейном в 1917 г. Опираясь на переворачивающую привычные представления новую квантовую теорию, ученые показали, что атом состоит из электронов, обращающихся вокруг плотного центрального ядра (модель Нильса Бора). Движение электронов ограничивается только разрешенными дискретными орбитами, т.е. строго определенными значениями энергии. В таких случаях принято говорить, что атом существует в определенных энергетических состояниях (или на определенных энергетических уровнях), обусловленных связью электрона и ядра. Самый нижний уровень называется основным состоянием. Поглощая или испуская излучение, электроны могут возбуждаться и переходить на более высокие уровни. Так как Макс Планк показал, что излучение состоит

из отдельных порций, которые Эйнштейн назвал квантами (теперь они называются фотонами), разности энергий между уровнями соответствуют определенным квантам, или фотонам Планк показал также, что частота излучения пропорциональна энергии фотона. Возбужденный электрон вскоре переходит на более низкий энергетический уровень, испуская фотон, энергия которого равна разности энергий этих уровней, и порождая характерные спектры излучения, строго коррелированные с разностями энергий между уровнями, образующими единственную для каждого атома систему.

Возбужденные атомы обычно испускают фотоны случайным образом и различных длин волн. Эйнштейн теоретически показал, что если достаточное число атомов можно было бы возбудить до определенного энергетического уровня, то излучение, фотоны которого обладают энергией, равной разности энергий между этим и каким-либо другим более низким атомным уровнем, могло бы вызвать целый каскад переходов. Возбужденные атомы, населяющие верхний уровень, вынужденно переходили бы на нижний уровень с одновременным испусканием большого числа фотонов одной и той же частоты и в одной и той же фазе (в одной и той же точке частотного цикла). Таунс экспериментально подтвердил это теоретическое предсказание, используя микроволны, фотоны которых обладали энергией, равной разности энергий двух уровней атомов аммиака вещества, с которым работал Таунс. (Молекулы также обладают энергетическими уровнями, связанными с состояниями атомов, входящих в состав молекул, и обусловленными взаимодействием атомов.) Поскольку сравнительно слабый микроволновый сигнал индуцирует сравнительно большой выход фотонов с одной и той же частотой, результат можно интерпретировать как усиление сигнала. Некоторые из высвободившихся фотонов возбуждают атомы, вынуждая их снова переходить на верхний энергетический уровень, в результате чего усилитель превращается в генератор, способный поддерживать непрерывные колебания, а не только одиночный всплеск.

Микроволны имеют более низкие частоты (меньшие энергии фотонов) и, следовательно, большие длины волн (от 1 до 50 мм), чем видимый свет (от 0,0004 до 0,0007 мм). В 1957...1958 гг. Таунс и Ш. занимались поисками способа получения мазерного эффекта на видимом свете и в декабре 1958 г. опубликовали в журнале «Физикал ревью» ("Physical Review") статью «Инфракрасные и оптические мазеры» ("Infrared and Optical Masers"), в которой объяснили, как это можно сделать. В 1960 г. американский физик из компании «Хьюз эйркрафт» Теодор Меймен продемонстрировал первый действующий лазер – сокращение, образованное из начальных букв английских слов: световое усиление с помощью индуцированного (стимулированного) излучения. В том же году Ш. и другим физикам также удалось построить лазеры. В этот же период мазеры и лазеры были построены независимо от американских физиков Николаем Басовым и Александром Прохоровым.

В 1960 г. Ш. возвращается в Колумбийский университет, на этот раз в качестве приглашенного профессора. На следующий год он становится

профессором физики в Станфордском университете, где и остается, пробыв в течение пяти лет деканом физического факультета. Он продолжает совершенствовать лазерную технологию, стремясь добиться выхода полностью монохроматического (одночастотного) излучения с регулируемой частотой (лазеры с перестраиваемой частотой). Однако в большинстве своих работ Ш. использует лазеры для исследования атомов и молекул, с начала 60-х гг. он становится одной из ведущих фигур в быстро развивающейся области лазерной спектроскопии.

В основе лазерной спектроскопии лежит тот фундаментальный факт, что атомы и молекулы поглощают и испускают электромагнитное излучение на характеристических частотах (энергиях фотонов), соответствующих разностям энергий между их различными энергетическими уровнями. Спектр частот излучения, испускаемых после возбуждения и перехода в более высокие энергетические состояния или предпочтительно поглощаемых из падающего излучения, помогает идентифицировать элементы, устанавливать структуру атомов и молекул и проверять выводы фундаментальной теории вещества и излучения. Создание лазера с перестраиваемой частотой явилось важным достижением, поскольку излучение такого лазера практически монохроматично (что позволяет точно измерять частоту), обладает высокой интенсивностью (что позволяет снимать спектры при относительно малом числе атомов или молекул) и облегчает настройку лазера на желательную частоту.

Во многих типах спектроскопии спектральные линии (узкие полосы частот) подвержены эффекту Доплера. Под эффектом Доплера мы понимаем изменение наблюдаемой частоты при движении источника излучения относительно наблюдателя. Частота возрастает, когда излучатель приближается к наблюдателю, и убывает при удалении от наблюдателя, причем величина повышения или понижения частоты зависит от того, как быстро приближается или удаляется источник. В случае звуковых волн эффект Доплера вызывает хорошо известное повышение или понижение звучания свистка паровоза или гудка автомашины, движущихся мимо наблюдателя. В спектроскопии частоты, испускаемые атомами или молекулами, которые всегда находятся в движении, зависящем от их температуры, сдвигаются в сторону повышения или понижения в зависимости от направления их движения. Поскольку атомы и молекулы движутся в различных направлениях, спектральная линия уширяется.

В случае спектров поглощения «наблюдателем» является атом или молекула, на которые падает излучение «Полученная» частота выше или ниже, чем частота внешнего источника, в зависимости от того, движется ли атом или молекула к источнику или от источника. Спектральные «линии» в действительности представляют собой пики со спадающими краями. Из-за уширения линий два близко расположенных пика могут перекрываться, и небольшой пик может оказаться трудноразличимым на фоне более крупного соседа и поэтому остаться незамеченным.

Работая вместе с Теодором В. Хеншем в Станфорде, Ш. разрабатывает несколько способов, позволяющих преодолеть трудности, связанные с доплеровским уширением, путем выделения спектров поглощения, испущенных атомами, скорость которых не содержит компоненты, параллельной лазерному пучку. Поскольку такие атомы не приближаются к источнику излучения и не удаляются от него, эффект Доплера полностью исключается. В 1972 г. Ш. и его сотрудники получили первые оптические спектры атомарного водорода, на которых не сказывался эффект Доплера, что позволило измерить с недостижимой ранее точностью постоянную Ридберга – одну из наиболее важных констант в физике.

Спектры молекул, вообще говоря, гораздо сложнее, чем спектры атомов, и Ш. воспользовался лазерами для упрощения молекулярных спектров с помощью так называемых лазерных меток. Молекулы «накачиваются» в определенное энергетическое состояние с помощью лазерного излучения, настроенного на нужную частоту (энергию фотона), после чего экспериментатор наблюдает за возвращением их на более низкие энергетические уровни. Поскольку это верхнее состояние выделено из всех возможных соседних состояний, оно называется меченым. Ш. разработал также метод лазерной спектроскопии, позволяющий определять следы элементов в окружающем материале.

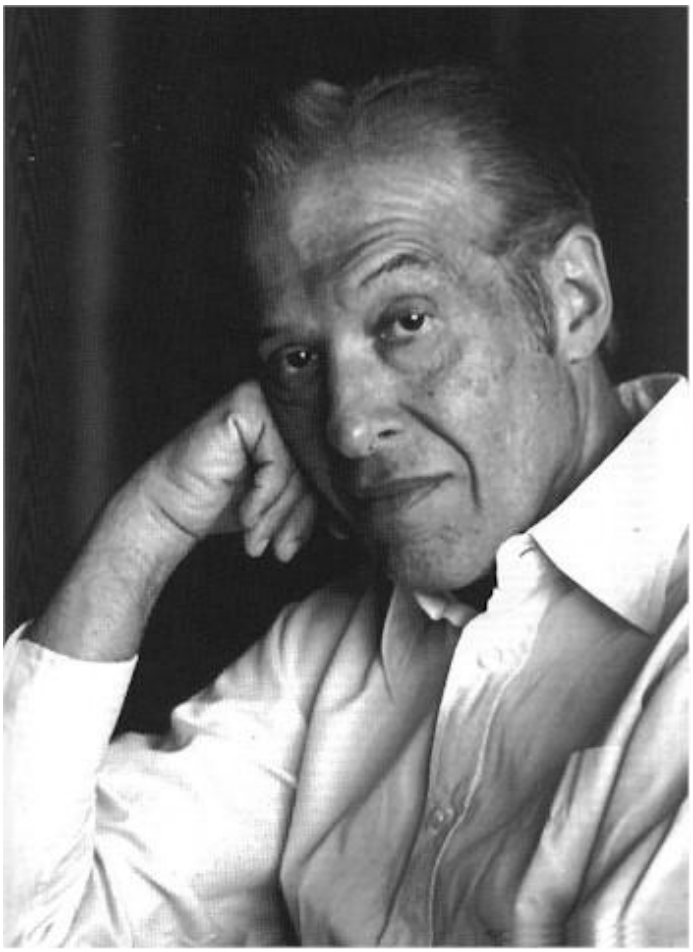
В 1981 г. Ш. вместе с Николасом Бломбергеном был удостоен половины Нобелевской премии «за вклад в развитие лазерной спектроскопии». Другая половина премии была присуждена Каю Сигбану за близкую по тематике работу в области электронной спектроскопии. На церемонии презентации лауреатов представитель Шведской королевской академии наук Ингвар Линдгрен сказал:

«Эти методы позволили исследовать внутреннюю структуру атомов, молекул и твердых тел гораздо подробнее, чем это было возможно прежде».

В 1951 г. Ш. женился на младшей сестре Чарлза Х. Таунса Аурелии. У супругов один сын и две дочери. Кларнетист-любитель, Ш. любит традиционный джаз и собрал большую коллекцию записей. Он пользуется известностью как лектор, участвовал в создании учебно-образовательных фильмов и телевизионных научных программ.

Кроме Нобелевской премии, Ш. удостоен медали и премии Стюарта Баллантайна Франклиновского института (1952), медали Томаса Юнга Лондонского физического института (1963), медали Фредерика Айвса Американского оптического общества (1976). Он состоит членом американской Национальной академии наук. Американской ассоциации фундаментальных наук, Американского физического общества, Американского оптического общества и Института инженеров по электротехнике и электронике. Среди почетных ученых званий Шавлова – степень почетного доктора Государственного университета в Генте, Брэдфордского университета и Университета Торонто.

ШВИНГЕР (Schwinger), Джулиус С.



12 февраля 1918 г. – 16 августа 1994 г.
Нобелевская премия по физике, 1965 г.
совместно с Ричардом Ф. Фейнманом и Синъитиро Томонагой

Американский физик Джулиус Сеймур Швингер родился в Нью-Йорке и был вторым сыном Бенджамина Швингера и Белл (в девичестве Розенфельд) Швингер. Отец Швингера был модельером и фабрикантом одежды. Не по годам развитый мальчик увлекался чтением научных журналов, технических статей в энциклопедиях и книг по физике в ближайших к дому филиалах публичной библиотеки. В 14-летнем возрасте он заканчивает среднюю школу и поступает в Сити-колледж в Нью-Йорке, где начинает работать над самостоятельными статьями по квантовой механике. Одна из них, опубликованная в журнале «Физикал ревью» («Physical Review»), привлекает внимание И.А. Раби. Раби добивается для Ш. специальной стипендии в Колумбийском университете, и в 1936 г. Ш. заканчивает Колумбийский университет со степенью бакалавра. Свое образование он продолжает в Висконсинском университете в Мэдисоне и в Университете Пердью в качестве стипендиата, а в 1939 г. возвращается в Колумбийский университет, чтобы защитить докторскую диссертацию.

После получения докторской степени Ш. в течение года остается в Колумбийском университете в качестве стипендиата Национального исследовательского совета, а следующий год проводит в качестве ассистента-исследователя в Калифорнийском университете в Беркли. В 1941 г. он переходит в Университет Пердью сначала исследователем, а затем адъюнкт-профессором. В 1943 г. он принимает участие в работе по созданию атомной бомбы в Металлургической лаборатории Чикагского университета, функционировавшей под эгидой Манхэттенского проекта, а затем в том же году переходит в Массачусетский технологический институт, где включается в исследования по усовершенствованию радарных систем. После войны он становится адъюнкт-профессором, затем с 1916 г. полным (действительным) профессором физики Гарвардского университета. С 1973 г. Ш. – профессор физики Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе.

Выдающиеся достижения в теоретической физике, за которые ему была присуждена Нобелевская премия, закладывались еще тогда, когда он проявил интерес к фундаментальной природе материи. В результате проведенных исследований ему удалось в конечном счете объединить две наиболее важные теории физики XX в.: квантовую механику и специальную теорию относительности. Квантовая механика берет начало из радикальной идеи Макса Планка, выдвинутой им в 1900 г., согласно которой энергия излучения состоит из дискретных порций (квантов). Квантовая механика была сформулирована в начале 20-х гг. в попытке объяснения структуры атома. В 1905 г. специальная теория относительности Альберта Эйнштейна доказала среди прочего эквивалентность массы и энергии – их взаимную превращаемость.

В 1927 г. П.А.М. Дирак воспользовался квантовой механикой и специальной теорией относительности, чтобы записать соотношение между электронами (формой материи) и электромагнитным излучением (формой энергии, включающей в себя свет) в своей теории квантовой электродинамики. Согласно теории Дирака, квант электромагнитной энергии (так называемый фотон), обладающий достаточной энергией, может «материализоваться» в электрон и ранее неизвестную частицу – позитрон. Последняя представляет собой аналог электрона в антиматерии (с той же массой, но с противоположным электрическим зарядом и другими свойствами). Аналогично при столкновении электрона и позитрона они могут аннигилировать, и из их массы рождается фотон энергии. Работа Дирака позволила более полно понять взаимодействие между электрически заряженными частицами и между частицами и полями. Например, два соседних электрона взаимодействуют, обмениваясь серией фотонов. Сила реакции, действующая на каждый электрон (отдача), когда он испускает фотон, и сообщаемый ему импульс при поглощении фотона объясняют электромагнитное отталкивание между частицами, несущими однотипный электрический заряд, которое стремится развести их друг с другом. Поскольку обменные фотоны весьма

короткоживущи и не могут быть обнаружены непосредственно, их называют виртуальными частицами.

Согласно принципу неопределенности, сформулированному в 1927 г. Вернером Гейзенбергом, максимальная энергия частицы обратно пропорциональна времени, отпущенному природой для ее измерения. Виртуальные фотоны существуют столь непродолжительное время, что их энергии могут быть очень большими. Кроме того, когда взаимодействующие электроны сближаются, время жизни виртуальных фотонов становится еще короче, а предел возможных значений энергии повышается еще больше. Когда отдельный электрон испускает, а затем поглощает виртуальный фотон, время жизни фотона стремится к нулю; следовательно, допустимые значения энергии и эквивалентная им масса стремятся к бесконечности.

К тому времени, когда Ш. начал свою деятельность, физики осознали одну локальную абсурдность в теории Дирака. Эта теория предсказывала, что каждый электрон обладает и бесконечной массой, и бесконечным электрическим зарядом. А поскольку было известно, что масса и заряд электрона не только конечны, но и очень малы, ложность такого предсказания была очевидна. Хотя эти бесконечности, или расходимости, были непонятны, для многих целей ими можно было пренебречь (и действительно пренебрегали), и теория Дирака точно предсказывала исходы многих экспериментов.

В 1947 г. Уиллис Ю. Лэмб и Роберт Резерфорд экспериментально установили, что один энергетический уровень электрона в атоме водорода слегка сдвинут относительно значения, предсказанного Дираком. Примерно тогда же Поликарп Куш и несколько его коллег из Колумбийского университета обнаружили, что магнитный момент электрона слегка отличается от предсказанного значения.

Чтобы устранить эти расхождения, Ш. и Синъитиро Томонага, работая независимо друг от друга, подвергли квантовую электродинамику критическому пересмотру.

Вместо игнорирования заведомо бесконечных значений массы и заряда электрона Ш. и Томонага воспользовались этими расходимостями. По их представлению, измеренная масса электрона должна состоять из двух компонент: истинной массы электрона и массы, связанной с облаком виртуальных фотонов (и других виртуальных частиц), которые электрон постоянно испускает и снова поглощает. Бесконечная масса облака фотонов и бесконечная, но отрицательная масса электрона почти компенсируют друг друга, оставляя небольшой конечный остаток, который и соответствует измеренной массе. Чтобы разрешить загадку бесконечного заряда электрона, Ш. и Томонага постулировали существование бесконечно большого отрицательного голого заряда, притягивающего положительно заряженное облако виртуальных частиц, которые экранируют почти весь отрицательный заряд. Экспериментально наблюдаемому значению соответствует конечный нескомпенсированный остаток отрицательного голого заряда.

Предложенная Ш. и Томонагой процедура (математический метод, получивший название перенормировки) служит надежной концептуальной основой квантовой электродинамики. Исключая одни бесконечности, она вводит другие, например бесконечные отрицательные массы. Но поскольку электрон не может быть выделен из облака виртуальных частиц, бесконечная масса и бесконечный заряд голого электрона никогда не наблюдаются. Именно поэтому, как подчеркивали Ш. и Томонага, единственными измеримыми величинами при перенормировке являются конечные положительные массы. Перенормировка перестала быть спорной или сомнительной теорией: она была проверена экспериментально, и ее предсказания оказались в согласии с результатами измерений.

Работая примерно в то же время независимо от Ш. и Томонаги, Ричард Ф. Фейнман избрал совершенно иной, но столь же фундаментальный подход к построению квантовой электродинамики. Он рассматривал концы траектории, по которой следовала частица, и относительные вероятности возможных взаимодействий, которые частица могла претерпевать «по дороге». Суммирование различных вероятностей позволяет описывать эти взаимодействия. Хотя возникающие при таком суммировании ряды иногда имеют необычайно сложную структуру, Фейнман предложил квантово-электродинамические правила, позволяющие представить взаимодействия в виде простых и изящных графических схем, известных ныне под названием диаграмм Фейнмана. Они оказались мощным и удобным средством решения задач квантовой электродинамики.

В 1965 г. Ш., Фейнман и Томонага были удостоены Нобелевской премии по физике за «фундаментальные работы по квантовой электродинамике, имевшие глубокие последствия для физики элементарных частиц». В Нобелевской лекции Ш. коснулся вопроса о распространении своих работ на другие области физики: «Эксперимент обнаруживает все большее число и разнообразие нестабильных частиц... Разумеется, мы надеемся, что вся эта поразительная сложность – не более чем динамическое проявление некоторого концептуально более простого субстрата... Понятие релятивистского поля является конкретной реализацией этой общей тенденции, направленной на поиск новых концепций материи».

Помимо работ по квантовой электродинамике, Ш. внес важный вклад в развитие ядерной физики и электродинамики (теории волноводов). Например, в 1957 г. он высказал гипотезу, согласно которой нейтрино (безмассовая частица, предсказанная Энрико Фермы, который предложил и ее название) должно существовать в двух формах: одной, связанной с электроном (электронное нейтрино), и другой, связанной с более тяжелой частицей, которая называется мюоном (мюонное нейтрино). Оба нейтрино были впервые обнаружены в 60-х гг. В последующие годы Ш. выполнил множество работ по теоретической физике элементарных частиц, следуя своему собственному уникальному подходу.

В 1947 г. Ш. женился на Кларис Кэррол. Детей у супругов Швингер не было.

Кроме Нобелевской премии, Ш. был удостоен Университетской медали Колумбийского университета (1951), премии Альберта Эйнштейна Мемориального фонда Льюиса и Розы Страусе (1951) и национальной медали «За научные достижения» Национального научного фонда (1964). Он почетный доктор университетов Пердью, Гарварда, Брандейса и Колумбии. Ш. является членом американской Национальной академии наук, Американского физического общества, Нью-Йоркской академии наук, а также Американской ассоциации фундаментальных наук и Американской академии наук и искусств.

ШОКЛИ (Shockley), Уильям

13 февраля 1910 г. – 12 августа 1989 г.
Нобелевская премия по физике, 1956 г.
совместно с Джоном Бардином и Уолтером Браттейном

Американский физик Уильям Брэдфорд Шокли родился в Лондоне, в семье Уильяма Хиллмена Шокли, горного инженера, и Мэй (урожденной Брэдфорд) Шокли – федерального инспектора шахт. Когда мальчику исполнилось три года, семья возвратилась в Соединенные Штаты и поселилась в Пало-Альто (штат Калифорния), где Ш. получил начальное образование. Родители поощряли его интерес к физике, пробудившийся под влиянием соседа, преподававшего физику в Станфордском университете.

Окончив в 1927 г. среднюю школу в Голливуде, Ш. поступает в Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе и через год переходит в Калифорнийский технологический институт, который заканчивает в 1932 г.

со степенью бакалавра. На учительскую стипендию он обучается в аспирантуре Массачусетского технологического института (МТИ) и в 1936 г. защищает докторскую диссертацию на тему «Вычисление волновых функций для электронов в кристаллах хлорида натрия» ("Calculations of Wave Functions for Electrons in Sodium Chloride Crystals"). Физику твердого тела Ш. изучает в МТИ, и его работа по кристаллам становится прочным фундаментом для последующей научной деятельности.

В 1936 г. он становится сотрудником лаборатории телефонной компании «Белл» в Мюррей-Хилле (штат Нью-Джерси), где работает с Клинтоном Дж. Дэвиссоном. Первым заданием Ш. было проектирование электронного умножителя – особого рода электронной лампы, действующей как усилитель. Затем он занимается исследованиями по физике твердого тела и в 1939 г. выдвигает план разработки твердотельных усилителей как альтернативы вакуумным электронным лампам. Его проект оказался неосуществимым из-за отсутствия в то время необходимых материалов, но основной замысел совпадал с общей направленностью всей деятельности лаборатории «Белл» – с развитием телефонной связи на основе не механических переключателей, а электронных устройств.

Во время второй мировой войны Ш. работает над военными проектами, сначала над электронным оборудованием полевой радарной станции фирмы «Белл». С 1942 по 1944 г. он исполняет обязанности директора по науке группы по исследованию противолодочных операций, учрежденной Управлением военно-морского флота при Колумбийском университете в Нью-Йорке, с 1944 по 1945 г. состоит консультантом при канцелярии военного министра. Новая область, получившая название «исследование операций», ставила перед собой чисто военные задачи, которые анализировала и решала научными методами, например разработку оптимальных схем сбрасывания глубинных бомб при охоте за подводными лодками или выбор оптимального времени и целей для бомбардировочной авиации.

В 1945 г. Ш. возвращается в лабораторию «Белл» в качестве директора программы научных исследований по физике твердого тела. В его группу входят физик-теоретик Джон Бардин и физик-экспериментатор Уолтер Браттейн. Группа возобновляет начатые перед войной исследования класса материалов, известных под названием полупроводников. Полупроводники обладают электропроводностью, промежуточной между электропроводностью хороших проводников (к числу которых относится большинство металлов) и изоляторов. Электропроводность полупроводников сильно изменяется в зависимости от температуры, а также характера и концентрации примесей в материале. Полупроводники уже использовались в качестве выпрямителей – устройств, проводящих электрический ток только в одном направлении и способных поэтому превращать переменный ток в постоянный. В первых радиоприемниках в качестве выпрямителя сигналов радиоволн, принимаемых антенной, использовался контакт между

«кошачьим усом» (витком проволочки) и кристаллами галенита (полупроводникового минерала).

Со временем кристаллы были заменены электронными лампами, которые стали наиболее важными и распространенными электронными устройствами. Появление усилительных ламп открыло путь для роста электронной промышленности, но срок службы ламп был сравнительно коротким, для подогрева катодов требовался дополнительный расход энергии, хрупкие стеклянные баллоны занимали большой объем. Ш. и его группа надеялись преодолеть эти недостатки, изготавливая усилители из выпрямляющих ток полупроводников.

Хотя применение квантовой теории к физике твердого тела расширило знание свойств полупроводников, теория не была адекватно подтверждена экспериментами. Ш. намеревался моделировать основной принцип устройства электронной лампы, прикладывая электрическое поле поперек полупроводника с тем, чтобы управлять прохождением электрического тока. Хотя вычисления Ш. показывали, что такое поле должно приводить к усилению тока, получить практические результаты не удавалось. Бардин высказал предположение о том, что электроны оказываются запертыми в поверхностном слое, который препятствует проникновению поля внутрь полупроводника. За этой удачной идеей последовала серия экспериментов по изучению поверхностных эффектов. Эти эксперименты помогли трем исследователям понять сложное поведение полупроводниковых устройств.

Было известно, что проводимость в полупроводниках осуществляется носителями заряда двух типов: электронами и «дырками». Электроны, участвующие в проводимости, – это избыточные электроны из числа тех, которые связывают атомы и твердый кристалл. Дырки соответствуют недостающим электронам. Так как электрон несет отрицательный заряд, незаполненное электронное состояние ведет себя как положительный заряд такой же величины. Дырки также обладают способностью двигаться, хотя и не с такой скоростью, как электроны, и в противоположном направлении. Когда соседний электрон перемещается «вперед», чтобы заполнить дырку, он оставляет позади себя новую дырку, поэтому создается впечатление, будто дырка движется назад. Группа Ш. установила, что вклад дырочного тока в полный ток обычно недооценивается. Вводимые в чистый кристалл примеси в виде атомов, нарушающих регулярную кристаллическую структуру, создают области с избыточным количеством электронов (n-тип) или дырок (p-тип).

В 1947 г. Бардин и Браттейн достигли первого успеха, построив полупроводниковый усилитель, или транзистор (от английских слов transfer плюс resistor, от лат. resisto – сопротивляюсь). Окончательный вариант прибора состоял из блока германия (полупроводника n-типа) с двумя близко расположенными точечными контактами («кошачьими усами») на одной грани на противоположной грани. К одному контакту (эмиттеру) приложено небольшое положительное напряжение относительно широкого электрода

(базы) и большое отрицательное напряжение относительно второго контакта (коллектора). Сигнальное напряжение, подаваемое на эмиттер вместе с постоянным смещением, передается со значительным усилением в цепь коллектора. В основе действия транзистора лежит внедрение дырок в германий через контакт-эмиттер и их движения к контакт-коллектору, где дырки усиливают коллекторный ток. Последующие события развертывались стремительно Ш. предложил заменить точечные контакты выпрямляющими переходами между областями p- и n-типа в том же кристалле. Такое устройство, получившее название плоскостного транзистора, было изготовлено в 1950 г. Оно состояло из тонкой p-области, заключенной между двумя n-областями (все области имеют отдельные внешние контакты). Плоскостной транзистор основательно потеснил транзистор с точечными контактами, так как производить плоскостной транзистор оказалось гораздо легче, а функционирует он надежнее Усовершенствование методов выращивания, очистки и обработки кристаллов кремния позволило осуществить давнюю идею Ш. о создании транзистора на основе полевых эффектов. Ныне этот тип транзисторов наиболее широко используется в электронных устройствах. Современная промышленность в состоянии выпускать миниатюрные кремниевые кристаллы, в каждом из которых умещаются сотни тысяч транзисторов, и число это продолжает расти Появление таких кристаллов стимулировало быстрое развитие новейших компьютеров, портативных, умещающихся в руке калькуляторов, сложных средств связи, приборов управления, слуховых аппаратов, медицинских зондов и других электронных устройств.

В 1956 г. Ш., Бардин и Браттейн были удостоены Нобелевской премии по физике «за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта». На церемонии презентации Э.Г. Рудберг, член Шведской королевской академии наук, назвал их достижение «образцом предвидения, остроумия и настойчивости в достижении цели».

Ш. оставался сотрудником лаборатории «Белл» до 1955 г., в последний год был руководителем исследований по физике транзисторов Он также занимал различные должности вне лаборатории – был приглашенным лектором в Принстонском университете (1946), советником по науке Политического комитета Объединенной комиссии по исследованиям и развитию (1947...1949) и членом научно-консультативного комитета армии США (1951...1963). В 1954...1955 гг. Ш. был приглашенным профессором Калифорнийского технологического института и руководителем научных исследований группы оценки систем оружия министерства обороны США С 1958 по 1962 г он состоял также членом научно-консультативного комитета военно-воздушных сил США.

После ухода из лаборатории «Белл» Ш. создает полупроводниковую лабораторию Шокли (впоследствии транзисторную корпорацию Шокли, входящую в состав компании «Бекман и инстуентс») в Пало-Альто, занимавшуюся разработкой транзисторов и других полупроводниковых

устройств. В 1968 г. фирма после двукратной смены хозяев прекратила свое существование.

В 1962 г. Ш. был назначен членом консультативного научного комитета по рабочей силе при президенте США. Он входил также в научно-консультативный комитет при НАСА (Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства). В 1963 г. Ш. был назначен первым профессором инженерных и прикладных наук Станфордского университета, где он преподавал до выхода в отставку (1975).

Преподавание в Станфорде стимулировало у Ш. интерес к проблеме совершенствования научного мышления. Его идеи относительно улучшения общества в конце концов вызвали споры среди ученых-генетиков. У Ш. сложилось убеждение, что человечеству угрожает своего рода «ухудшение породы», поскольку у людей с более низким коэффициентом умственного развития рождается больше детей, чем у людей с более высоким коэффициентом. Его высказывания, носившие сначала общий характер, вскоре стали все более приобретать расистский оттенок. Так, в 1970 г., выступая в американской Национальной академии наук, он заявил, что проведенные им исследования «неизбежно приводят к выводу о расово-генетической основе проблем негритянского населения Америки». За подобные взгляды он был подвергнут резкой критике со стороны многих общественных деятелей и ученых, подчеркивавших, однако, что научная значимость достижений Ш. никак не может быть подорвана его суждениями о генетике.

Кроме работ по физике полупроводников и транзисторов, Ш. внес важный вклад в использование свойств магнитных материалов для банков памяти компьютеров и в развитие электромагнитной теории. В круг его интересов входили энергетические полосы в твердых телах, пластические свойства металлов, теория границ зерен (поверхностей, разделяющих крохотные кристаллики, образующие поликристаллическое тело), порядок и беспорядок в сплавах. Ш. получил более 90 патентов на изобретения.

В 1933 г. он женился на Джин Альберте Бейли. У них родились двое сыновей и дочь. В 1955 г. они развелись, и в том же году Ш. женится вторично, на Эмми Лэннинг, медицинской сестре по уходу за психическими больными. В молодые годы он был заядлым альпинистом. По словам его второй жены, Ш. относился к альпинизму не как к форме отдыха, а как к проблеме, которую требовалось решить, и тщательно тренировался, готовя себя к такому решению. В более зрелом возрасте он предпочитал заниматься парусным спортом, плаванием и нырянием за жемчугом.

Кроме Нобелевской премии, Ш. награжден правительством США медалью «За заслуги» (1946), удостоен премии Морриса Либмана Института радиоинженеров (1952), премии Оливера Бакли по физике твердого тела Американского физического общества (1953), премии Комстока американской Национальной академии наук (1954), медали Холли Американского общества инженеров-механиков (1963), почетной медали Института инженеров по электротехнике и электронике (1980). Он был

членом американской Национальной академии наук, Американского физического общества, Американской академии наук и искусств, Института инженеров по электротехнике и электронике.

ШРЕДИНГЕР Эрвин

12 августа 1887 г. – 4 января 1961 г.
Нобелевская премия по физике, 1933 г.
совместно с П.А.М. Дираком

Австрийский физик Эрвин Шредингер родился в Вене. Его отец, Рудольф Шредингер, был владельцем фабрики по производству клеенки, увлекался живописью и питал большой интерес к ботанике. Единственный ребенок в семье, Эрвин получил начальное образование дома. Его первым учителем был отец, о котором впоследствии Ш. отзывался как о «друге, учителе и не ведающем усталости собеседнике». В 1898 г. Ш. поступил в Академическую гимназию, где был первым учеником по греческому языку, латыни, классической литературе, математике и физике. В гимназические годы у Ш. возникла любовь к театру.

В 1906 г. он поступил в Венский университет и на следующий год начал посещать лекции по физике Фридриха Газенерля. чьи блестящие идеи произвели на Эрвина глубокое впечатление. Защитив в 1910 г. докторскую диссертацию, Ш. становится ассистентом физика-экспериментатора Франца Экснера во 2-м физическом институте при Венском университете. В этой должности он пребывал вплоть до начала первой мировой войны. В 1913 г.

Ш. и К.В. Ф. Кольрауш получают премию Хайтингера Императорской академии наук за экспериментальные исследования радия.

Во время войны Ш. служил офицером-артиллеристом в захолустном гарнизоне, расположенном в горах, вдали от линии фронта. Продуктивно используя свободное время, он изучал общую теорию относительности Альберта Эйнштейна. По окончании войны он возвращается во 2-й физический институт в Вене, где продолжает свои исследования по общей теории относительности, статистической механике (занимающейся изучением систем, состоящих из очень большого числа взаимодействующих объектов, например молекул газа) и дифракции рентгеновского излучения. Тогда же Ш. проводит обширные экспериментальные и теоретические исследования по теории цвета и восприятию цвета.

В 1920 г. Ш. отправился в Германию, где стал ассистентом Макса Вина в Иенском университете, но через четыре месяца становится адъюнкт-профессором Штутгартского технического университета. Через один семестр он покидает Штутгарт и на короткое время занимает пост профессора в Бреслау (ныне Вроцлав, Польша). Затем Ш. переезжает в Швейцарию и становится там полным профессором, а также преемником Эйнштейна и Макса фон Лауэ на кафедре физики Цюрихского университета. В Цюрихе, где Ш. остается с 1921 по 1927 г., он занимается в основном термодинамикой и статистической механикой и их применением для объяснения природы газов и твердых тел. Интересуясь широким кругом физических проблем, он следит и за успехами квантовой теории, но не сосредоточивает свое внимание на этой области вплоть до 1925 г., когда появился благоприятный отзыв Эйнштейна по поводу волновой теории материи Луи де Бройля.

Квантовая теория родилась в 1900 г., когда Макс Планк предложил теоретический вывод о соотношении между температурой тела и испускаемым этим телом излучением, вывод, который долгое время ускользал от других ученых, Как и его предшественники, Планк предположил, что излучение испускают атомные осцилляторы, но при этом считал, что энергия осцилляторов (и, следовательно, испускаемого ими излучения) существует в виде небольших дискретных порций, которые Эйнштейн назвал квантами. Энергия каждого кванта пропорциональна частоте излучения. Хотя выведенная Планком формула вызвала всеобщее восхищение, принятые им допущения оставались непонятными, так как противоречили классической физике. В 1905 г. Эйнштейн воспользовался квантовой теорией для объяснения некоторых аспектов фотоэлектрического эффекта – испускания электронов поверхностью металла, на которую падает ультрафиолетовое излучение. Попутно Эйнштейн отметил кажущийся парадокс: свет, о котором на протяжении двух столетий было известно, что он распространяется как непрерывные волны, при определенных обстоятельствах может вести себя и как поток частиц.

Примерно через восемь лет Нильс Бор распространил квантовую теорию на атом и объяснил частоты волн, испускаемых атомами,

возбужденными в пламени или в электрическом заряде. Эрнест Резерфорд показал, что масса атома почти целиком сосредоточена в центральном ядре, несущем положительный электрический заряд и окруженном на сравнительно больших расстояниях электронами, несущими отрицательный заряд, вследствие чего атом в целом электрически нейтрален.

Бор предположил, что электроны могут находиться только на определенных дискретных орбитах, соответствующих различным энергетическим уровням, и что «перескок» электрона с одной орбиты на другую, с меньшей энергией, сопровождается испусканием фотона, энергия которого равна разности энергий двух орбит. Частота, по теории Планка, пропорциональна энергии фотона. Таким образом, модель атома Бора установила связь между различными линиями спектров, характерными для испускающего излучение вещества, и атомной структурой. Несмотря на первоначальный успех, модель атома Бора вскоре потребовала модификаций, чтобы избавиться от расхождений между теорией и экспериментом. Кроме того, квантовая теория на той стадии еще не давала систематической процедуры решения многих квантовых задач.

Новая существенная особенность квантовой теории проявилась в 1924 г., когда де Бройль выдвинул радикальную гипотезу о волновом характере материи: если электромагнитные волны, например свет, иногда ведут себя как частицы (что показал Эйнштейн), то частицы, например электрон при определенных обстоятельствах, могут вести себя как волны. В формулировке де Бройля частота, соответствующая частице, связана с ее энергией, как в случае фотона (частицы света), но предложенное де Бройлем математическое выражение было эквивалентным соотношением между длиной волны, массой частицы и ее скоростью (импульсом). Существование электронных волн было экспериментально доказано в 1927 г. Клинтоном Дж. Дэвиссоном и Лестером Г. Джермером в Соединенных Штатах и Дж. П. Томсоном в Англии.

В свою очередь это открытие привело к созданию в 1933 г. Эрнестом Руской электронного микроскопа.

Под впечатлением от комментариев Эйнштейна по поводу идей де Бройля Ш. предпринял попытку применить волновое описание электронов к построению последовательной квантовой теории, не связанной с неадекватной моделью атома Бора. В известном смысле он намеревался сблизить квантовую теорию с классической физикой, которая накопила немало примеров математического описания волн. Первая попытка, предпринятая Ш. в 1925 г., закончилась неудачей. Скорости электронов в теории III. были близки к скорости света, что требовало включения в нее специальной теории относительности Эйнштейна и учета предсказываемого ею значительного увеличения массы электрона при очень больших скоростях.

Одной из причин постигшей Ш. неудачи было то, что он не учел наличия специфического свойства электрона, известного ныне под названием

спина (вращение электрона вокруг собственной оси наподобие волчка), о котором в то время было мало известно. Следующую попытку Ш. предпринял в 1926 г. Скорости электронов на этот раз были выбраны им настолько малыми, что необходимость в привлечении теории относительности отпадала сама собой. Вторая попытка увенчалась выводом волнового уравнения Шредингера, дающего математическое описание материи в терминах волновой функции. Ш. назвал свою теорию волновой механикой. Решения волнового уравнения находились в согласии с экспериментальными наблюдениями и оказали глубокое влияние на последующее развитие квантовой теории.

Незадолго до того Вернер Гейзенберг, Макс Борн и Паскуаль Иордан опубликовали другой вариант квантовой теории, получивший название матричной механики, которая описывала квантовые явления с помощью таблиц наблюдаемых величин. Эти таблицы представляют собой определенным образом упорядоченные математические множества, называемые матрицами, над которыми по известным правилам можно производить различные математические операции. Матричная механика также позволяла достичь согласия с наблюдаемыми экспериментальными данными, но в отличие от волновой механики не содержала никаких конкретных ссылок на пространственные координаты или время. Гейзенберг особенно настаивал на отказе от каких-либо простых наглядных представлений или моделей в пользу только таких свойств, которые могли быть определены из эксперимента.

Ш. показал, что волновая механика и матричная механика математически эквивалентны. Известные ныне под общим названием квантовой механики, эти две теории дали долгожданную общую основу описания квантовых явлений. Многие физики отдавали предпочтение волновой механике, поскольку ее математический аппарат был им более знаком, а ее понятия казались более «физическими»; операции же над матрицами – более громоздкими.

Вскоре после того, как Гейзенберг и Ш. разработали квантовую механику, П.А. М. Дирак предложил более общую теорию, в которой элементы специальной теории относительности Эйнштейна сочетались с волновым уравнением. Уравнение Дирака применимо к частицам, движущимся с произвольными скоростями. Спин и магнитные свойства электрона следовали из теории Дирака без каких бы то ни было дополнительных предположений. Кроме того, теория Дирака предсказывала существование античастиц, таких, как позитрон и антипротон, – двойников частиц с противоположными по знаку электрическими зарядами.

В 1933 г. Ш. и Дирак были удостоены Нобелевской премии по физике «за открытие новых продуктивных форм атомной теории». В том же году Гейзенбергу была присуждена Нобелевская премия по физике за 1932 г. На церемонии презентации Ганс Плейель, член Шведской королевской академии наук воздал должное Ш. за «создание новой системы механики,

которая справедлива для движения внутри атомов и молекул». По словам Плейеля, волновая механика дает не только «решение ряда проблем в атомной физике, но и простой и удобный метод исследования свойств атомов и молекул и стала мощным стимулом развития физики».

Физический смысл волнового уравнения Шредингера не является непосредственно очевидным. Прежде всего, волновая функция принимает комплексные значения, содержащие квадратный корень из –1. Ш. первоначально описывал волновую функцию как волнообразное распространение отрицательного электрического заряда электрона. Во избежание комплексных решений он ввел квадрат функции (функцию, умноженную на себя). Позднее Борн идентифицировал квадрат абсолютной величины волновой функции в данной точке как величину, пропорциональную вероятности найти частицу в указанной точке с помощью экспериментального наблюдения. Ш. не нравилась интерпретация Борна, так как она исключала определенные утверждения о положении и скорости частицы.

Наряду с Эйнштейном и де Бройлем Ш. был среди противников копенгагенской интерпретации квантовой механики (названной так в знак признания заслуг Нильса Бора, много сделавшего для становления квантовой механики; Бор жил и работал в Копенгагене), поскольку его отталкивало отсутствие в ней детерминизма. В основу копенгагенской интерпретации положено соотношение неопределенности Гейзенберга, согласно которому положение и скорость частицы не могут быть точно известны одновременно. Чем точнее измерено положение частицы, тем неопределеннее скорость, и наоборот. Субатомные события могут быть предсказаны лишь как вероятности различных исходов экспериментальных измерений. Ш. отрицал копенгагенский взгляд на волновую и корпускулярную модели как на «дополнительные», сосуществующие с картиной реальности и продолжал поиски описания поведения материи в терминах одних лишь волн. Однако на этом пути он потерпел неудачу, и копенгагенская интерпретация стала доминирующей.

В 1927 г. Ш. по приглашению Планка стал его преемником на кафедре теоретической физики Берлинского университета. Он оставил кафедру в 1933 г., после прихода к власти нацистов, в знак протеста против преследования инакомыслящих и, в частности, против нападения на улице на одного из его ассистентов, еврея по национальности. Из Германии Ш, отправился в качестве приглашенного профессора в Оксфорд, куда вскоре после его прибытия пришла весть о присуждении ему Нобелевской премии.

В 1936 г., несмотря на дурные предчувствия относительно своего будущего, Ш. принял предложение и стал профессором Грацкого университета в Австрии, но в 1938 г., после аннексии Австрии Германией, вынужден был оставить и этот пост, бежав в Италию. Приняв приглашение, он переехал затем в Ирландию, где стал профессором теоретической физики Дублинского института фундаментальных исследований и оставался на этом

посту семнадцать лет, занимаясь исследованиями по волновой механике, статистике, статистической термодинамике, теории поля и особенно по общей теории относительности.

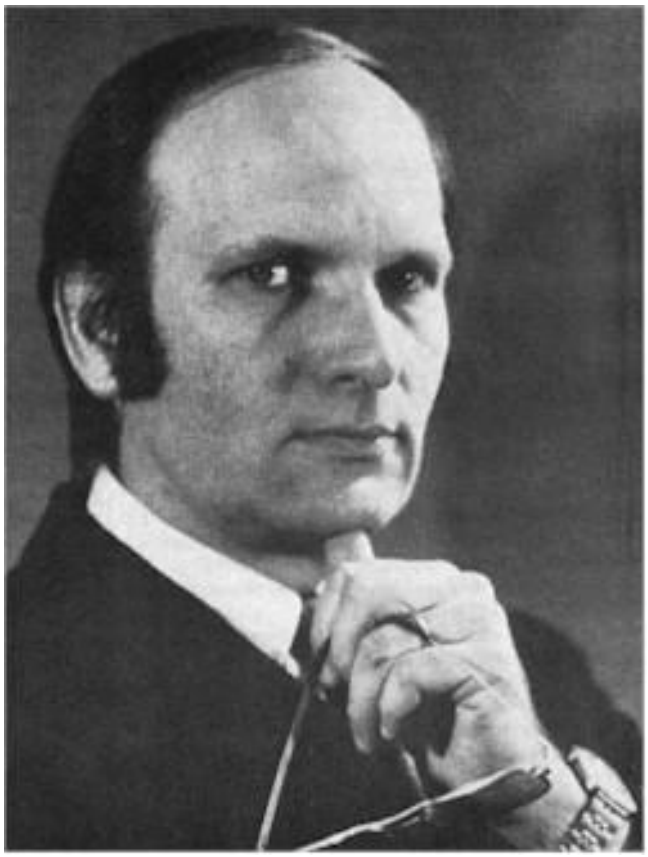
После войны австрийское правительство пыталось склонить Ш. вернуться в Австрию, но он отказывался, пока страна была оккупирована советскими войсками. В 1956 г. он принял кафедру теоретической физики Венского университета. Это был последний пост, который он занимал в своей жизни.

В 1920 г. Ш. вступил в брак с Аннемарией Бертель; детей у супругов не было. Всю жизнь он был любителем природы и страстным туристом. Среди своих коллег Ш. был известен как человек замкнутый, чудаковатый, имевший мало единомышленников, Дирак так описывает прибытие Ш. на престижный Сольвеевский конгресс в Брюсселе: «Весь его скарб умещался в рюкзаке. Он выглядел как бродяга, и понадобилось довольно долго убеждать портье, прежде чем тот отвел Ш. номер в гостинице».

Ш. глубоко интересовался не только научными, но и философскими аспектами физики, написал в Дублине несколько философских исследований. Размышляя над проблемами приложения физики к биологии, он выдвинул идею молекулярного подхода к изучению генов, изложив ее в книге «Что такое жизнь? Физические аспекты живой клетки» («What is Life? The Physical Aspects of a Living Cell», 1944), оказавшей влияние на некоторых биологов, в том числе Фрэнсиса Крика и Мориса Уилкинса. Ш. опубликовал также томик стихов. Он вышел в отставку в 1958 г., когда ему исполнился семьдесят один год, и умер через три года в Вене.

Кроме Нобелевской премии, Ш. был удостоен многих наград и почестей, в том числе золотой медали Маттеуччи Итальянской национальной академии наук, медали Макса Планка Германского физического общества, и награжден правительством ФРГ орденом «За заслуги». Ш. был почетным доктором университетов Гента, Дублина и Эдинбурга, состоял членом Папской академии наук, Лондонского королевского общества, Берлинской академии наук, Академии наук СССР, Дублинской академии наук и Мадридской академии наук.

ШРИФФЕР (Schrieffer), Дж. Роберт



род. 31 мая 1931 г.
Нобелевская премия по физике, 1972 г.
совместно с Джоном Бардином и Леоном Н. Купером

Американский физик Джон Роберт Шриффер родился в г. Оук-Парк (штат Иллинойс), в семье Джона Г. Шриффера и Луизы (урожденной Андерсон) Шриффер. В 1940 г. семья переезжает в г. Манхассет (штат Нью-Йорк), а еще через девять лет в г. Юстис (штат Флорида). По окончании Юстисской средней школы в 1949 г. Ш. поступает в Массачусетский технологический институт, намереваясь стать инженером-электриком. Через два года он избирает своей специальностью физику и в 1953 г. получает степень бакалавра. В 1954 г. он защищает в университете штата Иллинойс диссертацию, выполненную под руководством признанного авторитета в области физики твердого тела Джона Бардина, и получает степень магистра. Диссертация Ш. была посвящена исследованию электронной проводимости на поверхности полупроводника. По завершении работы над диссертацией он присоединяется к Бардину в исследовании явления сверхпроводимости и свойств вещества при температурах, близких к абсолютному нулю (273°C).

В 1911 г. нидерландский физик Хайке Камерлинг-Оннес открыл, что некоторые материалы утрачивают сопротивление электрическому току при охлаждении до температур всего лишь на несколько градусов выше абсолютного нуля. Новое явление, получившее название сверхпроводимости,

было воспринято как большая неожиданность, и прошло почти 50 лет, прежде чем оно было полностью понято.

Почти все металлы при охлаждении становятся лучшими проводниками, поскольку основным источником электрического сопротивления являются тепловые колебания атомов в металле, рассеивающие электроны носители электрического тока Охлаждение металла уменьшает амплитуду колебаний и тем самым устраняет препятствие потоку электронов. В нормальных металлах повышение электропроводности происходит постепенно, и сопротивление падает до нуля лишь при температуре абсолютного нуля (недостижимой на практике) В сверхпроводнике (и это особенно удивительно) все электрическое сопротивление исчезает внезапно при определенной температуре выше абсолютного нуля Атомы металла все еще совершают тепловые колебания, но ток, несущий электроны, проходит беспрепятственно

Другое необычное свойство сверхпроводников было открыто в 1933 г. немецким физиком Вальтером Мейснером. Мейснер обнаружил, что сверхпроводники могут обладать идеальным диамагнетизмом магнитное поле выталкивается изнутри сверхпроводящего тела, и такое тело отталкивается обоими полюсами магнита, в результате магнитный материал, помещенный над сверхпроводником, повисает в состоянии левитации. Если сверхпроводящий материал поместить в достаточно сильное магнитное поле, то такой материал утрачивает свою сверхпроводимость и становится нормальным проводником. В 1935 г. немецкий физик Фриц Лондон высказал предположение, что диамагнитный аспект сверхпроводимости является ее основным свойством. С помощью умозрительных построений Лондон пришел к выводу о том, что сверхпроводимость является квантовым явлением, происходящим в макроскопическом масштабе.

В 1950 г. несколько американских физиков исследовали сверхпроводимость в металлах, имеющих несколько изотопов (под изотопами принято понимать разновидности химического элемента с одним и тем же числом электронов и протонов – и, следовательно, с одинаковыми химическими свойствами, но с различным числом нейтронов). Оказалось, что критическая температура, при которой изотоп становится сверхпроводящим, обратно пропорциональна его атомной массе. Зная, что атомная масса может влиять на свойства твердого тела только одним способом изменяя характеристики, ответственные за распространение колебаний, – Бардин предположил, что сверхпроводимость зависит от взаимодействия электронов проводимости с колебательным движением атомов в металле. По мнению Бардина, электроны проводимости должны связываться друг с другом благодаря взаимодействию с этими колебаниями.

В 1956 г. один из постдокторантов Бардина в Иллинойском университете Леон Н. Купер доказал, что взаимодействие электронов проводимости с атомными колебаниями приводит к образованию связанных пар электронов. Один электрон, двигаясь сквозь кристалл металла, притягивает к себе окружающие положительно заряженные атомы. Эта

легкая деформация кристаллической решетки создает мгновенную концентрацию положительного заряда, которая в свою очередь притягивает второй электрон. Таким образом, два электрона оказываются косвенно связанными через посредническое действие кристаллической решетки. О таких электронах говорят, что они образуют куперовскую пару.

Ш. и Бардин попытались распространить куперовскую идею о воздействии пар электронов на поведение подавляющего большинства свободных электронов в сверхпроводящем твердом теле. Ш. уже хотел было отказаться от дальнейших попыток найти решение проблемы, но Бардин, который как раз в то время должен был отправиться в Швецию на церемонию вручения ему Нобелевской премии по физике за 1956 г., присужденной ему за вклад в изобретение транзистора, уговорил Ш. поразмыслить еще месяц над проблемой, и за этот месяц Ш. действительно удалось разработать статистический метод, который позволил получить решение проблемы.

По возвращении Бардина трое исследователей Бардин, Купер и Ш., объединив усилия, показали, что взаимодействие между куперовскими парами охватывает многие свободные электроны в сверхпроводящем веществе, вынуждая их двигаться строго согласованно, «в ногу» Как и предполагал Лондон, сверхпроводящие электроны образуют единое квантовое состояние, охватывающее весь материал. Ниже критической температуры сила спаривания, удерживающая электроны в их согласованном движении, по интенсивности превосходит тепловые колебания атомов в металле Возмущение, способное отклонить отдельный электрон и поэтому порождающее электрическое сопротивление, не может этого сделать, не затрагивая при этом все электроны, участвующие в сверхпроводящем состоянии. Такое событие необычайно мало вероятно, и в результате сверхпроводящие электроны дрейфуют когерентно без потерь энергии. За вклад в теорию сверхпроводимости Ш. в 1957 г. был удостоен докторской степени в Иллинойском университете.

Теория Бардина – Купера – Шриффера (БКШ) была признана одним из наиболее важных достижений теоретической физики со времени создания квантовой теории. В 1958 г., применяя теорию БКШ, Купер и его коллеги предсказали, что очень холодный жидкий гелий-3 (изотоп гелия, ядро которого состоит из двух протонов и одного нейтрона) должен обладать сверхтекучестью, т.е. переходить в необычное состояние материи, характеризующееся отсутствием вязкости и поверхностного натяжения. Ранее сверхтекучесть наблюдалась в более широко распространенном изотопе гелий-4 (ядро которого состоит из двух протонов и двух нейтронов), но, по общему мнению, была невозможна в изотопах с нечетным числом ядерных частиц. Сверхтекучесть гелия-3 была экспериментально подтверждена в 1962 г.

В 1972 г. Ш., Куперу и Бардину была присуждена Нобелевская премия по физике «за созданную их совместными усилиями теорию сверхпроводимости, обычно называемую теорией БКШ». Выступая при

презентации лауреатов, Стиг Лундквист, член Шведской королевской академии наук, сказал: «В своей фундаментальной работе вы предложили полное объяснение явления сверхпроводимости. Ваша теория позволила также предсказать новые эффекты и стимулировала интенсивные теоретические и экспериментальные исследования. Последующие работы в области сверхпроводимости поразительным образом подтвердили широчайший диапазон применимости и справедливость основных понятий и идей, изложенных в вашей фундаментальной статье 1957 г.».

Теория БКШ оказала глубокое влияние и на физическую теорию, и на технику. Именно она привела к созданию сверхпроводников, способных работать при высоких температурах или при наличии сильных магнитных полей. Такие сверхпроводники имеют решающее значение для создания электромагнитов, позволяющих получать мощные магнитные поля, но потребляющих мало энергии. Такого рода магниты находят применение при исследовании термоядерного синтеза; в магнитной гидродинамике (генерировании электрического тока при прохождении сильно ионизованного газа через магнитное поле); при ускорении до высоких энергий частиц в физике элементарных частиц; в магнитной подвеске при движении без трения; в биологических и физических исследованиях, связанных с взаимодействием атомов и электронов с сильным магнитным полем; при создании компактных мощных электрических генераторов. Открытие физиком из Уэльса Брайаном Д. Джозефсоном особых режимов на границах между двумя сверхпроводниками (эффект Джозефсона) привело к созданию сенсоров, способных детектировать магнитную активность внутри живых организмов и обнаруживать залежи руды и нефти на основе их магнитных свойств.

В 1957...1958 гг. на правах постдокторанта Национального научного фонда Ш. занимался исследованием сверхпроводимости в Бирмингемском университете (Англия) и в Институте Нильса Бора в Копенгагене (Дания). Там же в I960 г. он встретил Анне Грете Томсен. Через несколько месяцев они поженились. У них две дочери и сын.

Ш. преподавал физику в Чикагском университете (1957...1960), университете штата Иллинойс (1959...1960), Пенсильванском университете (1962). Корнеллском университете (1969...1975) и с 1975 г. – в Калифорнийском университете в Санта-Барбаре. Он занимается также исследованием магнитных свойств материалов, свойств сплавов и поверхностных эффектов. В Пенсильванском университете Ш. стал одним из соавторов доклада, на основе которого была создана программа афро-американских исследований. Он не дает себя в обиду, у него по каждому поводу имеется наготове саркастическая реплика.

Ш. удостоен многочисленных наград в том числе премии Комстока американской Национальной академии наук (1968), премии Оливера Бахли по физике твердого тела Американского физического общества (1968) и медали Джона Эрикссона Американского общества шведских инженеров (1976). Он почетный доктор пяти университетов, член американской

Национальной академии наук, Американской академии наук и искусств, Американского философского общества и Датской королевской академии наук и искусств.

ШТАРК (Stark), Йоханнес

15 апреля 1874 г. – 21 июня 1957 г.
Нобелевская премия по физике, 1919 г.

Немецкий физик Йоханнес Штарк родился в Шикенхофе (Бавария) в семье землевладельца. Учился в средних школах Байрейта и Регенсбурга, а в 1894 г. поступил в Мюнхенский университет, в котором в 1897 г. защитил докторскую диссертацию под названием «Исследования о саже» ("Investigation on Lampblack"). Той же осенью Ш. становится ассистентом Ойгена Ломмеля в Мюнхене. В 1900 г. Ш. переходит в Геттингенский университет ассистентом к Эдуарду Рикке и одновременно становится приват-доцентом (внештатным лектором) того же университета. В Геттингене Ш. проводит следующие шесть лет и успевает зарекомендовать себя талантливым физиком-экспериментатором и «колючей» личностью. Основной его научный интерес в то время – поведение ионов в электрических полях. В 1904 г. он основывает журнал «Ежегодник радиоактивности и электроники» ("Jahrbuch der Radioakti-vitat und Elektronik"), который редактирует на протяжении девяти лет.

В 1905 г. Ш. наблюдает доплеровский сдвиг в канальных лучах. Канальные лучи представляют собой поток положительных ионов

(заряженных атомов), ускоренно движущихся в вакууме к электроду и проходящих сквозь отверстия (каналы) в нем. Как обнаружил Вильгельм Вин, также ионы разгоняются до необычайно высоких скоростей; движение ионов оказывает влияние на наблюдаемые частоты испускаемого ими света. Частоты понижаются, когда ионы движутся от наблюдателя, и повышаются, когда ионы движутся к наблюдателю. Это изменение частоты, или доплеровский эффект, хорошо известно из спектров звезд (спектр представляет собой серию цветных линий, возникающих при разделении света на образующие его частоты, или длины волн). Но Ш. был первым, кому удалось наблюдать эффект Доплера в излучении от земного источника.

В начале своей научной деятельности Ш. с симпатией относился к теориям, порывавшим с идеями классической физики. Когда Альберт Эйнштейн в 1905 г. предложил специальную теорию относительности, Ш. был среди ее первых сторонников, а поскольку теория относительности описывает поведение движущихся тел, он предложил свои наблюдения доплеровского эффекта в подтверждение теории относительности. В 1907 г. он обращается к Эйнштейну с просьбой предоставить для публикации в "Jahrbuch der Radioaktivitat und Electronik" статью по теории относительности и всячески отстаивает идею Эйнштейна о корпускулярной природе света (при определенных условиях свет ведет себя как поток частиц – корпускул, или порций энергии – квантов), которая отвергалась вплоть до 20-х гг.

В 1906 г. Ш. оставляет Геттинген, чтобы занять пост профессора в Техническом университете Ганновера. Однако на новом месте его трудный характер приводит к осложнениям в отношениях с его начальником, который неоднократно пытался уволить Ш. Эти сложные отношения удалось разрешить только в 1909 г., когда с помощью физика-теоретика Арнольда Зоммерфельда Ш. становится полным (действительным) профессором Технического университета в Ахене. Однако вскоре Ш. ссорится с Зоммерфельдом по поводу природы рентгеновского излучения, испускаемого электронами при торможении. Первый утверждал. что для объяснения характерных особенностей этого явления требуется квантовая теория, тогда как второй считал, что для адекватного описания явления достаточно классического электромагнетизма. Спор сторон, который велся на страницах научной печати, закончился тяжелой размолвкой, и никогда больше они не возобновляли дружеских отношений.

В 1896 г. нидерландский физик Питер Зееман обнаружил, что магнитное поле, приложенное к светящемуся газу, расщепляет каждую из его спектральных линий на три или более линии, расположенных почти вплотную друг к другу (эффект Зеемана). В 1913 г. Ш., воспользовавшись и на этот раз канальными лучами, осуществляет аналогичное расщепление спектральных линий водорода во внешнем электрическом поле. Это явление, известное под названием эффекта Штарка, безуспешно пытались воспроизвести другие ученые. В рамках классической электромагнитной теории эффект Штарка был необъясним.

Но в начале 1913 г. Нильс Бор предлагает квантовую теорию атома водорода. Согласно этой теории, электроны занимают вполне определенные орбиты, каждая из которых соответствует вполне конкретному энергетическому уровню. В теории Бора спектральные линии водорода возникают при переходах электронов с одной орбиты на другую. Каждый переход сопровождается излучением определенной длины волны. Как показали в 1916 г. Зоммерфельд и Пауль Эйнштейн, наложенное извне электрическое поле изменяет электронные орбиты в атоме. При этом возникают различные энергетические уровни и те самые кратные спектральные линии, которые наблюдал Ш. Таким образом, открытие Ш. подтвердило модель атома Бора и квантовую теорию в целом.

В 1919 г. Ш. был удостоен Нобелевской премии по физике «за открытие эффекта Доплера в канальных лучах и расщепления спектральных линий в электрических полях». Выступая на церемонии презентации лауреата, А.Г. Экстранд, член Шведской королевской академии наук, заявил: «Открытие... оказалось эффективным средством доказательства того, что частицы канальных лучей являются светящимися атомами, или атомными ионами. Дальнейшее исследование эффекта Доплера в спектрах канальных лучей, осуществленное главным образом Ш. и его учениками, привело к необычайно важным результатам не только относительно самих канальных лучей, но и относительно природы различных спектров, которые может испускать в различных обстоятельствах один и тот же химический элемент».

После открытия эффекта, носящего ныне его имя, научные и политические взгляды Ш. становятся все более реакционными. Несмотря на то что его собственные работы явились важным подтверждением модели атома Бора, Ш. так и не принял выводов Бора. В Нобелевской лекции он утверждал, будто модель Бора противоречит «самому духу физики». Энтузиазм, с которым он некогда относился к теории Эйнштейна, бесследно исчез, и, хотя и квантовая теория, и теория относительности получали все большее научное обоснование, он отвергал обе теории. Ш. неприязненно относился и к политическим взглядам Эйнштейна (в годы первой мировой войны Эйнштейн придерживался пацифистских взглядов), и к его научным трудам. В 1917 г. Ш. намеревался занять пост профессора физики в Геттингенском университете, но получил отказ и принял предложение стать профессором физики Грейфевальдского университета, преподаватели которого придерживались консервативных научных и политических взглядов.

С недоверием относясь к демократическому веймарскому правительству, послевоенной Германии и к берлинским физикам, игравшим главную роль в Германском физическом обществе, Ш. в 1920 г. предпринимает попытку организовать независимую физическую ассоциацию в надежде на то, что ассоциация сможет выступить в роли консультанта правительства. Из этой затеи ничего не вышло: не пользующаяся поддержкой физиков ассоциация не могла оказывать никакого влияния на веймарское правительство. В том же 1920 г. Ш. принимает кафедру физики

Вюрцбургского университета, но ссора с коллегами вынуждает его через два года подать в отставку. В бытность свою в Вюрцбурге он становится владельцем фарфоровой фабрики. Этот его шаг многие физики сочли неэтичным, так как значительная часть капитала была заимствована им из Нобелевской премии.

После провала затеи с фарфоровой фабрикой Ш. предпринимает попытку вернуться к академической деятельности. Он выдвигает свою кандидатуру на вакантный пост директора Государственного физико-технического института в Берлине, но не проходит по конкурсу и следующие несколько лет проводит в вынужденной отставке в семейном поместье неподалеку от Траунштейна в Баварии. Ш. рассчитывал занять еще несколько академических постов, но всякий раз его кандидатуру отвергали, по-видимому, потому, что он нажил слишком много врагов. Одним из немногих оставшихся союзников Ш. был Филипп фон Ленард, ревностный противник того, что сам Ленард назвал «еврейской догматической физикой». Ш. становится одним из ведущих апологетов арийской физики (по разъяснению самого Ленарда, под этим термином он подразумевал физику, «отвергающую высокоабстрактные теории, развиваемые еврейскими физиками»). Своим главным врагом сторонники арийской физики считали Эйнштейна.

Как уроженец южной Германии, Ш. был знаком с нацистской партией и поддерживал Адольфа Гитлера с начала 20-х гг. Когда в 1933 г. нацисты пришли к власти и пост директора Государственного физико-технического института вновь стал вакантным, партийные связи Ш. обеспечили ему этот пост. В качестве директора института он вынашивал амбициозные планы реорганизации всей немецкой науки. Ш. принял на себя и президентство в Германской исследовательской ассоциации. Однако из-за горячности, с которой он нападал на всех ученых (не обязательно евреев), осмеливавшихся выступать в защиту современной физики, в том числе на Зоммерфельда, Макса фон Лауэ и Вернера Гейзенберга, которых он называл «белыми евреями в науке», влияние его среди немецких физиков было невелико. Кроме того, Ш. нажил себе врагов в имперском министерстве образования, под эгидой которого действовала исследовательская ассоциация. Ни одному из его планов не суждено было сбыться, и в конце концов Ш. впал в немилость у нацистского идеолога Альфреда Розенберга. В 1936 г. после провала схемы добычи золота, которую он поддерживал, Ш. был вынужден подать в отставку. Однако вплоть до 1939 г. он продолжал оставаться на посту директора Государственного физико-технического института.

После 1939 г. Ш. уходит на покой и живет в своем имении, где строит для себя частную лабораторию. Последняя его попытка заняться самостоятельной научной деятельностью – предполагаемое открытие изгибания луча света в неоднородном электрическом поле – окончилась провалом.

Ш. был женат на Луизе Юплер. От этого брака родилось пятеро детей. На досуге Ш. любил заниматься лесоводством и садоводством. Он умер 21 июня 1957 г.

Кроме Нобелевской премии, Ш. был удостоен премии Баумгартнера Венской академии наук, премии Фальбруха Геттингенской академии наук и золотой медали Маттеуччи Итальянской национальной академии наук. Он состоял членом академии наук Геттингена, Рима, Лейдена, Вены и Калькутты.

ШТЕРН (Stern), Отто

17 февраля 1888 г. – 17 августа 1969 г.
Нобелевская премия по физике, 1943 г.

Немецко-американский физик Отто Штерн родился в Сорау (ныне Зори, Польша) и был старшим из пяти детей Оскара Штерна и Евгении Штерн (в девичестве Розенталь). Родители Ш. происходили из богатых семей, составивших состояния на мукомольном деле и торговле зерном. Когда мальчику исполнилось четыре года, семья переехала в Бреслау (Вроцлав). Там же, в Бреслау, Отто оканчивает государственную начальную и среднюю школу. Мальчик учится легко, жадно усваивая знания, родители всячески поощряют его к чтению. По окончании школы Ш., будучи финансово независимым благодаря состоянию его родителей, проводит несколько лет, изучая естественные науки под руководством преподавателей из Фрейбургского, Мюнхенского и других университетов. Докторскую

диссертацию по физической химии Ш. защищает в 1912 г. в университете Бреслау.

Еще, в годы учебы Ш. устанавливает контакты с отдельными ведущими физиками и химиками того времени. Лекции Арнольда Зоммерфельда обостряют его интерес к теоретической физике, а лекции Отто Луммера и Эрнста Прингсхейма – к физике экспериментальной. Однако чтение работ Людвига Больцмана, Рудольфа Клаузиуса и Вальтера Нернста по молекулярной теории, статистической механике и термодинамике производит на него столь сильное впечатление, что он избирает для своих исследований область физической химии, тем более что любимые профессора физико-химического факультета университета Бреслау, Отто Сакур и другие, вели активные исследования именно в этой области.

Пользуясь связью Сакура с Фрицем Габером, другом Альберта Эйнштейна, Ш. в 1912 г. заручается согласием последнего стать руководителем его аспирантской работы в Пражском университете. От Эйнштейна он узнает немало нового о последних событиях в физике, и они вместе пишут статью. Когда Эйнштейн на следующий год переезжает в Цюрих, Ш. следует за ним. Работая с Эйнштейном, он становится приват-доцентом (внештатным лектором) федерального училища в Цюрихе. С началом первой мировой войны Ш. призывают в германскую армию и посылают в Польшу в составе метеорологического отряда, занимавшегося наблюдениями за погодой. Необременительные обязанности позволяют ему продолжать теоретические исследования, в частности работу, начатую совместно с Нернстом. Он применяет квантовую теорию и статистическую механику к проблемам термодинамики и даже публикует статью. Позднее во время войны Ш. и ряд других ученых были переведены в лабораторию Нернста в Берлинском университете, где выполняли различные исследования по поручению военного министерства. В Берлине Ш. работает с Максом Борном, Джеймсом Франком, Максом Фольмером и другими. Под влиянием бесед с искусными экспериментаторами Франком и Фольмером интересы Ш. перемещаются из области теоретических исследований с сферу эксперимента.

После войны Борн становится директором Института теоретической физики Франкфуртского университета и приглашает Ш. на должность своего ассистента. Ш. публикует вместе с Борном теоретическую работу о поверхностной энергии твердых тел, но вскоре его захватывает проблема экспериментального подтверждения теории молекулярного движения, развитой еще в середине XIX в. Известный шотландский физик Джеймс Клерк Максвелл, исходя из теоретических соображений, показал, что молекулы газа находятся в непрерывном хаотическом движении, и вывел форму для распределения их скоростей. Результаты Максвелла получили всеобщее признание, но не были непосредственно подтверждены экспериментально. Ш. решает воспользоваться методом молекулярных пучков, изобретенным французским физиком Луи Дюнойе в 1911 г.

Спроектированная Ш. экспериментальная установка состояла из небольшой печи, испарявшей атомы серебра из металлического образца (молекулы паров серебра содержат лишь по одному атому), щели, через которую атомы, двигавшиеся в направлении разреза, попадали в вакуумную камеру, и еще одной щели, расположенной дальше от выходного отверстия печи в створе с первой щелью и позволявшей еще более диафрагмировать поток атомов, вырезав из него тонкий пучок. Расположив в створе две щели, отстоящие друг от друга на некотором расстоянии, Ш. тем самым создал условия, при которых атомы, прошедшие через обе щели, имели одно и то же направление скорости, а разреженность газа в вакуумной камере уменьшала вероятность столкновений, а тем самым отклонение атомов и рассеяние пучка. Скорости атомов, прошедших сквозь вторую щель, и количество атомов, имевших ту или иную скорость, измерялись различными способами. Один из методов, хотя и не самый точный, состоял в том, чтобы поместить на пути пучка зубчатые колеса. При вращении колес атомы, успевшие проскочить между зубцами первого колеса, могли пройти между зубцами второго колеса только в том случае, если зазор между этими зубцами оказывался на линии их полета. Зная ширину зазора, скорость вращения и расстояние между колесами, Ш. мог вычислить скорость атомов, проходящих между ними. Измерения, завершенные в 1920 г. (и уточненные в последующие годы), подтвердили теоретические предсказания.

Метод Штерна оказался мощным средством наблюдения невидимых частиц с помощью сравнительно грубых лабораторных приборов, но требовал искуснейшего мастерства от экспериментатора. Он обратился к своему коллеге по Франкфурту Вальтеру Герлаху с просьбой помочь исследовать с помощью того же метода магнитные моменты атомов. Поскольку атомы содержат движущиеся электрически заряженные частицы, а движение заряженных частиц есть не что иное, как электрический ток, то атомы ведут себя как крохотные магниты (как ток в катушке, создающей магнитное поле в электромагните). Магнитный момент определяет интенсивность и направление магнитного поля. Классическая физика считает, что магнитный момент может иметь любое направление. Зоммерфельд, исходя из квантовой теории, предсказал, что магнитный момент может иметь относительно внешнего поля только два направления: совпадать с направлением внешнего поля или быть направленным в противоположную сторону. В известном ныне эксперименте Штерна – Герлаха молекулярный пучок проходит между полюсами неоднородного магнита, который вызывал отклонение пучка. Классическая теория предсказывала, что отклонение атомов с различными направлениями магнитного момента будет распределено непрерывно, что приведет просто к расширению узкого пучка. Квантовая теория предсказывала, что атомы будут отклоняться только одним из двух способов, т.е. пучок расщепится на два. Опыт Штерна – Герлаха, выполненный в 1921 г., со всей определенностью подтвердил справедливость квантовой теории.

В 1921 г. Ш. назначается профессором физики Ростокского университета, а в 1923 г. становится полным (действительным) профессором Гамбургского университета. В Гамбурге, имея в своем распоряжении лабораторию, специально построенную для исследований методом молекулярных пучков, он использует этот метод для проверки предсказания, сделанного Луи де Бройлем в 1924 г. И квантовая теория, и эксперимент показали, что электромагнитное излучение, например свет, обладает как корпускулярными (кванты), так и волновыми свойствами. Несмотря на скептицизм многих физиков, де Бройль, предположив, что частицы должны обладать волновыми свойствами, высказался еще более радикально, указав соответствующие им длины волн. В 1927 г. Клинтон Дж. Дэвиссон и Лестер Джермер экспериментально доказали (отчасти случайно) существование волн де Бройля для электрона. За их экспериментом последовали подкрепляющие его опыты Дж.П. Томсона. Несколькими годами позже Ш. направляет пучок атомов гелия через зубчатые колеса (чтобы измерить скорость частиц, от которой зависит длина волны де Бройля) на поверхность кристалла фторида лития и наблюдает дифракцию – волновое явление. Зная расстояние между атомами в кристалле, он определяет длину волны для частиц гелия. Она согласуется с формулой де Бройля. Доказательство существования волновых свойств столь крупных частиц, как атомы, представляется еще более убедительным, чем в случае электронов, и опыт Штерна сыграл важную роль в дальнейшем развитии квантовой механики. В последующие годы Ш. вместе с Иммануэлем Эстерманом и О.Р. Фришем измеряют магнитный момент протона (ядра атома водорода) и, к своему удивлению (и удивлению всех физиков), обнаруживают, что он вдвое больше предсказанного П.А.М. Дираком.

Вскоре после того, как Гитлер становится канцлером Германии в 1933 г., Эстермана и других ученых-евреев увольняют из Франкфуртского университета на основании нацистских антисемитских законов о гражданских правах. Хотя Ш. был евреем, его на какое-то время защищает от расистских законов служба в германской армии во время первой мировой войны. Однако в знак протеста он подает в отставку и вместе с Эстерманом принимает приглашение физического факультета Технологического института Карнеги. Там, занимая должность профессора-исследователя, он помогает создать лабораторию молекулярных пучков. В 1939 г. Ш. получает американское гражданство и, когда Соединенные Штаты вступают во вторую мировую войну, служит консультантом министерства обороны США.

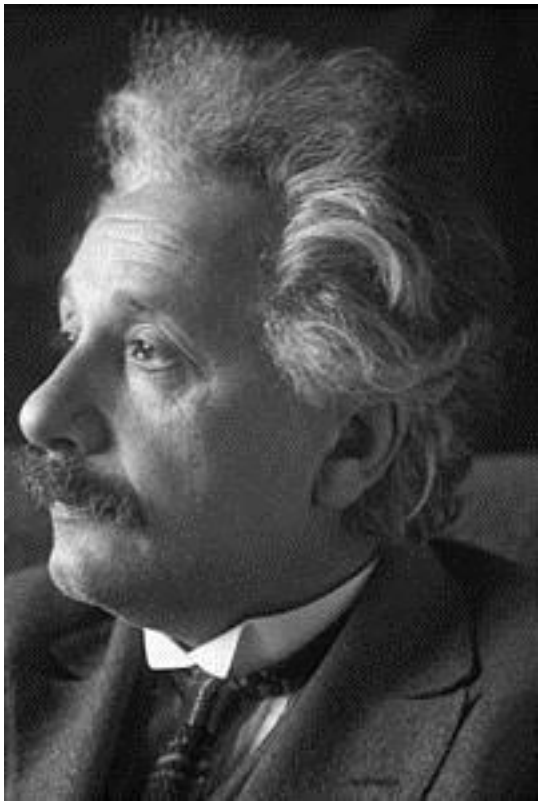
В 1943 г. Нобелевская премия не присуждалась, но на следующий год Ш. был удостоен Нобелевской премии по физике 1943 г. «за вклад в развитие метода молекулярных пучков и открытие и измерение магнитного момента протона». Из-за условий военного времени обычная церемония вручения премии не проводилась, и премия была передана Ш. во время завтрака, организованного Американо-скандинавским фондом в отеле Уол-Дорф-Астория в Нью-Йорке. Нобелевскую лекцию «Метод молекулярных пучков» («The Method of Molecular Rays»), Ш. прочитал только в 1946 г.

После ухода из Технологического института Карнеги в 1946 г. Ш. переезжает в Беркли (штат Калифорния), где поселились две его сестры. Продолжая поддерживать контакты с физическим сообществом и следить за развитием событий в физике элементарных частиц, он живет в относительной изоляции. Регулярно нанося визиты в Европу, Ш. отказывается ступить на землю Германии и получать пенсию от германского правительства.

В последние годы жизни Ш., никогда не вступавший в брак, обретает вкус к изысканному столу и сигарам. Он охотно ходит в кино. Смерть от сердечного приступа настигает его в одном из кинотеатров Беркли. По словам Эмилио Сегре, «Ш. был одним из величайших физиков XX в. Он написал сравнительно мало статей, но зато какую силу имеют те, которые он написал!».

Член американской Национальной академии наук и Американского философского общества, Ш. был почетным доктором Калифорнийского университета и Швейцарского федерального технологического института.

ЭЙНШТЕЙН Альберт



14 марта 1879 г. – 18 апреля 1955 г.
Нобелевская премия по физике, 1921 г.

Немецко-швейцарско-американский физик Альберт Эйнштейн родился в Ульме, средневековом городе королевства Вюртемберг (ныне

земля Баден-Вюртенберг в Германии), в семье Германа Эйнштейна и Паулины Эйнштейн, урожденной Кох. Вырос он в Мюнхене, где у его отца и дяди был небольшой электрохимический завод. Э. был тихим, рассеянным мальчиком, который питал склонность к математике, но терпеть не мог школу с ее механической зубрежкой и казарменной дисциплиной. В унылые годы, проведенные в мюнхенской гимназии Луитпольда, Э. самостоятельно читал книги по философии, математике, научно-популярную литературу. Большое впечатление произвела на него идея о космическом порядке. После того как дела отца в 1895 г. пришли в упадок, семья переселилась в Милан. Э. остался в Мюнхене, но вскоре оставил гимназию, так и не получив аттестата, и присоединился к своим родным.

Шестнадцатилетнего Э. поразила та атмосфера свободы и культуры, которую он нашел в Италии. Несмотря на глубокие познания в математике и физике, приобретенные главным образом путем самообразования, и не по возрасту самостоятельное мышление, Э. не выбрал себе профессию. Отец настаивал на том, чтобы сын избрал инженерное поприще и в будущем смог поправить шаткое финансовое положение семьи. Э. попытался сдать вступительные экзамены в Федеральный технологический институт в Цюрихе, для поступления в который не требовалось свидетельства об окончании средней школы. Не обладая достаточной подготовкой, он провалился на экзаменах, но директор училища, оценив математические способности Э., направил его в Аарау, в двадцати милях к западу от Цюриха, чтобы тот закончил там гимназию. Через год, летом 1896 г., Э. успешно выдержал вступительные экзамены в Федеральный технологический институт. В Аарау Э. расцвел, наслаждаясь тесным контактом с учителями и либеральным духом, царившим в гимназии. Все прежнее вызывало у него настолько глубокое неприятие, что он подал официальное прошение о выходе из германского подданства, на что его отец согласился весьма неохотно.

В Цюрихе Э. изучал физику, больше полагаясь на самостоятельное чтение, чем на обязательные курсы. Сначала он намеревался преподавать физику, но после окончания Федерального института в 1901 г. и получения швейцарского гражданства не смог найти постоянной работы. В 1902 г. Э. стал экспертом Швейцарского патентного бюро в Берне, в котором прослужил семь лет. Для него это были счастливые и продуктивные годы. Он опубликовал одну работу о капиллярности (о том, что может произойти с поверхностью жидкости, если ее заключить в узкую трубку). Хотя жалованья едва хватало, работа в патентном бюро не была особенно обременительной и оставляла Э. достаточно сил и времени для теоретических исследований. Его первые работы были посвящены силам взаимодействия между молекулами и приложениям статистической термодинамики. Одна из них – «Новое определение размеров молекул» ("A new Determination of Molecular Dimensions") – была принята в качестве докторской диссертации Цюрихским университетом, и в 1905 г. Э. стал доктором наук. В том же году он

опубликовал небольшую серию работ, которые не только показали его силу как физика-теоретика, но и изменили лицо всей физики.

Одна из этих работ была посвящена объяснению броуновского движения – хаотического зигзагообразного движения частиц, взвешенных в жидкости. Э. связал движение частиц, наблюдаемое в микроскоп, со столкновениями этих частиц с невидимыми молекулами; кроме того, он предсказал, что наблюдение броуновского движения позволяет вычислить массу и число молекул, находящихся в данном объеме. Через несколько лет это было подтверждено Жаном Перреном. Эта работа Э. имела особое значение потому, что существование молекул, считавшихся не более чем удобной абстракцией, в то время еще ставилось под сомнение.

В другой работе предлагалось объяснение фотоэлектрического эффекта – испускания электронов металлической поверхностью под действием электромагнитного излучения в ультрафиолетовом или каком-либо другом диапазоне. Филипп де Ленард высказал предположение, что свет выбивает электроны с поверхности металла. Предположил он и то, что при освещении поверхности более ярким светом электроны должны вылетать с большей скоростью. Но эксперименты показали, что прогноз Ленарда неверен. Между тем в 1900 г. Максу Планку удалось описать излучение, испускаемое горячими телами. Он принял радикальную гипотезу о том, что энергия испускается не непрерывно, а дискретными порциями, которые получили название квантов. Физический смысл квантов оставался неясным, но величина кванта равна произведению некоторого числа (постоянной Планка) и частоты излучения.

Идея Э. состояла в том, чтобы установить соответствие между фотоном (квантом электромагнитной энергии) и энергией выбитого с поверхности металла электрона. Каждый фотон выбивает один электрон. Кинетическая энергия электрона (энергия, связанная с его скоростью) равна энергии, оставшейся от энергии фотона за вычетом той ее части, которая израсходована на то, чтобы вырвать электрон из металла. Чем ярче свет, тем больше фотонов и больше число выбитых с поверхности металла электронов, но не их скорость. Более быстрые электроны можно получить, направляя на поверхность металла излучение с большей частотой, так как фотоны такого излучения содержат больше энергии. Э. выдвинул еще одну смелую гипотезу, предположив, что свет обладает двойственной природой. Как показывают проводившиеся на протяжении веков оптические эксперименты, свет может вести себя как волна, но, как свидетельствует фотоэлектрический эффект, и как поток частиц. Правильность предложенной Э. интерпретации фотоэффекта была многократно подтверждена экспериментально, причем не только для видимого света, но и для рентгеновского и гамма-излучения. В 1924 г. Луи де Бройль сделал еще один шаг в преобразовании физики, предположив, что волновыми свойствами обладает не только свет, но и материальные объекты, например электроны. Идея де Бройля также нашла экспериментальное подтверждение и заложила основы квантовой механики.

Работы Э. позволили объяснить флуоресценцию, фотоионизацию и загадочные вариации удельной теплоемкости твердых тел при различных температурах.

Третья, поистине замечательная работа Э., опубликованная все в том же 1905 г. – специальная теория относительности, революционизировавшая все области физики. В то время большинство физиков полагало, что световые волны распространяются в эфире – загадочном веществе, которое, как принято было думать, заполняет всю Вселенную. Однако обнаружить эфир экспериментально никому не удавалось. Поставленный в 1887 г. Альбертом А. Майкельсоном и Эдвардом Морли эксперимент по обнаружению различия в скорости света, распространяющегося в гипотетическом эфире вдоль и поперек направления движения Земли, дал отрицательный результат. Если бы эфир был носителем света, который распространяется по нему в виде возмущения, как звук по воздуху, то скорость эфира должна была бы прибавляться к наблюдаемой скорости света или вычитаться из нее, подобно тому как река влияет, с точки зрения стоящего на берегу наблюдателя, на скорость лодки, идущей на веслах по течению или против течения. Нет оснований утверждать, что специальная теория относительности Э. была создана непосредственно под влиянием эксперимента Майкельсона-Морли, но в основу ее были положены два универсальных допущения, делавших излишней гипотезу о существовании эфира: все законы физики одинаково применимы для любых двух наблюдателей, независимо от того, как они движутся относительно друг друга, свет всегда распространяется в свободном пространстве с одной и той же скоростью, независимо от движения его источника.

Выводы, сделанные из этих допущений, изменили представления о пространстве и времени: ни один материальный объект не может двигаться быстрее света; с точки зрения стационарного наблюдателя, размеры движущегося объекта сокращаются в направлении движения, а масса объекта возрастает, чтобы скорость света была одинаковой для движущегося и покоящегося наблюдателей, движущиеся часы должны идти медленнее. Даже понятие стационарности подлежит тщательному пересмотру. Движение или покой определяются всегда относительно некоего наблюдателя. Наблюдатель, едущий верхом на движущемся объекте, неподвижен относительно данного объекта, но может двигаться относительно какого-либо другого наблюдателя. Поскольку время становится такой же относительной переменной, как и пространственные координаты x, y и z, понятие одновременности также становится относительным. Два события, кажущихся одновременными одному наблюдателю, могут быть разделены во времени, с точки зрения другого. Из других выводов, к которым приводит специальная теория относительности, заслуживает внимание эквивалентность массы и энергии. Масса m представляет собой своего рода «замороженную» энергию E, с которой связана соотношением $E = mc2$, где c – скорость света. Таким образом, испускание фотонов света происходит

ценой уменьшения массы источника.

Релятивистские эффекты, как правило, пренебрежимо малые при обычных скоростях, становятся значительными только при больших, характерных для атомных и субатомных частиц. Потеря массы, связанная с испусканием света, чрезвычайно мала и обычно не поддается измерению даже с помощью самых чувствительных химических весов. Однако специальная теория относительности позволила объяснить такие особенности процессов, происходящих в атомной и ядерной физике, которые до того оставались непонятными. Почти через сорок лет после создания теории относительности физики, работавшие над созданием атомной бомбы, сумели вычислить количество выделяющейся при ее взрыве энергии на основе дефекта (уменьшения) массы при расщеплении ядер урана.

После публикации статей в 1905 г. к Э. пришло академическое признание. В 1909 г. он стал адъюнкт-профессором Цюрихского университета, в следующем году профессором Немецкого университета в Праге, а в 1912 г. – цюрихского Федерального технологического института. В 1914 г. Э. был приглашен в Германию на должность профессора Берлинского университета и одновременно директора Физического института кайзера Вильгельма (ныне Институт Макса Планка). Германское подданство Э. было восстановлено, и он был избран членом Прусской академии наук. Придерживаясь пацифистских убеждений, Э. не разделял взглядов тех, кто был на стороне Германии в бурной дискуссии о ее роли в первой мировой войне.

После напряженных усилий Э. удалось в 1915 г. создать общую теорию относительности, выходившую далеко за рамки специальной теории, в которой движения должны быть равномерными, а относительные скорости постоянными. Общая теория относительности охватывала все возможные движения, в том числе и ускоренные (т.е. происходящие с переменной скоростью). Господствовавшая ранее механика, берущая начало из работ Исаака Ньютона (XVII в.), становилась частным случаем, удобным для описания движения при относительно малых скоростях. Э. пришлось заменить многие из введенных Ньютоном понятий. Такие аспекты ньютоновской механики, как, например, отождествление гравитационной и инертной масс, вызывали у него беспокойство. По Ньютону, тела притягивают друг друга, даже если их разделяют огромные расстояния, причем сила притяжения, или гравитация, распространяется мгновенно. Гравитационная масса служит мерой силы притяжения. Что же касается движения тела под действием этой силы, то оно определяется инерциальной массой тела, которая характеризует способность тела ускоряться под действием данной силы. Э. заинтересовало, почему эти две массы совпадают.

Он произвел так называемый «мысленный эксперимент». Если бы человек в свободно падающей коробке, например в лифте, уронил ключи, то они не упали бы на пол: лифт, человек и ключи падали бы с одной и той же скоростью и сохранили бы свои положения относительно друг друга. Так

происходило бы в некой воображаемой точке пространства вдали от всех источников гравитации. Один из друзей Э. заметил по поводу такой ситуации, что человек в лифте не мог бы отличить, находится ли он в гравитационном поле или движется с постоянным ускорением. Эйнштейновский принцип эквивалентности, утверждающий, что гравитационные и инерциальные эффекты неотличимы, объяснил совпадение гравитационной и инертной массы в механике Ньютона. Затем Э. расширил картину, распространив ее на свет. Если луч света пересекает кабину лифта «горизонтально», в то время как лифт падает, то выходное отверстие находится на большем расстоянии от пола, чем входное, так как за то время, которое требуется лучу, чтобы пройти от стенки к стенке, кабина лифта успевает продвинуться на какое-то расстояние. Наблюдатель в лифте увидел бы, что световой луч искривился. Для Э. это означало, что в реальном мире лучи света искривляются, когда проходят на достаточно малом расстоянии от массивного тела.

Общая теория относительности Э. заменила ньютоновскую теорию гравитационного притяжения тел пространственно-временным математическим описанием того, как массивные тела влияют на характеристики пространства вокруг себя. Согласно этой точке зрения, тела не притягивают друг друга, а изменяют геометрию пространства-времени, которая и определяет движение проходящих через него тел. Как однажды заметил коллега Э., американский физик Дж. А. Уилер, «пространство говорит материи, как ей двигаться, а материя говорит пространству, как ему искривляться».

Но в тот период Э. работал не только над теорией относительности. Например, в 1916 г. он ввел в квантовую теорию понятие индуцированного излучения. В 1913 г. Нильс Бор разработал модель атома, в которой электроны вращаются вокруг центрального ядра (открытого несколькими годами ранее Эрнестом Резерфордом) по орбитам, удовлетворяющим определенным квантовым условиям. Согласно модели Бора, атом испускает излучение, когда электроны, перешедшие в результате возбуждения на более высокий уровень, возвращаются на более низкий. Разность энергии между уровнями равна энергии, поглощаемой или испускаемой фотонами. Возвращение возбужденных электронов на более низкие энергетические уровни представляет собой случайный процесс. Э. предположил, что при определенных условиях электроны в результате возбуждения могут перейти на определенный энергетический уровень, затем, подобно лавине, возвратиться на более низкий, т.е. это тот процесс, который лежит в основе действия современных лазеров.

Хотя и специальная, и общая теории относительности были слишком революционны, чтобы снискать немедленное признание, они вскоре получили ряд подтверждений. Одним из первых было объяснение прецессии орбиты Меркурия, которую не удавалось полностью понять в рамках ньютоновской механики. Во время полного солнечного затмения в 1919 г.

астрономам удалось наблюдать звезду, скрытую за кромкой Солнца. Это свидетельствовало о том, что лучи света искривляются под действием гравитационного поля Солнца. Всемирная слава пришла к Э., когда сообщения о наблюдении солнечного затмения 1919 г. облетели весь мир. Относительность стала привычным словом. В 1920 г. Э. стал приглашенным профессором Лейденского университета. Однако в самой Германии он подвергался нападкам из-за своих антимилитаристских взглядов и революционных физических теорий, которые пришлись не ко двору определенной части его коллег, среди которых было несколько антисемитов. Работы Э. они называли «еврейской физикой», утверждая, что полученные им результаты не соответствуют высоким стандартам «арийской науки». И в 20-е гг. Э. оставался убежденным пацифистом и активно поддерживал миротворческие усилия Лиги Наций. Э. был сторонником сионизма и приложил немало усилий к созданию Еврейского университета в Иерусалиме в 1925 г.

В 1922 г. Э. была вручена Нобелевская премия по физике 1921 г. «за заслуги перед теоретической физикой, и особенно за открытие закона фотоэлектрического эффекта». «Закон Э. стал основой фотохимии так же, как закон Фарадея – основой электрохимии»,– заявил на представлении нового лауреата Сванте Аррениус из Шведской королевской академии. Условившись заранее о выступлении в Японии, Э. не смог присутствовать на церемонии и свою Нобелевскую лекцию прочитал лишь через год после присуждения ему премии.

В то время как большинство физиков начало склоняться к принятию квантовой теории, Э. все более не удовлетворяли следствия, к которым она приводила. В 1927 г. он выразил свое несогласие со статистической интерпретацией квантовой механики, предложенной Бором и Максом Борном. Согласно этой интерпретации, принцип причинно-следственной связи неприменим к субатомным явлениям. Э. был глубоко убежден, что статистика является не более чем средством и что фундаментальная физическая теория не может быть статистической по своему характеру. По словам Э., «Бог не играет в кости» со Вселенной. В то время как сторонники статистической интерпретации квантовой механики отвергали физические модели ненаблюдаемых явлений, Э. считал теорию неполной, если она не может дать нам «реальное состояние физической системы, нечто объективно существующее и допускающее (по крайней мере в принципе) описание в физических терминах». До конца жизни он стремился построить единую теорию поля, которая могла бы выводить квантовые явления из релятивистского описания природы. Осуществить эти замыслы Э. так и не удалось. Он неоднократно вступал в дискуссии с Бором по поводу квантовой механики, но они лишь укрепляли позицию Бора.

Когда в 1933 г. Гитлер пришел к власти, Э. находился за пределами Германии, куда он так и не вернулся. Э. стал профессором физики в новом Институте фундаментальных исследований, который был создан в

Принстоне (штат Нью-Джерси). В 1940 г. он получил американское гражданство. В годы, предшествующие второй мировой войне, Э. пересмотрел свои пацифистские взгляды, чувствуя, что только военная сила способна остановить нацистскую Германию. Он пришел к выводу, что для «защиты законности и человеческого достоинства» придется «вступить в битву» с фашистами. В 1939 г. по настоянию нескольких физиков-эмигрантов Э. обратился с письмом к президенту Франклину Д.Рузвельту, в котором писал о том, что в Германии, по всей вероятности, ведутся работы по созданию атомной бомбы. Он указывал на необходимость поддержки со стороны правительства США исследований по расщеплению урана. В последующем развитии событий, которые привели к взрыву 16 июля 1945 г. первой в мире атомной бомбы в Аламогордо (штат Нью-Мексико), Э. участия не принимал.

После второй мировой войны, потрясенный ужасающими последствиями использования атомной бомбы против Японии и все ускоряющейся гонкой вооружений, Э. стал горячим сторонником мира, считая, что в современных условиях война представляла бы угрозу самому существованию человечества. Незадолго до смерти он поставил свою подпись под воззванием Бертрана Рассела, обращенным к правительствам всех стран, предупреждающим их об опасности применения водородной бомбы и призывающим к запрету ядерного оружия. Э. выступал за свободный обмен идеями и ответственное использование науки на благо человечества.

Первой женой Э. была Милева Марич, его соученица по Федеральному технологическому институту в Цюрихе. Они поженились в 1903 г., несмотря на жестокое противодействие его родителей. От этого брака у Э. было два сына. После пятилетнего разрыва супруги в 1919 г. развелись. В том же году Э. вступил в брак со своей двоюродной сестрой Эльзой, вдовой с двумя детьми. Эльза Эйнштейн скончалась в 1936 г. В часы досуга Э. любил музицировать. Он начал учиться игре на скрипке, когда ему исполнилось шесть лет, и продолжал играть всю жизнь, иногда в ансамбле с другими физиками, например с Максом Планком, бывшим великолепным пианистом. Нравились ему и прогулки на яхте. Э. считал, что парусный спорт необычайно способствует размышлениям над физическими проблемами. В Принстоне он стал местной достопримечательностью. Его знали как физика с мировым именем, но для всех он был добрым, скромным, приветливым и несколько эксцентричным человеком, с которым можно столкнуться прямо на улице. Э. скончался в Принстоне от аневризмы аорты.

Самый знаменитый из ученых XX в. и один из величайших ученых всех времен, Э. обогатил физику с присущей только ему силой прозрения и непревзойденной игрой воображения. С детских лет он воспринимал мир как гармоническое познаваемое целое, «стоящее перед нами наподобие великой и вечной загадки». По его собственному признанию, он верил в «Бога Спинозы, являющего себя в гармонии всего сущего». Именно это

«космическое религиозное чувство» побуждало Э. к поиску объяснения природы с помощью системы уравнений, которая обладала бы большой красотой и простотой.
Среди многочисленных почестей, оказанных Э., было предложение стать президентом Израиля, последовавшее в 1952 г. Э. отказался. Помимо Нобелевской премии, он был удостоен многих других наград, в том числе медали Копли Лондонского королевского общества (1925) и медали Франклина Франклиновского института (1935). Э. был почетным доктором многих университетов и членом ведущих академий наук мира.

ЭПЛТОН (Appleton), Эдуард

6 сентября 1892 г. – 21 апреля 1965 г.
Нобелевская премия по физике, 1947 г.

Английский физик Эдуард Эплтон родился в Брэдфорде (графство Йоркшир). От отца, Питера Эплтона, фабричного рабочего, и матери, Мэри (в девичестве Уилкок) Эплтон, мальчик унаследовал живой интерес к музыке, но к шестнадцати годам внезапно заинтересовался физикой и математикой. Блестящий ученик, он удостоился стипендии для занятий в Хэнсонской средней школе, где учился с 1903 по 1911 г., и в колледже св. Джона в Кембридже, где занимался под руководством Эрнеста Резерфорда и Дж.Дж. Томсона, награждался премиями по минералогии и физике и получил степень бакалавра с высшими отличиями в 1913 г.

Стипендия позволила ему остаться в Кембридже, чтобы проводить аспирантские исследования под руководством У.Г. Брэгга по кристаллографической структуре металлов и минералов.

Когда в 1914 г. разразилась первая мировая война, Э. принял в ней участие, будучи в пехотном батальоне. Вскоре его перевели в инженерные войска, где в качестве офицера связи он занимался радиосвязью и исследовал проблему затухания радиосигналов, а работая с вакуумными трубками, заинтересовался данной областью. Вернувшись в конце войны в Кембридж, он продолжил исследования по применению вакуумных трубок в радиосвязи.

Э. был избран членом ученого совета колледжа св. Джона в 1919 г. и в следующем году был назначен ассистентом-демонстратором по физике в Кавендишской лаборатории Кембриджского университета. Вместе с Ч.Т.Р. Вильсоном он начал изучать излучение радиоволн во время гроз.

В 1924 г., в возрасте 32 лет, Э. стал профессором физики Лондонского университета. В этом же году вместе с Майлсом Барнетом, его первым аспирантом, он начал изучать распространение радиоволн в атмосфере. В 1902 г. английский физик Оливер Хевисайд предположил, что в верхней части атмосферы находится ионизированный электрический слой, способный отражать длинные радиоволны; именно благодаря этому слою радиосигналу Гульельмо Маркони удалось в предыдущем году пересечь Атлантический океан. Э. задался вопросом, могут ли радиоволны, отражающиеся от слоя Хевисайда – Кеннели, интерферировать с радиоволнами, распространяющимися непосредственно у земли, приводя к ночному затуханию сигналов, которое он наблюдал.

С помощью компании «Бритиш бродкастинг» Э. и Барнет осуществили отражение радиоволн различных частот от слоя Хевисайда – Кеннели 11 декабря 1924 г. С помощью их метода, известного ныне как радиолокация с частотной модуляцией, удалось получить первое экспериментальное подтверждение существованию ионосферы, определить ее высоту, равную 60 милям над землей; этот метод дал толчок развитию радиотехники и проложил путь к изобретению радиолокатора.

Два года спустя после измерения высоты ионосферы Э. открыл второй непроводящий слой, расположенный на высоте 150 миль над поверхностью земли. Большее сопротивление этого слоя, ныне известного как слой Эплтона, позволяет ему отражать коротковолновые радиосигналы. Этим открытием Э. установил возможность прямого радиовещания на весь мир.

С помощью интерференции отраженных радиоволн и волн, распространяющихся вдоль поверхности Земли, Э. продолжал изучать детальное строение и свойства высотных слоев ионосферы всю оставшуюся жизнь. Наблюдая эффект полного солнечного затмения в 1927 г., он установил, что как образование, так и поведение ионосферы определяется солнечным светом. Перейдя от радиоинтерференционного к радиоимпульсному методу измерения высоты, который применялся в Соединенных Штатах, Э. со своими коллегами измерил высоту и строение

ионосферы в полярных районах и в более низких широтах. Они обнаружили, что ионосфера испытывает воздействие со стороны излучаемых Солнцем частиц (солнечный ветер) так же, как и со стороны солнечного ультрафиолетового излучения. Наконец, они определили, что высота ионосферы подвержена воздействию лунных приливов.

Через два года после ухода Ч.Т.Р. Вильсона в отставку в 1934 г., Э. занял профессорскую ставку по натурфилософии в Кембриджском университете. Авторитетный член международного сообщества в области радио, он был президентом Международного союза ученых в области радиосвязи с 1934 по 1952 г.

С началом второй мировой войны в 1939 г. Э. был назначен секретарем Управления научных и промышленных исследований – ведущего научно-исследовательского учреждения Великобритании. В этом качестве он не только руководил исследованиями в области военной радиосвязи, но также координировал усилия Великобритании по созданию атомной бомбы. Группа исследователей, которую он собрал в начале 30-х гг., занялась радиолокацией, что в конце концов позволило английским BBC эффективно отражать германские воздушные налеты. Согласно Роберту Уотсон-Уатту, который работал над совершенствованием радара как английского секретного оружия, если бы не было ранних исследований Э., то радар появился бы слишком поздно, чтобы сыграть решающую роль в битве за Британию в 1940 г. За заслуги в этой области Э. в 1941 г. было пожаловано дворянство. Пока продолжалась война, Э. начал составлять программу послевоенного восстановления, согласно которой Департамент научных и промышленных исследований и вообще ученые должны будут играть важную роль в восстановлении транспорта, налаживании снабжения населения питанием и решении жилищного вопроса.

В 1947 г. Э. был награжден Нобелевской премией по физике «за исследования физики верхних слоев атмосферы, в особенности за открытие так называемого слоя Эплтона». При презентации лауреата Эрик Хюльтен, член Шведской королевской академии наук, обрисовал теоретические аспекты исследований Э., а затем перешел к описанию некоторых практических выгод. Он отметил, что «метод эха, развитый Э. и его сотрудниками... следует рассматривать как предтечу радиолокационных методов, которые успешно использовались союзниками» во время второй мировой войны. Эта технология, добавил Хюльтен, нашла важное применение также в метеорологии и коммерческом радиовещании.

В 1949 г. Э. стал вице-канцлером Эдинбургского университета. Выдающийся руководитель, посвящавший много времени административным обязанностям, он сохранял при этом активный интерес к работе в области атмосферы и находился в тесном контакте с учеными, работавшими в этом же направлении. Во время Международного геофизического года (июль 1957 – декабрь 1958) он играл большую роль в планировании всемирных радиоэкспериментов.

В 1916 г. Э. женился на Джесси Лонг-сон; они воспитали двух дочерей. В 1965 г., год спустя после того, как его первая жена умерла, Э. женился на Элен Эллисон. Спустя месяц он умер в собственном доме. Невысокого роста, наделенный недюжинной энергией, Э. был известен как человек добрый и мягкий в обращении. Как и его отец, который много лет руководил хором в Брэдфордской церкви, он также обладал звучным тенором, и этот дар пригодился ему как оратору, много выступавшему перед публикой.

Среди многочисленных наград Э. есть медаль Хьюза (1933) и Королевская медаль (1950) Лондонского королевского общества, а также медаль Альберта Королевского общества искусств (1950). Он был награжден почетными учеными степенями университетов Абердина, Лондона, Глазго, Цинциннати, Оксфорда, Кембриджа и других учебных заведений. Он имел награды от правительств США, Норвегии, Франции и Исландии, был членом Лондонского королевского общества, иностранным членом Американской академии наук и искусств, Шведской королевской академии наук, Американского метеорологического общества, Папской академии наук и многих профессиональных обществ.

ЭСАКИ (Esaki), Лео

12 марта 1925 г.
Нобелевская премия по физике, 1973 г.
совместно с Айвором Джайевером и Брайаном Д. Джозефсоном

Японский физик Лео Эсаки родился в Осаке, в семье архитектора Соихиро Эсаки и Ниеко Ито Он учился в Токийском университете, по окончании которого в 1947 г. получил степень магистра наук. Проработав

несколько лет в корпорации «Кобе Когио», в 1956 г. Э. перешел в корпорацию «Сони» в Токио, где возглавил небольшую исследовательскую группу. Одновременно он продолжал работу над диссертацией.

Классическая физика утверждает, что в электрической цепи, разорванной барьером из изолятора, ток течь не будет Квантовая механика допускает несколько иную ситуацию если барьер достаточно узок, то электроны могут «туннелировать» сквозь него. Такое подбарьерное прохождение происходит потому, что положение электрона не может быть определено абсолютно точно и, следовательно, всегда существует некоторая вероятность того, что электрон появится по другую сторону барьера. Чем тоньше барьер, тем выше вероятность туннелирования. Хотя этот эффект был предсказан еще в начале 30-х гг., но и к середине 50-х гг. он еще не был доказан экспериментально.

Работая над докторской диссертацией, Э. решил попытаться проверить эффект туннелирования на полупроводниках силами своей исследовательской группы Полупроводниками называются такие материалы, как кремний и германий Число носителей тока в них относительно мало, и в определенных пределах его можно регулировать, изменяя соответствующим образом концентрацию примесей.

Э. и его коллеги работали с соединенными диодами, в которых соседние зоны в полупроводнике легировались электрически активными примесями противоположной полярности. Диод свободно проводит ток в одном направлении, а соединение представляет собой барьер, не пропускающий его в противоположном. Барьер образуется, когда содержание носителей заряда вблизи перехода обедняется. При увеличении концентрации примесей ширина обедненной области уменьшается. Группе Э. удалось создать диоды с очень высокими концентрациями примесей. Тем самым были созданы диоды с необычайно узкими переходами и высокой вероятностью туннелирования Э. показал, что электрические характеристики таких диодов согласуются с представлениями квантовой механики.

Исследуя свойства таких диодов, Э. обнаружил, что у некоторых из них вольт-амперная характеристика (зависимость тока от напряжения) выглядит «расплывчато». Если туннельные токи в диодах велики, сопротивление диодов становится отрицательным в ограниченном диапазоне изменений тока напряжение на диоде падает при увеличении тока (В обычном резисторе ток пропорционален напряжению). Цепь с таким отрицательным сопротивлением может порождать высокочастотные колебания. Э. разработал диоды с еще большей концентрацией примесей и значительно более высокими (по абсолютной величине) отрицательными сопротивлениями. Такие туннельные диоды (диоды Эсаки) с переходами шириной всего лишь в десять миллиардных метра (тридцать атомов) сразу же после создания их первых образцов в 1957 г. могли быть использованы для генерации и детектирования высокочастотных сигналов. Эффект туннелирования помог понять свойства и поведение полупроводников и сверхпроводников. Э. представил докторскую диссертацию о явлениях

туннелирования в полупроводниках Токийскому университету и в 1959 г. получил ученую степень доктора наук.

В следующем году он стал сотрудником исследовательских лабораторий корпорации «Интернейшнл бизнес машине» (ИБМ) в США, где занимался исследованиями по физике полупроводников. В 1965 г. Э. был произведен в члены ИБМ, т.е. достиг высшего положения в научной иерархии фирмы. Работая в ИБМ, он приступил к пионерским исследованиям полупроводниковых суперрешеток, т.е. сложных структур, получаемых при осаждении чрезвычайно тонких слоев различных полупроводников, образующих единую структуру, в одном кристалле. Как показали эксперименты, суперрешетки обладают такими физическими свойствами, что оказались идеальным средством для понимания эффектов в физике твердого тела. Они позволят создать быстродействующие компьютерные схемы с меньшим потреблением энергии, чем распространенные сейчас кремниевые. Специалисты считают, что в 90-е гг. суперрешеточные материалы станут наиболее важными компонентами быстродействующих компьютеров.

Э. получил Нобелевскую премию по физике в 1973 г. вместе с Айвором Джайевером «за экспериментальные открытия туннельных явлений в полупроводниках и сверхпроводниках». (Другую половину премии получил Брайан Д. Джозефсон также за работу по туннелированию). «В серии блестящих экспериментов и расчетов вы исследовали различные аспекты явлении туннелирования в твердых телах, – заявил, обращаясь к трем Нобелевским лауреатам, Стиг Лундквист из Шведской королевской академии наук. – Ваши открытия проложили дорогу в новые области исследования и позволили достичь более глубокого понимания поведения электронов в полупроводниках и сверхпроводниках, макроскопических квантовых явлений в сверхпроводниках». В своей речи Лундквист отметил также, что открытия Э., Джайевера и Джозефсона тесно связаны между собой, так как «пионерские работы Э. послужили основой и непосредственным стимулом для открытия Джайевера, а работы Джайевера... привели к теоретическим предсказаниям Джозефсона».

В ответной речи Э. сказал: «Брайан Джозефсон, Айвор Джайевер и я воспитаны в совершенно разных культурах... Мы некоторым образом символизируем то, что в физике, как и в других науках, не существует национальных или расовых границ...» «Фундаментальные знания о природе, – продолжал он, – одно из величайших сокровищ... и принадлежит оно всему человечеству... В нашем мире существует немало высоких барьеров – между нациями, расами и религиями. К сожалению, некоторые из них широки и прочны. Но я надеюсь, более того, я уверен, что мы найдем способ, позволяющий легко и свободно туннелировать сквозь такие барьеры, и сплотим мир в единое целое».

Работая в США, Э. сохранил японское подданство. В 1959 г. он женился на Мисако Араки, у них родились две дочери и сын.

Э. избран членом Японской академии, Американской академии наук и искусств, иностранным членом Национальной академии наук США. С 1967

г. Э. является директором ИБМ. Он удостоен почетных степеней японской школы Досида и Политехнического университета Мадрида. Он награжден премией Морриса Н. Либмана Института радиоинженеров (1961), медалью Стюарта Баллантайна Франклиновского института (1961) и японским орденом Культуры (1974).

ЮКАВА (Yukawa), Хидэки

23 января 1907 г. – 8 сентября 1981 г.
Нобелевская премия по физике, 1949 г.

Японский физик Хидэки Юкава родился под именем Хидэки Огава в Токио, но после женитьбы принял фамилию своей жены – Юкава; он был пятым из семи детей Такудзи и Коюки Огава. Через год после его рождения семья переехала в Киото, где его отец занял пост профессора геологии Киотского императорского университета.

Хидэки рос в культурной и интеллектуальной атмосфере. Его отец активно интересовался археологией, историей и литературой древнего Китая и Японии. Еще маленьким мальчиком Хидэки познакомился с китайской классикой с помощью своего деда по отцовской линии, филолога. В 3-й школе в Киото, которую он окончил в 1926 г., он увлекался литературой, философией и математикой, но больше всего его привлекала современная физика, с которой он познакомился, прочитав книги по теории относительности и квантовой механике на японском языке, имевшиеся в школьной библиотеке. Он самостоятельно изучил немецкий язык, для того

чтобы прочесть в оригинале многотомное издание трудов Макса Планка, которое купил, роясь в завалах одной из книжных лавок.

Окончив школу, Хидэки поступил в Киотский императорский университет, где изучал физику по ускоренной программе и выделялся тем, что проводил высокоточные эксперименты в лаборатории Кадзюро Тамаки. Написав диссертацию о свойствах уравнения П.А.М. Дирака, где теория относительности применяется к квантовой механике при описании движения атомных частиц, он получил степень магистра в 1929 г. Хидэки оставался в лаборатории Тамаки в качестве ассистента без оплаты, но теоретическая физика начинала интересовать его больше экспериментальной. В Европе велась интереснейшая работа в области квантовой теории, и молодого физика буквально захватили многие ее нерешенные проблемы. В его университетских курсах квантовая теория изучалась в небольшом объеме, но между 1929 и 1932 гг. он изучил ее самостоятельно, читая нужную литературу. Он беседовал с Вернером Гейзенбергом и Дираком, когда они приезжали в Киото, а также познакомился с Ёсио Нисиной, который работал с Нильсом Бором в Копенгагене. Ю. признавался позже, что Тамаки и Нисина оказали решающее влияние на его решение посвятить себя теоретической физике, отмечая при этом и отсутствие экспериментальных наклонностей ввиду неспособности «освоить изготовление обычной стеклянной лабораторной посуды». В 1932 г. он стал лектором по физике в Киотском университете, год спустя – в Осакском университете, а в 1936 г. – ассистент-профессором в Осаке.

Именно в Осаке Ю. начал всерьез размышлять над проблемой, которая два последних десятилетия занимала умы физиков: почему ядро атома не раскалывается на части? Какое-то время уже было известно, что ядро содержит плотно упакованные положительно заряженные частицы (протоны). Поскольку одноименные электрические заряды отталкиваются друг от друга, а сила отталкивания быстро возрастает при уменьшении расстояния между зарядами, сцепление протонов казалось загадкой. Открытие Джеймсом Чедвиком в 1932 г. нейтрона, незаряженной частицы с массой, почти равной массе протона, еще более все запутало. Нейтрон, вскоре признанный еще одним обитателем ядра, объяснил существование изотопов, элементов с одинаковым числом протонов, но разным числом нейтронов. Однако проблема связи протонов оставалась, осложненная необходимостью объяснить связь нейтронов друг с другом и с протонами. Гравитация, взаимное притяжение всех масс, слишком слаба, чтобы оказывать значительное влияние на внутриядерное сцепление.

Некоторые видные физики, включая Гейзенберга, предлагали свои теории ядра, но ни одна из них не выдерживала критики. Было ясно, что существует неизвестная ядерная сила, но она должна быть необыкновенно сильной и действовать на коротких расстояниях. Более того, специалисты по квантовой физике должны были прийти к тому, чтобы рассматривать известные силы как силы, действующие через обмен частичками, содержащими единицы энергии сил поля, называемых квантами. В случае

электромагнитного поля такой частицей является фотон, квант электромагнитной энергии. У фотона нет массы покоя – свет или движется, или не существует.

В 1935 г. Ю. предположил, что большая сила, удерживающая ядро от распада, связана с обменной частицей, имеющей большую массу. Он опубликовал сложную, но содержательную теорию, которая позволила ему подсчитать массу (примерно в 200 раз больше массы электрона) гипотетической частицы. Он также показал, что ее невозможно обнаружить при обычных ядерных реакциях, поскольку ее большая масса эквивалентна очень большой энергии, но можно было бы поискать при столкновении космических лучей с атомными ядрами.

Статья Ю. появилась в японском физическом журнале. Хотя она была написана на английском языке, она два года оставалась незамеченной.

Американский физик Карл Д. Андерсон открыл позитрон в 1932 г., изучая фотографии треков, полученных при прохождении космических лучей через ионизационную камеру. (Частицы, подобные тем, что присутствуют в космических лучах, невидимы, но электризуют водяной пар в камере и вынуждают его конденсироваться в видимые капельки.) В 1937 г., очевидно не зная о гипотезе Ю., Андерсон обнаружил треки ранее неизвестной частицы с массой, аналогичной той, что была у гипотетической частицы Ю. Сначала она была названа мезотроном, а затем мезоном (от греческого «мезо», что значит «средний», поскольку масса частиц была промежуточной между массами электрона и протона). Это открытие принесло известность предсказанию Ю., и западные физики стали исследовать возможные связи. Однако спустя несколько лет они поняли, что частицы Андерсона и Ю. – это разные частицы. В частности, наблюдаемый мезон слабо взаимодействовал с ядром (Ю. постулировал сильное взаимодействие), а время его жизни было более чем в 100 раз длиннее, чем предсказанная одна стомиллионная доля секунды. Некоторые физики стали подозревать, что Ю. пошел по ложному пути.

Ю. вернулся в Киотский императорский университет в 1939 г. Поскольку он был к тому времени уже известным теоретиком, его присутствие помогло физическому факультету университета получить международное признание. Вторая мировая война прервала связи между японскими и западными физиками, но Ю. продолжал свое исследование частиц. В 1942 г. два его сотрудника, Ясутака Таникава и Сойти Саката, предположили, что существует два вида мезонов, более тяжелый и более легкий, и что Андерсон обнаружил более легкий тип в космических лучах на уровне моря. Было похоже, что более тяжелая частица Ю. может быть обнаружена только в верхних слоях атмосферы, где первозданные космические лучи впервые взаимодействуют с атомными ядрами. Затем частица быстро распадается на более легкий тип мезонов, большее время жизни которых позволяет им достигать меньших высот.

В 1947 г. Сесил Ф. Пауэлл обнаружил частицу Ю. с помощью ионизационной камеры, помещенной на больших высотах. Почти наверняка

он не был знаком с работой Таникавы и Сакаты, но, похоже, ему была известна двухмезонная гипотеза, предложенная Робертом Е. Маршаком и Хансом А. Бете в 1947 г. В 1948 г. мезоны были искусственно получены в лаборатории Калифорнийского университета в Беркли.

В связи с этими открытиями Ю. был «оправдан» и получил в 1949 г. Нобелевскую премию по физике «за предсказание существования мезонов на основе теоретической работы по ядерным силам». Частица Ю. стала известна как пи-мезон, затем просто пион. Более легкая частица Андерсона получила название мю-мезон, а затем мюон. На самом деле пионы бывают трех видов: один – электрически нейтральный, другой несет положительный заряд и третий заряжен отрицательно. Похоже, что мюоны почти идентичны электронам, за исключением их большой массы. Позже были обнаружены многие другие типы мезонов.

Когда Ю. узнал о награде, он находился в США, взяв годом ранее отпуск в Киотском университете, чтобы заняться исследовательской работой в Институте фундаментальных исследований в Принстоне (штат Нью-Джерси). Проведя год в этом институте, он принял приглашение Колумбийского университета поработать Там приглашенным профессором. Финансировав его пребывание там с 1951 г., университет назначил его профессором физики. В 1953 г. Ю. вернулся в Киотский университет, заняв там пост директора Научно-исследовательского института фундаментальной физики. Здесь он продолжал свои исследования по квантовой физике и элементарным частицам, а также много времени уделял воспитанию целого поколения молодых японских физиков вплоть до ухода в отставку в 1970 г.

Начиная с 1954 г., когда США провели испытание водородного оружия, уничтожившее атолл Бикини в Тихом океане, Ю. стал публично выступать против ядерного оружия «как ученый, японец и представитель всего человечества». Он был среди подписавших «Обращение Рассела» (по имени его автора Бертрана Рассела), который призвал правительства решать свои конфликты мирным путем. Ю. также принимал участие в конференциях, на которых ученые обсуждали вопросы разоружения.

Ю. (тогда Огава) женился на Суми Юкава в 1932 г. Они воспитали двоих сыновей. В свои последние годы он вновь вернулся к увлечениям молодости, стал интересоваться историей, литературой и философией, а также писал стихи на японском языке. Помимо научных работ, он опубликовал и философские размышления. В своей книге «Творчество и интуиция: взгляд физика на Восток и Запад» («Creativity and Intuition: A Physicist Loks at East and West», 1973) Ю. высоко оценивал влияние восточных философов, особенно даосских философов Лао-цзы и Чжуан-цзы, на его собственный образ мышления.

Кроме Нобелевской премии, Ю. награжден императорской премией Японской академии наук (1940), золотой медалью им. Ломоносова АН СССР (1964), орденом «За заслуги» правительства ФРГ (1967) и орденом Восходящего Солнца – японской государственной наградой (1977). Он был членом десятка престижных научных академий и обществ, включая

американскую Национальную академию наук, Японское физическое общество, Лондонское королевское общество и АН СССР.

ЯНГ (Yang), Чжэньнин

род. 22 сентября 1922 г.
Нобелевская премия по физике, 1957 г.
совместно с Ли Цзундао

Китайско-американский физик Янг (Ян) Чжэньнин родился в Хэфэе (провинция Аньхой); он – старший из пятерых детей Ян Кэчуаня, профессора математики, и его жены, которую до замужества звали Ло Мэнхуа. В 1929 г. семья переехала в Пекин, где профессор Ян преподавал в Университете Цзинхуа, а его сын посещал среднюю школу. Когда Япония вторглась в Китай, Университет Цзинхуа перебрался в г. Куньмин, где присоединился к Национальному юго-западному объединенному университету. Я. поступил в новый университет, где позднее его однокашником стал Ли Цзундао, и получил в 1942 г. степень бакалавра по физике, написав работу по теории групп и молекулярным спектрам. В 1944 г. он получил степень магистра, представив диссертацию, посвященную статистической теории переходов от упорядоченности к неупорядоченному состоянию. В 1945 г. на стипендию Национального юго-западного объединенного университета он поступил в Чикагский университет для работы под руководством Энрико Ферми. Его докторская диссертация, представленная в 1948 г., оппонентом которой был Эдвард Теллер, была озаглавлена «Об угловом распределении в ядерных реакциях и измерениях совпадений» («On the Angular Distribution in Nuclear Reaction and Coincidence Measurements»).

Оставшись в Чикаго еще на один год, Я. работал преподавателем по физике, а затем перешел в Институт фундаментальных исследований в

Принстоне (штат Нью-Джерси). В течение академического 1953/54 г. он был главным физиком Брукхейвенской национальной лаборатории в Лонг-Айленде (Нью-Йорк). Он стал профессором физики в Институте фундаментальных исследований в 1955 г. и оставался на этом посту более 11 лет, а затем перешел в университет штата Нью-Йорк в Стоуни-Брук, Лонг-Айленд на ставку профессора и директора Института теоретической физики.

Именно в это время Я. начал регулярно встречаться с Ли, который находился теперь в Колумбийском университете, чтобы продолжить обсуждение физических проблем, которое они начали, когда оба учились в Чикаго. В мае 1956 г. они обратили внимание на одну проблему, касавшуюся закона сохранения четности. Сохранение четности следует из одной из симметрии в природе, признанной физиками. Это среди прочего означает, что природа не ориентирована ни в правую, ни в левую сторону, так что зеркальное отражение взаимодействия частиц должно подчиняться тем же законам, что и само взаимодействие, если четность сохраняется.

В квантовой механике каждая частица или система частиц описывается определенным математическим выражением, которое носит название волновой функции. Зеркальное отражение ведет к замене пространственных координат x, y, z на –x, –y, –z. Если при этом знак функции меняется на противоположный, то четность частицы или системы равна –1 (нечетная). Если же функции не меняются, то четность равна +1 (четная). Закон сохранения четности, впервые сформулированный в 1925 г., утверждал, что общая четность (произведение четностей всех участвующих частиц) одинакова как до, так и после взаимодействия. Закон получил всеобщее признание благодаря тому, что он приводил к полезным теоретическим и экспериментальным результатам, а кроме того, вероятно, еще и потому, что отвечал желанию физиков находить в природе подобные симметрии. Большинство интуитивно чувствовало, что природа не отдает предпочтение правому над левым, или наоборот.

Проблема сохранения четности возникла в связи с двумя совершенно различными типами К-мезонов, нестабильных частиц, наблюдаемых среди других фрагментов после высокоэнергетической бомбардировки атомных ядер. Один из них (тета) распадается на два пи-мезона, поскольку пи-мезон обладает известной четностью –1, то общая четность двух пи-мезонов составляет $(-1)\cdot(-1) = +1$. Следовательно, родительская тета-частица должна также обладать четностью +1. Напротив, тау-частица, порождающая три пи-мезона, должна иметь четность $(-1)\cdot(-1)\cdot(-1) = -1$. Следовательно, с одной стороны, если тета- и тау-мезоны обладают разными четностями, то они должны быть разными частицами. С другой стороны, экспериментальные данные, как, например, то, что они обладают одинаковыми массами и временем жизни, заставляют предположить, что это одна и та же частица. Углубившись в эту, по всей видимости, неразрешимую дилемму, Я. и Ли смело решили найти экспериментальные подтверждения закона сохранения четности.

Во взаимодействиях частиц участвуют четыре силы: сильное взаимодействие, соединяющее протоны с нейтронами в ядре; электромагнитная сила, действующая на заряженные частицы; слабое взаимодействие, связанное с испусканием частиц во время радиоактивного распада, и гравитация – сила, действующая на массы. К своему удивлению, Я. и Ли обнаружили, что имеются многочисленные экспериментальные подтверждения сохранения четности при сильном и электромагнитном взаимодействиях, но такое подтверждение полностью отсутствует в случае слабых взаимодействий. Гравитация – это настолько относительно слабая сила, что при взаимодействиях элементарных частиц ею обычно пренебрегают. Ни из одного из отчетов ученых не следовало подтверждения принципа сохранения четности при слабых взаимодействиях, хотя распад тета- и тау-частиц на пи-мезоны включают таковые. Я. и Ли быстро продумали, как провести эксперименты, позволявшие дать точный ответ на вопрос, сохраняется ли четность при слабых взаимодействиях. Поскольку они были теоретиками, то проведение экспериментов предоставили другим.

Первыми, кто откликнулся на их призыв, были Ву Цзяньсюн из Колумбийского университета вместе с физиками из Национального бюро стандартов США. В 1956...1957 гг. после шести месяцев изнурительной подготовки к трудному эксперименту Ву поместила радиоактивный кобальт внутрь электромагнита и охладила его до температуры, близкой к абсолютному нулю, дабы свести до минимума влияние теплового движения. Кобальт испускает бета-частицы (электроны) и нейтрино (незаряженные частицы с нулевой массой). Поскольку атомы ведут себя как маленькие магниты, их направления параллельны электромагнитному полю, задающему определенную ориентацию. Если бы четность сохранялась при радиоактивном распаде кобальта, являющемся слабым взаимодействием, то в направлении северного и южного полюсов магнита вылетало бы равное число испускаемых электронов. Ву обнаружила, что больше электронов вылетает с южного конца. Четность не сохранялась. Последовавшие затем эксперименты других ученых почти немедленно подтвердили нарушение закона сохранения четности при распаде и превращении пи-мезонов в мю-мезоны и мю-мезонов в электроны и нейтрино (или антинейтрино). В мю-мезонах и электронах проявляется асимметрия направлений вперед-назад.

При невыполнении закона четности Я. и Ли смогли предположить, что тета и тау и в самом деле одна частица, способная к двум различным типам распада. Нарушение закона сохранения четности вызвало целую лавину теоретических и экспериментальных исследований. С этими новыми исследованиями ученые связывали надежды на создание единой теории поля, объединяющей четыре известных вида взаимодействия, идея которой напрямую связана с именем Альберта Эйнштейна.

«За предвидение при изучении так называемых законов четности, которое привело к важным открытиям в области элементарных частиц», Я. и Ли были награждены в 1957 г. Нобелевской премией по физике. При презентации лауреатов О.Б. Клейн, член Шведской королевской академии

наук, сказал: «Результат их исследования оказался неожиданным, когда выяснилось, что допущения, касающиеся симметрии, даже в хорошо известных процессах не имели никакого экспериментального подтверждения по той причине, что эксперименты ставились таким образом, что их результаты не зависели от справедливости или несправедливости этих допущений». Клейн поздравил обоих лауреатов с успехом в разрешении «наиболее тупиковой проблемы в области физики элементарных частиц, после чего экспериментальная и теоретическая работа забила ключом».

Основные научные интересы Я. лежат в области теории поля и элементарных частиц, статистической механики (наука об атомном происхождении тепловых явлений) и принципов симметрии. Новый принцип для описания взаимодействия частицы и поля, который он предложил в 1954 г. совместно с Робертом Л. Миллсом, работавшим тогда в Брукхейвенской национальной лаборатории, стал основой для многих исследований в области фундаментальной физики, известной как калибровочная теория. Считается, что калибровочные принципы лежат в основе всех основных взаимодействий в природе.

Я. посещал Китайскую Народную Республику ежегодно с 1971 г., помогая установлению взаимопонимания и дружбы между своей родиной и Соединенными Штатами. Он женился на Ту Чили в 1950 г.; у них два сына и дочь. Перед отъездом в США из Китая в 1945 г. Я. решил выбрать себе имя, которое американцам будет легко произносить. Он выбрал имя Франклин, потому что восхищался Бенджамином Франклином, с биографией которого был хорошо знаком, и американские друзья называют его Фрэнк. Он стал гражданином США в 1964 г.

Я. получил почетные докторские степени Принстонского, Миннесотского, Даремского университетов, а также некоторых институтов. Ему присуждены памятная премия Альберта Эйнштейна Университета Йешивы (1957) и медаль Румфорда Американской академии наук и искусств (1980). Он является членом американской Национальной академии наук, Американского философского общества, Бразильской академии наук, Венесуэльской академии наук и Американского физического общества.