

## ВАРИАНТ №6.

### Тесты по физике для самостоятельной подготовки к экзамену.

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 40 заданий.

Часть 1 содержит 30 заданий (А1 – А30). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (В1 – В4), на которые следует дать краткий ответ в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 заданий (С1 – С6), на которые требуется дать развернутый ответ. Необходимо записать законы физики, из которых выводятся требуемые для решения задачи соотношения.

При выполнении заданий части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

#### Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

#### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	сантиметры	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	миллиметры	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микрометры	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нанометры	н	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пикометры	п	$10^{-12}$

**Константы**

число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
элементарный заряд	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

**Соотношение между различными единицами**

температура	$0 \text{ К} = -273,15^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

**Масса частиц**

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

**Плотность**

воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	меди	$8900 \text{ кг/м}^3$
парафина	$900 \text{ кг/м}^3$	ртути	$13600 \text{ кг/м}^3$

**Удельная**

теплоемкость воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
теплоемкость алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
теплоемкость железа	$640 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
теплоемкость меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
теплоемкость свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
теплота парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
теплота плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
теплота плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

**Нормальные условия**    давление  $10^5 \text{ Па}$ , температура  $0^\circ\text{С}$

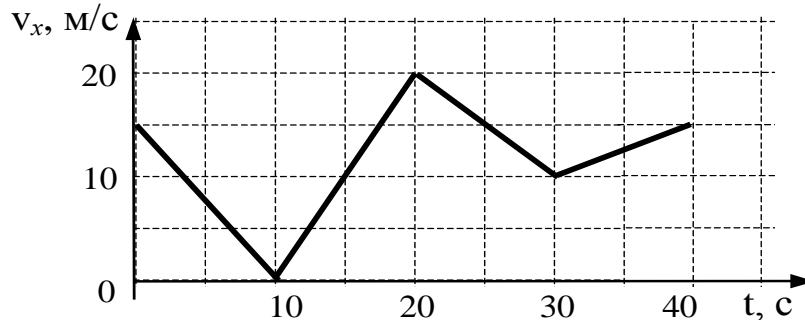
**Молярная масса**

азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

## Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1 – A30) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- A1** Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени.



Модуль ускорения максимален в интервале времени

- 1) от 0 с до 10 с
- 2) от 10 с до 20 с
- 3) от 20 с до 30 с
- 4) от 30 с до 40 с

- A2** Две материальные точки движутся по окружностям радиусами  $R_1$  и  $R_2$ , причем  $R_2 = 2R_1$ . При условии равенства линейных скоростей точек их центростремительные ускорения связаны соотношением

- 1)  $a_1 = 2a_2$
- 2)  $a_1 = a_2$
- 3)  $a_1 = \frac{1}{2}a_2$
- 4)  $a_1 = 4a_2$

- A3** Парашютист спускается вертикально с постоянной скоростью 2 м/с. Систему отсчета, связанную с Землей, считать инерциальной. В этом случае

- 1) вес парашютиста равен нулю
- 2) сила тяжести, действующая на парашютиста, равна нулю
- 3) сумма всех сил, приложенных к парашютисту, равна нулю
- 4) сумма всех сил, действующих на парашютиста, постоянна и не равна нулю

**A4**

Для измерения жесткости пружины ученик собрал установку (см. рис.1), и повесил к пружине груз массой 0,1 кг (см. рис.2). Какова жесткость пружины?

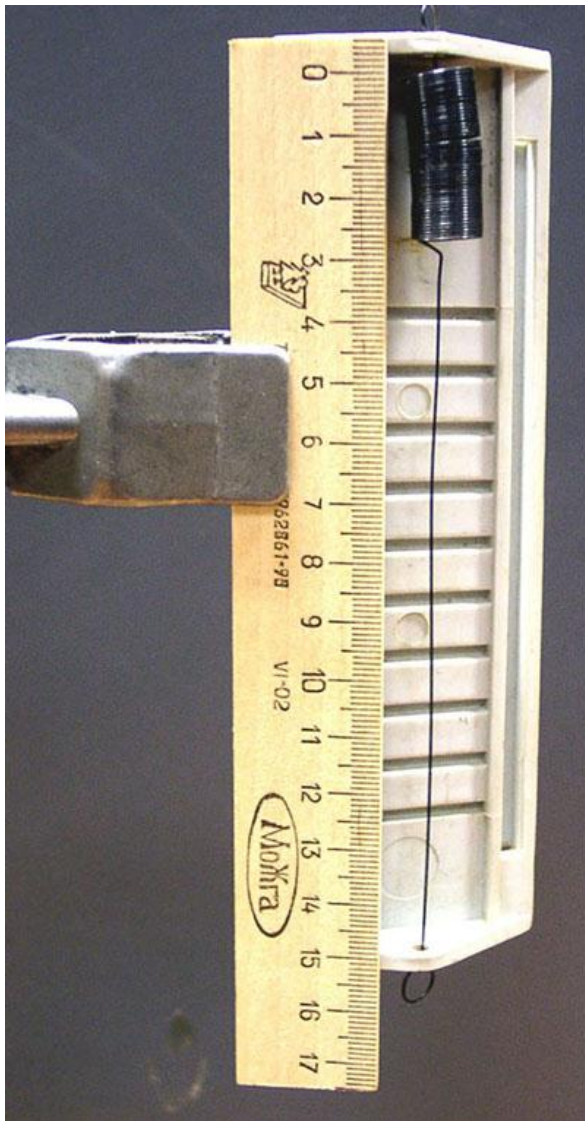


Рис.1

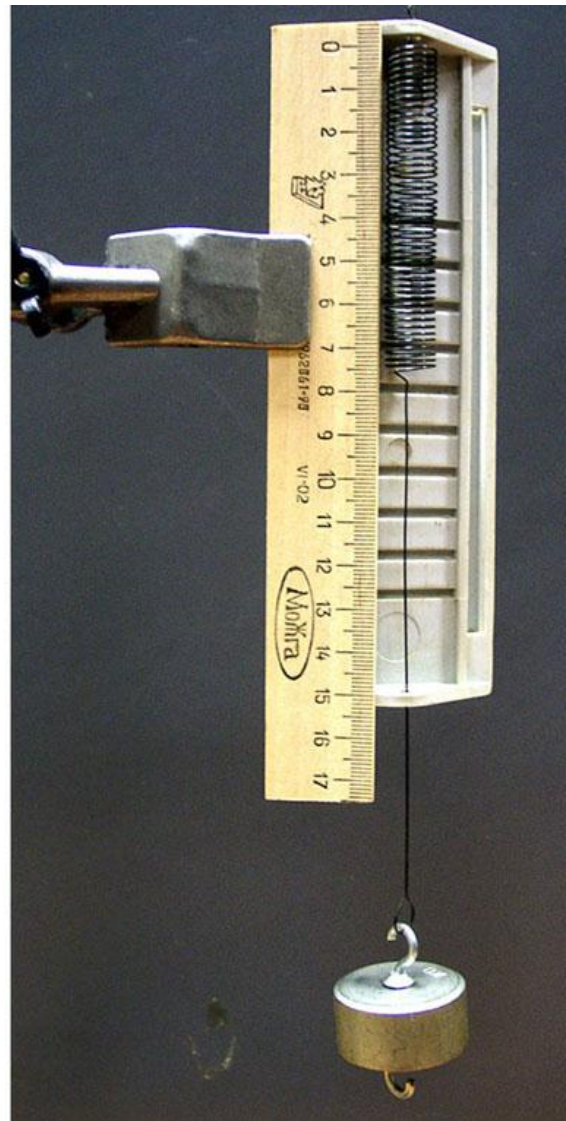


Рис. 2

1) 40 Н/м

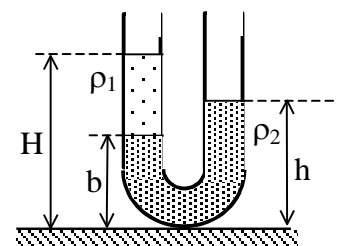
2) 20 Н/м

3) 13 Н/м

4) 0,05 Н/м

**A5**

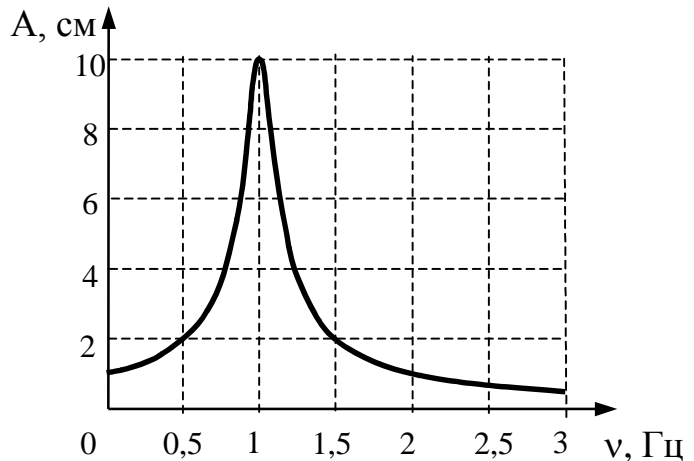
В широкую U-образную трубку с вертикальными прямыми коленами налиты неизвестная жидкость плотностью  $\rho_1$  и вода плотностью  $\rho_2 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  (см. рисунок). На рисунке  $b = 10 \text{ см}$ ,  $h = 24 \text{ см}$ ,  $H = 30 \text{ см}$ . Плотность жидкости  $\rho_1$  равна

1)  $0,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ 2)  $0,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ 3)  $0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ 4)  $0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

**A6** Два автомобиля одинаковой массы  $m$  движутся со скоростями  $v$  и  $2v$  относительно Земли по одной прямой в противоположных направлениях. Чему равен модуль импульса второго автомобиля в системе отсчета, связанной с первым автомобилем?

- 1)  $3mv$                       2)  $2mv$                       3)  $mv$                       4)  $0$

**A7** На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Отношение амплитуды установившихся колебаний маятника на резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте  $0,5$  Гц равно



- 1) 10                      2) 2                      3) 5                      4) 4

**A8** Брусок массой  $0,5$  кг прижат к вертикальной стене силой  $10$  Н, направленной горизонтально. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен  $0,4$ . Какую минимальную силу надо приложить к бруску по вертикали, чтобы равномерно поднимать его вертикально вверх?

- 1)  $9$  Н                      2)  $7$  Н                      3)  $5$  Н                      4)  $4$  Н

**A9** Скорость брошенного мяча непосредственно перед ударом о стену была вдвое больше его скорости сразу после удара. При ударе выделилось количество теплоты, равное  $15$  Дж. Найдите кинетическую энергию мяча перед ударом.

- 1)  $5$  Дж                      2)  $15$  Дж                      3)  $20$  Дж                      4)  $30$  Дж

**A10**  $3$  моль водорода находятся в сосуде при температуре  $T$ . Какова температура  $3$  моль кислорода в сосуде того же объема и при том же давлении? (Водород и кислород считать идеальными газами.)

- 1)  $32T$                       2)  $16T$                       3)  $2T$                       4)  $T$

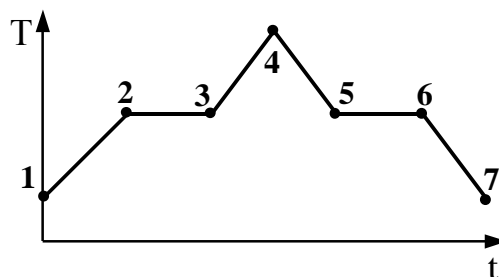
**A11** Внутренняя энергия газа в запаянном несжимаемом сосуде определяется главным образом

- 1) движением сосуда с газом
- 2) хаотическим движением молекул газа
- 3) взаимодействием молекул газа с Землей
- 4) действием внешних сил на сосуд с газом

**A12** При одинаковой температуре  $100^\circ\text{C}$  давление насыщенных паров воды равно  $10^5$  Па, аммиака —  $59 \cdot 10^5$  Па и ртути —  $37$  Па. В каком из вариантов ответа эти вещества расположены в порядке убывания температуры их кипения в открытом сосуде?

- 1) вода  $\rightarrow$  аммиак  $\rightarrow$  ртуть
- 2) аммиак  $\rightarrow$  ртуть  $\rightarrow$  вода
- 3) вода  $\rightarrow$  ртуть  $\rightarrow$  аммиак
- 4) ртуть  $\rightarrow$  вода  $\rightarrow$  аммиак

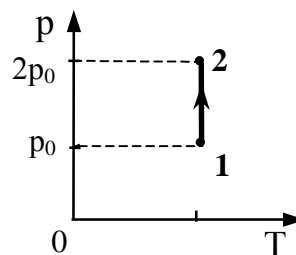
**A13** На графике (см. рисунок) представлено изменение температуры  $T$  вещества с течением времени  $t$ . В начальный момент времени вещество находилось в кристаллическом состоянии. Какая из точек соответствует окончанию процесса отвердевания?



- 1) 5
- 2) 6
- 3) 3
- 4) 7

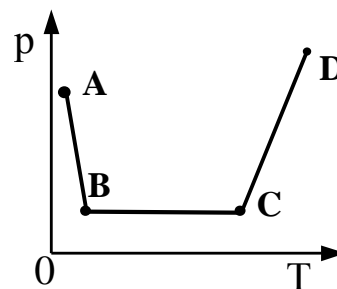
**A14** На диаграмме (см. рисунок) показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ отдает  $50$  кДж теплоты. Работа внешних сил равна

- 1)  $0$  кДж
- 2)  $25$  кДж
- 3)  $50$  кДж
- 4)  $100$  кДж



**A15**

В сосуде постоянного объема находится идеальный газ, массу которого изменяют. На диаграмме (см. рисунок) показан процесс изменения состояния газа. В какой из точек диаграммы масса газа наибольшая?



- 1) A                      2) B                      3) C                      4) D

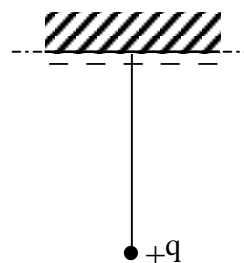
**A16**

Пылинка, имевшая отрицательный заряд  $-10e$ , при освещении потеряла четыре электрона. Каким стал заряд пылинки?

- 1)  $6e$                       2)  $-6e$                       3)  $14e$                       4)  $-14e$

**A17**

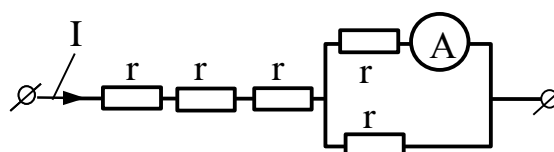
К бесконечной горизонтальной отрицательно заряженной плоскости привязана невесомая нить с шариком, имеющим положительный заряд (см. рисунок). Каково условие равновесия шарика, если  $mg$  – модуль силы тяжести,  $F_3$  – модуль силы электростатического взаимодействия шарика с пластиной,  $T$  – модуль силы натяжения нити?



- 1)  $-mg - T + F_3 = 0$   
 2)  $mg + T + F_3 = 0$   
 3)  $mg - T + F_3 = 0$   
 4)  $mg - T - F_3 = 0$

**A18**

Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток  $I = 10$  А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



- 1) 2 А                      2) 3 А                      3) 5 А                      4) 10 А

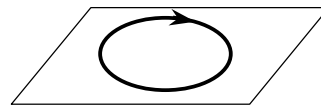
**A19**

В электронагревателе, через который течет постоянный ток, за время  $t$  выделяется количество теплоты  $Q$ . Если сопротивление нагревателя и время  $t$  увеличить вдвое, не изменяя силу тока, то количество выделившейся теплоты будет равно

- 1)  $8Q$                       2)  $4Q$                       3)  $2Q$                       4)  $Q$

**A20**

На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в горизонтальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен



- 1) вертикально вверх  $\uparrow$
- 2) горизонтально влево  $\leftarrow$
- 3) горизонтально вправо  $\rightarrow$
- 4) вертикально вниз  $\downarrow$

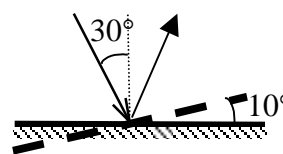
**A21**

Инфракрасное излучение испускают

- 1) электроны при их направленном движении в проводнике
- 2) атомные ядра при их превращениях
- 3) любые заряженные частицы
- 4) любые нагретые тела

**A22**

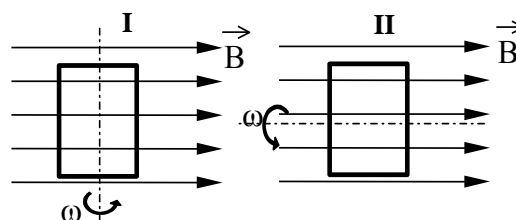
Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен  $30^\circ$ . Каким будет угол между падающим и отраженным лучами, если повернуть зеркало на  $10^\circ$  так, как показано на рисунке?



- 1)  $80^\circ$
- 2)  $60^\circ$
- 3)  $40^\circ$
- 4)  $20^\circ$

**A23**

На рисунке показаны два способа вращения рамки в однородном магнитном поле. Ток в рамке

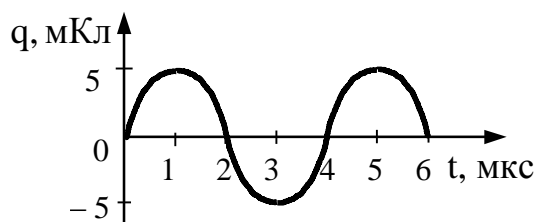


- 1) возникает в обоих случаях
- 2) не возникает ни в одном из случаев
- 3) возникает только в первом случае
- 4) возникает только во втором случае

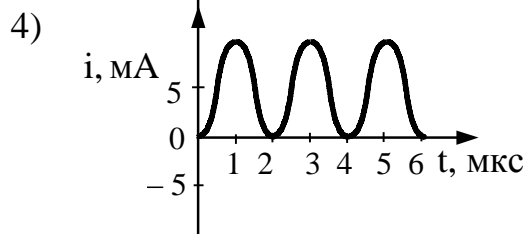
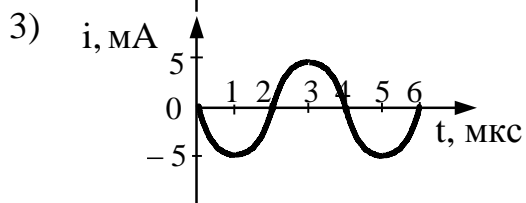
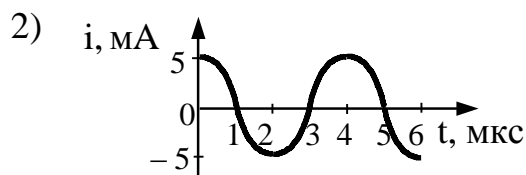
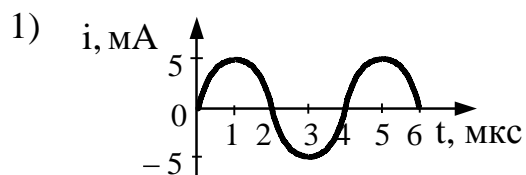


**A24**

На рисунке справа представлен график изменения заряда конденсатора в колебательном контуре с течением времени.



На каком из графиков правильно показан процесс изменения силы тока с течением времени в этом колебательном контуре?

**A25**

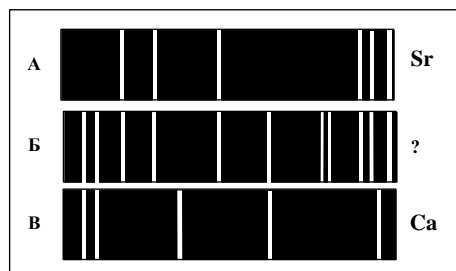
Энергия фотона, поглощаемого атомом при переходе из основного состояния с энергией  $E_0$  в возбужденное состояние с энергией  $E_1$ , равна

- 1)  $E_1 - E_0$       2)  $\frac{E_1 + E_0}{h}$       3)  $\frac{E_1 - E_0}{h}$       4)  $E_1 + E_0$

**A26**

На рисунках А, Б, В приведены спектры излучения паров стронция, неизвестного образца и кальция. Можно утверждать, что в образце

- 1) не содержится ни стронция, ни кальция  
 2) содержится кальций, но нет стронция  
 3) содержатся и стронций, и кальций  
 4) содержится стронций, но нет кальция



**A27** Какая из строчек таблицы правильно отражает структуру ядра  ${}_{20}^{48}\text{Ca}$ ?

	$p$ – число протонов	$n$ – число нейтронов
1)	48	68
2)	28	20
3)	20	48
4)	20	28

**A28** Полоний  ${}_{84}^{214}\text{Po}$  превращается в висмут  ${}_{83}^{210}\text{Bi}$  в результате радиоактивных распадов:

- 1) одного  $\alpha$  и одного  $\beta$
- 2) одного  $\alpha$  и двух  $\beta$
- 3) двух  $\alpha$  и одного  $\beta$
- 4) двух  $\alpha$  и двух  $\beta$

**A29** Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны  $\lambda_{\text{кр}} = 600$  нм. При освещении этого металла светом длиной волны  $\lambda$  максимальная кинетическая энергия выбитых из него фотоэлектронов в 3 раза меньше энергии падающего света. Какова длина волны  $\lambda$  падающего света?

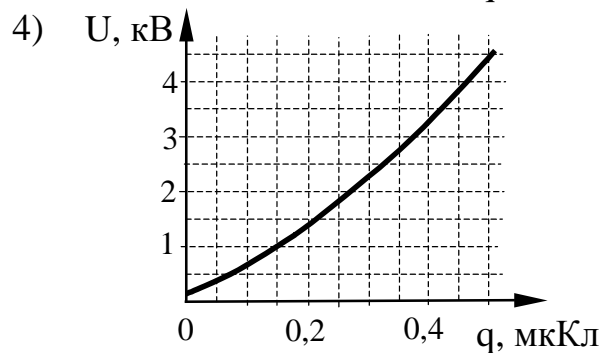
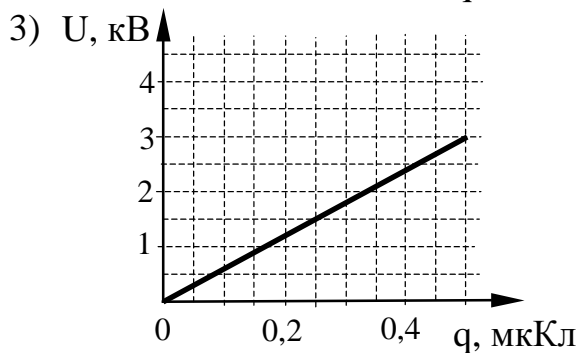
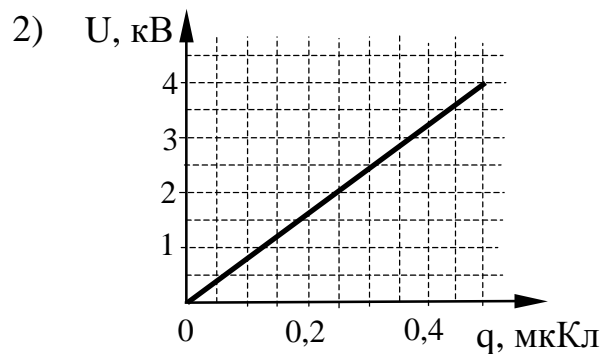
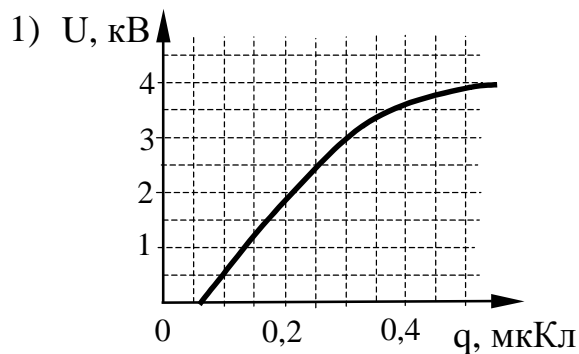
- 1) 133 нм                      2) 300 нм                      3) 400 нм                      4) 1200 нм

**A30**

В лаборатории исследовалась зависимость напряжения на обкладках конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице.

$q$ , мкКл	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$U$ , кВ	0,5	1,5	3,0	3,5	3,8

Погрешности измерений величин  $q$  и  $U$  равнялись соответственно 0,05 мкКл и 0,25 кВ. Какой из графиков приведен правильно с учетом всех результатов измерения и погрешностей этих измерений?



## Часть 2

*Ответом к каждому заданию этой части будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера задания (B1 – B4), начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.*

**B1** Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту, упал обратно на землю в 20 м от места броска. Чему была равна скорость камня через 1 с после броска, если в этот момент она была направлена горизонтально?

**B2** 1 моль инертного газа сжали, совершив работу 600 Дж. В результате сжатия температура газа повысилась на 40°C. Какое количество теплоты отдал газ? Ответ округлите до целых.

**B3** В электрическом поле, вектор напряженности которого направлен горизонтально и равен по модулю 1000 В/м, нить с подвешенным на ней маленьким заряженным шариком отклонилась на угол 45° от вертикали. Масса шарика 1,4 г. Чему равен заряд шарика? Ответ выразите в микрокулонах (мкКл) и округлите до целых.

**B4** На дифракционную решетку, имеющую период  $2 \cdot 10^{-5}$  м, падает нормально параллельный пучок белого света. Спектр наблюдается на экране на расстоянии 2 м от решетки. Каково расстояние между красным и фиолетовым участками спектра первого порядка (первой цветной полоски на экране), если длины волн красного и фиолетового света соответственно равны  $8 \cdot 10^{-7}$  м и  $4 \cdot 10^{-7}$  м? Считать  $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi$ . Ответ выразите в см.

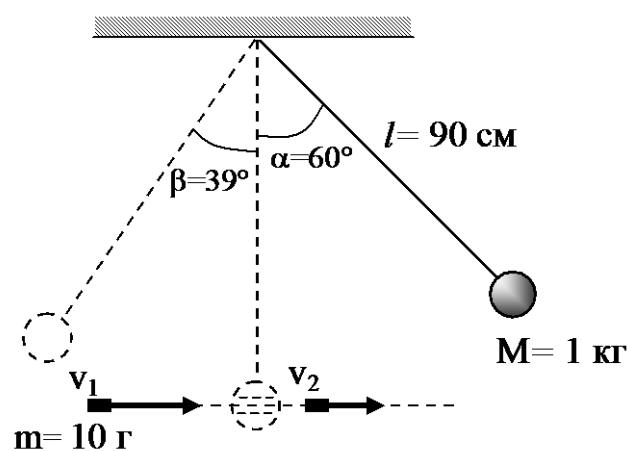
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1*

### Часть 3

**Задания С1 – С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Полное правильное решение каждой задачи должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.**

**С1**

Шар массой 1 кг, подвешенный на нити длиной 90 см, отводят от положения равновесия на угол  $60^\circ$  и отпускают. В момент прохождения шаром положения равновесия в него попадает пуля массой 10 г, летящая навстречу шару. Она пробивает его и продолжает двигаться горизонтально. Определите изменение скорости пули в результате попадания в шар, если он, продолжая движение в прежнем направлении, отклоняется на угол  $39^\circ$ . (Массу шара считать неизменной, диаметр шара – пренебрежимо малым по сравнению с длиной нити,  $\cos 39^\circ = \frac{7}{9}$ .)



**С2**

Воздушный шар с газонепроницаемой оболочкой массой 400 кг заполнен гелием. На высоте, где температура воздуха  $17^\circ\text{C}$  и давление  $10^5$  Па, шар может удерживать груз массой 225 кг. Какова масса гелия в оболочке шара? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

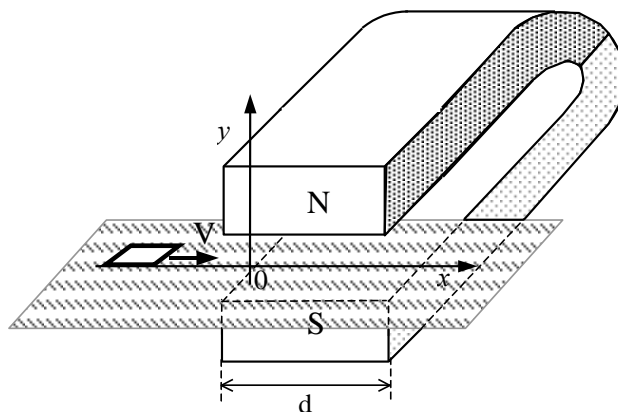
**С3**

К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 10 м приложили разность потенциалов 1 В. Определите промежуток времени, в течение которого температура проводника повысится на 10 К. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.)

**C4** В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота сваи 2 м. Свая отбрасывает на дне водоема тень длиной 0,75 м. Определите угол падения солнечных лучей на поверхность воды. Показатель преломления воды  $n = \frac{4}{3}$ .

**C5** Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж), освещается светом с длиной волны 300 нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $8,3 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля. Каков максимальный радиус окружности, по которой движутся электроны?

**C6** Квадратная рамка со стороной  $b = 5$  см изготовлена из медной проволоки сопротивлением  $R = 0,1$  Ом. Рамку перемещают по гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью  $V$  вдоль оси  $Ox$ . Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка проходит между полюсами магнита и вновь оказывается в области, где магнитное поле отсутствует. Индукционные токи, возникающие в рамке, оказывают тормозящее действие, поэтому для поддержания постоянной скорости движения к ней прикладывают внешнюю силу  $F$ , направленную вдоль оси  $Ox$ . С какой скоростью движется рамка, если суммарная работа внешней силы за время движения равна  $A = 2,5 \cdot 10^{-3}$  Дж? Ширина полюсов магнита  $d = 20$  см, магнитное поле имеет резкую границу, однородно между полюсами, а его индукция  $B = 1$  Тл.



## *Инструкция по проверке и оценке работ учащихся по физике*

### *Часть 1*

<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>	<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>
A1	<b>2</b>	A16	<b>2</b>
A2	<b>1</b>	A17	<b>4</b>
A3	<b>3</b>	A18	<b>3</b>
A4	<b>2</b>	A19	<b>2</b>
A5	<b>2</b>	A20	<b>4</b>
A6	<b>1</b>	A21	<b>4</b>
A7	<b>3</b>	A22	<b>3</b>
A8	<b>1</b>	A23	<b>3</b>
A9	<b>3</b>	A24	<b>2</b>
A10	<b>4</b>	A25	<b>1</b>
A11	<b>2</b>	A26	<b>4</b>
A12	<b>4</b>	A27	<b>4</b>
A13	<b>2</b>	A28	<b>1</b>
A14	<b>3</b>	A29	<b>3</b>
A15	<b>1</b>	A30	<b>2</b>

### *Часть 2*

<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>
B1	<b>10</b>
B2	<b>101</b>
B3	<b>14</b>
B4	<b>4</b>

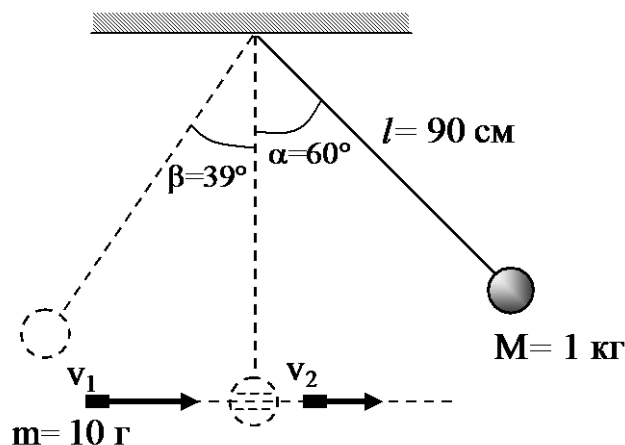
## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

Решения заданий С1 – С6 части 3 (с развернутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведенных ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

**Внимание!** При выставлении баллов за выполнение задания в «Протокол проверки ответов на задания бланка № 2» следует иметь в виду, что **если ответ отсутствует** (нет никаких записей, свидетельствующих о том, что экзаменуемый приступал к выполнению задания), то в протокол проставляется «X», а не «0».

**С1**

Шар массой 1 кг, подвешенный на нити длиной 90 см, отводят от положения равновесия на угол  $60^\circ$  и отпускают. В момент прохождения шаром положения равновесия в него попадает пуля массой 10 г, летящая навстречу шару. Она пробивает его и продолжает двигаться горизонтально. Определите изменение скорости пули в результате попадания в шар, если он, продолжая движение в прежнем направлении, отклоняется на угол  $39^\circ$ . (Массу шара считать неизменной, диаметр шара – пренебрежимо малым по сравнению с длиной нити,  $\cos 39^\circ = \frac{7}{9}$ .)



**Ответ:**

Образец возможного решения (рисунок не обязателен)

Из закона сохранения импульса  $Mu - mv_1 = Mu' - mv_2$  можно определить изменение скорости пули:  $\Delta v = v_2 - v_1 = \frac{M}{m}(u' - u)$ .

Из закона сохранения энергии находится скорость шара в нижней точке до попадания пули:  $u = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}$ .



<p>Из закона сохранения энергии находится скорость шара в нижней точке после попадания и вылета из него пули: <math>u' = \sqrt{2gl(1 - \cos\beta)}</math>.</p> <p>Следовательно, модуль изменения скорости пули</p> $ \Delta v  = \left  \frac{M}{m} \{ \sqrt{2gl(1 - \cos\beta)} - \sqrt{2gl(1 - \cos\alpha)} \} \right  = 100 \text{ м/с.}$	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон сохранения импульса и закон сохранения энергии);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
<p>— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях, и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи, или в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0

C2

Воздушный шар с газонепроницаемой оболочкой массой 400 кг заполнен гелием. Он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха  $17^\circ\text{C}$ , а давление  $10^5 \text{ Па}$ , груз массой 225 кг. Какова масса гелия в оболочке шара? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.

**Ответ:**

Образец возможного решения

Шар с грузом удерживается в равновесии при условии, что сумма сил, действующих на него, равна нулю:  $(M + m)g + m_r g - m_b g = 0$ , где  $M$  и  $m$  — массы оболочки шара и груза,  $m_r$  — масса гелия, а  $F = m_b g$  — сила Архимеда, действующая на шар. Из условия равновесия следует:

$$M + m = m_b - m_r.$$

Давление  $p$  гелия и его температура  $T$  равны давлению и температуре окружающего воздуха. Следовательно, согласно уравнению Клапейрона-Менделеева,  $pV = \frac{m_r}{\mu_r} RT = \frac{m_b}{\mu_b} RT$ , где  $\mu_r$  — молярная масса гелия,

$\mu_b$  — средняя молярная масса воздуха,  $V$  — объем шара.

$$\text{Отсюда: } m_b = m_r \frac{\mu_b}{\mu_r}; \quad m_b - m_r = m_r \left( \frac{\mu_b}{\mu_r} - 1 \right) = m_r \left( \frac{29}{4} - 1 \right) = 6,25m_r;$$

$$M + m = 6,25m_r.$$

$$\text{Следовательно, } m_r = \frac{M + m}{6,25} = \frac{625}{6,25} = 100 \text{ (кг)}. \quad \text{Ответ: } m_r = 100 \text{ кг.}$$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — условия равновесия тела, закон Архимеда и уравнение Менделеева-Клапейрона);</li> <li>— проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</li> </ul>	3
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</li> </ul>	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</li> </ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи, или в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка.</li> </ul>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным</p>	0

критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	
---	--

**С3**

К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 10 м приложили разность потенциалов 1 В. Определите промежуток времени, в течение которого температура проводника повысится на 10 К. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.)

**Ответ:**

Образец возможного решения	
Количество теплоты, согласно закону Джоуля-Ленца: $Q = (U^2/R) \cdot t.$	(1)
Это количество теплоты затратится на нагревание проводника: $Q = cm\Delta T,$	(2)
где масса проводника $m = \rho l S,$	(3)
( $S$ – площадь поперечного сечения проводника, $\rho$ – плотность меди).	
Сопротивление проводника: $R = (\rho_{эл} l) / S,$	(4)
( $\rho_{эл}$ – удельное сопротивление меди)	
Из (1) – (4), получаем: $t = (\Delta T c \rho l^2 \rho_{эл}) / U^2 \approx 57c.$	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон Джоуля-Ленца, формула для определения количества теплоты, затрачиваемой на нагревание, формулы, определяющие массу и сопротивление проводника через его параметры); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> — Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> — В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2

<p>— В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях, и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи, или в ОДНОЙ из них допущена ошибка.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0

C4

В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота сваи 2 м. Свая отбрасывает на дне водоема тень длиной 0,75 м. Определите угол падения солнечных лучей на поверхность воды. Показатель преломления воды  $n = \frac{4}{3}$ .

**Ответ:**

Образец возможного решения (рисунок обязателен)	
<p>Согласно рисунку, высота сваи <math>h</math> связана с длиной тени <math>L</math> и углом <math>\gamma</math> между сваем и скользящим по ее вершине лучом света соотношением: <math>\sin \gamma = \frac{L}{\sqrt{h^2 + L^2}}</math>. Угол <math>\gamma</math> является и углом преломления солнечных лучей на поверхности воды. Согласно закону преломления <math>\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n</math>, <math>\sin \alpha = n \cdot \sin \gamma</math>. Следовательно, <math>\sin \alpha = n \frac{L}{\sqrt{h^2 + L^2}} =</math></p> $= \frac{\frac{4}{3} \cdot \frac{3}{4}}{\sqrt{4 + \frac{9}{16}}} = \frac{4}{\sqrt{73}}; \quad \alpha = \arcsin \frac{4}{\sqrt{73}} \approx 28^\circ.$	<p>The diagram illustrates the geometry of the problem. A vertical pile of height <math>h</math> is partially submerged in a water body of total depth <math>H</math>. A sun ray strikes the water surface at an angle <math>\alpha</math> to the normal. It refracts into the water at an angle <math>\gamma</math> to the pile. The shadow of the pile on the bottom is of length <math>L</math>.</p>
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>— сделан рисунок, поясняющий ход лучей, верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон преломления света и тригонометрические фор-</p>	3

мулы); — проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	
— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов, или без рисунка. ИЛИ — Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. ИЛИ — В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2
— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях, и отсутствуют какие-либо числовые расчеты. ИЛИ — Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи, или в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка. ИЛИ — Выполнен только рисунок, поясняющий ход лучей.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0

C5

Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж), освещается светом с длиной волны 300 нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $8,3 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля. Каков максимальный радиус окружности, по которой движутся электроны?

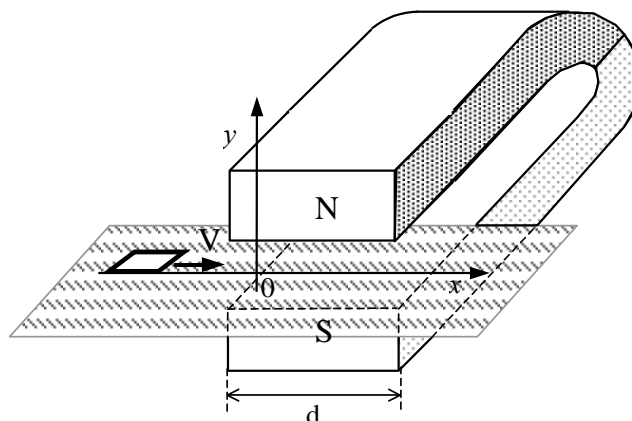
**Ответ:**

Образец возможного решения
Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$ .
Уравнение, связывающее на основе второго закона Ньютона силу Лоренца, действующую на электрон, с величиной центростремительного ускорения: $e\nu B = \frac{mv^2}{R}$ .

Решая систему уравнений, получим ответ в общем виде: $R = \frac{\sqrt{2m\left(h\frac{c}{\lambda} - A\right)}}{eV}$ Ответ в числовой форме: $R \approx 4,7 \cdot 10^{-3}$ м.	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, второй закон Ньютона, формулы для силы Лоренца, центростремительного ускорения, взаимосвязи частоты и длины волны); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов. ИЛИ — Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. ИЛИ — В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2
— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты. ИЛИ — Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи, или в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0

C6

Квадратная рамка со стороной  $b = 5$  см изготовлена из медной проволоки сопротивлением  $R = 0,1$  Ом. Рамку перемещают по



гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью  $V$  вдоль оси  $Ox$ . Начальное положение рамки изображено на рисунке. За время движения рамка проходит между полюсами магнита и вновь оказывается в области, где магнитное поле отсутствует. Индукционные токи, возникающие в рамке, оказывают тормозящее действие, поэтому для поддержания постоянной скорости движения к ней прикладывают внешнюю силу  $F$ , направленную вдоль оси  $Ox$ . С какой скоростью движется рамка, если суммарная работа внешней силы за время движения равна  $A = 2,5 \cdot 10^{-3}$  Дж? Ширина полюсов магнита  $d = 20$  см, магнитное поле имеет резкую границу, однородно между полюсами, а его индукция  $B = 1$  Тл.

**Ответ:**

Образец возможного решения (рисунок не обязателен)	
<p>1. При пересечении рамкой границы области поля со скоростью <math>V</math> изменяющийся магнитный поток создает ЭДС индукции <math>\varepsilon_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = VBb</math>. Сила тока в это время равна <math>I = \frac{\varepsilon_{\text{инд}}}{R} = \frac{VBb}{R}</math>. При этом возникает тормозящая сила Ампера <math>F_A = IBb = V \frac{(Bb)^2}{R}</math>, равная по модулю внешней силе <math>F = F_A</math>.</p> <p>2. Ток течет в рамке только во время изменения магнитного потока, т.е. при входе в пространство между полюсами и при выходе. За это время рамка перемещается на расстояние <math>x = 2b</math>, а приложенная внешняя сила совершает работу <math>A = F \cdot x = 2Fb</math>.</p> <p>3. Подставляя значение силы, получим <math>V = \frac{AR}{2B^2b^3} = 1</math> м/с.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1. верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении закон индукции Фарадея, закон Ома для замкнутой цепи, сила Ампера и работа силы);</p> <p>2. проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p>	2

<p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	
<p>— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях, и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи, или в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0