

**Тренировочная работа  
по подготовке к ЕГЭ  
по ФИЗИКЕ**

12 марта 2015 года 11 класс  
Вариант ФИ10901

Выполнена: ФИО \_\_\_\_\_ класс \_\_\_\_\_

**Инструкция по выполнению работы**

На выполнение работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из 2 частей, включающих в себя 32 задания.

Ответы к заданиям 1, 2, 8, 9, 13, 14, 19, 20 и 23 запишите в виде одной цифры, которая соответствует номеру правильного ответа.

В заданиях 3–5, 10, 15, 16, 21, 25–27 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Число запишите в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

Ответом к заданиям 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 является последовательность двух цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы.

Ответ к заданиям 28–32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. На чистом листе укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

***Желаем успеха!***

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

### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	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	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а. е. м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а. е. м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а. е. м.}$

**Плотность**

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

**Удельная теплоёмкость**

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	алюминия	$900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	меди	$380 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
железа	$640 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	чугуна	$500 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
свинца	$130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$		

**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**

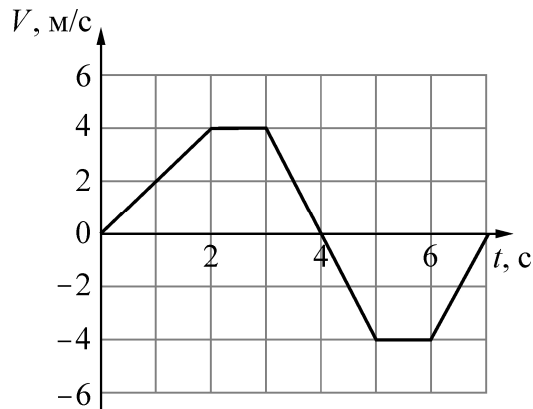
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
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 цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 1 На рисунке изображён график зависимости проекции скорости  $V$  точечного тела, движущегося вдоль горизонтальной оси, от времени  $t$ .

Согласно этому графику, проекция ускорения тела на эту ось отрицательна и равна  $-4 \text{ м/с}^2$  в течение промежутка времени



- 1) от 0 до 2 с      2) от 3 с до 5 с      3) от 5 с до 6 с      4) от 6 с до 7 с

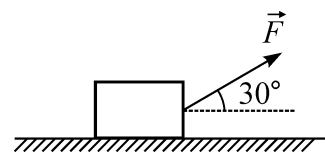
Ответ:

- 2 На небольшое тело массой  $0,1 \text{ кг}$ , движущееся по инерции по гладкой плоскости  $XOY$ , начинает действовать постоянная по модулю сила  $0,2 \text{ Н}$ , всегда направленная вдоль оси  $OX$ . Через 3 секунды после начала действия силы модуль скорости этого тела

- 1) меньше  $6 \text{ м/с}$       3) больше  $6 \text{ м/с}$   
2) равен  $6 \text{ м/с}$       4) может иметь любое значение

Ответ:

- 3 Брусок массой  $20 \text{ кг}$  равномерно перемещают по горизонтальной поверхности, прикладывая к нему постоянную силу, направленную под углом  $30^\circ$  к поверхности. Модуль этой силы равен  $75 \text{ Н}$ . Определите коэффициент трения между бруском и плоскостью. Ответ округлите до десятых долей.

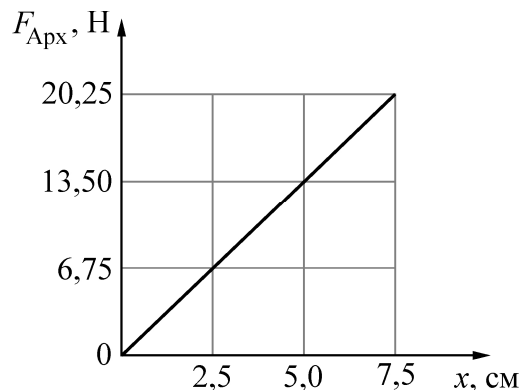


Ответ: \_\_\_\_\_.

- 4 Телу массой  $0,2 \text{ кг}$  сообщили вертикально направленную начальную скорость  $10 \text{ м/с}$ . Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите **модуль** средней мощности силы тяжести, действовавшей на камень во время подъёма до максимальной высоты.

Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

5 На графике показана зависимость модуля силы Архимеда  $F_{\text{Арх}}$ , действующей на медленно погружаемый в жидкость кубик, от глубины погружения  $x$ . Длина ребра кубика равна 10 см, его нижнее основание всё время параллельно поверхности жидкости. Определите плотность жидкости.



Ответ: \_\_\_\_\_ кг/м<sup>3</sup>.

6 Космический зонд стартовал с Земли и через некоторое время опустился на другую планету, масса которой больше массы Земли в 8 раз, а радиус больше радиуса Земли в 2 раза. Определите, как в результате этого космического перелёта изменятся следующие физические величины, измеряемые зондом, по сравнению со значениями для Земли: ускорение свободного падения на поверхности планеты, первая космическая скорость для планеты.

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.

Ускорение свободного падения на поверхности планеты	Первая космическая скорость для планеты

7 Тело совершает свободные гармонические колебания. Координата тела изменяется по закону  $x(t) = 0,05 \cdot \sin\left(2t + \frac{\pi}{2}\right)$ , где все величины приведены в СИ. Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ (в СИ)
А) начальная координата тела	1) 0,05
Б) максимальное значение модуля скорости тела	2) 0
	3) 0,1
	4) 0,2

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

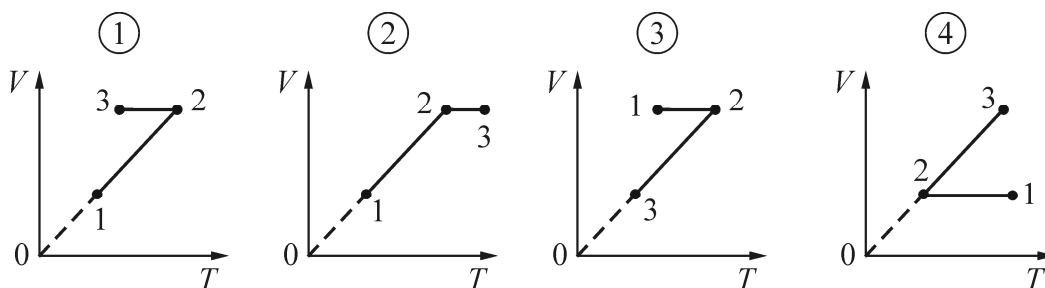
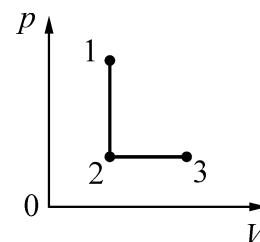
А	Б

**8** Броуновская частица находится в жидкости. Температуру жидкости начинают медленно повышать. Что будет происходить с модулем скорости движения броуновской частицы, и почему?  
 Модуль скорости броуновской частицы будет

- 1) уменьшаться, так как частице будет труднее двигаться среди всё более быстро движущихся молекул жидкости
- 2) увеличиваться, так как молекулы жидкости при повышении температуры начинают двигаться быстрее, и более интенсивно толкают броуновскую частицу
- 3) оставаться неизменным, так как он зависит только от размера частицы
- 4) уменьшаться, так как из-за теплового расширения при нагревании размер частицы будет увеличиваться, и сопротивление её движению в жидкости будет возрастать

Ответ:

**9** На  $pV$ -диаграмме представлены процессы перехода  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$  одного моля одноатомного идеального газа из состояния 1 в состояние 3. На каком из следующих рисунков правильно изображены эти процессы на  $VT$ -диаграмме?



- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4

Ответ:

**10** В идеальной тепловой машине абсолютная температура нагревателя отличается от температуры холодильника в 2 раза. Чему равен КПД этой машины?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 11** Один моль влажного воздуха находится в ненасыщенном состоянии при температуре  $T$  и давлении  $p$ . Температуру газа изобарически увеличили. Как изменились при этом относительная влажность воздуха и точка росы? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
- 1) увеличилась;
  - 2) уменьшилась;
  - 3) не изменилась.

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

Относительная влажность воздуха	Точка росы

- 12** В сосуде под поршнем находится идеальный одноатомный газ в количестве  $\nu$  молей. Газу сообщили количество теплоты  $Q > 0$ , при этом газ совершил работу  $A > 0$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, при помощи которых их можно вычислить. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца.

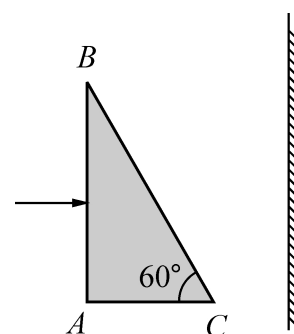
ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ФОРМУЛА
А) изменение внутренней энергии газа в описанном процессе	1) $Q - A$ 2) $Q + A$
Б) изменение температуры газа $\Delta T$ в описанном процессе	3) $\frac{3(Q + A)}{2\nu R}$ 4) $\frac{2(Q - A)}{3\nu R}$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

- 13** На горизонтальной тёмной плоскости лежит стеклянный клин (показатель преломления стекла 1,5). На его вертикальную грань  $AB$  падает узкий пучок монохроматического зелёного света (см. рисунок, вид сверху). За клином установлен вертикальный экран, параллельный грани  $AB$  клина.

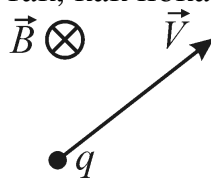


Какое физическое явление можно при этом наблюдать?

- 1) преломление света на грани  $BC$
- 2) на экране за клином можно наблюдать дифракционную картину
- 3) на экране за клином можно наблюдать дисперсионные полосы
- 4) явление полного внутреннего отражения от грани  $BC$

Ответ:

- 14** Отрицательный точечный заряд  $q$  движется со скоростью  $\vec{V}$  в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$  так, как показано на рисунке.



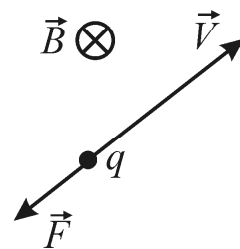
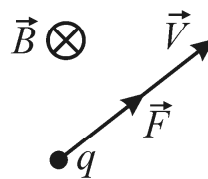
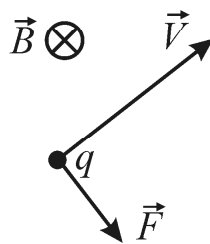
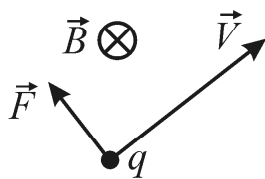
На каком из следующих рисунков правильно показано направление силы Лоренца  $\vec{F}$ , действующей на заряд со стороны магнитного поля?

①

②

③

④



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15** Два точечных заряда – отрицательный, равный по модулю 3 мкКл, и положительный, равный по модулю 4 мкКл, расположены на расстоянии 1 м друг от друга. На расстоянии 1 метр от каждого из этих зарядов помещают положительный заряд  $Q$ , модуль которого равен 2 мкКл. Определите модуль силы, действующей на заряд  $Q$  со стороны двух других зарядов. Ответ выразите в мН и округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_ мН.

- 16** При электромагнитных колебаниях в колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, последовательно реализуются следующие состояния.

- 1) Конденсатор полностью заряжен, а ток через катушку не протекает.
- 2) Конденсатор разряжается, а сила тока, текущего через катушку, увеличивается.
- 3) Конденсатор полностью разряжен, а сила тока, текущего через катушку, максимальна.
- 4) Сила тока, текущего через катушку, уменьшается, а конденсатор заряжается.

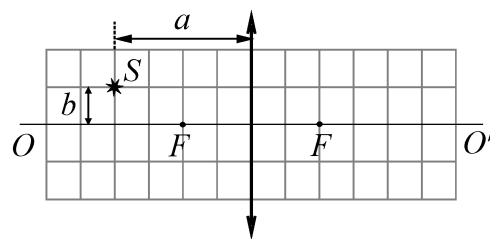
В каком из этих состояний ЭДС индукции, действующая в катушке, равна нулю?

Ответ: \_\_\_\_\_.



17

Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы, имеющей фокусное расстояние  $F$ . На расстоянии  $a$  от линзы находится точечный источник света  $S$ , удалённый от главной оптической оси  $OO'$  линзы на расстояние  $b$ .



Вплотную к этой линзе ставят точно такую же вторую линзу так, что главные оптические оси линз совпадают. Определите, как в результате этого изменятся следующие физические величины: расстояние от линзы до изображения источника и оптическая сила системы.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Расстояние от линзы до изображения источника	Оптическая сила системы

18

Установите соответствие между физическими величинами и единицами их измерения в СИ.

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ (В СИ)
А) магнитная индукция	1) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{с}^3}$
Б) магнитный поток	2) $\frac{\text{кг}}{\text{А} \cdot \text{с}^2}$
	3) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{с}^2}$
	4) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{А}^2 \cdot \text{с}^2}$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

**19** Ядра А, В, С и D отличаются массовыми и зарядовыми числами так, как показано ниже:



Изотопами являются ядра

- 1) А и В                      2) А и С                      3) С и D                      4) С и В

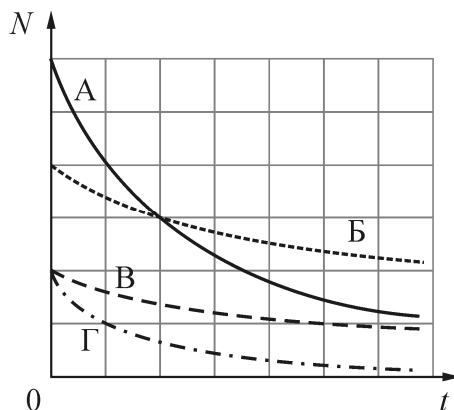
Ответ:

**20** В ходе ядерной реакции ядро  ${}^{40}_{19}K$  превращается в ядро  ${}^{40}_{18}Ar$ . При этом вылетают две частицы, одна из которых представляет собой нейтрино. В ходе данной ядерной реакции реализуется

- 1) альфа-распад                      3) позитронный бета-распад  
2) электронный бета-распад                      4) гамма-распад

Ответ:

**21** На рисунке приведены графики зависимости числа  $N$  радиоактивных атомов от времени  $t$  для четырёх радиоактивных элементов.



Наибольшим периодом полураспада обладает элемент

- 1) А                      2) Б                      3) В                      4) Г

Ответ:

**22** Некоторая частица приняла участие в ядерной реакции. В результате образовалась новая частица, масса которой оказалась больше массы исходной частицы, а скорость осталась прежней по модулю, но изменилась по направлению на  $180^\circ$  по отношению к направлению движения исходной частицы.

Как изменились следующие физические величины: 1) кинетическая энергия; 2) длина волны де Бройля образовавшейся частицы по отношению к исходной?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Кинетическая энергия	Длина волны де Бройля

**23** Имеется комплект оборудования, позволяющий наблюдать различные физические явления. В него входят:

- а) тонкая собирающая линза;
- б) стеклянная призма;
- в) источник монохроматического света (лазерная указка);
- г) источник белого света;
- д) дифракционная решетка;
- е) экран.

Для того, чтобы продемонстрировать явление дисперсии света, из перечисленного оборудования необходимо выбрать

- 1) тонкую собирающую линзу, лазерную указку и экран
- 2) стеклянную призму, лазерную указку и экран
- 3) лазерную указку, дифракционную решетку и экран
- 4) стеклянную призму, источник белого света и экран

Ответ:

24

Школьник проводил эксперименты, соединяя друг с другом различными способами батарейку и пронумерованные лампочки. Сопротивление батарейки и соединительных проводов было пренебрежимо мало. Измерительные приборы, которые использовал школьник, можно считать идеальными. Сопротивление всех лампочек не зависит от напряжения, к которому они подключены. Ход своих экспериментов и полученные результаты школьник заносил в лабораторный журнал. Вот что написано в этом журнале.

Опыт А). Подсоединил к батарейке лампочку № 1. Сила тока через батарейку 2 А, напряжение на лампочке 8 В.

Опыт Б). Подключил лампочку № 2 последовательно с лампочкой № 1. Сила тока через лампочку №1 равна 1 А, напряжение на лампочке № 2 составляет 4 В.

Опыт В). Подсоединил параллельно с лампочкой № 2 лампочку № 3. Сила тока через лампочку № 1 примерно 1,14 А, напряжение на лампочке № 2 примерно 3,44 В.

Исходя из записей в журнале, выберите **два** правильных утверждения и запишите в таблицу цифры, под которыми указаны эти утверждения.

- 1) лампочки № 1, № 2 и № 3 одинаковые
- 2) лампочки № 1 и № 2 одинаковые
- 3) лампочки № 2 и № 3 одинаковые
- 4) сопротивление лампочки № 3 меньше сопротивления лампочки № 1
- 5) ЭДС батарейки равна 8 В

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.**

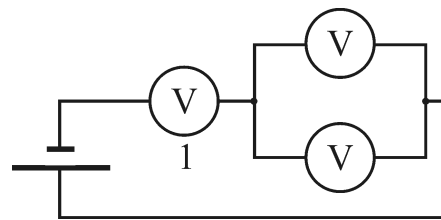
25

Тело брошено под углом  $60^\circ$  к горизонту с плоской горизонтальной поверхности с начальной скоростью 20 м/с. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. На каком минимальном расстоянии от точки бросания (по горизонтали) модуль проекции скорости тела на вертикальную ось будет составлять 25% от модуля проекции скорости тела на горизонтальную ось? Ответ округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

26

Неидеальный вольтметр подсоединяют к батарее с ЭДС 7 В и некоторым внутренним сопротивлением. В результате вольтметр показывает напряжение 6 В. Затем собирают электрическую цепь, состоящую из той же батарейки и трёх таких же одинаковых вольтметров (схема цепи показана на рисунке). Какое напряжение покажет вольтметр, обозначенный на схеме цифрой 1? Неидеальный вольтметр показывает произведение силы текущего через него тока на сопротивление вольтметра.



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

27

Металлическую пластинку облучают монохроматическим светом, длина волны которого составляет  $\frac{2}{3}$  длины волны, соответствующей красной границе фотоэффекта для этого металла. Работа выхода электронов для исследуемого металла равна 4 эВ. Определите максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов, вылетающих из металлической пластинки под действием этого света.

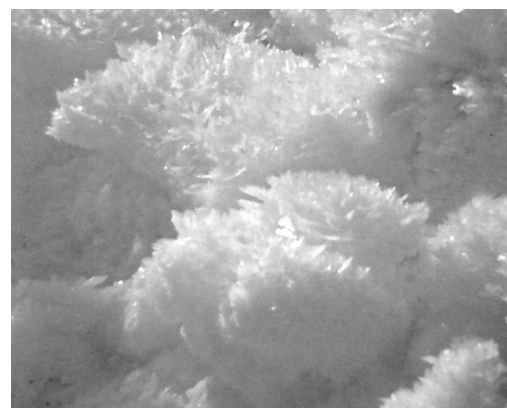
Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

*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

Высоко в горах в хорошую погоду при низкой температуре воздуха поверхность снега на ярком солнце постепенно покрывается слоем «снежных цветов», состоящих из больших ледяных кристаллов-снежинок (см. рис.). Такое явление наблюдается только тогда, когда снег очень чистый. Каким образом и почему это происходит?

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, грузик массой  $m = 1$  кг подвешен на нити, охватывающей три блока, второй конец которой привязан к оси самого правого блока (см. рис.). К этой же оси привязана другая нить, соединяющаяся с грузом массой  $M = 11$  кг, лежащим на шероховатой горизонтальной плоскости (коэффициент трения груза о плоскость равен  $\mu = 0,25$ ). Найдите ускорение  $a_1$  грузика  $m$ . Считайте, что нити невесомы и нерастяжимы, свободные участки нитей вертикальны или горизонтальны, блоки невесомы, а трение в их осях отсутствует.

**30** Тонкостенный цилиндр с воздухом закрыт снизу поршнем массой  $m = 1$  кг, который может без трения перемещаться в цилиндре. Цилиндр плавает в вертикальном положении в воде при температуре  $T = 293$  К (см. рис.). Когда цилиндр опустили при постоянной температуре на глубину  $h = 1$  м (от поверхности воды до его верхней крышки), он потерял плавучесть. Какое количество воздуха было в цилиндре? Атмосферное давление равно  $p_0 = 10^5$  Па, масса цилиндра и воздуха в цилиндре гораздо меньше массы поршня.

**31** В цепи, схема которой изображена на рисунке, ключ  $K$  в некоторый момент замыкают. На сколько после этого изменится заряд  $q$  конденсатора  $C$  ёмкостью  $10$  мкФ? ЭДС источника с малым внутренним сопротивлением равна  $E = 5$  В, сопротивление резистора  $R = 4$  Ом, сопротивление катушки индуктивности  $r = 1$  Ом, сопротивлением проводов можно пренебречь.

**32** Нырятьщик, находящийся в бассейне, смотрит вверх с глубины  $h = 2,5$  м на спокойную поверхность воды и видит через нее, что его тренер стоит на кромке бассейна, причем ступни ног находятся на уровне воды, а голова видна ныряльщику под углом  $\varphi = 30^\circ$  к вертикали. Показатель преломления воды  $n = 4/3$ , расстояние по горизонтали от глаз ныряльщика до ног тренера равно  $l = 3$  м. Каков рост  $H$  тренера?

**Тренировочная работа  
по подготовке к ЕГЭ  
по ФИЗИКЕ**

12 марта 2015 года 11 класс  
Вариант ФИ10902

Выполнена: ФИО \_\_\_\_\_ класс \_\_\_\_\_

**Инструкция по выполнению работы**

На выполнение работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из 2 частей, включающих в себя 32 задания.

Ответы к заданиям 1, 2, 8, 9, 13, 14, 19, 20 и 23 запишите в виде одной цифры, которая соответствует номеру правильного ответа.

В заданиях 3–5, 10, 15, 16, 21, 25–27 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Число запишите в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

Ответом к заданиям 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 является последовательность двух цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы.

Ответ к заданиям 28–32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. На чистом листе укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

***Желаем успеха!***

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

### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	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	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а. е. м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а. е. м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а. е. м.}$

**Плотность**

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

**Удельная теплоёмкость**

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	алюминия	$900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	меди	$380 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
железа	$640 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	чугуна	$500 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
свинца	$130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$		

**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: $0 \text{ }^\circ\text{C}$
---

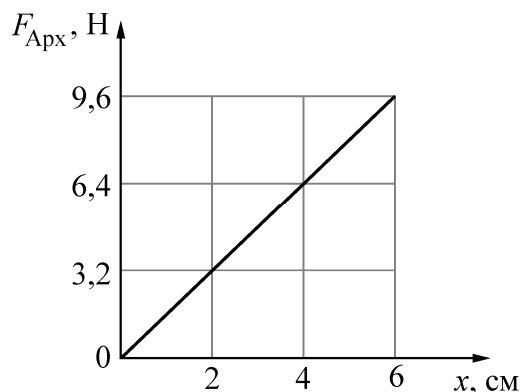
**Молярная масса**

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	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$



5

На графике показана зависимость модуля силы Архимеда  $F_{\text{Арх}}$ , действующей на медленно погружаемый в жидкость кубик, от глубины погружения  $x$ . Длина ребра кубика равна 8 см, его нижнее основание всё время параллельно поверхности жидкости. Определите плотность жидкости.



Ответ: \_\_\_\_\_ кг/м<sup>3</sup>.

6

Космический зонд стартовал с Земли и через некоторое время опустился на другую планету, масса которой меньше массы Земли в 4 раза, а радиус больше радиуса Земли в 2 раза.

Определите, как в результате этого космического перелёта изменятся следующие физические величины, измеряемые зондом, по сравнению со значениями для Земли: ускорение свободного падения на поверхности планеты, первая космическая скорость для планеты.

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.

Ускорение свободного падения на поверхности планеты	Первая космическая скорость для планеты

7

Тело совершает свободные гармонические колебания. Координата тела изменяется по закону  $x(t) = 0,05 \cdot \sin\left(2t + \frac{\pi}{2}\right)$ , где все величины приведены в СИ. Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ (в СИ)
А) модуль начальной скорости тела	1) 0,05
Б) максимальное значение модуля ускорения тела	2) 0
	3) 0,1
	4) 0,2

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

8

Броуновская частица находится в жидкости. Температуру жидкости начинают медленно понижать. Что будет происходить с модулем скорости движения броуновской частицы и почему?

Модуль скорости броуновской частицы будет

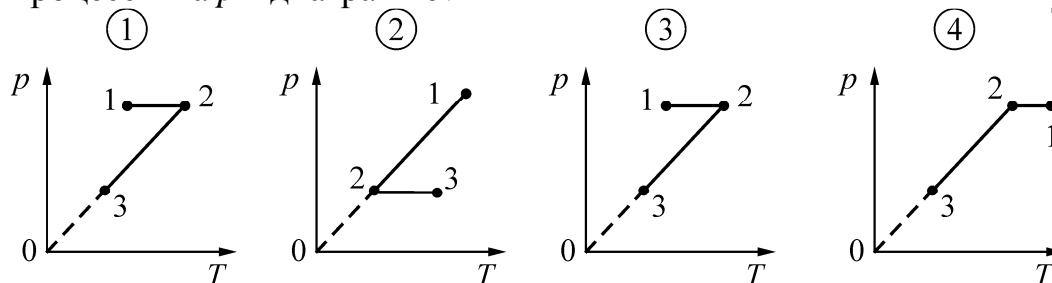
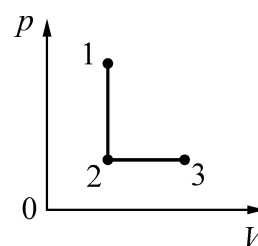
- 1) увеличиваться, так как частице будет легче двигаться среди всё более медленно движущихся молекул жидкости
- 2) уменьшаться, так как молекулы жидкости при понижении температуры начинают двигаться медленнее и менее интенсивно толкают броуновскую частицу
- 3) оставаться неизменным, так как он зависит только от размера частицы
- 4) увеличиваться, так как из-за теплового сжатия при охлаждении размер частицы будет уменьшаться, и сопротивление её движению в жидкости также будет уменьшаться

Ответ:

**9**

На  $pV$ -диаграмме представлены процессы перехода  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$  одного моля одноатомного идеального газа из состояния 1 в состояние 3.

На каком из следующих рисунков правильно изображены эти процессы на  $pT$ -диаграмме?



1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

Ответ:

**10**

В идеальной тепловой машине абсолютная температура нагревателя отличается от температуры холодильника в 2,5 раза. Чему равен КПД этой машины?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

**11** Один моль влажного воздуха находится в ненасыщенном состоянии при температуре  $T$  и давлении  $p$ . Давление газа изотермически увеличили.

Как изменились при этом относительная влажность воздуха и точка росы? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Относительная влажность воздуха	Точка росы

**12** В сосуде под поршнем находится идеальный одноатомный газ в количестве  $\nu$  моль. От газа отняли количество теплоты  $Q > 0$ , при этом внешние силы совершили над газом работу  $A > 0$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, при помощи которых их можно вычислить. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ФОРМУЛА
А) изменение внутренней энергии газа в описанном процессе	1) $A - Q$
Б) изменение температуры газа $\Delta T$ в описанном процессе	2) $Q + A$
	3) $\frac{3(Q + A)}{2\nu R}$
	4) $\frac{2(A - Q)}{3\nu R}$

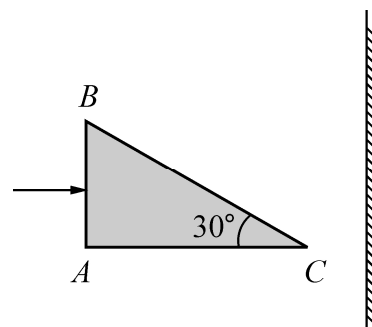
Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

13

На горизонтальной тёмной плоскости лежит стеклянный клин (показатель преломления стекла 1,5). На его вертикальную грань  $AB$  падает узкий пучок монохроматического зелёного света (см. рисунок, вид сверху). За клином установлен вертикальный экран, параллельный грани  $AB$  клина. Какое физическое явление можно при этом наблюдать?

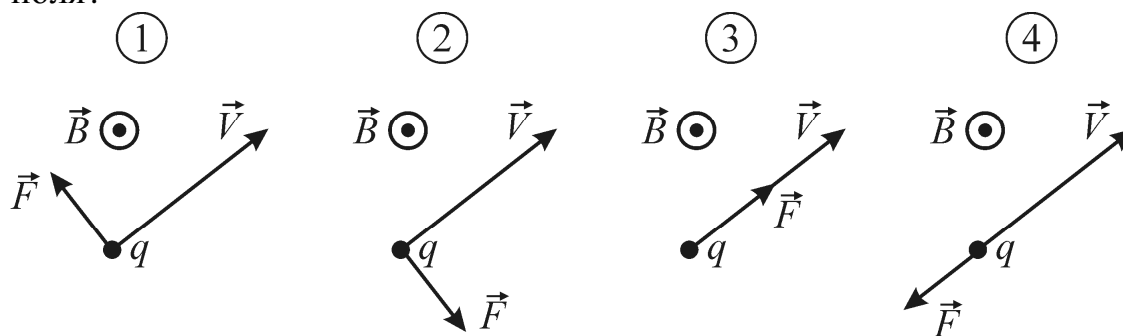
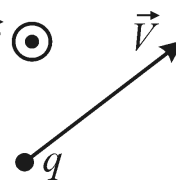


- 1) преломление света на грани  $AB$
- 2) на экране за клином можно наблюдать дифракционную картину
- 3) на экране за клином можно наблюдать дисперсионные полосы
- 4) явление полного внутреннего отражения от грани  $BC$

Ответ:

14

Отрицательный точечный заряд  $q$  движется со скоростью  $\vec{v}$   $\vec{B} \odot$  так, как показано на рисунке. На каком из следующих рисунков правильно показано направление силы Лоренца  $\vec{F}$ , действующей на заряд со стороны магнитного поля?



Ответ: \_\_\_\_\_.

15

Два точечных отрицательных заряда, равных по модулю 3 мкКл и 4 мкКл, расположены на расстоянии 1 м друг от друга. На расстоянии 1 м от каждого из зарядов помещают положительный заряд  $Q$ , модуль которого равен 2 мкКл. Определите модуль силы, действующей на заряд  $Q$  со стороны двух других зарядов. Ответ выразите в Н и округлите до десятых долей.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

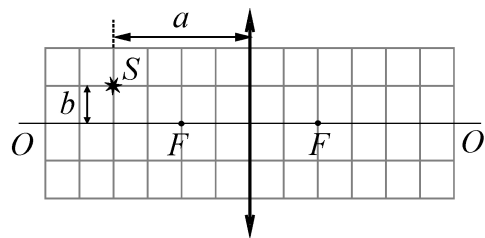
**16** При электромагнитных колебаниях в колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, последовательно реализуются следующие состояния.

1. Конденсатор полностью разряжен, а сила тока, текущего через катушку, максимальна.
2. Сила тока, текущего через катушку, уменьшается, а конденсатор заряжается.
3. Конденсатор полностью заряжен, а ток через катушку не протекает.
4. Конденсатор разряжается, а сила тока, текущего через катушку, увеличивается.

В каком из этих состояний ЭДС индукции, действующая в катушке, максимальна по модулю?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**17** Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы, имеющей фокусное расстояние  $F$ . На расстоянии  $a$  от линзы находится точечный источник света  $S$ , удалённый от главной оптической оси  $OO'$  линзы на расстояние  $b$ .



Вплотную к этой линзе ставят точно такую же вторую линзу так, что главные оптические оси линз совпадают. Определите, как в результате этого изменятся следующие физические величины: фокусное расстояние оптической системы и расстояние от изображения источника до главной оптической оси.

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.

Фокусное расстояние оптической системы	Расстояние от изображения источника до главной оптической оси

**18** Установите соответствие между физическими величинами и единицами их измерения в СИ.

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ФОРМУЛА
А) ЭДС индукции	1) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{с}^3}$
Б) индуктивность	2) $\frac{\text{кг}}{\text{А} \cdot \text{с}^2}$
	3) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{с}^2}$
	4) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{А}^2 \cdot \text{с}^2}$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б

**19** Ядра А, В, С и D отличаются массовыми и зарядовыми числами так, как показано ниже:

$${}^Y_X\text{A} \quad {}^{Y-1}_X\text{B} \quad {}^Y_{X-1}\text{C} \quad {}^{Y-1}_{X+1}\text{D}$$

Изотопами являются ядра

- 1) А и В                      2) А и С                      3) В и D                      4) С и В

Ответ:

**20** В ходе ядерной реакции ядро  ${}^{40}_{19}\text{K}$  превращается в ядро  ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ . При этом вылетают две частицы, одна из которых представляет собой антинейтрино. В ходе данной ядерной реакции реализуется

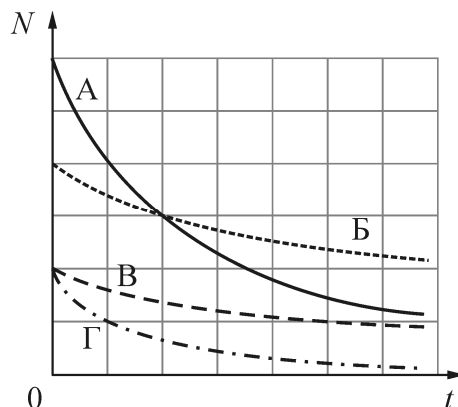
- 1) альфа-распад                      3) позитронный бета-распад  
2) электронный бета-распад                      4) гамма-распад

Ответ:



21

На рисунке приведены графики зависимости числа  $N$  радиоактивных атомов от времени  $t$  для четырёх радиоактивных элементов.



Наименьшим периодом полураспада обладает элемент

- 1) А                      2) Б                      3) В                      4) Г

Ответ:

22

Некоторая частица приняла участие в ядерной реакции. В результате образовалась новая частица, масса которой оказалась меньше массы исходной частицы, а скорость осталась прежней по модулю, но изменилась по направлению на  $180^\circ$  по отношению к направлению движения исходной частицы.

Как изменились следующие физические величины: 1) модуль импульса; 2) длина волны де Бройля образовавшейся частицы по отношению к исходной?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Модуль импульса	Длина волны де Бройля

**23** Имеется комплект оборудования, позволяющий наблюдать различные физические явления. В него входят:

- а) плоское зеркало;
- б) стеклянная призма;
- в) источник монохроматического света (лазерная указка);
- г) источник белого света;
- д) дифракционная решётка;
- е) экран.

Для того чтобы наблюдать преломление света, из предложенного оборудования необходимо выбрать

- 1) плоское зеркало, лазерную указку и экран
- 2) стеклянную призму, лазерную указку и экран
- 3) лазерную указку, дифракционную решётку и экран
- 4) дифракционную решётку, источник белого света и экран

Ответ:

**24** Школьник проводил эксперименты, соединяя друг с другом различными способами батарейку и пронумерованные лампочки. Сопротивление батарейки и соединительных проводов было пренебрежимо мало. Измерительные приборы, которые использовал школьник, можно считать идеальными. Сопротивление всех лампочек не зависит от напряжения, к которому они подключены. Ход своих экспериментов и полученные результаты школьник заносил в лабораторный журнал. Вот что написано в этом журнале.

Опыт А). Подсоединил к батарейке лампочку № 1. Сила тока через батарейку 2 А, напряжение на лампочке 12 В.

Опыт Б). Подключил лампочку № 2 последовательно с лампочкой № 1. Сила тока через лампочку № 1 равна 1 А, напряжение на лампочке № 2 составляет 6 В.

Опыт В). Подсоединил последовательно с лампочками № 1 и № 2 лампочку № 3. Сила тока через батарейку равна 0,5 А, напряжение на лампочке № 1 составляет 3 В.

Исходя из записей в журнале, выберите **два** правильных утверждения и запишите в таблицу цифры, под которыми указаны эти утверждения.

- 1) ЭДС батарейки равна 12 В
- 2) лампочки № 1 и № 2 разные
- 3) лампочки № 1 и № 3 одинаковые
- 4) сопротивление лампочки № 3 в два раза больше сопротивления лампочки № 2
- 5) все три лампочки имеют разное сопротивление

Ответ:

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

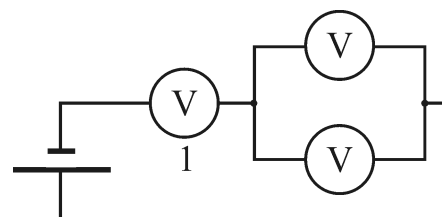
## Часть 2

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

- 25** Тело брошено под углом  $60^\circ$  к горизонту с плоской горизонтальной поверхности с начальной скоростью  $20$  м/с. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. На какой высоте над поверхностью модуль проекции скорости тела на вертикальную ось будет равен модулю проекции скорости тела на горизонтальную ось? Ответ округлите до целого числа.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 26** Два одинаковых неидеальных вольтметра соединяют параллельно и подключают к батарее с ЭДС  $12$  В и некоторым внутренним сопротивлением. В результате оба вольтметра показывают одинаковое напряжение  $10$  В. Затем собирают электрическую цепь, состоящую из той же батарейки и трёх таких же одинаковых вольтметров (схема цепи показана на рисунке). Какое напряжение покажет вольтметр, обозначенный на схеме цифрой 1? Неидеальный вольтметр показывает произведение силы текущего через него тока на сопротивление вольтметра.



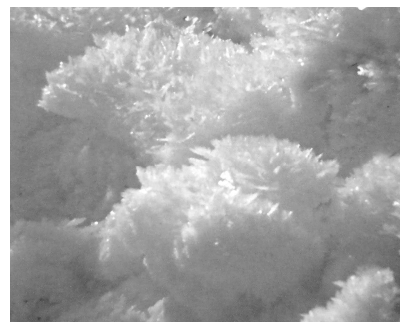
Ответ: \_\_\_\_\_ В.

- 27** Какова длина волны света, выбивающего из металлической пластинки фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых составляет  $25\%$  от работы выхода электронов из этого металла? Красная граница фотоэффекта для данного металла соответствует длине волны  $500$  нм.

Ответ: \_\_\_\_\_ нм.

**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** Высоко в горах в хорошую погоду при низкой температуре воздуха поверхность снега на ярком солнце постепенно покрывается слоем «снежных цветов», состоящих из больших ледяных кристаллов-снежинок (см. рисунок.). Такое явление наблюдается только тогда, когда снег очень чистый. Почему при этих условиях снег на солнце не тает, а перекристаллизуется?

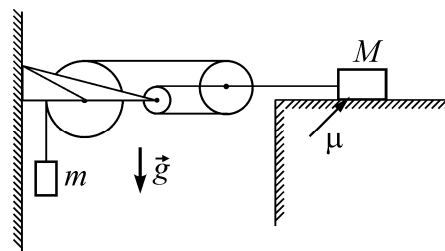


Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.

*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

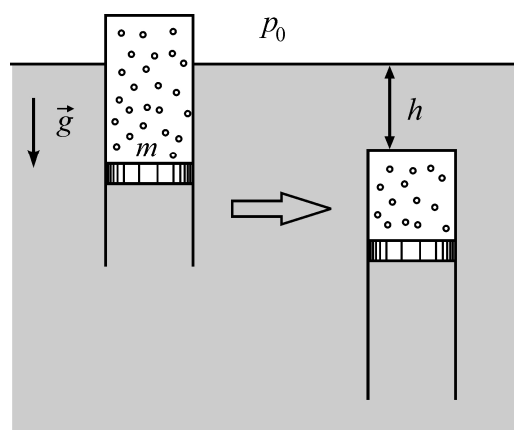
В системе, изображённой на рисунке, грузик массой  $m = 1$  кг подвешен на нити, охватывающей три блока, второй конец которой привязан к оси самого правого блока (см. рисунок). К этой же оси привязана другая нить, соединяющаяся с грузом массой  $M = 10$  кг,



лежащим на шероховатой горизонтальной плоскости (коэффициент трения груза о плоскость равен  $\mu = 0,3$ ). Найдите ускорение  $a_1$  грузика  $m$ . Считайте, что нити невесомы и нерастяжимы, свободные участки нитей вертикальны или горизонтальны, блоки невесомы, а трение в их осях отсутствует.

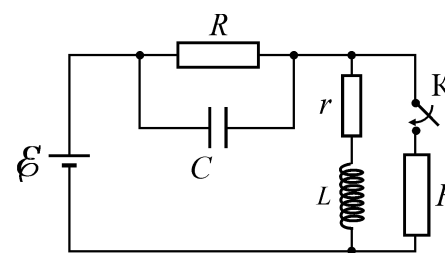
30

Тонкостенный цилиндр с воздухом закрыт снизу поршнем массой  $m = 3$  кг, который может без трения перемещаться в цилиндре. Цилиндр плавает в вертикальном положении в воде при температуре  $T = 300$  К (см. рисунок). Когда цилиндр опустили при постоянной температуре на глубину  $h = 10$  м (от поверхности воды до его верхней крышки), он потерял плавучесть. Найдите массу воздуха в цилиндре. Атмосферное давление равно  $p_0 = 10^5$  Па, масса цилиндра и воздуха в цилиндре гораздо меньше массы поршня.



31

В цепи, схема которой изображена на рисунке, ключ  $K$  в некоторый момент замыкают. На сколько после этого изменится заряд  $q$  конденсатора  $C$  ёмкостью  $10$  мкФ? ЭДС источника с малым внутренним сопротивлением равна  $\mathcal{E} = 5$  В, сопротивления резисторов  $R = 4$  Ом, сопротивление катушки индуктивности  $r = 1$  Ом, сопротивлением проводов можно пренебречь.



32

Нырлящик, находящийся в бассейне, смотрит вверх с глубины  $h$  на спокойную поверхность воды и видит через неё, что его тренер стоит на кромке бассейна, причём ступни ног находятся на уровне воды, а голова видна нырлящику под углом  $\varphi = 45^\circ$  к вертикали. Показатель преломления воды  $n = 4/3$ , расстояние по горизонтали от глаз нырлящика до ног тренера равно  $l = 7$  м, рост тренера  $H = 1,77$  м. Чему равна глубина  $h$ , с которой смотрит нырлящик?