

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	$10^{-12}$

### Константы

число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

### Соотношения между различными единицами

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	$1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$

### 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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а. е. м.}$

**Астрономические величины**

средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$
температура поверхности Солнца	$T = 6000 \text{ К}$

**Плотность**

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

**Удельная теплоёмкость**

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

**Удельная теплота**

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

**Нормальные условия**

давление: $10^5 \text{ Па}$ , температура: $0 \text{ }^\circ\text{C}$
---

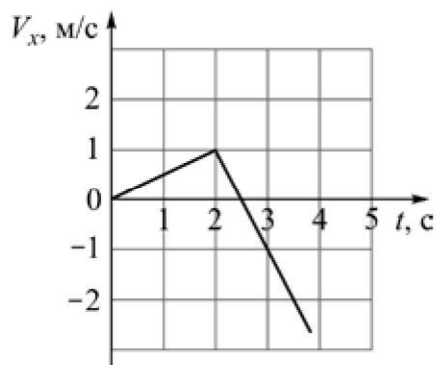
**Молярная масса**

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

## Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1 Точечное тело начинает прямолинейное движение вдоль оси  $Ox$ . На рисунке показана зависимость проекции скорости  $V_x$  этого тела от времени  $t$ . Чему равен модуль изменения координаты этого тела за третью секунду движения?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 Небольшое тело кладут на наклонную плоскость, угол при основании которой можно изменять. Если угол при основании наклонной плоскости равен  $30^\circ$ , то тело покоится и на него действует такая же по модулю сила трения, как и в случае, когда угол при основании наклонной плоскости равен  $45^\circ$ . Чему равен коэффициент трения между наклонной плоскостью и телом? Ответ округлите до десятых долей.

Ответ: \_\_\_\_\_.

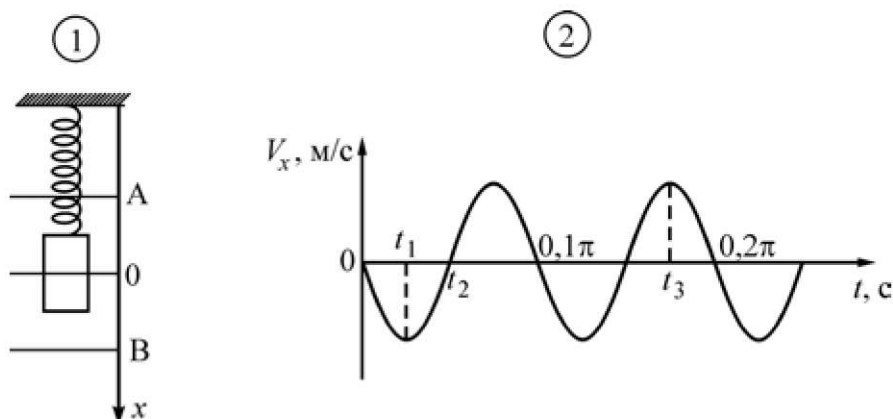
- 3 Навстречу тележке массой  $4,75$  кг, движущейся по инерции равномерно со скоростью  $2$  м/с по гладким горизонтальным рельсам, летит шар массой  $0,25$  кг со скоростью  $40$  м/с. После столкновения шар застревает в песке, насыпанном на тележку. Определите, во сколько раз отличаются модули начального (до застревания в песке) и конечного импульса шара в системе отсчёта, связанной с рельсами.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 4 На плавающем в воде теле объёмом  $800 \text{ см}^3$  стоит кубик массой  $300 \text{ г}$ . При этом тело погружено в воду целиком, а кубик весь находится над водой. Чему станет равным объём погружённой в воду части тела, если снять с него кубик? В обоих случаях плавание тела является установившимся. Ответ выразите в кубических сантиметрах и округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{см}^3$ .

- 5 Груз совершает свободные вертикальные гармонические колебания на пружине жёсткостью  $100 \text{ Н/м}$ . На рисунке 1 изображена схема экспериментальной установки, указаны положение равновесия (0) и положения максимальных отклонений груза (A и B). На рисунке 2 изображена зависимость проекции скорости  $V_x$  этого груза от времени  $t$ .



На основании анализа графика и схематического изображения экспериментальной установки выберите из приведённого ниже списка **два** правильных утверждения и укажите их номера.

- 1) Масса груза равна  $2 \text{ кг}$ .
- 2) В момент времени  $t = 0$  груз находился в положении A.
- 3) В момент времени  $t_1$  кинетическая энергия груза была максимальна.
- 4) В момент времени  $t_2$  потенциальная энергия пружины больше кинетической энергии груза.
- 5) В момент времени  $t_3$  кинетическая энергия груза больше, чем в момент времени  $t_1$ .

Ответ: 

--	--

**6** Маятник совершает вынужденные колебания под действием внешней силы, изменяющейся по гармоническому закону, причём частота изменения этой силы такова, что наблюдается резонанс. Затем частоту изменения внешней силы увеличивают.

Определите, как изменятся через достаточно продолжительное время следующие физические величины: амплитуда колебаний маятника, частота колебаний маятника.

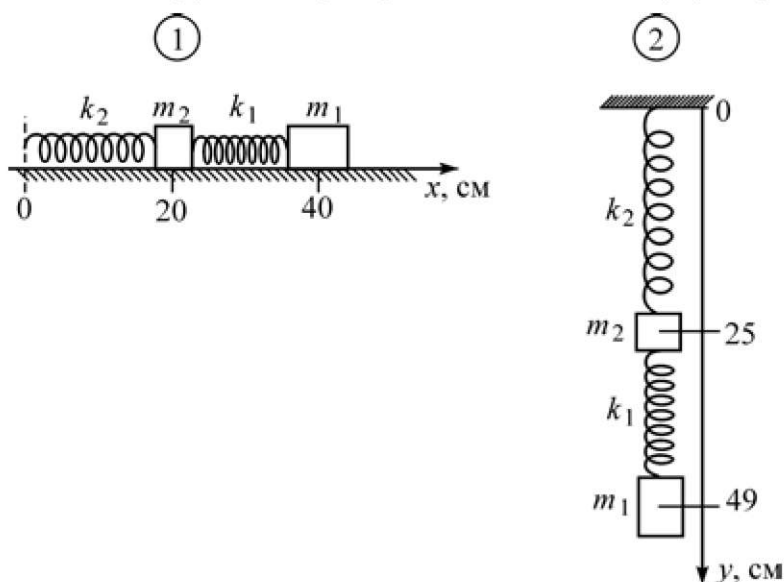
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Амплитуда колебаний маятника	Частота вынужденных колебаний маятника

**7** На рисунке 1 изображены две лёгкие пружины с различными коэффициентами жёсткости ( $k_1 = 200$  Н/м и  $k_2 = 500$  Н/м), соединённые с грузами различных масс. Пружины не деформированы. Затем свободный (левый) конец этой конструкции прикрепляют к потолку (см. рисунок 2).



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями в СИ.

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ЗНАЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ  
ВЕЛИЧИНЫ СИ

- А) отношение удлинений верхней и нижней пружин  $\frac{\Delta l_2}{\Delta l_1}$
- Б) отношение масс грузов  $\frac{m_2}{m_1}$

- 1) 0,8  
2) 1,25  
3) 2,125  
4) 2,5

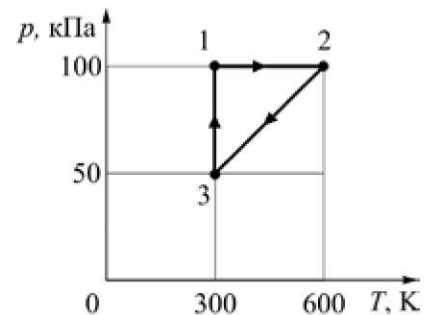
Ответ:

А	Б

- 8 В результате некоторого процесса концентрация молекул идеального газа уменьшилась в 2 раза, а давление газа возросло в 4 раза. Во сколько раз изменилась средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения молекул идеального газа, если число молекул было осталось неизменным?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 9 С двумя молями одноатомного идеального газа совершают циклический процесс 1–2–3–1 (см. рисунок). Чему равна работа, совершаемая газом на участке 1–2 в этом циклическом процессе?



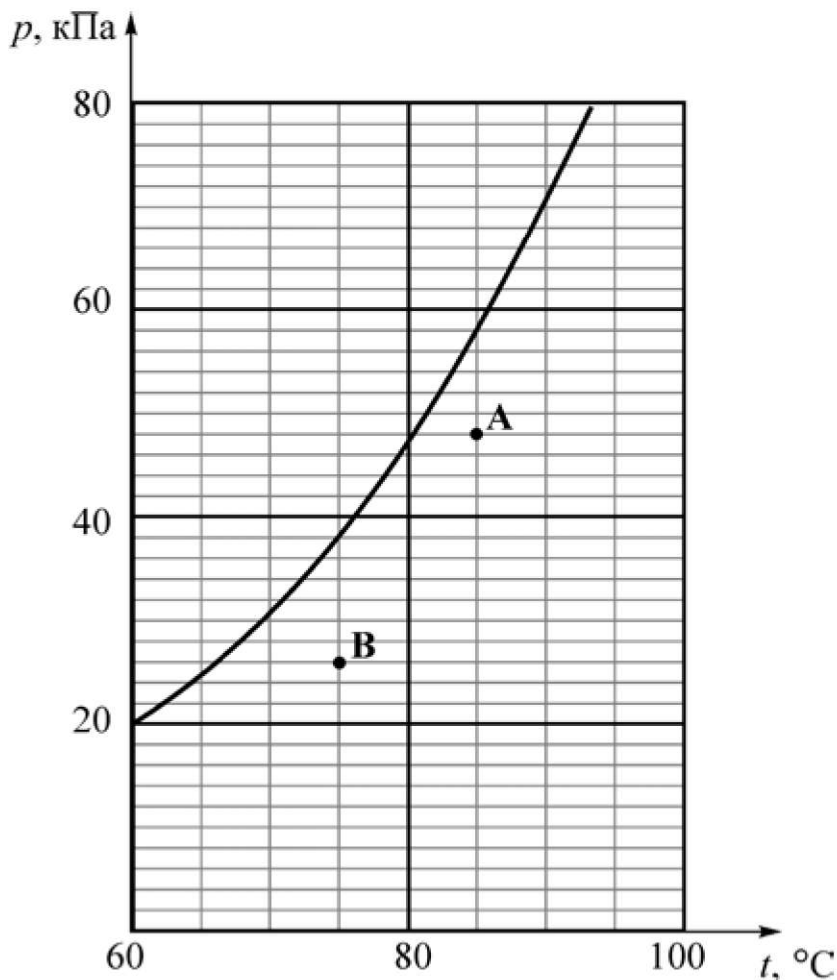
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 10 Кусок льда, находившийся при температуре  $-90^\circ\text{C}$ , начали нагревать, подводя к нему постоянную тепловую мощность. Через 63 секунды после начала нагревания лёд достиг температуры плавления. Через сколько секунд после этого момента кусок льда расплавится? Потери теплоты отсутствуют.

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

**11** На рисунке показан фрагмент графика зависимости давления  $p$  насыщенного водяного пара от температуры  $t$ . Точки А и В на этом графике соответствуют значениям давления и температуры в сосудах с водяным паром А и В соответственно.

Выберите **два** верных утверждения на основании анализа представленного графика.



- 1) Относительная влажность в сосуде А меньше относительной влажности в сосуде В.
- 2) Для того чтобы в сосуде А выпала роса, необходимо, не изменяя давления в этом сосуде, уменьшить температуру в нём менее чем на 2,5 градуса.
- 3) Для того чтобы в сосуде В выпала роса, необходимо, не изменяя температуру в этом сосуде, увеличить давление в нём на 12 кПа или более.
- 4) Абсолютная влажность в сосуде А равна 1,23 кг/м<sup>3</sup>.
- 5) Абсолютная влажность в сосуде В равна 0,16 кг/м<sup>3</sup>.

Ответ:

--	--

**12** В закрытом сосуде с жёсткими стенками находится 0,2 моля аргона. Из сосуда выпускают половину газа и накачивают в сосуд взамен 0,1 моля гелия, поддерживая температуру неизменной.

Определите, как в результате этого изменяются следующие физические величины: концентрация атомов газа в сосуде, удельная теплоёмкость содержимого сосуда.

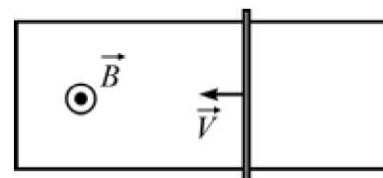
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Концентрация атомов газа в сосуде	Удельная теплоёмкость содержимого сосуда

**13** По гладким горизонтальным проводящим рельсам, находящимся в однородном вертикальном магнитном поле, движется прямая медная перемычка (см. рисунок – вид сверху). Концы рельсов соединены проводом. Определите, как направлен внутри контура, образованного рельсами, проводом и перемычкой, вектор индукции магнитного поля, создаваемого индуцированным током. Направление определите относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*). Ответ запишите словом (словами).



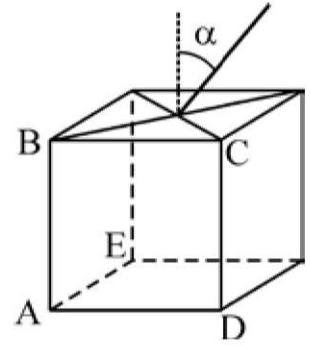
Ответ: \_\_\_\_\_.

**14** При перемещении точечного электрического заряда 6 мкКл в электростатическом поле из точки 1 в точку 2 действующая со стороны этого поля сила совершает работу 23 мкДж. При перемещении того же заряда из точки 1 в точку 3 в этом же электростатическом поле действующая со стороны поля сила совершает работу 5 мкДж. Чему равна разность потенциалов между точками 3 и 2 этого поля?

Ответ: \_\_\_\_\_ В.



15 В центр верхней грани прозрачного кубика под углом  $\alpha = 45^\circ$  падает луч света (см. рисунок). Плоскость падения луча параллельна плоскости передней грани кубика (ABCD). Преломлённый луч попадает в ребро AE кубика. Определите показатель преломления материала, из которого изготовлен кубик. Ответ округлите до сотых долей.



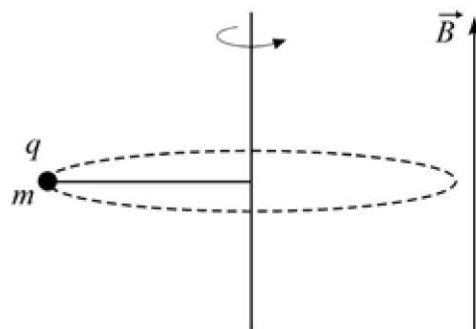
Ответ: \_\_\_\_\_.

16 Плоский конденсатор, пластины которого расположены вертикально, подключён к источнику постоянного напряжения. Пластины находятся в горизонтальном однородном магнитном поле, линии индукции которого параллельны пластинам. В пространство между пластинами влетает заряженная частица, вектор начальной скорости которой лежит в плоскости пластин. Действием силы тяжести можно пренебречь. Выберите **два** верных утверждения.

- 1) На частицу в течение всего времени нахождения между пластинами конденсатора будет действовать постоянная по модулю и по направлению электрическая сила.
- 2) Если вектор скорости частицы в некоторый момент направлен вертикально, то в этот момент равнодействующая сил, приложенных к частице, будет направлена горизонтально.
- 3) Если вектор начальной скорости частицы направлен горизонтально, то на частицу в течение всего времени нахождения между пластинами конденсатора не будет действовать сила Лоренца.
- 4) Частица будет двигаться между пластинами конденсатора по дуге окружности.
- 5) На частицу в течение всего времени нахождения между пластинами конденсатора будет действовать постоянная по модулю и по направлению сила Лоренца.

Ответ:

- 17 Маленький шарик массой  $m$  с зарядом  $q$ , закреплённый на непроводящей невесомой нерастяжимой нити, равномерно вращается, двигаясь по гладкой горизонтальной поверхности по окружности с некоторой постоянной по модулю скоростью  $V$  в однородном вертикальном магнитном поле  $\vec{B}$ .



Как изменятся модули действующих на шарик силы Лоренца и силы натяжения нити, если увеличить массу шарика, не изменяя других параметров?

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.

Модуль силы Лоренца	Модуль силы натяжения нити

- 18 Протон массой  $m$  движется в ускорителе со скоростью, близкой к скорости света, имея энергию  $E$ .

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

- А) скорость протона
- Б) модуль импульса протона

ФОРМУЛА

- 1)  $\frac{\sqrt{E^2 - m^2 c^4}}{c}$
- 2)  $\sqrt{2mE}$
- 3)  $\sqrt{\frac{2E}{m}}$
- 4)  $\frac{c}{E} \sqrt{E^2 - m^2 c^4}$

Ответ:

А	Б

- 19** В результате реакции  ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_Z^A\text{X} + {}_2^4\text{He}$  образуется некоторое ядро X. Каковы заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

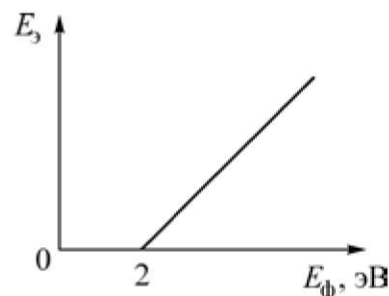
Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 20** Электрон в атоме водорода переходит с энергетического уровня с номером  $n = 3$  на энергетический уровень с  $n = 1$ . Чему равен модуль импульса испущенного при этом фотона? Ответ выразите в кг·м/с, умножьте на  $10^{29}$  и после этого округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 21** На рисунке изображена зависимость максимальной кинетической энергии  $E_s$  электрона, вылетающего с поверхности металлической пластинки, от энергии  $E_\phi$  падающего на пластинку фотона.



Пусть на поверхность этой пластинки падает свет, энергия фотона которого равна 5 эВ.

Установите соответствие между физическими величинами, указанными в таблице, и их значениями.

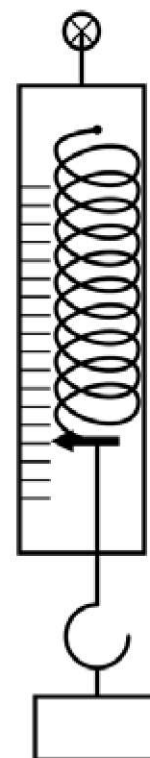
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЗНАЧЕНИЕ, эВ
А) Кинетическая энергия электрона, вылетающего с поверхности пластинки	1) 0 2) 2
Б) Работа выхода электронов с поверхности металла пластинки	3) 3 4) 7

Ответ: 

А	Б

- 22 Определите показания динамометра, изображенного на рисунке, если верхний штрих шкалы соответствует ненагруженному динамометру, цена деления равна  $0,2\text{ Н}$ , а погрешность прямого измерения модуля силы равна половине цены деления.



Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) Н.

- 23 Ученики выполняли лабораторную работу, посвящённую изучению явления электролиза. В инструкции было написано, что нужно подключить источник постоянного напряжения к двум угольным электродам, погружённым в электролитическую ванну с раствором медного купороса, а затем установить фиксированную силу тока в цепи и поддерживать её неизменной в течение определённого интервала времени. Масса выделившейся при электролизе меди определяется путём взвешивания соответствующего электрода до и после проведения эксперимента (перед взвешиванием электрод тщательно протирается от остатков электролита). Для выполнения этой работы ученикам было выдано следующее оборудование: сосуд с раствором медного купороса и электродами, аналитические весы, источник постоянного напряжения, секундомер, соединительные провода, фильтровальная бумага.

Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать, чтобы провести этот эксперимент?

- 1) амперметр
- 2) вольтметр
- 3) мензурка
- 4) линейка
- 5) реостат

Ответ:

24

Вокруг звезды главной последовательности обращается 3 экзопланеты, некоторые характеристики которых даны в таблице.

Планета	Большая полуось орбиты, а.е.	Период обращения, лет	Масса планеты, массы Земли	Радиус планеты, радиусы Земли
<i>b</i>	0,5	0,27	1,5	1,2
<i>c</i>	0,8	0,55	9	3,5
<i>d</i>	1,0	0,77	0,8	0,8

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют данным в условии.

- 1) У планеты *b* самая большая плотность.
- 2) При любом эксцентриситете орбиты планеты *b* меньшем 0,7 эта планета не пересечет круговую орбиту планеты *c*.
- 3) Планета *d* получает от своей звезды больше энергии, чем Земля от Солнца.
- 4) Вторая космическая скорость на орбите планеты *c* меньше, чем на орбите планеты *d*.
- 5) Звезда, вокруг которой обращаются эти экзопланеты, тяжелее Солнца.

Ответ:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

**Часть 2**

*Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 25** Брусок равномерно двигают по горизонтальной поверхности. В процессе движения по этой поверхности он проходит два участка одинаковой длины с различными коэффициентами трения. Известно, что на первом участке модуль работы силы трения 2,5 Дж, а на втором участке модуль работы силы трения 7,5 Дж. При этом на втором участке коэффициент трения на 0,4 больше, чем на первом. Определите, чему равен коэффициент трения на втором участке.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 26** Высокий вертикальный цилиндр закрыт тонким поршнем массой 2 кг и площадью  $200 \text{ см}^2$ . Под поршнем находится идеальный газ. Атмосферное давление над поршнем равно 101 кПа, расстояние между дном цилиндра и поршнем 1 м. Цилиндр перевернули так, что поршень оказался снизу, но не выпал из цилиндра. На сколько увеличилось расстояние между дном цилиндра и поршнем в состоянии равновесия? Температура газа в исходном и конечном состоянии одинакова.

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

- 27** Маленький шарик, несущий заряд 2 мкКл, подвешенный в вакууме на нити длиной 50 см, вращается в однородном вертикальном магнитном поле. При этом шарик движется в горизонтальной плоскости по окружности с постоянной угловой скоростью 20 рад/с, а нить всегда составляет с вертикалью угол  $30^\circ$ . Модуль силы Лоренца, действующей на этот шарик, равен 20 мкН. Определите модуль индукции магнитного поля.

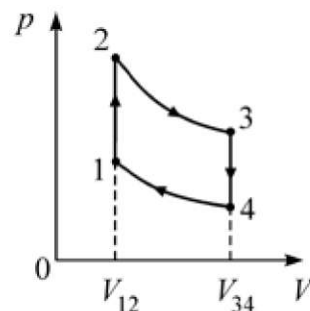
Ответ: \_\_\_\_\_ Тл.

*Для записи ответов на задания 28–32 используйте чистый лист. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем – решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

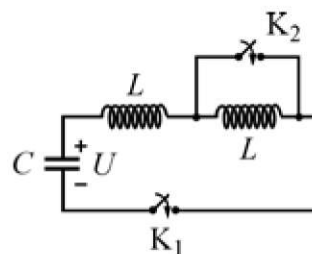
**28** Бабочки летают, быстро хлопая крыльями. Объясните с точки зрения физических законов и закономерностей, за счёт чего им удаётся удерживаться в воздухе. Оцените, с какой частотой  $\nu$  бабочке-мотыльку надо махать крыльями в воздухе плотностью  $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$ , чтобы не упасть, если масса бабочки  $m = 0,5 \text{ г}$ , площадь крыльев  $S = 8 \text{ см}^2$ , максимальная вертикальная скорость концов крыльев в полёте  $u = 1 \text{ м/с}$ . Считайте, что бабочка опускает крылья вниз плашмя, а поднимает их вверх ребром.

**29** Гоночный автомобиль едет по треку, имеющему на повороте радиусом  $R = 50 \text{ м}$  угол наклона полотна дороги к горизонту  $\alpha = 30^\circ$  внутрь поворота. С какой максимальной скоростью  $V$  может двигаться автомобиль, чтобы не заскользить и не вылететь с трека? Коэффициент трения колёс автомобиля о дорогу  $\mu = 0,8$ . Ответ выразите в км/ч.

**30** В тепловом двигателе в качестве рабочего тела используется идеальный газ, а цикл состоит из двух изохор 1–2 и 3–4 и двух адиабат 2–3 и 4–1 (см. рисунок). Известно, что в адиабатических процессах температура газа изменяется в  $n$  раз (растёт в процессе 4–1 и падает в процессе 2–3). Найдите  $n$ , если КПД цикла равен  $\eta = 0,4$ .



**31** В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, конденсатор ёмкостью  $C = 4 \text{ мкФ}$  в начальный момент заряжен до напряжения  $U = 100 \text{ В}$ , а оба ключа разомкнуты. Замкнув ключ  $K_1$ , к конденсатору подключили цепочку из двух последовательно соединённых катушек с одинаковой индуктивностью  $L = 20 \text{ мГн}$ , в результате чего в цепи возникли гармонические колебания. В момент, когда сила тока в цепи при этих колебаниях обратилась в ноль, замкнули ключ  $K_2$ . Как и на сколько изменилась после этого амплитуда колебаний силы тока в цепи?



32

Телескопические устройства состоят обычно из двух линз – длиннофокусного объектива и короткофокусного окуляра. В трубе системы Кеплера окуляр – лупа, т. е. собирающая линза, а в трубе системы Галилея окуляр – это рассеивающая линза. В обеих трубах фокальные плоскости объектива и окуляра совпадают, так что параллельный пучок света на входе в систему преобразуется в параллельный же пучок на её выходе. Рассмотрим две такие трубы с одинаковым угловым увеличением  $\Gamma = 50$ , с одинаковыми фокусными расстояниями объективов  $F = 100$  см и одинаковыми по модулю фокусными расстояниями  $f$  окуляров. Какая труба короче и на сколько?



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	$10^{-12}$

### Константы

число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

### Соотношения между различными единицами

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	$1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$

### 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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а. е. м.}$

**Астрономические величины**

средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$
температура поверхности Солнца	$T = 6000 \text{ К}$

**Плотность**

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

**Удельная теплоёмкость**

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

**Удельная теплота**

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

**Нормальные условия**

давление: $10^5 \text{ Па}$ , температура: $0 \text{ }^\circ\text{C}$
---

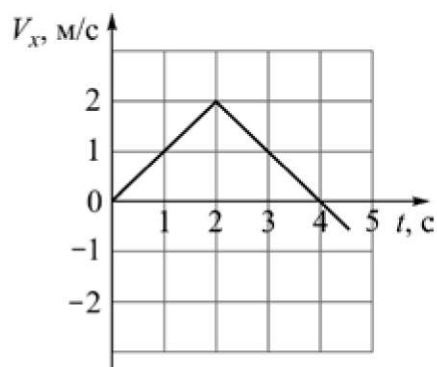
**Молярная масса**

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

## Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1 Точечное тело начинает прямолинейное движение вдоль оси  $Ox$ . На рисунке показана зависимость проекции скорости  $V_x$  этого тела от времени  $t$ . Чему равен модуль изменения координаты этого тела за четвертую секунду движения?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 Небольшое тело кладут на наклонную плоскость, угол при основании которой можно изменять. Если угол при основании наклонной плоскости равен  $20^\circ$ , то тело покоится и на него действует такая же по модулю сила трения, как и в случае, когда угол при основании наклонной плоскости равен  $47^\circ$ . Чему равен коэффициент трения между наклонной плоскостью и телом? Ответ округлите до десятых долей.

Ответ: \_\_\_\_\_.

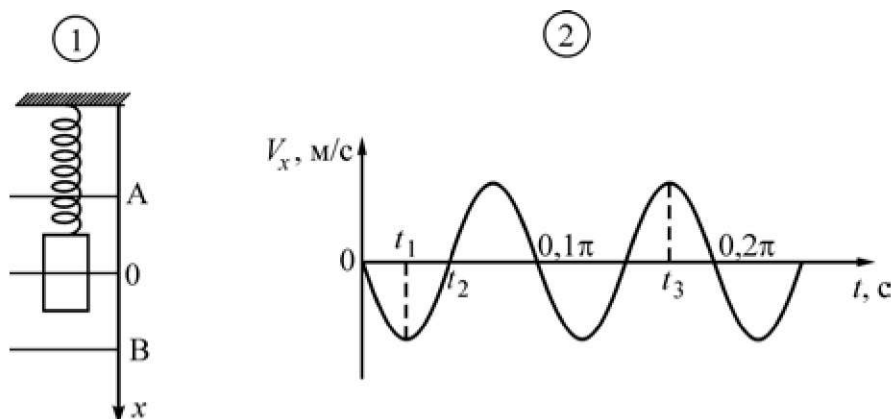
- 3 Навстречу тележке массой  $4,75$  кг, движущейся по инерции равномерно со скоростью  $2$  м/с по гладким горизонтальным рельсам, летит шар массой  $0,25$  кг со скоростью  $40$  м/с. После столкновения шар застревает в песке, насыпанном на тележку. Определите, во сколько раз отличаются модули начального (до застревания шара в песке) и конечного импульса тележки (без шара).

Ответ: \_\_\_\_\_.

4 На плавающем в воде теле объёмом  $500 \text{ см}^3$  стоит кубик массой  $100 \text{ г}$ . При этом тело погружено в воду целиком, а кубик весь находится над водой. Чему станет равным объём погружённой в воду части тела, если снять с него кубик? В обоих случаях плавание тела является установившимся. Ответ выразите в кубических сантиметрах и округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{см}^3$ .

5 Груз совершает свободные вертикальные гармонические колебания на пружине жёсткостью  $100 \text{ Н/м}$ . На рисунке 1 изображена схема экспериментальной установки, указаны положение равновесия (0) и положения максимальных отклонений груза (А и В). На рисунке 2 изображена зависимость проекции скорости  $V_x$  этого груза от времени  $t$ .



На основании анализа графика и схематического изображения экспериментальной установки выберите из приведённого ниже списка два правильных утверждения и укажите их номера.

- 1) Масса груза равна  $250 \text{ г}$ .
- 2) В момент времени  $t = 0$  груз находился в положении В.
- 3) В момент времени  $t_1$  кинетическая энергия груза была минимальна.
- 4) В момент времени  $t_2$  потенциальная энергия пружины меньше кинетической энергии груза.
- 5) В момент времени  $t_3$  кинетическая энергия груза меньше, чем в момент времени  $t_1$ .

Ответ: 

--	--

**6** Маятник совершает вынужденные колебания под действием внешней силы, изменяющейся по гармоническому закону, причём частота изменения этой силы такова, что наблюдается резонанс. Затем частоту изменения внешней силы уменьшают.

Определите, как изменятся через достаточно продолжительное время следующие физические величины: амплитуда колебаний маятника, частота вынужденных колебаний маятника.

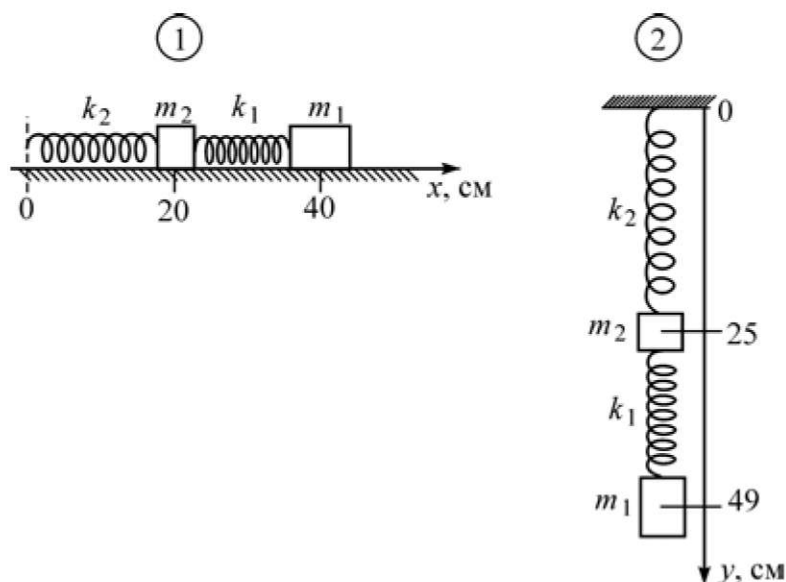
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Амплитуда колебаний маятника	Частота вынужденных колебаний маятника

**7** На рисунке 1 изображены две лёгкие пружины с различными коэффициентами жёсткости ( $k_1 = 200$  Н/м и  $k_2 = 500$  Н/м), соединённые с грузами различных масс. Пружины не деформированы. Затем свободный (левый) конец этой конструкции прикрепляют к потолку (см. рисунок 2).



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями в СИ.

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЗНАЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ СИ
А) сумма масс грузов $m_1 + m_2$	1) 0,8
Б) отношение удлинений нижней и верхней пружин $\frac{\Delta l_1}{\Delta l_2}$	2) 1,25
	3) 2,125
	4) 2,5

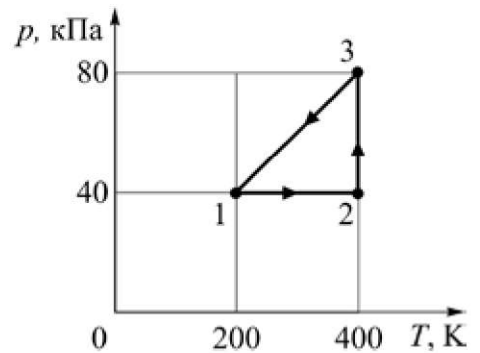
Ответ:

А	Б

**8** В результате некоторого процесса средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения молекул идеального газа уменьшилась в 3 раза, а давление возросло в 2 раза. Во сколько раз изменилась концентрация молекул газа, если число молекул осталось неизменным?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**9** С двумя молями одноатомного идеального газа совершают циклический процесс 1–2–3–1 (см. рисунок). Чему равна работа, совершаемая газом на участке 1–2 в этом циклическом процессе?



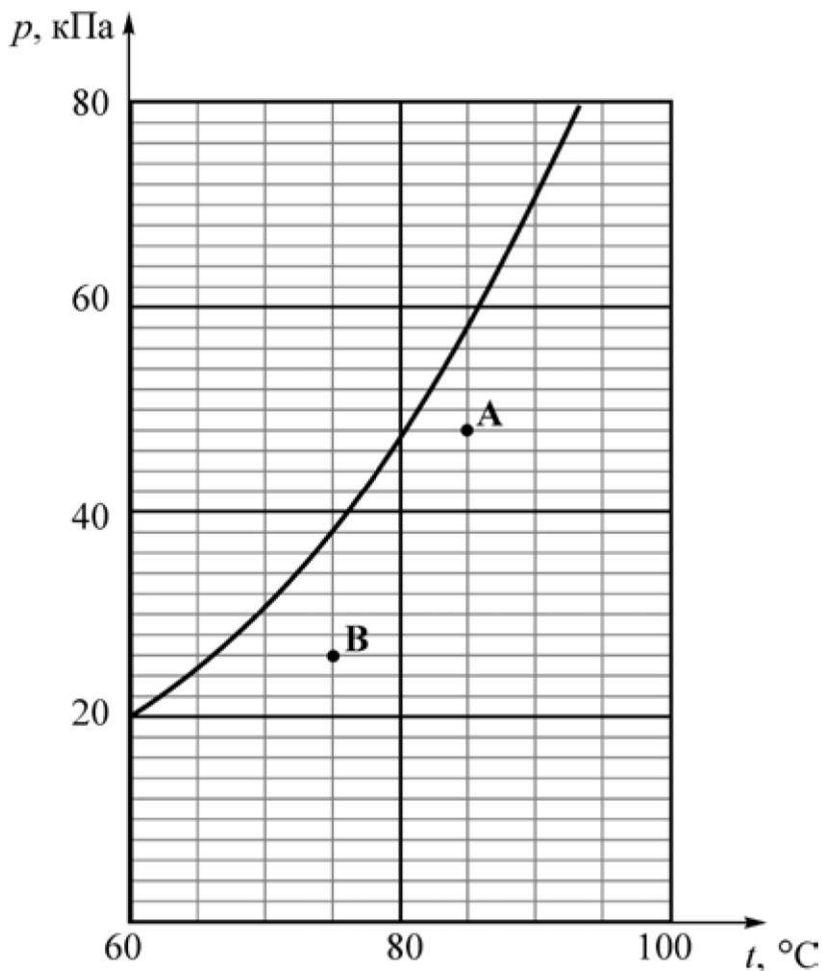
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

**10** Кусок свинца, находившийся при температуре  $+27,5^\circ\text{C}$ , начали нагревать, подводя к нему постоянную тепловую мощность. Через 39 секунд после начала нагревания свинец достиг температуры плавления  $+327,5^\circ\text{C}$ . Через сколько секунд после этого момента кусок свинца расплавится? Потери теплоты отсутствуют.

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

**11** На рисунке показан фрагмент графика зависимости давления  $p$  насыщенного водяного пара от температуры  $t$ . Точки А и В на этом графике соответствуют значениям давления и температуры в сосудах с водяным паром А и В соответственно.

Выберите **два** верных утверждения на основании анализа представленного графика.



- 1) Относительная влажность в сосуде А больше относительной влажности в сосуде В.
- 2) Для того чтобы в сосуде В выпала роса, необходимо, не изменяя давления в этом сосуде, уменьшить температуру в нём менее чем на 5 градусов.
- 3) Для того чтобы в сосуде А выпала роса, необходимо, не изменяя температуру в этом сосуде, увеличить давление в нём менее чем на 5 кПа.
- 4) Абсолютная влажность в сосуде А равна  $0,29 \text{ кг/м}^3$ .
- 5) Абсолютная влажность в сосуде В равна  $0,75 \text{ кг/м}^3$ .

Ответ:

--	--

**12** В закрытом сосуде с жёсткими стенками находится 0,2 моля гелия. Из сосуда выпускают половину газа и накачивают в сосуд взамен 0,1 моля аргона, поддерживая температуру неизменной.

Определите, как в результате этого изменяются следующие физические величины: давление в сосуде, удельная теплоёмкость содержимого сосуда.

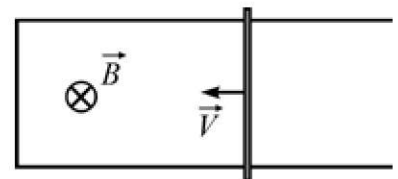
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Давление в сосуде	Удельная теплоёмкость содержимого сосуда

**13** По гладким горизонтальным проводящим рельсам, находящимся в однородном вертикальном магнитном поле, движется прямая медная перемычка (см. рисунок – вид сверху). Концы рельсов соединены проводом. Определите, как направлен внутри контура, образованного рельсами, проводом и перемычкой, вектор индукции магнитного поля, создаваемого индуцированным током. Направление определите относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*). *Ответ запишите словом (словами).*



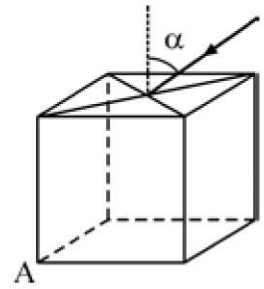
Ответ: \_\_\_\_\_.

**14** При перемещении точечного электрического заряда 5 мкКл в электростатическом поле из точки 1 в точку 2 действующая со стороны этого поля сила совершает работу 17 мкДж. При перемещении того же заряда из точки 1 в точку 3 в этом же электростатическом поле действующая со стороны поля сила совершает работу 7 мкДж. Чему равна разность потенциалов между точками 3 и 2 этого поля?

Ответ: \_\_\_\_\_ В.



- 15 В центр верхней грани прозрачного кубика под углом  $\alpha = 60^\circ$  падает луч света (см. рисунок). Преломлённый луч попадает в вершину А кубика. Определите показатель преломления материала, из которого изготовлен кубик.



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 16 Плоский конденсатор, пластины которого расположены вертикально, подключён к источнику постоянного напряжения. Пластины находятся в вертикальном однородном магнитном поле. В пространство между пластинами влетает заряженная частица, вектор начальной скорости которой лежит в плоскости пластин. Действием силы тяжести можно пренебречь. Выберите **два** верных утверждения.

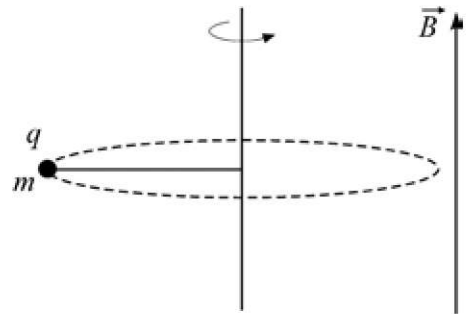
- 1) Если вектор начальной скорости частицы направлен вертикально, то на частицу в течение всего времени нахождения между пластинами конденсатора не будет действовать сила Лоренца.
- 2) Частица будет двигаться между пластинами конденсатора по дуге окружности.
- 3) На частицу в течение всего времени нахождения между пластинами конденсатора будет действовать постоянная по модулю и по направлению электрическая сила.
- 4) На частицу в течение всего времени нахождения между пластинами конденсатора будет действовать постоянная по модулю и по направлению сила Лоренца.
- 5) Если вектор скорости частицы в некоторый момент направлен горизонтально, то в этот момент равнодействующая сил, приложенных к частице, также будет направлена горизонтально.

Ответ: 

--	--

17

Маленький шарик массой  $m$  с зарядом  $q$ , закреплённый на непроводящей невесомой нерастяжимой нити, равномерно вращается, двигаясь по гладкой горизонтальной поверхности по окружности с некоторой постоянной по модулю скоростью  $V$  в однородном вертикальном магнитном поле  $\vec{B}$ .



Как изменятся модули действующих на шарик силы натяжения нити и силы Лоренца, если увеличить длину нити, не изменяя других параметров?

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.

Модуль силы натяжения нити	Модуль силы Лоренца

18

Протон массой  $m$  движется в ускорителе со скоростью, близкой к скорости света, имея модуль импульса  $p$ .

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

- А) Скорость протона
- Б) Энергия протона

ФОРМУЛА

- 1)  $p/c$
- 2)  $\frac{pc}{\sqrt{p^2 + m^2c^2}}$
- 3)  $\sqrt{m^2c^4 + p^2c^2}$
- 4)  $\frac{p^2}{2m}$

Ответ:

А	Б

- 19** В результате реакции  ${}_{13}^{27}\text{Al} + \gamma \rightarrow {}_Z^A\text{X} + {}_{12}^{26}\text{Mg}$  образуется некоторое ядро X. Каковы заряд образовавшегося ядра Z (в единицах элементарного заряда) и его массовое число A?

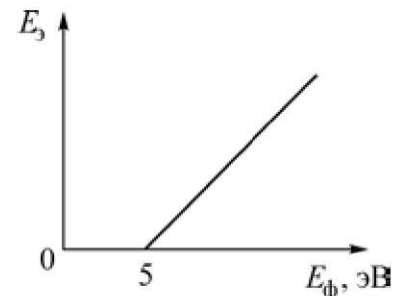
Заряд ядра Z	Массовое число ядра A

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 20** Электрон в атоме водорода переходит с энергетического уровня с номером  $n = 2$  на энергетический уровень с  $n = 1$ . Чему равен модуль импульса испущенного при этом фотона? Ответ выразите в кг·м/с, умножьте на  $10^{29}$  и после этого округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 21** На рисунке изображена зависимость максимальной кинетической энергии  $E_e$  электрона, вылетающего с поверхности металлической пластинки, от энергии  $E_\phi$  падающего на пластинку фотона.



Пусть на поверхность этой пластинки падает свет, энергия фотона которого равна 3 эВ.

Установите соответствие между физическими величинами, указанными в таблице, и их значениями.

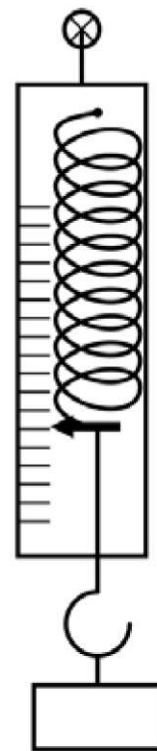
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЗНАЧЕНИЕ, эВ
А) работа выхода электронов с поверхности металла пластинки	1) 8 2) 5
Б) кинетическая энергия вылетающего с поверхности пластинки электрона	3) 2 4) 0

Ответ: 

А	Б

- 22 Определите показания динамометра, изображенного на рисунке, если верхний штрих шкалы соответствует ненагруженному динамометру, цена деления равна 0,2 Н, а погрешность прямого измерения модуля силы равна половине цены деления.



Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) Н.

- 23 Ученики выполняли лабораторную работу, посвящённую изучению явления электролиза. В инструкции было написано, что нужно подключить источник постоянного напряжения к двум угольным электродам, погружённым в электролитическую ванну с раствором медного купороса, а затем установить фиксированную силу тока в цепи и поддерживать её неизменной в течение определённого интервала времени. Масса выделившейся при электролизе меди определяется путём взвешивания соответствующего электрода до и после проведения эксперимента (перед взвешиванием электрод тщательно протирается от остатков электролита). Для выполнения этой работы ученикам было выдано следующее оборудование: сосуд с раствором медного купороса, аналитические весы, реостат, источник постоянного напряжения, соединительные провода, фильтровальная бумага. Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать, чтобы провести этот эксперимент?

- 1) мензурка
- 2) вольтметр
- 3) амперметр
- 4) секундомер
- 5) линейка

Ответ:

--	--

24

Вокруг звезды массой  $0,512$  масс Солнца обращаются по круговым орбитам 3 экзопланеты, некоторые характеристики которых даны в таблице. Все орбиты и луч зрения лежат в одной плоскости.

Планета	Большая полуось орбиты, а.е.	Радиус планеты, радиусы Земли	Масса планеты, массы Земли
$b$	0,5	0,5	0,1
$c$	0,8	0,6	0,4
$d$	1,0	3,5	15

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют данным в условии.

- 1) Период обращения планеты  $c$  равен 1 году.
- 2) Орбитальная скорость планеты  $c$  равна средней орбитальной скорости Земли.
- 3) Планета  $c$  имеет наибольшую плотность.
- 4) При наблюдении прохождения планет по диску звезды продолжительность прохождения планеты  $c$  наибольшая.
- 5) При наблюдении прохождения планет по диску звезды глубина затмения планетой  $c$  (т. е. уменьшение блеска звезды) максимальна.

Ответ:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

## Часть 2

*Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 25 Брусок равномерно двигают по горизонтальной поверхности. В процессе движения по этой поверхности он проходит два участка одинаковой длины с различными коэффициентами трения. Известно, что на первом участке модуль работы силы трения 4 Дж, а на втором участке модуль работы силы трения 9 Дж. При этом на втором участке коэффициент трения на 0,25 больше, чем на первом. Определите, чему равен коэффициент трения на первом участке.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 26 Высокий вертикальный цилиндр закрыт тонким поршнем массой 1 кг и площадью  $100 \text{ см}^2$ . Под поршнем находится идеальный газ. Атмосферное давление над поршнем равно 101 кПа, расстояние между дном цилиндра и поршнем 50 см. Цилиндр перевернули так, что поршень оказался снизу, но не выпал из цилиндра. На сколько увеличилось расстояние между дном цилиндра и поршнем в состоянии равновесия? Температура газа в исходном и конечном состоянии одинакова.

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

- 27 Маленький шарик, несущий заряд 20 нКл, подвешенный в вакууме на нити длиной 50 см, вращается в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 5 Тл. При этом шарик движется в горизонтальной плоскости по окружности с постоянной угловой скоростью, а нить всегда составляет с вертикалью угол  $30^\circ$ . Модуль силы Лоренца, действующей на этот шарик, равен 6,28 мкН. Чему равен период обращения этого шарика?

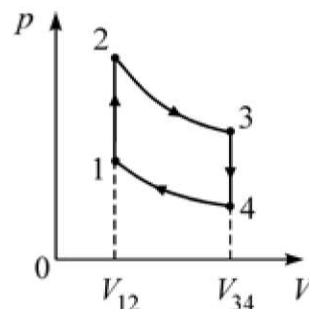
Ответ: \_\_\_\_\_ мс.

*Для записи ответов на задания 28–32 используйте чистый лист. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем – решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

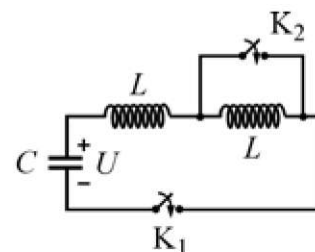
- 28** Бабочки летают, быстро хлопая крыльями. Объясните с точки зрения физических законов и закономерностей, за счёт чего им удаётся удерживаться в воздухе. Оцените, с какой частотой  $\nu$  бабочке-монарху надо махать крыльями в воздухе плотностью  $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$ , чтобы не упасть, если масса бабочки  $m = 1 \text{ г}$ , площадь крыльев  $S = 20 \text{ см}^2$ , максимальная вертикальная скорость концов крыльев в полёте  $u = 2 \text{ м/с}$ . Считайте, что бабочка опускает крылья вниз плашмя, а поднимает их вверх ребром.

- 29** Гонимый автомобиль едет по треку, имеющему на повороте радиусом  $R = 100 \text{ м}$  угол наклона полотна дороги к горизонту  $\alpha = 15^\circ$  внутрь поворота. С какой максимальной скоростью  $V$  может двигаться автомобиль, чтобы не заскользить и не вылететь с трека? Коэффициент трения колёс автомобиля о дорогу  $\mu = 0,9$ . Ответ выразите в км/ч.

- 30** В тепловом двигателе в качестве рабочего тела используется идеальный газ, а цикл состоит из двух изохор 1–2 и 3–4 и двух адиабат 2–3 и 4–1 (см. рисунок). Известно, что в адиабатических процессах температура газа изменяется в  $n = 2$  раза (растёт в процессе 4–1 и падает в процессе 2–3). Найдите КПД цикла.



- 31** В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, конденсатор ёмкостью  $C = 9 \text{ мкФ}$  в начальный момент заряжен до напряжения  $U = 50 \text{ В}$ , к нему подключена цепочка из двух последовательно соединённых катушек с одинаковой индуктивностью  $L = 10 \text{ мГн}$ , а оба ключа разомкнуты. Вначале замкнули ключ  $K_2$ , а потом ключ  $K_1$ , в результате чего в цепи возникли гармонические колебания. В момент, когда сила тока в цепи при этих колебаниях обратилась в ноль, разомкнули ключ  $K_2$ . Как и на сколько изменилась после этого амплитуда колебаний силы тока в цепи?



**32**

Телескопические устройства состоят обычно из двух линз – длиннофокусного объектива и короткофокусного окуляра. В трубе системы Кеплера окуляр – лупа, т.е. собирающая линза, а в трубе системы Галилея окуляр – это рассеивающая линза. В обеих трубах фокальные плоскости объектива и окуляра совпадают, так что параллельный пучок света на входе в систему преобразуется в параллельный же пучок на её выходе. Рассмотрим две такие трубы с одинаковым угловым увеличением  $\Gamma = 20$ , с одинаковыми фокусными расстояниями объективов  $l' = 50$  см и одинаковыми по модулю фокусными расстояниями  $f$  окуляров. Какая труба короче и на сколько?