

**Единый государственный экзамен  
по ФИЗИКЕ**

**Вариант 231**

**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 30 заданий.

В заданиях 1–3, 7–9, 12–14 и 18 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: -2,5 м/с<sup>2</sup>.    

3	-	2	,	5										
---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

    Бланк

Ответом к заданиям 4–6, 10, 11, 15–17, 19, 20, 21 и 23 является последовательность 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

4	1													
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

    Бланк

Ответом к заданию 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.    

1	,	4	0	,	2									
---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

    Бланк

Ответ к заданиям 24–30 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 ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. **Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.**

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

После завершения работы проверьте, чтобы ответ на каждое задание в бланках ответов № 1 и № 2 был записан под правильным номером.

*Желаем успеха!*

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

### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	санти	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

<b>Константы</b>	
число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
универсальная 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	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

<b>Соотношение между различными единицами</b>	
температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150\,000\,000 \text{ км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$

<b>Масса частиц</b>	
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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

<b>Плотность</b>			
		подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

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

<b>Удельная теплота</b>	
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

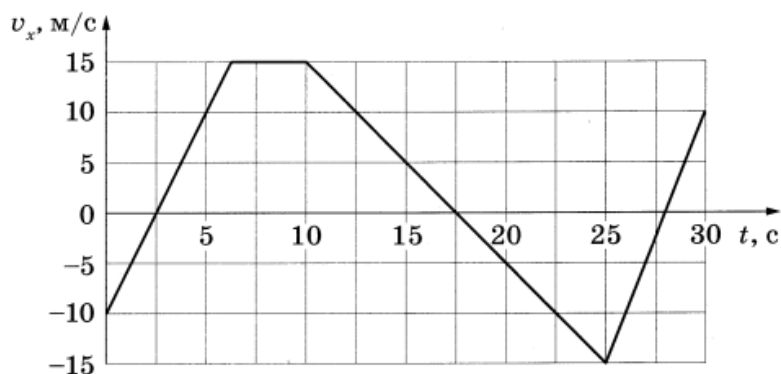
**Нормальные условия:** давление –  $10^5$  Па, температура –  $0^\circ\text{C}$

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

**Часть 1**

Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите 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.

**1** На рисунке представлен график зависимости проекции скорости  $v_x$  тела от времени  $t$ .



Определите проекцию перемещения тела в интервале времени от 15 до 25 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

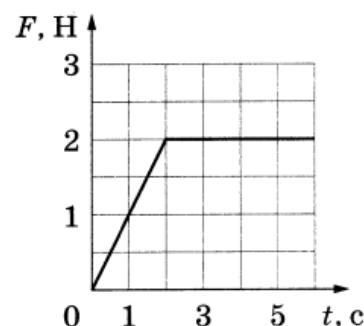
**2** Определите силу тяжести, действующую на тело массой 1 кг на расстоянии трёх радиусов Земли от её поверхности.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

**3** Сосновый брусок имеет размеры 3 x 4 x 5 см. Определите выталкивающую силу, действующую на брусок при его плавании в воде.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

**4** Брусок массой 500 г покоится на шероховатой горизонтальной поверхности. На него начинают действовать силой  $\vec{F}$ , модуль которой изменяется с течением времени так, как показано на рисунке. Коэффициент трения бруска о плоскость равен 0,2. Выберите из предложенного перечня все верные утверждения, которые соответствуют результатам проведённого опыта.

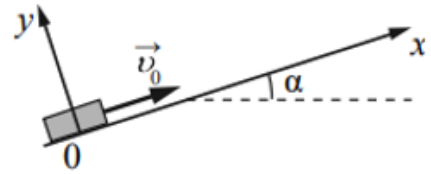


- 1) В интервале времени от 0 до 1 с брусок покоился.
- 2) В момент времени 1,5 с сила трения, действующая на брусок равна 1,5 Н.
- 3) Кинетическая энергия бруска в момент времени 1,5 с равна 0.
- 4) В момент времени 3 с ускорение бруска равно  $2 \text{ м/с}^2$ .
- 5) В интервале времени от 2 до 5 с импульс бруска увеличился на  $6 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

5

После удара шайба массой  $m$  начала скользить с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  вверх по плоскости, установленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рисунок). Переместившись вдоль оси  $Ox$  на расстояние  $s$ , шайба соскользнула в исходное положение. Коэффициент трения шайбы о плоскость равен  $\mu$ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих движение шайбы.



Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

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

**ФОРМУЛЫ**

- А)  $\mu mg \cos \alpha$
- Б)  $g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

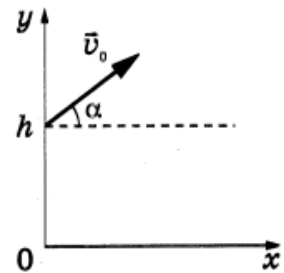
- 1) модуль проекции силы тяжести на ось  $Oy$
- 2) модуль силы трения
- 3) модуль ускорения шайбы при её движении вверх
- 4) модуль ускорения шайбы при её движении вниз

Ответ:

А	Б

6

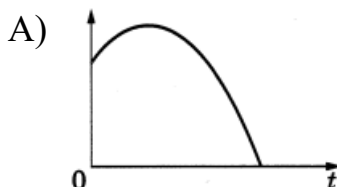
В момент времени  $t = 0$  маленький металлический шарик бросают с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с балкона высотой  $h$  (см. рисунок). Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение шарика, от времени  $t$ . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых эти графики могут представлять.



Соппротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия шарика отсчитывается от уровня  $y = 0$ .

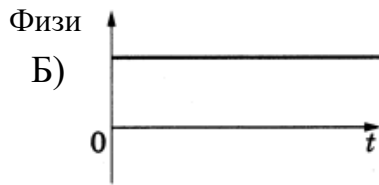
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

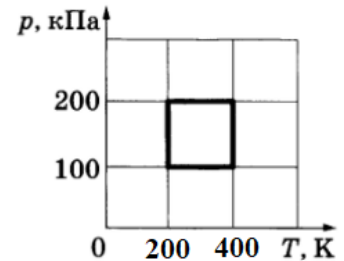
- 1) проекция ускорения шарика на ось  $y$
- 2) проекция импульса шарика на ось  $x$
- 3) кинетическая энергия шарика  $E_k$
- 4) потенциальная энергия шарика  $E_p$



Ответ:

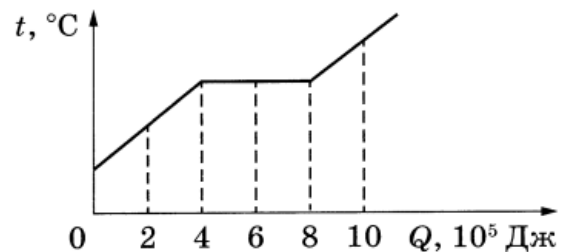
А	Б

**7** С идеальным газом в закрытом сосуде происходит циклический процесс, изображённый на графике (см. рисунок). Наибольший объём, который занимает газ в этом процессе, составляет 8,31 л. Определите количество газа.



Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

**8** На рисунке показан график изменения температуры куска свинца  $t$  по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Первоначально свинец находился в твёрдом состоянии. Определите массу свинца.

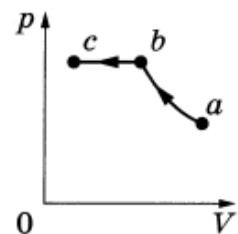


Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

**9** Температура нагревателя у идеального теплового двигателя Карно составляет 227 °С, а температура холодильника равна -23 °С. Определите количество теплоты, которое нагреватель передает рабочему телу за один цикл, для совершения работы двигателем 1 кДж.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

**10** В цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится водяной пар. При постоянной температуре с паром провели процесс  $a \rightarrow b \rightarrow c$ ,  $pV$ -диаграмма которого представлена на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно указанного процесса.



- 1) На участке  $a \rightarrow b$  относительная влажность не изменяется.
- 2) На участке  $b \rightarrow c$  к пару подводится положительное количество теплоты.
- 3) На участке  $b \rightarrow c$  плотность пара уменьшается.
- 4) В точке  $b$  пар является насыщенным.
- 5) На участке  $b \rightarrow c$  внутренняя энергия пара уменьшается.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**11** Детский тёмно-синий воздушный шарик надули в тени под деревом, а затем вынесли на солнечный пляж. Как начали при этом изменяться давление воздуха в шарике и средняя кинетическая энергия молекул в шарике? Оболочка шарика тонкая, упругая и мягкая. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

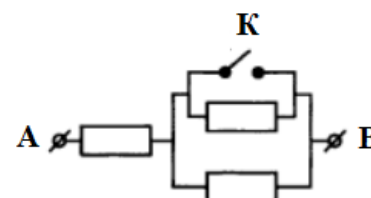
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Давление воздуха в шарике	Средняя кинетическая энергия молекул в шарике

**12** Каждый из резисторов в схеме, изображённой на рисунке, имеет сопротивление 50 Ом. Во сколько раз уменьшится сопротивление участка цепи между точками АВ, если ключ К замкнуть?

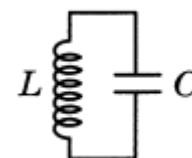


Ответ: \_\_\_\_\_.

**13** В однородном магнитном поле с индукцией 0,6 Тл поместили проволочный контур в форме квадрата со стороной 15 см. Линии индукции магнитного поля составляют угол  $30^\circ$  с плоскостью контура. Определите магнитный поток, пронизывающий контур.

Ответ: \_\_\_\_\_ мВб.

**14** В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора изменяется по закону  $U_C = 2,5 \cos 400\pi t$  (в СИ). Определите период колебаний энергии магнитного поля катушки



Ответ: \_\_\_\_\_ мс.

**15** По гладким параллельным горизонтальным рельсам, замкнутым на лампочку накаливания, перемешают лёгкий тонкий проводник, прикладывая к нему горизонтальную силу  $F$ . Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  (см. рисунок а). При движении проводника площадь контура меняется так, как указано на рис. б.

Выберите все верные утверждения, соответствующие приведённым данным и описанию опыта.

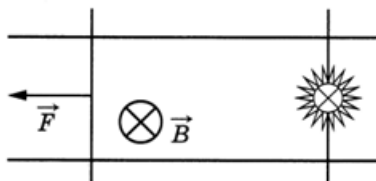


Рис. а

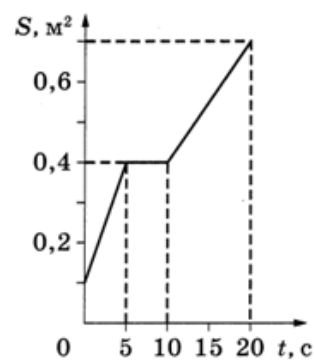


Рис. б

- 1) Ток течёт через лампочку непрерывно в течение первых 10 с.
- 2) Максимальная ЭДС наводится в контуре в интервале времени от 0 до 5 с.
- 3) Индукционный ток в контуре в момент времени  $t = 15$  с направлен против часовой стрелки.
- 4) Поскольку рельсы гладкие, при равномерном движении проводника  $\vec{F} = 0$ .
- 5) В интервале времени от 5 до 10 с лампочка светится.

Ответ: \_\_\_\_\_.

16

Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на двойном фокусном расстоянии от неё. Его начинают приближать к линзе. Как меняются при этом расстояние от линзы до изображения предмета и размер изображения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

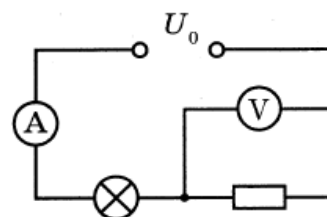
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Расстояние от линзы до изображения предмета	Размер изображения

17

Электрическая цепь, схема которой изображена на рисунке, подключена к аккумулятору. Напряжение между полюсами аккумулятора равно  $U_0$ , а показания идеальных амперметра и вольтметра равны соответственно  $I$  и  $U$ .



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. Внутренним сопротивлением источника пренебречь. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) мощность, потребляемая резистором  
 Б) сопротивление лампочки

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{U_0 - U}{I}$   
 2)  $UI$   
 3)  $\frac{U}{I}$   
 4)  $(U_0 - U)I$

Ответ:

А	Б

**18** Образец радиоактивного изотопа радия  ${}^{224}_{88}\text{Ra}$  находится в закрытом сосуде, из которого откачан воздух. Ядра радия испытывают  $\alpha$ -распад с периодом полураспада 3,6 суток. Определите число моль гелия в сосуде через 7,2 суток, если образец в момент его помещения в сосуд имел в своём составе  $3,2 \cdot 10^{23}$  атомов.

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

**19** На металлическую пластину направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно уменьшают, не меняя его частоты. Как меняются в результате этого число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов и красная граница фотоэффекта  $\lambda_{\text{кр}}$ ? 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.

Число вылетающих фотоэлектронов	Красная граница фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}}$

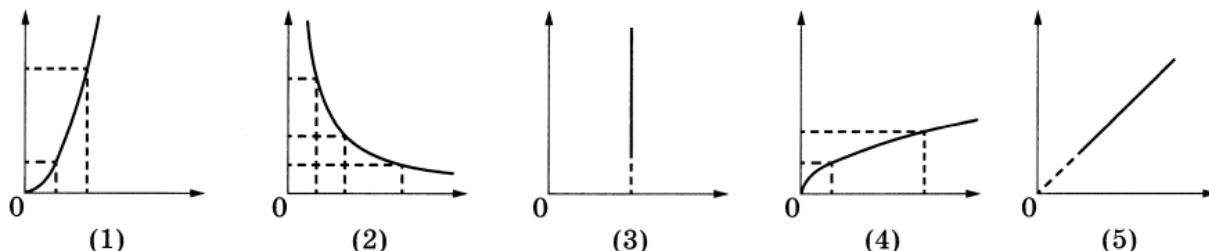
**20** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) В поперечной механической волне колебания частиц среды происходит в направлении перпендикулярном направлению распространения волны.  
 2) С ростом температуры давление насыщенных паров возрастает прямо пропорционально их абсолютной температуре.  
 3) В однородном электростатическом поле работа по перемещению заряда между двумя точками не зависит от траектории.  
 4) Разноимённые полюса магнитов отталкиваются друг от друга.  
 5) Под энергией связи понимают ту энергию, которая необходима для отрыва от ядра всех электронов нейтрального атома.

Ответ: \_\_\_\_\_ .

**21** Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость центростремительного ускорения точки, находящейся на расстоянии  $R$  от центра вращения, от угловой скорости;
- Б) зависимость давления постоянной массы идеального газа от его объёма в изотермическом процессе;
- В) зависимость периода свободных электромагнитных колебаний в контуре, содержащем катушку индуктивности  $L$ , от ёмкости конденсатора.



Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

А	Б	В

**22** Чтобы узнать диаметр медной проволоки для изготовления реостата, ученик намотал её виток к витку на карандаш и измерил длину намотки из 20 витков. Длина оказалась равной 30 мм. Чему равен диаметр проволоки по результатам этих измерений, если погрешность линейки равна 1 мм?

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) мм.

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

**23** Необходимо собрать экспериментальную установку и определить с её помощью внутреннее сопротивление аккумулятора. Для этого школьник взял аккумулятор, соединительные провода и реостат. Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) конденсатор
- 2) лампа накаливания
- 3) амперметр
- 4) секундомер
- 5) вольтметр

Ответ: 

--	--

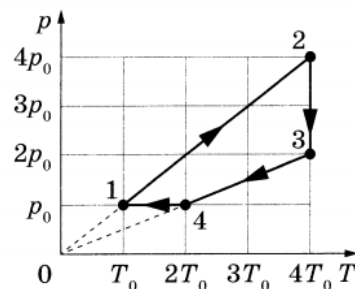
*Не забудьте перенести все ответы заданий 1–23 в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

### Часть 2

*Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

24

Один моль гелия участвует в циклическом процессе 1-2-3-4, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ - $T$ , где  $p$  – давление газа,  $T$  – абсолютная температура. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, сравните работу газа в процессе 2-3 и модуль работы внешних в процессе 4-1. Постройте график цикла в координатах  $p$ - $V$ , где  $p$  – давление газа,  $V$  – объём газа.



*Полное правильное решение каждой из задач 25–30 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.*

25

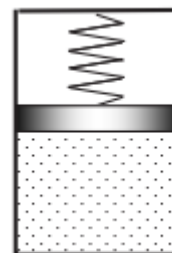
На последнем километре тормозного пути скорость поезда уменьшилась на 10 м/с. Определите скорость в начале торможения, если общий тормозной путь составил 4 км, а торможение было равнозамедленным.

26

На дифракционную решётку, имеющую 300 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает лазерный луч частотой  $4,8 \cdot 10^{14}$  Гц. Определите максимальное количество дифракционных максимумов, доступных для наблюдения на экране.

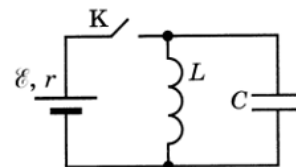
27

В вертикально расположенном закрытом цилиндрическом сосуде с гладкими стенками находится тяжёлый поршень, поддерживаемый растянутой пружиной на высоте  $h_1 = 20$  см от дна сосуда (см. рисунок). Под поршнем находится 0,1 моль идеального газа при начальной температуре  $T_1 = 300$  К. Если газ нагреть на  $\Delta T = 110$  К, поршень поднимется на  $\Delta h = 4$  см, а пружина останется растянутой. Определите жёсткость пружины. Считать, что в части сосуда над поршнем находится вакуум.



28

В электрической цепи, показанной на рисунке, ключ К длительное время замкнут,  $\mathcal{E} = 3 \text{ В}$ ,  $r = 2 \text{ Ом}$ ,  $L = 1 \text{ мГн}$ ,  $C = 50 \text{ мкФ}$ . В момент времени  $t = 0$  ключ К размыкают. Каково напряжение  $U$  на конденсаторе в момент времени, когда в ходе возникших электромагнитных колебаний сила тока в контуре  $I = 1 \text{ А}$ ?



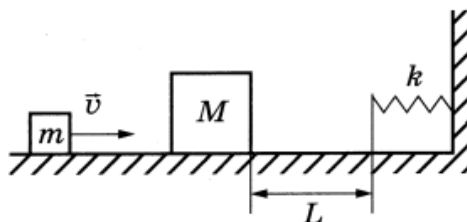
Сопротивлением проводов и активным сопротивлением катушки пренебречь.

29

Фотокатод освещается светом с длиной волны  $300 \text{ нм}$ . Работа выхода вещества, из которого выполнен фотокатод, равна  $2,76 \text{ эВ}$ . Вылетевшие из фотокатода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружности с максимальным радиусом  $6 \text{ мм}$ . Определите модуль индукции магнитного поля.

30

Небольшой брусок массой  $m = 100 \text{ г}$ , скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, абсолютно неупруго сталкивается с неподвижным телом массой  $M = 3m$ . При дальнейшем поступательном движении тела налетают на недеформированную пружину, одним концом прикреплённую к стене (см. рисунок). С какой скоростью  $v$  двигался брусок до столкновения, если после абсолютно неупругого столкновения бруски вернуться в точку столкновения через время  $t = 1,7 \text{ с}$ ? Жёсткость пружины  $k = 40 \text{ Н/м}$ , а расстояние от точки столкновения до пружины  $L = 25 \text{ см}$ . Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с правильным номером задания.**