



**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.

**Плотность**

		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>

**Удельная теплоёмкость**

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

**Удельная теплота**

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

**Молярная масса**

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 1–24 являются цифра, число или последовательность цифр. 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.

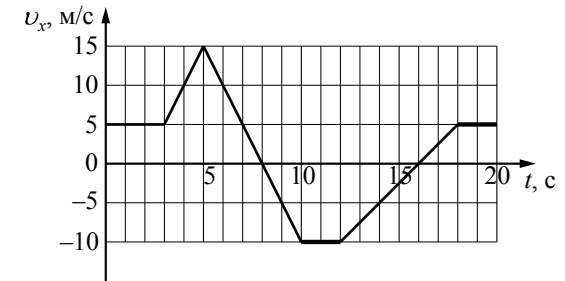
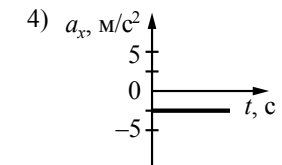
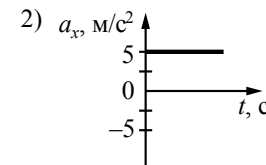
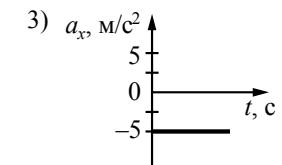
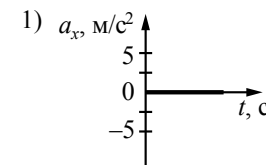
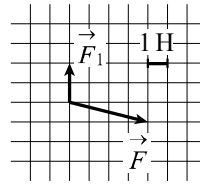


График зависимости от времени проекции ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 8 до 10 с совпадает с графиком



Ответ:

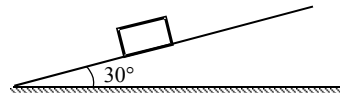
2 На тело действуют две силы:  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ . По силе  $\vec{F}_1$  и равнодействующей двух сил  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$  найдите модуль второй силы (см. рисунок).



- 1) 5 Н
- 2)  $(\sqrt{17} + 2)$  Н
- 3)  $\sqrt{17}$  Н
- 4)  $(\sqrt{17} - 2)$  Н

Ответ:

3 Брусок покоится на наклонной плоскости, образующей угол  $30^\circ$  с горизонтом. Сила трения покоя равна 0,5 Н. Определите силу тяжести, действующую на тело.

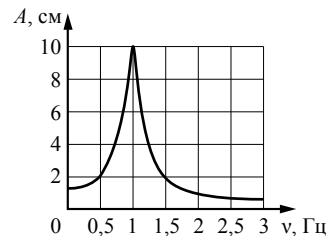


Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

4 Тело движется по прямой в одном направлении. Под действием постоянной силы, направленной вдоль этой прямой, за 3 с импульс тела увеличился от  $5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$  до  $50 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ . Каков модуль силы?

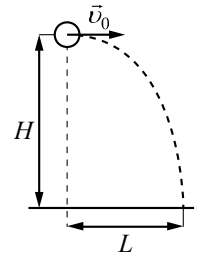
Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

5 На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Частота вынуждающей силы вначале была равна 0,5 Гц, а затем стала равна 1,0 Гц. Во сколько раз изменилась при этом амплитуда установившихся вынужденных колебаний маятника?



Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

6 Шарик, брошенный горизонтально с высоты  $H$  с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , за время полёта  $t$  пролетел в горизонтальном направлении расстояние  $L$  (см. рисунок). Что произойдёт с временем полёта и ускорением шарика, если на той же установке при неизменной начальной скорости шарика увеличить высоту  $H$ ? (Сопротивлением воздуха пренебречь.) Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



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

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

Время полёта	Ускорение шарика

7 Тело массой 200 г движется вдоль оси  $Ox$ , при этом его координата изменяется во времени в соответствии с формулой  $x(t) = 10 + 5t - 3t^2$  (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимости от времени в условиях данной задачи. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

- А) кинетическая энергия тела  $E_K(t)$
- Б) перемещение тела  $S(t)$

- 1)  $10 + 5t$
- 2)  $0,1(5 + 6t)^2$
- 3)  $2,5 - 6t + 3,6t^2$
- 4)  $5t - 3t^2$

Ответ:

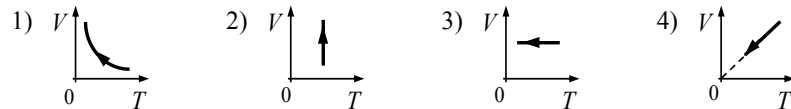
А	Б

**8** В некотором сосуде находится азот и кислород. Термодинамическое равновесие этих газов наступит только в том случае, когда у этих газов станут одинаковыми

- 1) температуры
- 2) парциальные давления
- 3) концентрации частиц
- 4) плотности

Ответ:

**9** 1 моль идеального газа переходит из одного состояния в другое. На каком из рисунков изображён график изобарного охлаждения газа?



Ответ:

**10** Какую работу за цикл совершит тепловой двигатель, получивший от нагревателя количество теплоты 800 кДж, если его КПД 30%?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

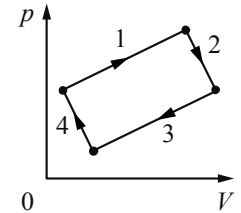
**11** При исследовании изопроцессов использовался закрытый сосуд переменного объёма, заполненный воздухом и соединённый с манометром. Объём сосуда медленно увеличивают, сохраняя давление воздуха в нём постоянным. Как изменяются при этом температура воздуха в сосуде и его плотность? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Температура воздуха в сосуде	Плотность воздуха в сосуде

**12** На рисунке изображена диаграмма четырёх последовательных изменений состояния 2 моль идеального газа. В каком процессе работа газа имеет положительное значение и минимальна по величине, а в каком работа внешних сил положительна и минимальна по величине?



Установите соответствие между этими процессами и номерами процессов на диаграмме.

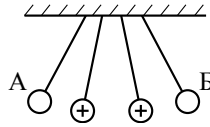
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЦЕСС	НОМЕР ПРОЦЕССА
А) работа внешних сил положительна и минимальна	1) 1
	2) 2
Б) работа газа положительна и минимальна	3) 3
	4) 4

Ответ: 

А	Б

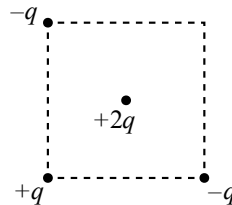
13 Четыре шарика одинаковой массы, заряды которых равны по модулю, подвешены на шёлковых нитях. Заряды двух шариков указаны на рисунке. Для объяснения показанного на рисунке отклонения шариков необходимо считать, что



- 1) шарики А и В несут положительный заряд
- 2) шарик А несёт положительный заряд, а шарик В – отрицательный
- 3) шарики А и В несут отрицательный заряд
- 4) шарик А несёт отрицательный заряд, а шарик В – положительный

Ответ:

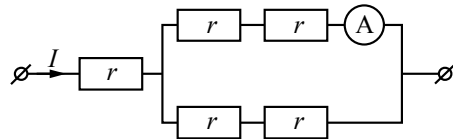
14 В трёх вершинах квадрата размещены точечные заряды:  $-q$ ,  $+q$ ,  $-q$  ( $q > 0$ ) (см. рисунок). Куда направлена кулоновская сила, действующая со стороны этих зарядов на точечный заряд  $+2q$ , находящийся в центре квадрата?



- 1)  $\rightarrow$
- 2)  $\swarrow$
- 3)  $\nearrow$
- 4)  $\nwarrow$

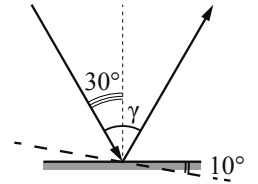
Ответ:

15 Через участок цепи (см. рисунок) течёт постоянный ток  $I = 6$  А. Чему равна сила тока, которую показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

16 Угол падения света на горизонтальное плоское зеркало равен  $30^\circ$ . Каким будет угол  $\gamma$ , образованный падающим и отражённым лучами, если, не меняя положение источника света, повернуть зеркало на  $10^\circ$  так, как показано на рисунке?



Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

17  $\alpha$ -частица движется по окружности в однородном магнитном поле между полюсами магнита под действием силы Лоренца. После замены магнита по таким же траекториям стали двигаться протоны, обладающие той же скоростью. Как изменились индукция магнитного поля и модуль силы Лоренца?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Индукция магнитного поля	Модуль силы Лоренца

**18** Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивностью 4 мГн. Заряд на пластинах конденсатора изменяется во времени в соответствии с формулой  $q(t) = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \cos(5000t)$  (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимость от времени в условиях данной задачи.

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

**ФОРМУЛЫ**

А) сила тока  $i(t)$  в колебательном контуре

1)  $1 \cdot \cos(5000t + \frac{\pi}{2})$

Б) энергия  $W_L(t)$  магнитного поля катушки

2)  $20 \cdot \sin(5000t)$

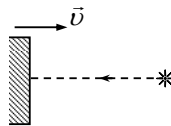
3)  $2 \cdot 10^{-3} \cdot \sin^2(5000t)$

4)  $2 \cdot 10^{-3} \cdot \cos^2(5000t)$

Ответ:

А	Б

**19** В инерциальной системе отсчёта свет от неподвижного источника распространяется в вакууме со скоростью  $c$ . В этой системе отсчёта свет от неподвижного источника падает перпендикулярно поверхности зеркала, которое приближается к источнику со скоростью  $v$ . Какова скорость отражённого света в инерциальной системе отсчёта, связанной с источником?



1)  $c + v$

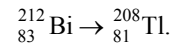
2)  $c - v$

3)  $c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

4)  $c$

Ответ:

**20** В образце, содержащем радиоактивный изотоп висмута  ${}_{83}^{212}\text{Bi}$ , одновременно происходят реакции превращения его в полоний:  ${}_{83}^{212}\text{Bi} \rightarrow {}_{84}^{212}\text{Po}$  – и таллий:



При этом регистрируются(-ется)

1) только  $\gamma$ -излучение

2)  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучение

3)  $\alpha$ - и  $\gamma$ -излучение

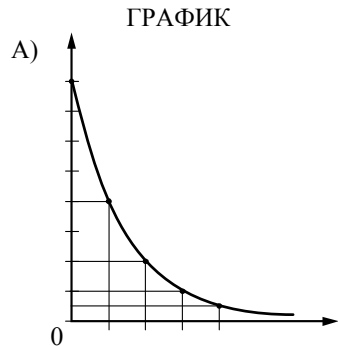
4) только  $\beta$ -излучение

Ответ:

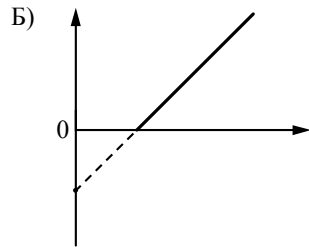
**21** Зелёный свет ( $\lambda = 550$  нм) переходит из воздуха в стекло с показателем преломления 1,5. Определите отношение энергии фотона в воздухе к его энергии в стекле.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**22** Установите соответствие между графиками, представленными на рисунках, и законами (зависимостями), которые они могут выражать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



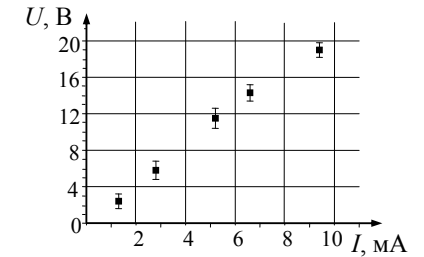
- ЗАКОН**
- 1) закон Эйнштейна пропорциональности массы и энергии
  - 2) закон радиоактивного распада
  - 3) зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света
  - 4) зависимость энергии фотона от частоты света



Ответ:

А	Б

**23** В школьной лаборатории получена зависимость напряжения между концами проводника от силы протекающего по нему постоянного тока (см. рисунок). Каково примерно сопротивление этого проводника по результатам проведённых измерений?



- 1) 960 Ом
- 2) 2,0 кОм
- 3) 540 Ом
- 4) 1,2 кОм

Ответ:

**24** Из начала декартовой системы координат в момент времени  $t = 0$  тело (материальная точка) брошено под углом к горизонту. В таблице приведены результаты измерения координат тела  $x$  и  $y$  в зависимости от времени наблюдения. Выберите **два** верных утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Координата $x$ , м	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
Координата $y$ , м	0,35	0,60	0,75	0,80	0,75	0,60	0,35	0

- 1) В момент времени  $t = 0,4$  с скорость тела равна 3 м/с.
- 2) Проекция скорости  $v_y$  в момент времени  $t = 0,2$  с равна 2 м/с.
- 3) Тело бросили со скоростью 6 м/с.
- 4) Тело бросили под углом  $45^\circ$ .
- 5) Тело поднялось на максимальную высоту, равную 1,2 м.

Ответ:

## Часть 2

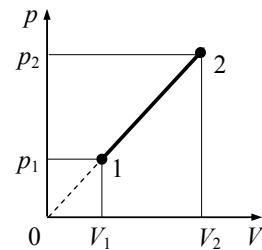
Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 25 Груз подвешен на пружине жёсткостью 100 Н/м к потолку лифта. Лифт равноускоренно опускается вниз на расстояние 5 м в течение 2 с. Какова масса груза, если удлинение пружины при установившемся движении груза равно 1,5 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 26 На рисунке изображён процесс, происходящий с 1 моль гелия. Минимальное давление газа  $p_1 = 100$  кПа, минимальный объём  $V_1 = 10$  л, а максимальный  $V_2 = 30$  л. Какую работу совершает гелий при переходе из состояния 1 в состояние 2?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.



- 27 Максимальная кинетическая энергия электронов, вылетающих из металла под действием света, равна 1,2 эВ. Если уменьшить длину волны падающего света в 2 раза, то максимальная кинетическая энергия электронов, вылетающих из этого же металла, станет равной 3,95 эВ. Определите энергию падающих фотонов в первом случае.

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

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

Для записи ответов на задания (28–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- 28 Воспользовавшись оборудованием, представленным на рис. 1, учитель собрал модель плоского конденсатора (рис. 2), зарядил нижнюю пластину положительным зарядом, а корпус электromетра заземлил. Соединённая с корпусом электromетра верхняя пластина конденсатора приобрела отрицательный заряд, равный по модулю заряду нижней пластины. После этого учитель сместил одну пластину относительно другой не изменяя расстояния между ними (рис. 3). Как изменились при этом показания электromетра (увеличились, уменьшились, остались прежними)? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Показания электromетра в данном опыте прямо пропорциональны разности потенциалов между пластинами конденсатора.



Рис. 1



Рис. 2

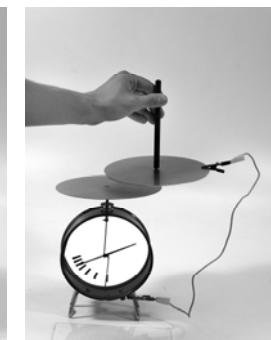


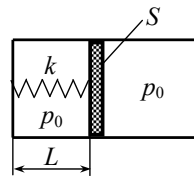
Рис. 3



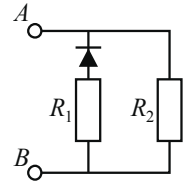
*Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

**29** Пластилинный шарик в момент  $t = 0$  бросают с горизонтальной поверхности Земли с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Одновременно с некоторой высоты над поверхностью Земли начинает падать из состояния покоя другой такой же шарик. Шарика абсолютно неупруго сталкиваются в воздухе. Сразу после столкновения скорость шариков направлена горизонтально. В какой момент времени  $\tau$  шарики упадут на Землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**30** В горизонтальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем с площадью  $S$  находится одноатомный идеальный газ. Поршень соединён с основанием цилиндра пружиной с жёсткостью  $k$ . В начальном состоянии расстояние между поршнем и основанием цилиндра равно  $L$ , а давление газа в цилиндре равно внешнему атмосферному давлению  $p_0$  (см. рисунок). Какое количество теплоты  $Q$  передано затем газу, если в результате поршень медленно переместился вправо на расстояние  $b$ ?



**31** В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке  $A$  положительного полюса, а к точке  $B$  отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением потребляемая мощность равна 14,4 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной 21,6 Вт. Укажите, как течёт ток через диод и резисторы в обоих случаях, и определите сопротивления резисторов в этой цепи.



**32** Колебательный контур радиоприёмника настроен на длину волны  $\lambda = 2000$  м. Индуктивность катушки контура  $L = 6$  мкГн, максимальный ток в ней  $I_{\max} = 1,6$  мА. В контуре используется плоский воздушный конденсатор, расстояние между пластинами которого  $d = 2$  мм. Чему равно максимальное значение напряжённости электрического поля в конденсаторе в процессе колебаний?