

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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

## Масса частиц

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

## Плотность

воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	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	$4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	640 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

www.ctege.info

## Удельная теплота

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 °С

## Молярная масса

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

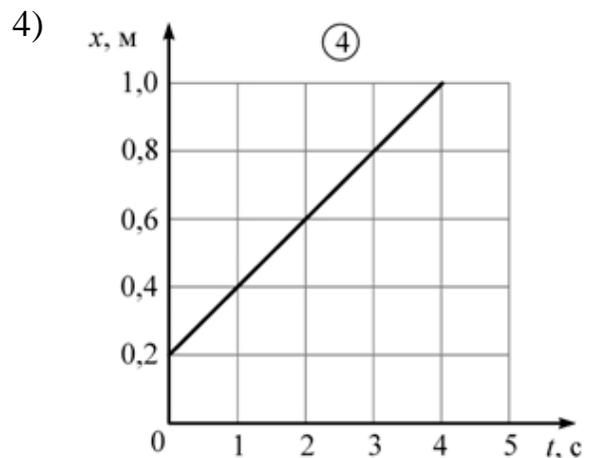
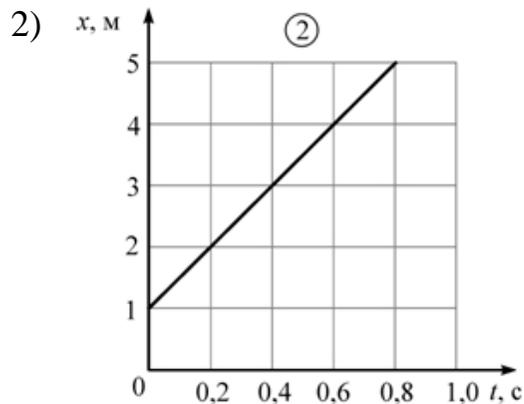
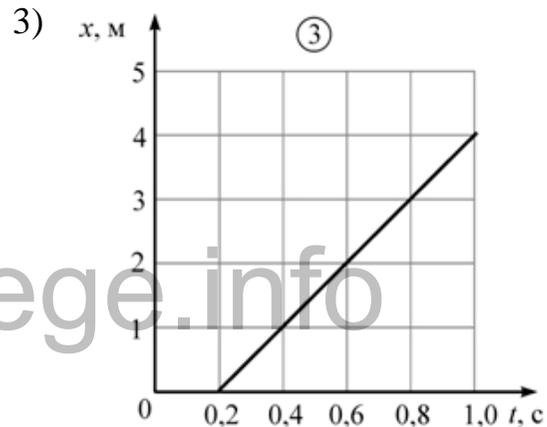
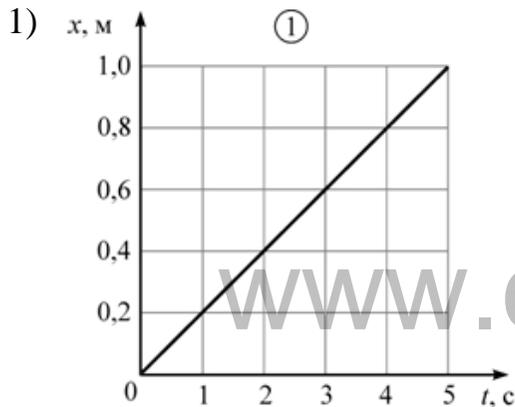
*Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**1**

Тело движется по плоскому столу, на котором мелом нарисованы координатные оси  $OX$  и  $OY$ . В таблице приведена экспериментально полученная зависимость координаты  $x$  этого тела от времени  $t$ .

$t, \text{с}$	0	1	2	3	4
$x, \text{м}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0

Какой из изображённых ниже графиков соответствует этой таблице?



Ответ:

2 Лошадь тянет телегу с постоянной скоростью. В соответствии с третьим законом Ньютона равны друг другу по модулю силы взаимодействия

- 1) лошади с телегой и телеги с лошадью
- 2) лошади с землёй и телеги с землёй
- 3) лошади с телегой и телеги с землёй
- 4) лошади с телегой и лошади с землёй

Ответ:

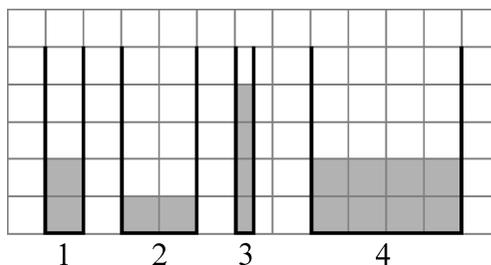
3 Модуль силы гравитационного взаимодействия двух точечных тел, расположенных на расстоянии четырёх метров друг от друга, равен 5 Н. Каков будет модуль силы гравитационного взаимодействия этих тел, если расстояние между ними увеличить на 1 м?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

4 Тела 1 и 2 взаимодействуют только друг с другом. Изменение кинетической энергии тела 2 за некоторый промежуток времени равно 10 Дж. Работа, которую совершили за этот же промежуток времени силы взаимодействия тел 1 и 2, равна 30 Дж. Чему равно изменение кинетической энергии тела 1 за это время?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

5 В четыре сосуда, вертикальные сечения которых показаны на рисунке, налита вода. Одна клеточка на рисунке соответствует 10 см. В одном из этих сосудов гидростатическое давление на дно максимально. Чему оно равно?



Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

6

Шарик свободно падает без начальной скорости сначала с высоты 20 м над землёй, а затем – с высоты 40 м над землёй. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Определите, как в результате этого изменятся следующие физические величины: путь, пройденный шариком за вторую секунду полёта; путь, пройденный шариком за последнюю секунду полёта.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

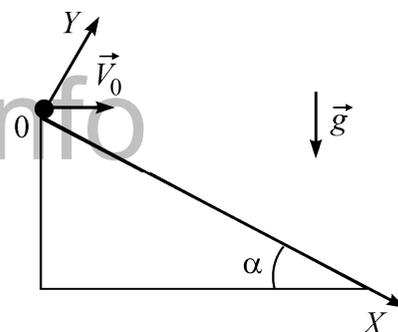
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Путь, пройденный шариком за вторую секунду полёта	Путь, пройденный шариком за последнюю секунду полёта

7

С вершины наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  горизонтально бросают точечное тело с начальной скоростью  $V_0 = 20$  м/с.

В системе координат, изображённой на рисунке, установите соответствие между физическими величинами, выраженными в системе единиц СИ, и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА (в СИ)

ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ

- |  |                   |
|--|-------------------|
| А) модуль проекции ускорения на ось $OY$ | 1) $\approx 22,3$ |
| через 1 секунду после начала движения    | 2) $\approx 17,3$ |
| тела                                     | 3) $\approx 8,7$  |
| Б) модуль проекции скорости на ось $OX$  | 4) $\approx 10$   |
| через 1 секунду после начала движения    |                   |
| тела                                     |                   |

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

8

В учебнике физики в одном из параграфов написано: «При увеличении температуры возрастает амплитуда колебаний атомов вокруг их положений равновесия. Так продолжается до тех пор, пока силы межатомарного взаимодействия могут удерживать атомы в узлах решётки. При достаточно высокой температуре связи между атомами разрываются, и начинается процесс перехода вещества в другое агрегатное состояние».

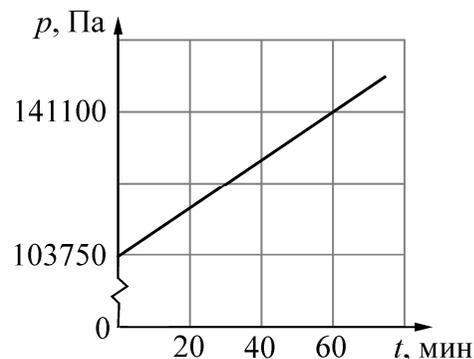
В этом параграфе описывается модель строения

- 1) газа                      2) жидкости                      3) твёрдого тела                      4) плазмы

Ответ:

9

Два моля идеального газа, находящегося в закрытом сосуде при температуре 300 К, начинают нагревать. График зависимости давления  $p$  этого газа от времени  $t$  изображён на рисунке. Объём сосуда, в котором находится газ, равен



- 1)  $\approx 12$  л                      2)  $\approx 24$  л                      3)  $\approx 35$  л                      4)  $\approx 48$  л

Ответ:

10

В сосуде под поршнем находится водяной пар. Объём пространства под поршнем уменьшили в 4 раза при постоянной температуре, при этом давление пара увеличилось в 2 раза. Из этого следует, что в начальном состоянии относительная влажность была равна

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

11

Постоянное количество идеального газа охлаждается так, что его давление изменяется прямо пропорционально температуре.

Как в этом процессе изменяются следующие физические величины: объём газа; внутренняя энергия газа?

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.

Объём газа	Внутренняя энергия газа

12

Некоторое количество одноатомного идеального газа с молярной массой  $M$  находится при температуре  $T$ . Установите соответствие между пропущенным обозначением физической величины в формулах, представленных в левом столбце – для А) давления этого газа и Б) его внутренней энергии, и величинами, представленными в правом столбце. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца.

ФОРМУЛА

ОБОЗНАЧЕНИЕ

ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

А)  $p = \frac{\_\_\_ \cdot RT}{M}$

1)  $V$ 2)  $\rho$ 

Б)  $U = \frac{3}{2} \cdot \_\_\_ \cdot RT$

3)  $v$ 4)  $N$ 

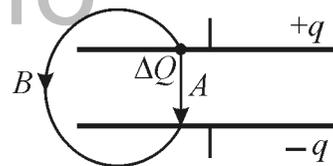
Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

13

Пластины плоского конденсатора несут заряды  $+q$  и  $-q$ . Для того чтобы изменить разность потенциалов между пластинами конденсатора, пробный заряд  $\Delta Q$  можно перенести с положительно заряженной пластины на отрицательно заряженную либо по пути А, либо по пути В. Работа, совершённая электростатическим полем конденсатора при перемещении пробного заряда, будет



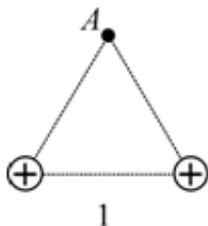
- 1) больше при движении по пути А, так как снаружи конденсатора напряжённость электрического поля меньше, чем между пластинами
- 2) больше при движении по пути В, так как перемещение пробного заряда при движении по пути В больше, чем при движении по пути А
- 3) одинакова при движении по пути А и по пути В, так как работа электростатической силы не зависит от вида траектории, по которой перемещается пробный заряд
- 4) равна нулю и при движении по пути А, и при движении по пути В, так как суммарная работа при перемещении пробного заряда по замкнутому контуру равна нулю

Ответ:

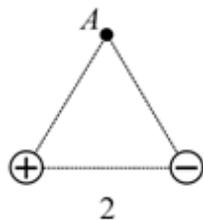
14

Два одинаковых по модулю точечных заряда находятся на расстоянии  $r$  друг от друга. На таком же расстоянии  $r$  от каждого из зарядов находится точка  $A$ . На каком из следующих рисунков изображена система зарядов, для которой вектор напряжённости электростатического поля в точке  $A$  направлен вертикально вверх (перпендикулярно линии, соединяющей заряды, от этой линии)?

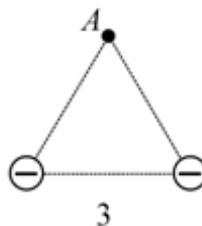
1)



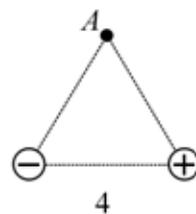
2)



3)



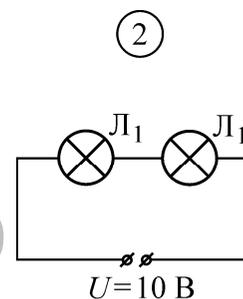
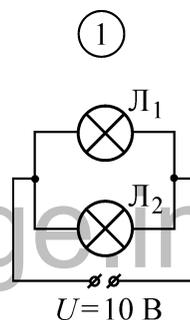
4)



Ответ:

15

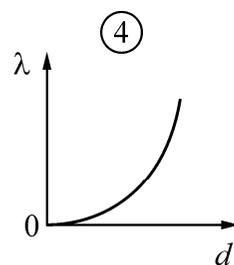
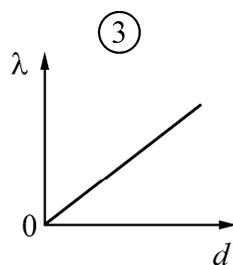
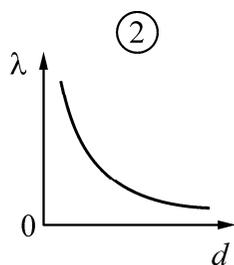
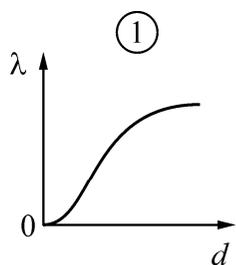
Лампочка  $L_1$  имеет сопротивление  $R$ , а лампочка  $L_2$  имеет сопротивление  $2R$ . Эти лампочки подключают двумя разными способами, изображёнными на рисунках 1 и 2. Во сколько раз отличаются мощности, выделяющиеся в лампочке  $L_1$  в первом и во втором случае?



Ответ: \_\_\_\_\_.

16

Колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности. В конденсаторе плавно изменяют расстояние между его пластинами. На каком из рисунков правильно изображена зависимость длины волны  $\lambda$  электромагнитных волн, излучаемых этим контуром, от расстояния  $d$  между пластинами конденсатора?



Ответ: \_\_\_\_\_.

17

На пластинах плоского воздушного конденсатора находятся электрические заряды  $+q$  и  $-q$ . Площадь каждой пластины  $S$ , расстояние между ними  $d$ . Конденсатор отключён от источника.

Как изменятся следующие физические величины: 1) модуль напряжённости поля в конденсаторе; 2) ёмкость конденсатора, если увеличить расстояние между пластинами?

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 напряжённости поля в конденсаторе	Ёмкость конденсатора

18

Пучок медленных электронов массой  $m$  с зарядом  $e$  разгоняется в электронно-лучевой трубке, проходя большую ускоряющую разность потенциалов  $U$ . Концентрация электронов в пучке после ускорения равна  $n$ , площадь поперечного сечения пучка  $S$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно определить.

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ФОРМУЛА
А) скорость электронов в пучке после ускорения	1) $\sqrt{\frac{eU}{2m}}$
Б) сила тока в пучке после ускорения	2) $\sqrt{\frac{2eU}{m}}$
	3) $enS\sqrt{\frac{2eU}{m}}$
	4) $enS\sqrt{\frac{eU}{2m}}$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

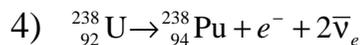
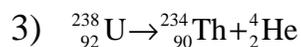
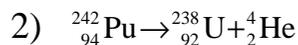
Ответ:

А	Б

19 Сколько электронов вращается вокруг ядра атома  $^{89}_{39}\text{Y}$  ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

20 Ученик записал четыре уравнения ядерных реакций.  
Какое из этих уравнений является **неправильным**?



Ответ:

21 Существование давления света было экспериментально доказано в опытах, поставленных

1) Ш. Кулоном 2) А.Г. Столетовым 3) П.Н. Лебедевым 4) Э. Резерфордом

Ответ:

www.ctege.info

22 Ядро элемента  $^A_Z\text{X}$  претерпевает альфа-распад.

Как изменятся следующие физические величины: 1) зарядовое число; 2) массовое число у образовавшегося (дочернего) ядра по отношению к исходному?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится

2) уменьшится

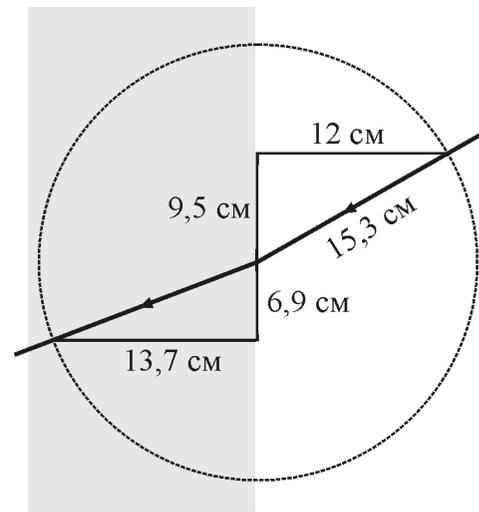
3) не изменится

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

Зарядовое число	Массовое число

23

На лабораторной работе ученику нужно было определить показатель преломления вещества. Для этого он положил на лист бумаги прозрачную пластинку из неизвестного материала и направил луч света лазерной указки под некоторым углом к боковой поверхности пластинки. Отметив на бумаге ход луча в воздухе и в пластинке, он нарисовал окружность с центром в точке его преломления и построил два прямоугольных треугольника с гипотенузами, равными радиусу окружности, совпадающими с направлением хода луча (см. рисунок, вид сверху, серым цветом показана пластинка). С помощью этих построений ученик определил показатель преломления материала пластинки, который оказался равен



1)  $\approx 1,14$

2)  $\approx 1,98$

3)  $\approx 1,38$

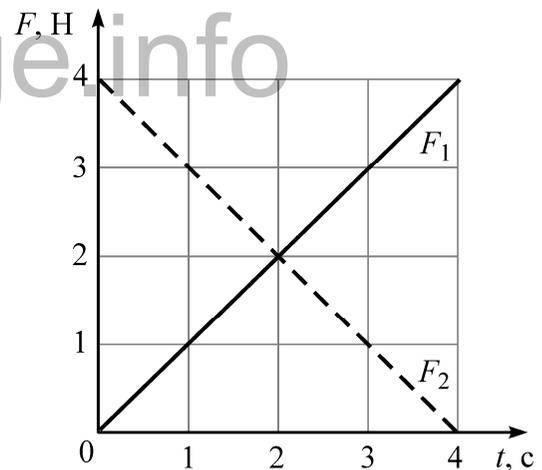
4)  $\approx 1,61$

Ответ:

24

На гладкой горизонтальной поверхности покоится точечное тело массой 2 кг в точке с координатой  $x=0$ . В момент времени  $t=0$  с на это тело одновременно начинают действовать две горизонтальные силы  $F_1$  и  $F_2$ , направленные в положительном направлении оси  $Ox$ , модули которых зависят от времени  $t$  так, как показано на рисунке.

Выберите **два** правильных утверждения и запишите в таблицу цифры, под которыми указаны эти утверждения.



1) В момент времени  $t=2$  с равнодействующая сил, действующих на тело, больше, чем в начальный момент времени.

2) Тело движется с переменным ускорением.

3) В момент времени  $t=2$  с ускорение тела равно  $2 \text{ м/с}^2$ .

4) В момент времени  $t=2$  с скорость тела равна  $4 \text{ м/с}$ .

5) В момент времени  $t=2$  с импульс тела равен нулю.

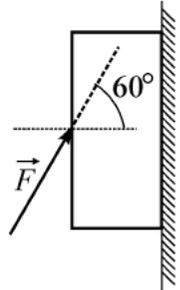
Ответ:

## 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, касающийся вертикальной стены, удерживается в неподвижном состоянии силой  $\vec{F}$ , направленной под углом  $60^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и стеной равен  $\frac{\sqrt{3}}{2}$ . Для того чтобы брусок не скользил вниз, минимальное значение модуля силы  $\vec{F}$  должно быть равно  $F = 20$  Н. Найдите массу бруска. Ответ выразите в кг и округлите до десятых долей.



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

26

Идеальный одноатомный газ медленно переводят из состояния 1 в состояние 2. Известно, что в процессе  $1 \rightarrow 2$  давление газа изменялось прямо пропорционально его объёму, а внутренняя энергия газа в этом процессе увеличилась на 6 Дж. Какую работу совершил газ в этом процессе?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

27

Катушку индуктивности с нулевым сопротивлением подсоединяют к аккумулятору с ЭДС 1,5 В, внутреннее сопротивление которого также пренебрежимо мало. Через 4 с после подсоединения сила тока, текущего через катушку, оказалась равной 10 А. Чему равна индуктивность катушки? Ответ выразите в Гн и округлите до десятых долей.

Ответ: \_\_\_\_\_ Гн.

Для записи ответов на задания этой части (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

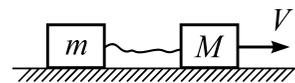
В какое время года – зимнее или летнее – оставленные дома на столе куски хлеба быстрее зачерствеют, а в какое дольше останутся мягкими, но при этом заплесневеют?

Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.

**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

В системе, изображённой на рисунке, масса левого груза, лежащего на гладкой горизонтальной плоскости, равна  $m = 2$  кг. Масса правого груза, скользящего по плоскости со скоростью  $V = 2$  м/с, равна  $M = 3$  кг. Грузы соединены неупругим невесомым ненапрянутым вначале шнуром, таким, что после его натяжения скорости грузов выравниваются. Какое количество теплоты  $Q$  выделится в системе в результате этого выравнивания скоростей грузов?



30

В калориметр поместили  $m = 200$  г льда при температуре  $t_1 = -18$  °С, затем сообщили льду количество теплоты  $Q = 120$  кДж и добавили в калориметр ещё  $M = 102$  г льда при температуре  $t_2 = 0$  °С. Какая температура  $t_3$  установилась в калориметре в состоянии равновесия? Теплообменом содержимого калориметра с окружающей средой и теплоёмкостью калориметра можно пренебречь.

www.ctege.info

31

Входной контур коротковолнового радиоприёмника был настроен на частоту, соответствующую длине волны  $\lambda_1 = 16$  м. После того как контур перестроили, изменив положение ферромагнитного сердечника внутри катушки индуктивности контура и сдвинув пластины его плоского воздушного конденсатора до вдвое меньшего расстояния между ними, резонансная частота контура стала равной  $\nu_2 = 10$  МГц. Как и во сколько раз  $n$  изменилась при этом индуктивность катушки контура?

32

Мальчик, занимавшийся весной на улице выжиганием по дереву при помощи фокусировки солнечного света лупой, случайно забрызгал деревянную поверхность, и на ней появились капли воды объёмом  $V = 1$  мм<sup>3</sup>. Сколько времени займёт испарение одной такой капли, если солнечная постоянная равна  $C = 1,4$  кВт/м<sup>2</sup>, диаметр лупы  $D = 5$  см, начальная температура капель близка к 0 °С и весь сфокусированный лупой свет поглощается каплей?

*Справка:* Солнечная постоянная – это энергия излучения Солнца, попадающая в единицу времени на единицу площади при нормальном падении солнечного света.

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

### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	сантиметры	см	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	мм	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мкм	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	нм	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пико	пм	$10^{-12}$

### 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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

## Масса частиц

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

## Плотность

воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	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	$4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	640 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

www.ctege.info

## Удельная теплота

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 °С

## Молярная масса

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

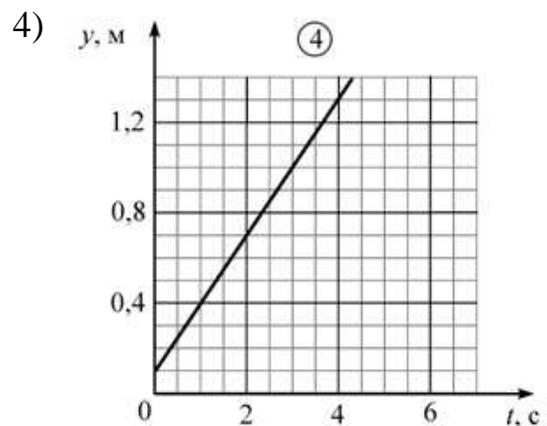
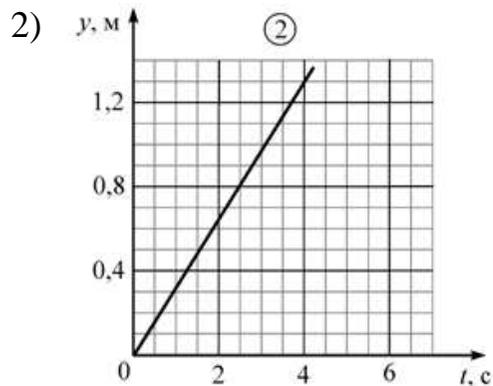
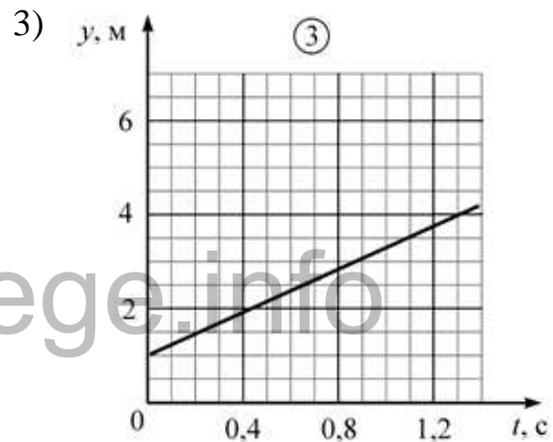
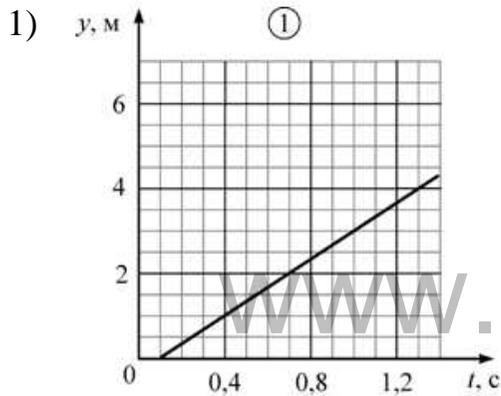
Ответами к заданиям 1–24 являются цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

Тело движется по плоскому полу, на котором мелом нарисованы координатные оси  $OX$  и  $OY$ . В таблице приведена экспериментально полученная зависимость координаты  $y$  этого тела от времени  $t$ .

$t, \text{с}$	0	1	2	3	4
$y, \text{м}$	0,1	0,4	0,7	1,0	1,3

Какой из изображённых ниже графиков соответствует этой таблице?



Ответ:

2 Лошадь тянет телегу по горизонтальной дороге с постоянной скоростью. Сила тяги лошади равна по модулю суммарной силе сопротивления движению в силу

- 1) закона Гука
- 2) первого закона Ньютона
- 3) второго закона Ньютона
- 4) третьего закона Ньютона

Ответ:

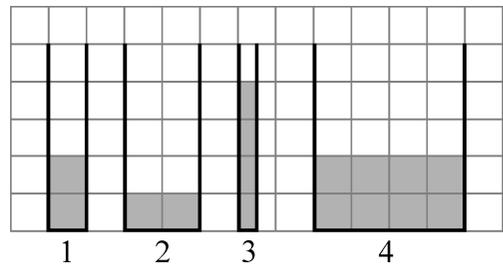
3 Модуль силы гравитационного взаимодействия двух точечных тел, расположенных на расстоянии трёх метров друг от друга, равен 5 Н. Каков будет модуль силы гравитационного взаимодействия этих тел, если расстояние между ними уменьшить на 1 м?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

4 Тела 1 и 2 взаимодействуют только друг с другом. Изменение кинетической энергии тела 1 за некоторый промежуток времени равно 15 Дж. Работа, которую совершили за этот же промежуток времени силы взаимодействия тел 1 и 2, равна 45 Дж. Чему равно изменение кинетической энергии тела 2 за это время?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

5 В четыре сосуда, вертикальные сечения которых показаны на рисунке, налита вода. Дно каждого сосуда является прямоугольным, длина дна у всех сосудов одинакова и равна 50 см, а ширина разная (см. рисунок). Одна клеточка на рисунке соответствует 10 см. В одном из этих сосудов сила гидростатического давления на дно максимальна. Чему она равна?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

6

Шарик свободно падает без начальной скорости сначала с высоты 40 м над землёй, а затем – с высоты 20 м над землёй. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Определите, как в результате этого изменятся следующие физические величины: путь, пройденный шариком за последнюю секунду полёта; путь, пройденный шариком за вторую секунду полёта.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

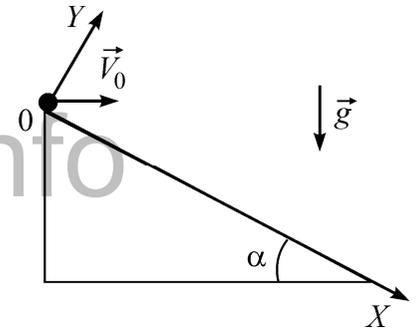
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Путь, пройденный шариком за последнюю секунду полёта	Путь, пройденный шариком за вторую секунду полёта

7

С вершины наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  горизонтально бросают точечное тело со скоростью  $V_0 = 20$  м/с.

В системе координат, изображённой на рисунке, установите соответствие между физическими величинами, выраженными в системе единиц СИ, и их значениями через одну секунду после начала движения тела. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.



ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА (в СИ)

ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ

- |   |   |
|---|---|
| А) модуль проекции ускорения на ось $OX$ через 1 секунду после начала движения тела | 1) $\approx 10$<br>2) $\approx 1,3$<br>3) 0 |
| Б) модуль проекции скорости на ось $OY$ через 1 секунду после начала движения тела  | 4) $\approx 5$                              |

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

8

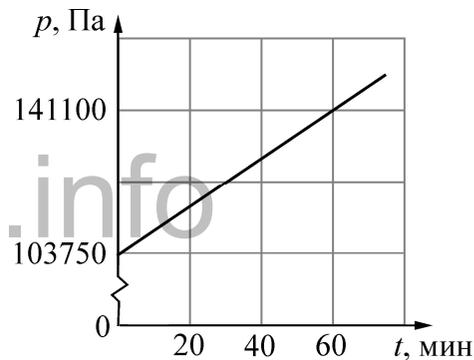
В учебнике физики в одном из параграфов написано: «Молекулы вещества достаточно долго находятся вблизи некоторого положения равновесия. Но иногда в процессе теплового движения та или иная молекула может получить энергию, достаточную для того, чтобы скачком перейти в новое положение равновесия, вблизи которого молекула вновь может находиться достаточно долго. При повышении температуры частота переходов молекул от одного такого «временного» положения равновесия к другому возрастает».

- 1) модель строения газа
- 2) модель диффузии в жидкости и в твёрдом теле
- 3) модель диффузии в газе
- 4) модель строения плазмы

Ответ:

9

1,36 моль идеального газа, находящегося в закрытом сосуде, начинают нагревать. График зависимости давления  $p$  этого газа от времени  $t$  изображён на рисунке. Через 60 минут после начала нагревания температура газа стала равна 300 К. Объём сосуда, в котором находится газ, равен



- 1)  $\approx 12$  л
- 2)  $\approx 24$  л
- 3)  $\approx 35$  л
- 4)  $\approx 48$  л

Ответ:

10

В цилиндрический сосуд, герметично закрытый подвижным поршнем, впрыснули некоторое количество воды, после чего сдвинули поршень и дождались установления в сосуде теплового равновесия – получилось состояние 1. Затем поршень передвинули ещё раз, увеличив объём пространства под поршнем в 3 раза при постоянной температуре. Оказалось, что в результате этого давление водяного пара в сосуде уменьшилось в 2 раза (по сравнению с состоянием 1). Можно сделать вывод, что в состоянии 1 относительная влажность в сосуде была равна

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

**11** Постоянное количество идеального газа нагревается так, что его объём изменяется прямо пропорционально температуре. Как в этом процессе изменяются следующие физические величины: давление газа; внутренняя энергия газа?

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 газа	Внутренняя энергия газа

**12** Некоторое количество одноатомного идеального газа находится при температуре  $T$ . Установите соответствие между пропущенным обозначением физической величины в формулах, представленных в левом столбце – для А) давления этого газа и Б) его внутренней энергии, и величинами, представленными в правом столбце. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца.

ФОРМУЛА

ОБОЗНАЧЕНИЕ

ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

А)  $p = \frac{\quad \cdot kT}{V}$

1)  $V$

2)  $\rho$

Б)  $U = \frac{3}{2} \cdot p \cdot \text{—}$

3)  $v$

4)  $N$

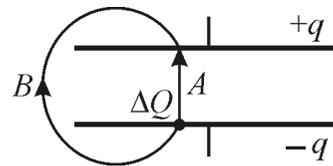
Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

13

Пластины плоского конденсатора несут заряды  $+q$  и  $-q$ . Для того чтобы изменить разность потенциалов между пластинами конденсатора, пробный заряд  $\Delta Q$  можно перенести с отрицательно заряженной пластины на положительно заряженную либо по пути  $A$ , либо по пути  $B$ . Работа, совершённая электростатическим полем конденсатора при перемещении пробного заряда, будет

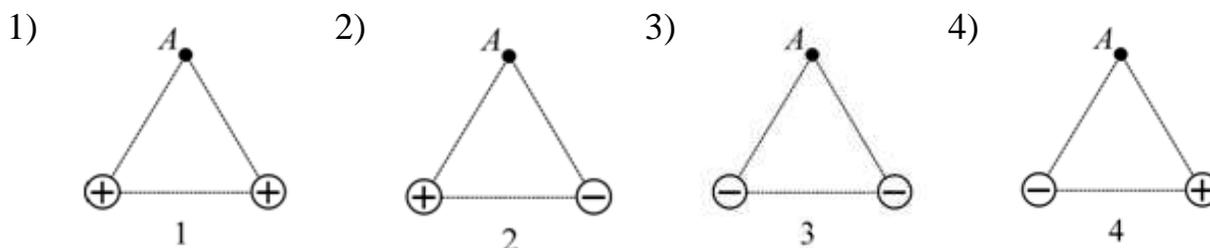


- 1) больше при движении по пути  $A$ , так как снаружи конденсатора напряжённость электрического поля меньше, чем между пластинами
- 2) больше при движении по пути  $B$ , так как перемещение пробного заряда при движении по пути  $B$  больше, чем при движении по пути  $A$
- 3) одинакова при движении по пути  $A$  и по пути  $B$ , так как работа электростатической силы не зависит от вида траектории, по которой перемещается пробный заряд
- 4) равна нулю и при движении по пути  $A$ , и при движении по пути  $B$ , так как суммарная работа при перемещении пробного заряда по замкнутому контуру равна нулю

Ответ:

14

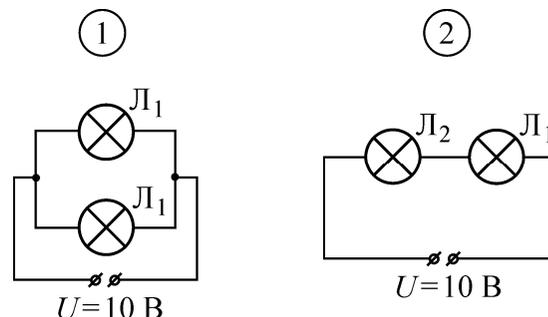
Два одинаковых по модулю точечных заряда находятся на расстоянии  $r$  друг от друга. На таком же расстоянии  $r$  от каждого из зарядов находится точка  $A$ . На каком из следующих рисунков изображена система зарядов, для которой вектор напряжённости электростатического поля в точке  $A$  направлен вправо?



Ответ:

15

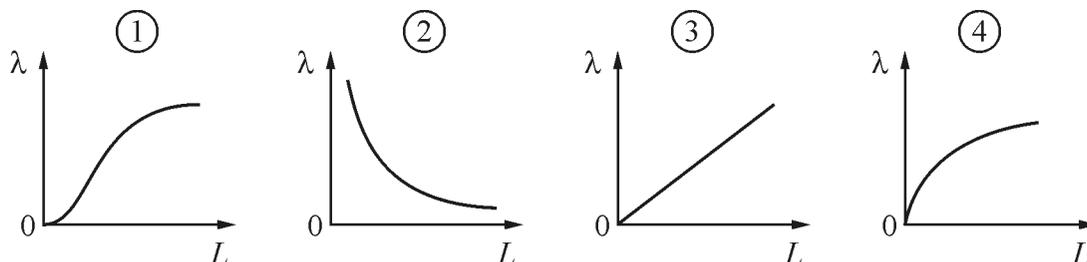
Лампочка  $L_1$  имеет сопротивление  $R$ , а лампочка  $L_2$  имеет сопротивление  $2R$ . Эти лампочки подключают двумя разными способами, изображёнными на рисунках 1 и 2. Во сколько раз отличаются мощности, выделяющиеся в лампочке  $L_1$  в первом и во втором случае?



Ответ: \_\_\_\_\_.

16

Колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности. В катушке плавно изменяют индуктивность, вдвигая в неё сердечник. На каком из рисунков правильно изображена зависимость длины волны  $\lambda$  электромагнитных волн, излучаемых этим контуром, от индуктивности  $L$  катушки?



Ответ: \_\_\_\_\_.

17

На пластинах плоского воздушного конденсатора находятся электрические заряды  $+q$  и  $-q$ . Площадь каждой пластины  $S$ , расстояние между ними  $d$ . Конденсатор отключён от источника.

Как изменятся следующие физические величины: 1) разность потенциалов между пластинами; 2) поверхностная плотность заряда на пластинах конденсатора, если увеличить расстояние между пластинами?

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.

Разность потенциалов между пластинами	Поверхностная плотность заряда на пластинах конденсатора

**18** Пучок медленных электронов массой  $m$  с зарядом  $e$  разгоняется в электронно-лучевой трубке, проходя большую ускоряющую разность потенциалов  $U$ . Концентрация электронов в пучке после ускорения равна  $n$ , площадь поперечного сечения пучка  $S$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно определить.

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЕЁ ИЗМЕНЕНИЕ
А) кинетическая энергия одного электрона в пучке после ускорения	1) $eU$
Б) импульс электронов, запасённый в единице объёма пучка после ускорения	2) $\sqrt{\frac{2eU}{m}}$
	3) $n\sqrt{2emU}$
	4) $n\sqrt{\frac{emU}{2}}$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

**19** Сколько электронов вращается вокруг ядра атома  ${}_{30}^{65}\text{Zn}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**20** Ученик записал четыре уравнения ядерных реакций. Какое из этих уравнений является **неправильным**?

- 1)  ${}_{91}^{238}\text{Pa} \rightarrow {}_{92}^{238}\text{U} + 2e^- + \bar{\nu}_e$  (вылетают два электрона и электронное антинейтрино)
- 2)  ${}_{94}^{242}\text{Pu} \rightarrow {}_{92}^{238}\text{U} + {}_2^4\text{He}$
- 3)  ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$
- 4)  ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{94}^{238}\text{Pu} + 2e^- + 2\bar{\nu}_e$

Ответ:

**21** В опытах, поставленных великим русским физиком П.Н. Лебедевым, было доказано, что

- 1) фотон обладает импульсом
- 2) выполняются законы фотоэффекта
- 3) излучение фотонов в атоме возможно только при переходе электрона с одной орбиты на другую
- 4) скорость альфа-распада не зависит от внешних условий

Ответ:

22 Ядро элемента  ${}^A_ZX$  претерпевает электронный  $\beta$ -распад. Как изменятся следующие физические величины: 1) зарядовое число; 2) массовое число – у образовавшегося (дочернего) ядра по отношению к исходному?

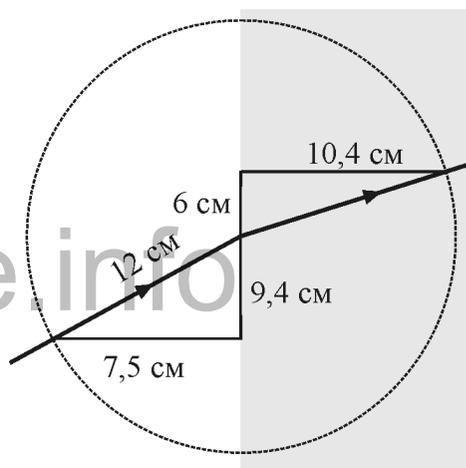
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Зарядовое число	Массовое число

23 На лабораторной работе ученику нужно было определить показатель преломления вещества. Для этого он положил на лист бумаги прозрачную пластинку из неизвестного материала и направил луч света лазерной указки под некоторым углом к боковой поверхности пластинки. Отметив на бумаге ход луча в воздухе и в пластинке, он нарисовал окружность с центром в точке его преломления и построил два прямоугольных треугольника с гипотенузами, равными радиусу окружности, совпадающими с направлением хода луча (см. рисунок, вид сверху, серым цветом показана пластинка). С помощью этих построений ученик определил показатель преломления материала пластинки, который оказался равен

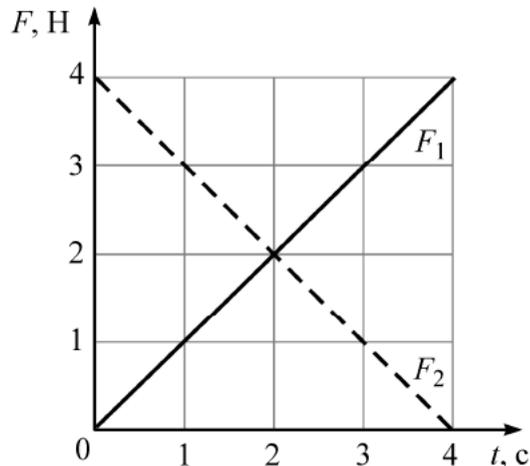


- 1)  $\approx 1,39$
- 2)  $\approx 1,57$
- 3)  $\approx 1,73$
- 4)  $\approx 1,28$

Ответ:

24

На гладкой горизонтальной поверхности покоится точечное тело массой 2 кг в точке с координатой  $x = 0$ . В момент времени  $t = 0$  с на это тело одновременно начинают действовать две горизонтальные силы, направленные в положительном направлении оси  $Ox$ , модули которых зависят от времени  $t$  так, как показано на рисунке.



Выберите два правильных утверждения и запишите в таблицу цифры, под которыми указаны эти утверждения.

- 1) В момент времени  $t = 2$  с равнодействующая сил, действующих на тело, меньше, чем в начальный момент времени.
- 2) Тело движется равноускоренно.
- 3) В момент времени  $t = 4$  с скорость тела равна нулю.
- 4) В момент времени  $t = 4$  с тело возвращается в точку с координатой  $x = 0$ .
- 5) В момент времени  $t = 2$  с импульс тела равен 8 кг·м/с.

Ответ:

--	--

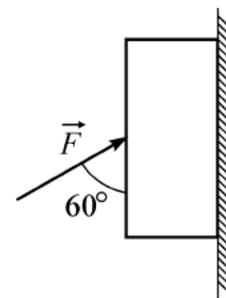
www.ctege.info

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, касающийся вертикальной стены, удерживается в неподвижном состоянии силой  $\vec{F}$ , направленной под углом  $60^\circ$  к вертикали (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и стеной равен  $\frac{\sqrt{3}}{2}$ . Для того чтобы брусок не скользил вниз, минимальное значение модуля силы  $\vec{F}$  должно быть равно  $F = 4$  Н. Найдите массу бруска. Ответ выразите в кг и округлите до десятых долей.



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

26

Идеальный одноатомный газ медленно переводят из состояния 1 в состояние 2. Известно, что в процессе  $1 \rightarrow 2$  давление газа изменялось прямо пропорционально его объёму, и над газом в этом процессе совершили работу 3 Дж. На сколько изменилась (по модулю) внутренняя энергия газа в этом процессе?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

27 Катушку индуктивности с нулевым сопротивлением подсоединяют к аккумулятору с ЭДС 1,5 В, внутреннее сопротивление которого также пренебрежимо мало. Индуктивность катушки 0,75 Гн. Чему будет равна сила тока, текущего через аккумулятор, через 5 с после подсоединения катушки к аккумулятору?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

*Для записи ответов на задания этой части (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 Иван Иванович в свой день рождения нарезал хлеб на куски и оставил их дома на столе, ничем не прикрывая. Через некоторое (не очень большое) время выяснилось, что хлеб остался мягким, но при этом заплесневел. Иван Иванович точно помнил, что ровно полгода назад, когда он так же оставил на столе нарезанный хлеб, куски быстро зачерствели, но плесенью не покрылись.

В какое время года – летом или зимой – родился Иван Иванович?

Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.

*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 В системе, изображённой на рисунке, масса левого груза, лежащего на гладкой горизонтальной плоскости, равна  $m = 3$  кг. Масса правого груза, скользящего по плоскости с некоторой скоростью  $V$ , равна  $M = 6$  кг. Грузы соединены неупругим невесомым ненапрянутым вначале шнуром, таким, что после его натяжения скорости грузов выравниваются. Сколько процентов начальной кинетической энергии системы будет потеряно во время выравнивания скоростей тел?



30 В калориметр поместили  $m = 100$  г льда при температуре  $t_1 = -10$  °С, затем сообщили льду количество теплоты  $Q = 100$  кДж и добавили в калориметр ещё  $M = 200$  г льда при температуре  $t_2 = 0$  °С. Какая температура  $t_3$  установилась в калориметре в состоянии равновесия? Теплообменом содержимого калориметра с окружающей средой и теплоёмкостью калориметра можно пренебречь.

**31**

Входной контур коротковолнового радиоприёмника был настроен на частоту, соответствующую длине волны  $\lambda_1 = 31$  м. После того как контур перестроили, изменив положение ферромагнитного сердечника внутри катушки индуктивности контура и раздвинув пластины его конденсатора до вдвое большего расстояния между ними, резонансная частота контура стала равной  $\nu_2 = 20$  МГц. Во сколько раз  $n$  изменилась при этом индуктивность катушки контура?

**32**

Мальчик, занимавшийся весной на улице выжиганием по дереву при помощи фокусировки солнечного света лупой, случайно забрызгал деревянную поверхность, и на ней появились брызги воды объёмом  $V = 0,5$  мм<sup>3</sup>. Какое время затратит дополнительно мальчик на испарение пяти таких капель, оказавшихся на линии, вдоль которой он выжигает, если солнечная постоянная равна  $C = 1,4$  кВт/м<sup>2</sup>, диаметр лупы  $D = 5$  см, начальная температура капель близка к 0 °С и весь сфокусированный лупой свет поглощается каплями?

*Справка:* солнечная постоянная – это энергия излучения Солнца, попадающая в единицу времени на единицу площади при нормальном падении солнечного света.

[www.ctege.info](http://www.ctege.info)