

**Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

**Инструкция по выполнению работы**

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 31 задание.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 24–26 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ  
 Ответ: 7,5 см. **3 7, 5** Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21 и 23 является последовательность двух цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ  
 Ответ: 

А	Б
4	1

**7 4 1** Бланк

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответов № 1.

КИМ  
 Ответ: вправо **13 В П Р А В О** Бланк

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ  
 Ответ: (1,4 ± 0,2) Н. **22 1, 40, 2** Бланк

Ответ к заданиям 27–31 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, или капиллярной, или перьевой ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.

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 <sup>9</sup>	санти	с	10 <sup>-2</sup>
мега	М	10 <sup>6</sup>	милли	м	10 <sup>-3</sup>
кило	к	10 <sup>3</sup>	микро	мк	10 <sup>-6</sup>
гекто	г	10 <sup>2</sup>	нано	н	10 <sup>-9</sup>
деци	д	10 <sup>-1</sup>	пико	п	10 <sup>-12</sup>

**Константы**

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

**Соотношение между различными единицами**

температура	0 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66 · 10 <sup>-27</sup> кг
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = 1,6 · 10 <sup>-19</sup> Дж

**Масса частиц**

электрона	9,1 · 10 <sup>-31</sup> кг ≈ 5,5 · 10 <sup>-4</sup> а.е.м.
протона	1,673 · 10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,007 а.е.м.
нейтрона	1,675 · 10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,008 а.е.м.

<b>Плотность</b>		подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>	ртути	13 600 кг/м <sup>3</sup>

<b>Удельная теплоёмкость</b>		алюминия	900 Дж/(кг·К)
воды	4,2·10 <sup>3</sup> Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
льда	2,1·10 <sup>3</sup> Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)		
свинца	130 Дж/(кг·К)		

<b>Удельная теплота</b>			
парообразования воды	2,3·10 <sup>6</sup> Дж/кг		
плавления свинца	2,5·10 <sup>4</sup> Дж/кг		
плавления льда	3,3·10 <sup>5</sup> Дж/кг		

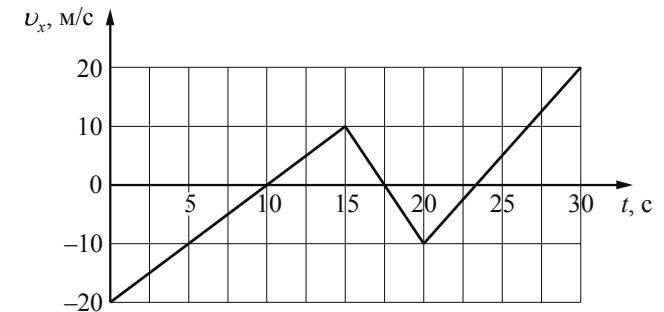
**Нормальные условия:** давление – 10<sup>5</sup> Па, температура – 0 °С

<b>Молярная масса</b>			
азота	28·10 <sup>-3</sup> кг/моль	гелия	4·10 <sup>-3</sup> кг/моль
аргона	40·10 <sup>-3</sup> кг/моль	кислорода	32·10 <sup>-3</sup> кг/моль
водорода	2·10 <sup>-3</sup> кг/моль	лития	6·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воздуха	29·10 <sup>-3</sup> кг/моль	неона	20·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воды	18·10 <sup>-3</sup> кг/моль	углекислого газа	44·10 <sup>-3</sup> кг/моль

**Часть 1**

Ответами к заданиям 1–23 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

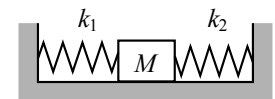
- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени.



Определите проекцию ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 15 до 20 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2 Кубик массой  $M = 1$  кг, сжатый с боков пружинами (см. рисунок), покоится на гладком горизонтальном столе. Первая пружина сжата на 4 см, а вторая сжата на 3 см. Жёсткость первой пружины  $k_1 = 600$  Н/м. Чему равна жёсткость второй пружины  $k_2$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

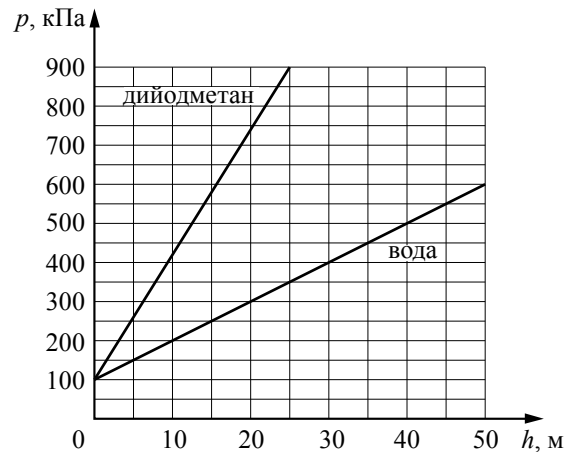
- 3 Два тела движутся с одинаковой скоростью. Кинетическая энергия первого тела в 4 раза меньше кинетической энергии второго тела. Определите отношение  $\frac{m_1}{m_2}$  масс тел.

Ответ: \_\_\_\_\_.

4 На расстоянии 510 м от наблюдателя рабочие вбивают сваи с помощью копра. Какое время пройдёт от момента, когда наблюдатель увидит удар копра, до момента, когда он услышит звук удара? Скорость звука в воздухе равна 340 м/с.

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

5 На рисунке представлены графики зависимости давления  $p$  от глубины погружения  $h$  для двух покоящихся жидкостей: воды и тяжёлой жидкости дийодметана, при постоянной температуре.



Выберите **два** верных утверждения, согласующихся с приведёнными графиками.

- 1) Если внутри пустотелого шарика давление равно атмосферному, то в воде на глубине 10 м давления на его поверхность извне и изнутри будут равны друг другу.
- 2) Плотность керосина  $0,82 \text{ г/см}^3$ , аналогичный график зависимости давления от глубины для керосина окажется между графиками для воды и дийодметана.
- 3) В воде на глубине 25 м давление  $p$  в 2,5 раза больше атмосферного.
- 4) С ростом глубины погружения давление в дийодметане возрастает быстрее, чем в воде.
- 5) Плотность оливкового масла  $0,92 \text{ г/см}^3$ , аналогичный график зависимости давления от глубины для масла окажется между графиком для воды и осью абсцисс (горизонтальной осью).

Ответ: 

--	--

6 Массивный груз, подвешенный к потолку на невесомой пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как ведут себя потенциальная энергия пружины и потенциальная энергия груза в поле тяжести, когда груз движется вверх от положения равновесия? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия пружины	Потенциальная энергия груза в поле тяжести

7 Грузовик, движущийся по прямой горизонтальной дороге со скоростью  $v$ , затормозил так, что колёса перестали вращаться. Масса грузовика  $m$ , коэффициент трения колёс о дорогу  $\mu$ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих движение грузовика. Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФОРМУЛЫ**

- А)  $mg$   
Б)  $\frac{v^2}{2\mu g}$

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) тормозной путь
- 2) модуль силы давления колёс на дорогу
- 3) модуль силы трения
- 4) модуль ускорения

Ответ: 

А	Б

**8** В результате охлаждения разреженного аргона его абсолютная температура уменьшилась в 4 раза. Во сколько раз уменьшилась при этом средняя кинетическая энергия теплового движения молекул аргона?

Ответ: уменьшилась в \_\_\_\_\_ раз(-а).

**9** Рабочее тело тепловой машины за цикл получает от нагревателя количество теплоты, равное 100 Дж, и совершает работу 60 Дж. Каков КПД тепловой машины?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

**10** Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна 50%. Какова будет относительная влажность воздуха в сосуде, если объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

**11** Горячее вещество, первоначально находившееся в жидком состоянии, медленно охлаждали. Мощность теплоотвода постоянна. В таблице приведены результаты измерений температуры вещества с течением времени.

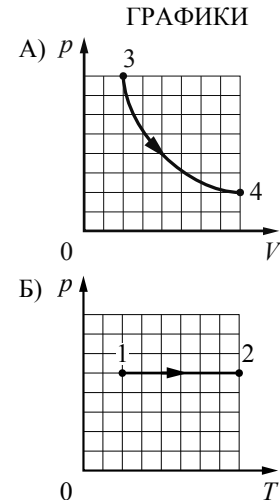
Время, мин.	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °С	250	242	234	232	232	232	230	216

Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведённых измерений, и укажите их номера.

- Процесс кристаллизации вещества занял более 25 мин.
- Удельная теплоёмкость вещества в жидком и твёрдом состояниях одинакова.
- Температура плавления вещества в данных условиях равна 232 °С.
- Через 30 мин. после начала измерений вещество находилось только в твёрдом состоянии.
- Через 20 мин. после начала измерений вещество находилось только в твёрдом состоянии.

Ответ:

**12** На графиках А и Б приведены диаграммы  $p-T$  и  $p-V$  для процессов 1–2 и 3–4 (гипербола), проводимых с 1 моль гелия. На диаграммах  $p$  – давление,  $V$  – объём и  $T$  – абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



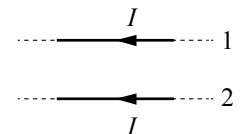
**УТВЕРЖДЕНИЯ**

- Над газом совершают работу, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.
- Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия не изменяется.
- Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.

Ответ:

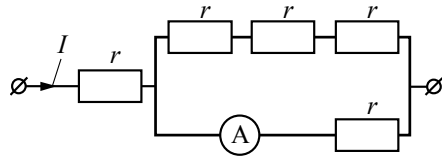
А	Б

**13** Как направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) сила Ампера, действующая на проводник 1 со стороны проводника 2 (см. рисунок), если проводники тонкие, длинные, прямые, параллельны друг другу? ( $I$  – сила тока.) *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14 Через участок цепи (см. рисунок) течёт постоянный ток  $I = 4$  А. Какую силу тока покажет включённый в эту цепь идеальный амперметр, если сопротивление каждого резистора  $r = 1$  Ом?

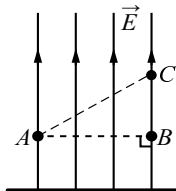


Ответ: \_\_\_\_\_ А.

- 15 В опыте по наблюдению электромагнитной индукции квадратная рамка из одного витка тонкого провода находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рамки. Индукция магнитного поля равномерно возрастает от 0 до максимального значения  $B_{\text{макс}}$  за время  $T$ . При этом в рамке возбуждается ЭДС индукции, равная 6 мВ. Какая ЭДС индукции возникнет в рамке, если  $T$  уменьшить в 3 раза, а  $B_{\text{макс}}$  уменьшить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.

- 16 Однородное электростатическое поле создано равномерно заряженной протяжённой горизонтальной пластиной. Линии напряжённости поля направлены вертикально вверх (см. рисунок). Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения и укажите их номера.



- 1) Если в точку  $A$  поместить пробный точечный отрицательный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать сила, направленная вертикально вниз.
- 2) Пластина имеет отрицательный заряд.
- 3) Потенциал электростатического поля в точке  $B$  ниже, чем в точке  $C$ .
- 4) Напряжённость поля в точке  $A$  меньше, чем в точке  $C$ .
- 5) Работа электростатического поля по перемещению пробного точечного отрицательного заряда из точки  $A$  и в точку  $B$  равна нулю.

Ответ:

- 17 Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменится сила Лоренца, действующая на электрон, и период его обращения, если увеличить его кинетическую энергию?

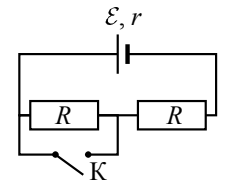
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила Лоренца	Период обращения

- 18 На рисунке показана цепь постоянного тока. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\mathcal{E}$  – ЭДС источника тока,  $r$  – внутреннее сопротивление источника тока,  $R$  – сопротивление резистора).



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

- ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**
- А) сила тока через источник при разомкнутом ключе К
  - Б) сила тока через источник при замкнутом ключе К

- ФОРМУЛЫ**
- 1)  $\frac{\mathcal{E}}{2R}$
  - 2)  $\frac{\mathcal{E}}{r}$
  - 3)  $\frac{\mathcal{E}}{R+r}$
  - 4)  $\frac{\mathcal{E}}{r+2R}$

Ответ: 

А	Б

19 Сколько протонов и сколько нейтронов содержится в ядре  ${}^{55}_{26}\text{Fe}$ ?

Число протонов	Число нейтронов

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

20 В вакууме распространяются две монохроматические электромагнитные волны. Энергия фотона первой волны в 2 раза больше энергии фотона второй волны. Определите отношение  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  длин этих электромагнитных волн.

Ответ: \_\_\_\_\_.

21 Как изменятся при  $\beta^-$ -распаде массовое число ядра и его заряд?  
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Массовое число ядра	Заряд ядра

22 Определите показания вольтметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра.



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) В.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

23 Для проведения лабораторной работы по обнаружению зависимости сопротивления проводника от его длины ученику выдали пять проводников, характеристики которых указаны в таблице. Какие два из предложенных ниже проводников необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ проводника	Длина проводника	Диаметр проводника	Материал
1	100 см	0,5 мм	алюминий
2	100 см	1,0 мм	алюминий
3	100 см	1,0 мм	медь
4	200 см	0,5 мм	медь
5	200 см	1,0 мм	алюминий

Ответ:

## Часть 2

Ответом к заданиям 24–26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 24 Груз массой 200 г подвешен на пружине к потолку неподвижного лифта. Лифт начинает двигаться и в течение 2 с равноускоренно опускается вниз на расстояние 5 м. Каково удлинение пружины при опускании лифта, если её жёсткость 100 Н/м? Движение груза также считать равноускоренным, возникновением колебаний пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

- 25 В одном сосуде находится аргон, а в другом – неон. Средние кинетические энергии теплового движения молекул газов одинаковы. Давление аргона в 2 раза больше давления неона. Чему равно отношение концентрации молекул аргона к концентрации молекул неона?

Ответ: \_\_\_\_\_.

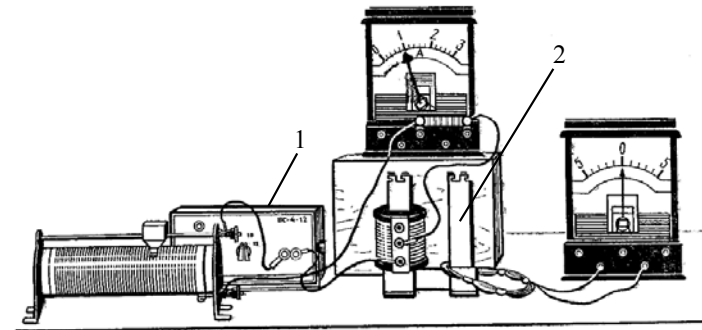
- 26 Прямолинейный проводник длиной 0,2 м, по которому течёт электрический ток, расположен в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,6$  Тл под углом  $30^\circ$  к вектору  $\vec{B}$ . Сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, равна 0,12 Н. Какова сила тока в проводнике?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Для записи ответов на задания 27–31 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

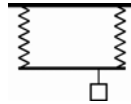
- 27 На рисунке изображены две электрические цепи. Первая содержит последовательно соединённые источник тока (1), реостат, катушку индуктивности и амперметр, а вторая – проволочный моток, к концам которого присоединён гальванометр, изображённый на рисунке справа. Катушка и моток надеты на железный сердечник (2).



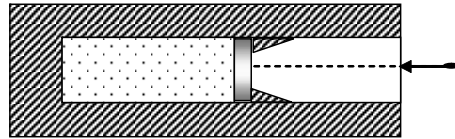
Как будут изменяться показания приборов при плавном уменьшении сопротивления реостата? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

*Полное правильное решение каждой из задач 28–31 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

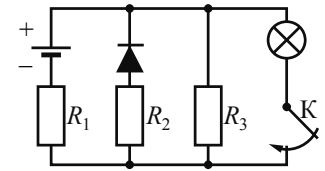
- 28** К двум вертикально расположенным пружинам одинаковой длины подвесили однородный стержень длиной  $L = 30$  см. Если к этому стержню подвесить груз массой  $m = 3$  кг на расстоянии  $d = 5$  см от правой пружины, то стержень будет расположен горизонтально, и растяжения обеих пружин будут одинаковы (см. рисунок). Жёсткость левой пружины в 2 раза меньше, чем правой. Чему равна масса стержня  $M$ ? Сделайте рисунок с указанием используемых в решении сил.



- 29** В вакууме закреплён горизонтальный цилиндр (см. рисунок). В цилиндре находится гелий, запёртый поршнем. Поршень массой 90 г удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, и застревает в нём. Температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении возрастает на 64 К. Чему равно количество вещества гелия в цилиндре? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с цилиндром и поршнем.



- 30** В цепи, изображённой на рисунке, сопротивления резисторов равны между собой:  $R_1 = R_2 = R_3 = R$ . При разомкнутом ключе К через резистор  $R_3$  течёт ток  $I_0 = 1,4$  А. Загорится ли лампа после замыкания ключа, если она загорается при силе тока  $I = 0,5$  А? Сопротивление лампы в этом режиме  $R_{л} = 3R$ . Внутренним сопротивлением источника пренебречь, диод считать идеальным.



- 31** При увеличении в 2 раза частоты света, падающего на поверхность металла, запирающее напряжение для вылетающих с этой поверхности фотоэлектронов увеличилось в 3 раза. Первоначальная длина волны падающего света была равна 250 нм. Какова частота, соответствующая «красной границе» фотоэффекта для этого металла?