



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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

### Соотношение 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	$931,5 \text{ МэВ}$
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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

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

### Удельная теплоёмкость

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

**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 –  $0^\circ\text{C}$

**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 1-23 являются число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ №1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

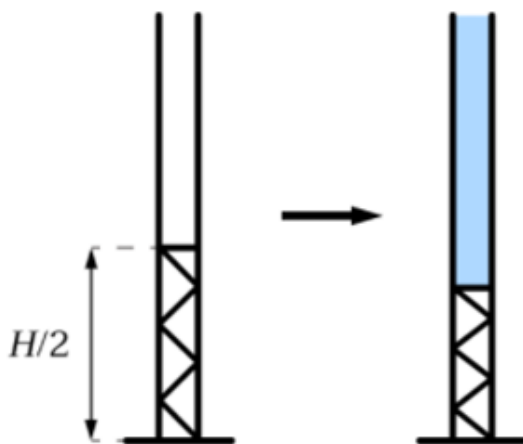
- 1 Средняя скорость поезда на всем пути  $v_{\text{ср}} = 60$  км/ч. Две трети пути поезд проехал со скоростью  $v_1 = 90$  км/ч. Определите скорость поезда на остальном пути.

Ответ: \_\_\_\_\_ км/ч

- 2 Система из двух шаров массами  $m_1 = 0,6$  кг и  $m_2 = 0,3$  кг, соединенных невесомой спицей длиной 0,5 м, вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через центр тяжести и перпендикулярной спице, с угловой скоростью  $\omega = 2$  рад/с. Найти энергию системы  $E$ . Ответ округлить до десятых.

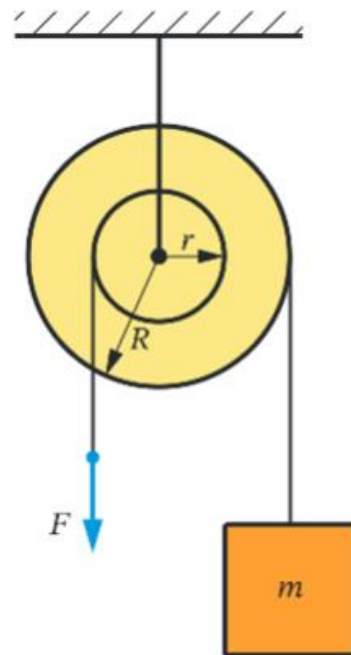
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж

- 3 Мензурка высотой  $H = 20$  см установлена вертикально. В нижней ее половине находится пружина длиной  $\frac{H}{2}$  и жесткостью  $k = 14$  Н/м, закрытая тонкой легкой непроницаемой для воды крышечкой, которая без трения может перемещаться внутри мензурки. Сколько граммов воды надо аккуратно налить в мензурку сверху, чтобы заполнить ее до верхнего края? Площадь сечения мензурки  $4 \text{ см}^2$ . Ответ дайте в г, округлив до целого числа. Давление воздуха под крышечкой не учитывайте.



Ответ: \_\_\_\_\_ г

- 4 На общую ось насажены два вала радиусами  $r = 10$  см и  $R = 20$  см. На больший вал намотана веревка, один конец закреплен на валу, а ко второму подвешен груз массой  $m = 10$  кг. На малый вал намотана другая веревка, один конец закреплен на этом валу, а за другой тянут с вертикальной силой  $F$ . Массами блоков и веревок пренебречь, трение в оси блока не учитывать.

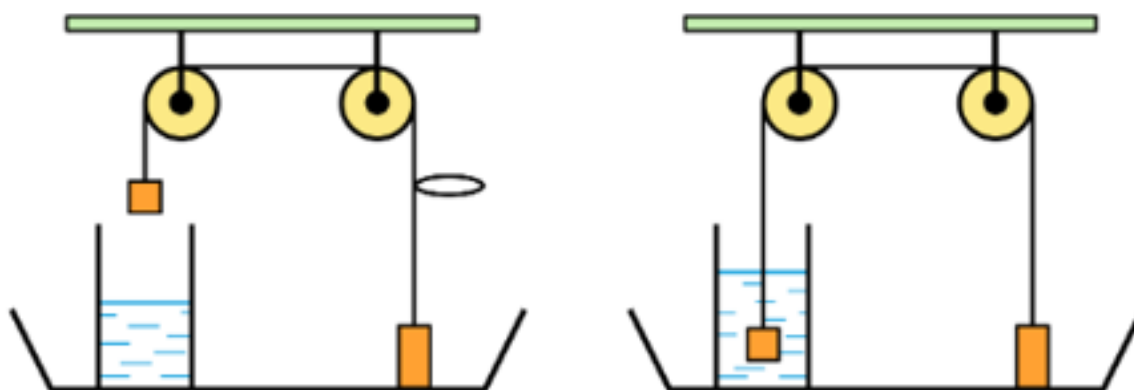


На основании анализа условия, выберите все верные утверждения и укажите в ответе их номера.

- 1) Сила  $F$  равна 100 Н;
- 2) Сила  $F$  равна 200 Н;
- 3) Работа при подъеме груза на 2 м будет равна 200 Дж;
- 4) Работа при подъеме груза на 2 м будет равна 400 Дж;
- 5) Выигрыша в силе нет;
- 6) Выигрыша в работе нет.

Ответ: \_\_\_\_\_

- 5 На чаше весов расположен сосуд с водой и гиря массой 1 кг, к которой с помощью легкой нерастяжимой нити, перекинутой через два идеальных блока, подвешена еще одна гиря массой 400 г. Нить укорочена с помощью завязанной петли, так, что меньшая гиря висит над поверхностью воды. Петлю развязали и аккуратно отпустили высвободившуюся нить. Теперь меньшая гиря полностью погрузилась в воду, но не касается дна сосуда. Плотность материала гирь в 8 раз больше плотности воды. Как изменился вес меньшей гири после развязывания петли? Как изменились показания весов?



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.

Вес меньшей гири	Показания весов

- 6** Две одинаковые длинные тяжелые однородные доски лежат одна на другой на горизонтальной поверхности. Резким ударом нижней доске сообщили начальную скорость  $6 \text{ м/с}$ , направленную точно вдоль досок. Доски до самой остановки движутся поступательно. Коэффициент трения между досками и между нижней доской и поверхностью одинаков и равен  $\mu = 0,5$ .

Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ЗНАЧЕНИЯ
А) время после удара, за которое проскальзывание досок друг по другу прекратится;	1) 0,1
Б) время после удара, через которое движение досок полностью прекратится.	2) 0,2
	3) 0,3
	4) 0,4
	5) 0,5
	6) 0,6

А	Б

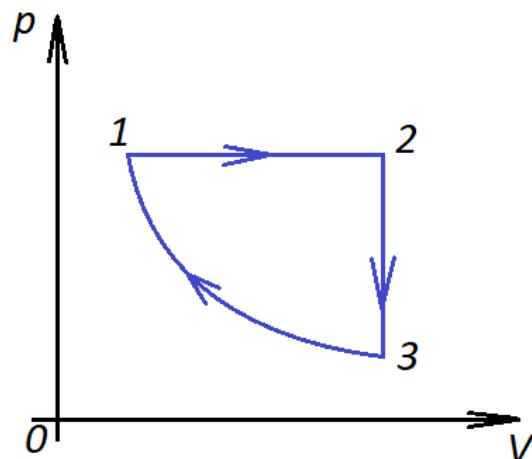
- 7** Закопченную монету положили на снег. Солнце находится на высоте  $\alpha = 30^\circ$  над горизонтом и освещает монету. За какое минимальное время  $t$  монета может погрузиться в снег на глубину  $5 \text{ мм}$ ? Плотность снега  $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ . Плотность потока солнечного излучения считайте равной  $I = 1 \text{ кВт/м}^2$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ с

- 8** Некоторое количество воды нагревается электронагревателем мощностью  $500 \text{ Вт}$ . При включении нагревателя на время  $t_1 = 2 \text{ мин}$  температура воды повысилась на  $\Delta T = 1 \text{ К}$ , а при его отключении - понизилась за время  $t_2 = 1 \text{ мин}$  на ту же величину  $\Delta T$ . Какова масса  $m$  нагреваемой воды, если потери тепла за счет рассеяния в окружающую среду пропорциональны времени? Ответ округлить до сотых.

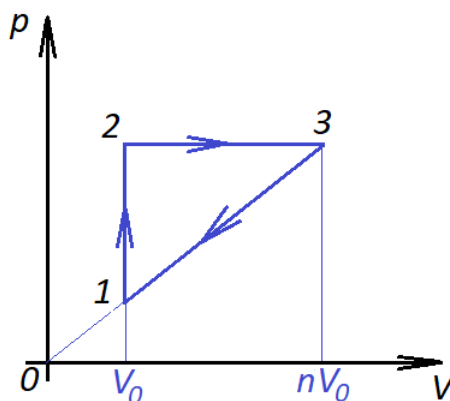
Ответ: \_\_\_\_\_ кг

- 9 В тепловом двигателе, рабочим телом которого является один моль идеального одноатомного газа, совершается циклический процесс, изображенный на рисунке, где участок 3-1 – адиабатическое сжатие. Работа за один цикл составляет  $A = 625$  Дж, температура газа в состоянии 1 равна  $T_1 = 300$  К, а КПД двигателя равен  $\eta = 30\%$ . Найти температуру  $T_2$  в состоянии 2. Ответ округлить до целых.



Ответ: \_\_\_\_\_ К

- 10 В тепловом двигателе, рабочим телом которого является идеальный одноатомный газ, совершается циклический процесс, изображенный на рисунке. Отношение максимального объема газа к минимальному в этом цикле равно  $n = 3$ .



На основании анализа графика выберите все верные утверждения.

- 1) Работа газа за цикл может быть определена по формуле  $A = \frac{1}{2} n^2 p_1 V_0$ .
- 2) Работа газа за цикл может быть определена по формуле  $A = \frac{1}{2} (n - 1)^2 p_1 V_0$ .
- 3) Полученное газом количество теплоты равно  $Q = \frac{1}{2} p_1 V_0 (n - 1)(3 + 5n)$ .
- 4) КПД цикла равен  $\frac{1}{11}$ .
- 5) КПД цикла равен  $\frac{1}{9}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_



**11** В условиях предыдущей задачи  $n = 4$ . Как при этом изменятся КПД цикла и температура газа в точке 2?

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.

КПД цикла	Температура газа в точке 2

**12** Из куска проволоки сопротивлением  $R = 36$  Ом сделано кольцо. В каких точках кольца следует присоединить вольтметр, чтобы его показания оказались равны 8 Ом? В ответ записать отношение сопротивления большего куска к сопротивлению меньшего.

Ответ: \_\_\_\_\_

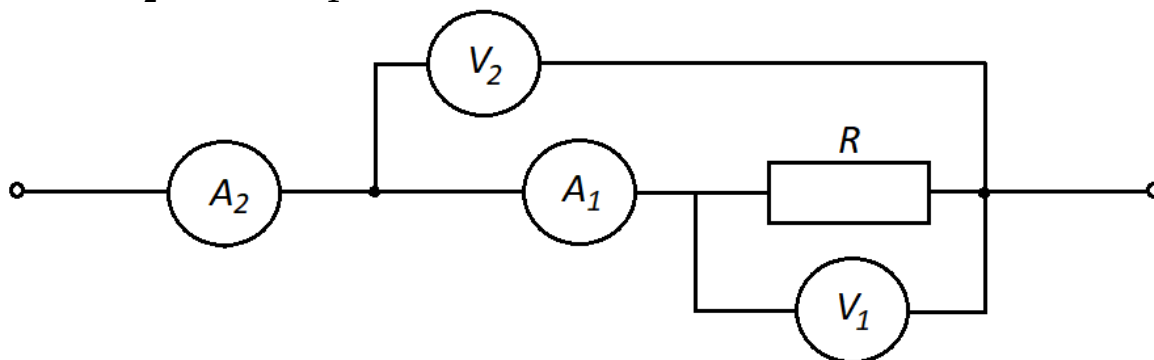
**13** Плоская квадратная рамка находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,8 Тл. Сопротивление рамки равно 0,5 Ом. Вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости рамки. Рамку повернули на  $45^\circ$ , при этом по рамке прошел заряд 4мКл. Определить длину стороны рамки. Ответ округлить до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ см

**14** Две когерентные световые волны с  $\lambda = 600$  нм интерферируют. Найти минимальную разность хода, при которой они полностью ослабляют друг друга.

Ответ: \_\_\_\_\_ нм

- 15 Из двух одинаковых амперметров и двух одинаковых вольтметров собрана цепь, изображенная на рисунке. Выводы участка цепи подключены к источнику тока. Показания приборов  $I_2 = 60 \text{ мА}$ ,  $I_1 = 50 \text{ мА}$ ,  $U_2 = 10 \text{ В}$ ,  $U_1 = 9,9 \text{ В}$ .

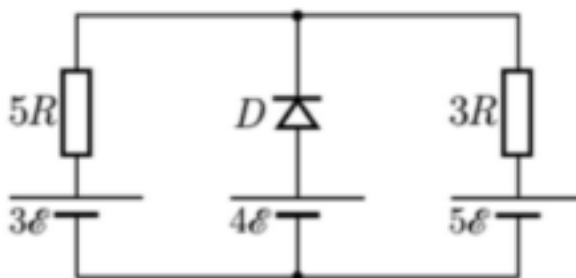


Выберите все верные утверждения об этой цепи.

- 1) Собственное сопротивление вольтметров равно 1 кОм.
- 2) Собственное сопротивление вольтметров равно 1,2 кОм.
- 3) Собственное сопротивление амперметров равно 1 Ом.
- 4) Собственное сопротивление амперметров равно 2 Ом.
- 5) Сопротивление резистора равно примерно 200 Ом.
- 6) Сопротивление резистора равно примерно 250 Ом.

Ответ: \_\_\_\_\_

- 16 В цепи на рисунке изымают диод. Как изменится потенциал верхнего узла и модуль тока в средней ветви после этого?



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.

Потенциал верхнего узла	Модуль тока в средней ветви

**17** На дифракционную решётку с периодом  $d$  перпендикулярно к ней падает широкий пучок монохроматического света с частотой  $\nu$ .

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**

**ФОРМУЛА**

- А) длина волны падающего света
- Б) угол, под которым наблюдается главный дифракционный максимум  $m$ -го порядка

- 1)  $\pm \arccos \frac{m\lambda}{d}$
- 2)  $\frac{c}{\nu}$
- 3)  $\pm \arcsin \frac{m\lambda}{d}$
- 4)  $c\nu$

А	Б

**18** Фотон с энергией 8 эВ выбивает электрон из металлической пластинки с работой выхода 2 эВ (катода). Пластинка находится в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряженностью  $E = 5 \cdot 10^4$  В/м. До какой скорости электрон разгонится в этом поле, пролетев путь  $s = 5 \cdot 10^{-4}$  м вдоль линии поля?

Релятивистские эффекты не учитывать. Ответ выразите в метрах в секунду и округлите до второй значащей цифры.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с

- 19** Положительно заряженная альфа-частица, испущенная радиоактивным ядром, движется по направлению к атомному ядру, вектор скорости направлен под некоторым углом к прямой, соединяющей частицу с ядром. Как изменяются физические величины во время ее приближения к ядру?

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.

Скорость	Ускорение

- 20** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях.

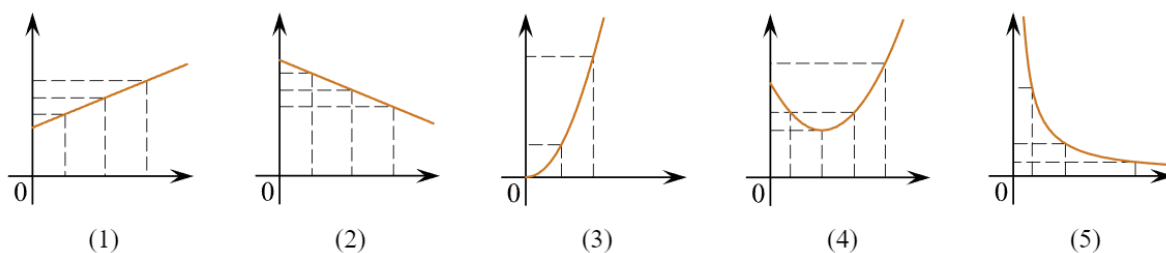
Запишите в ответе их номера.

- 1) Одна и та же сила сообщает телу меньшей массы большее ускорение.
- 2) Броуновское движение в жидкости возможно только днём при солнечном свете.
- 3) Одноимённые полюса постоянных магнитов отталкиваются друг от друга.
- 4) Явление полного внутреннего отражения может наблюдаться только при углах падения меньше предельного.
- 5) Отклонение компонент радиоактивного излучения в магнитном поле в противоположные стороны свидетельствует о наличии излучения различной частоты.

Ответ: \_\_\_\_\_

- 21** Даны следующие зависимости величин:  
 А) Зависимость кинетической энергии тела от его скорости;  
 Б) Зависимость температуры тела от времени при нагревании;  
 В) Зависимость энергии фотона от длины волны.

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



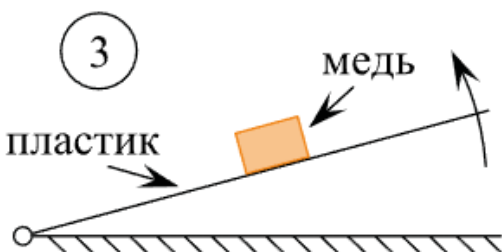
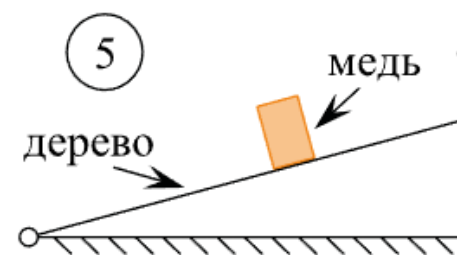
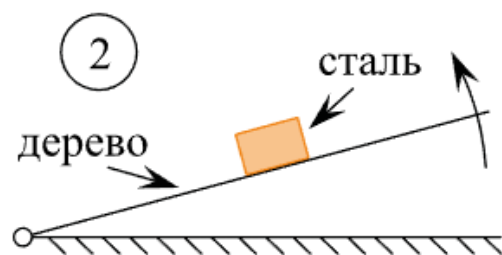
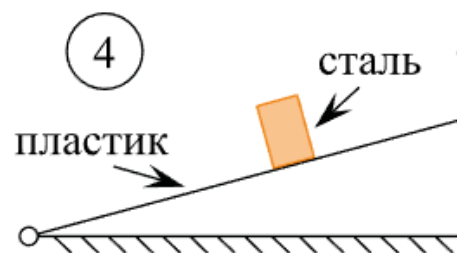
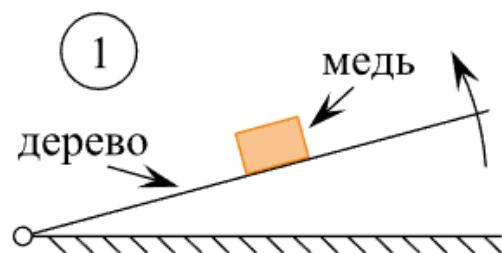
А	Б	В

- 22** Чтобы определить объём канцелярской скрепки, в мензурку погружают  $N = 500$  таких скрепок. Измерение показывает, что объём воды изменился относительно первоначального уровня на  $(50 \pm 2)$  см<sup>3</sup>. Чему равен объём одной скрепки? (Ответ дайте в см<sup>3</sup>, значение и погрешность запишите слитно без пробела.)

Ответ: (\_\_\_\_\_±\_\_\_\_\_) см<sup>3</sup>

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

23 Необходимо экспериментально проверить, зависит ли коэффициент трения скольжения от площади соприкасающихся при трении поверхностей. Для этого можно использовать наклонный трибометр — это наклонная плоскость, угол наклона которой к горизонту можно изменять. На эту плоскость кладут брусок и медленно увеличивают угол её наклона до тех пор, пока брусок не начинает скользить. Какие две установки нужно использовать для проведения такого исследования, если все бруски до начала скольжения не переворачиваются?



Ответ: \_\_\_\_\_

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

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

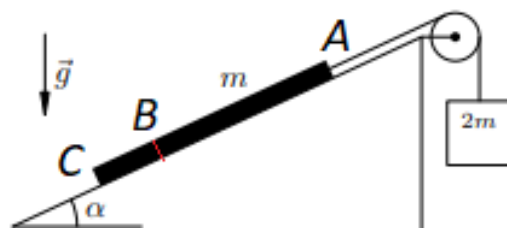
## Часть 2

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

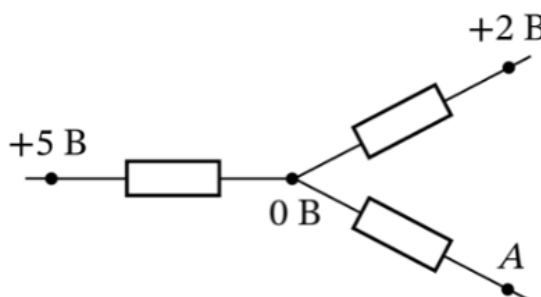
- 24 Один из двух одинаковых сосудов заполнен сухим воздухом, а другой – влажным, содержащим водяные пары. Температура и давление в обоих сосудах одинаковы. Какой из сосудов легче? Ответ обоснуйте.

*Полное правильное решение каждой из задач 25–30 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

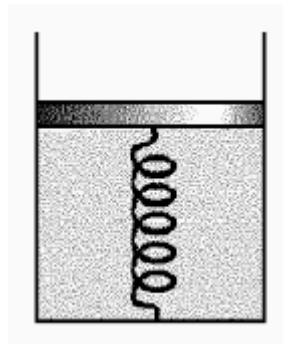
- 25 Однородный канат массой  $m = 1$  кг соединен с бруском массой  $2m$  легкой нитью, перекинутой через блок. Канат скользит вверх по поверхности горки, наклоненной под углом  $\alpha$  ( $\cos \alpha = 0,8$ ). Коэффициент трения скольжения между горкой и канатом  $\mu = 0,2$ . Найти силу натяжения каната в точке (сечении) В. Известно, что  $BC = \frac{AC}{4}$ .



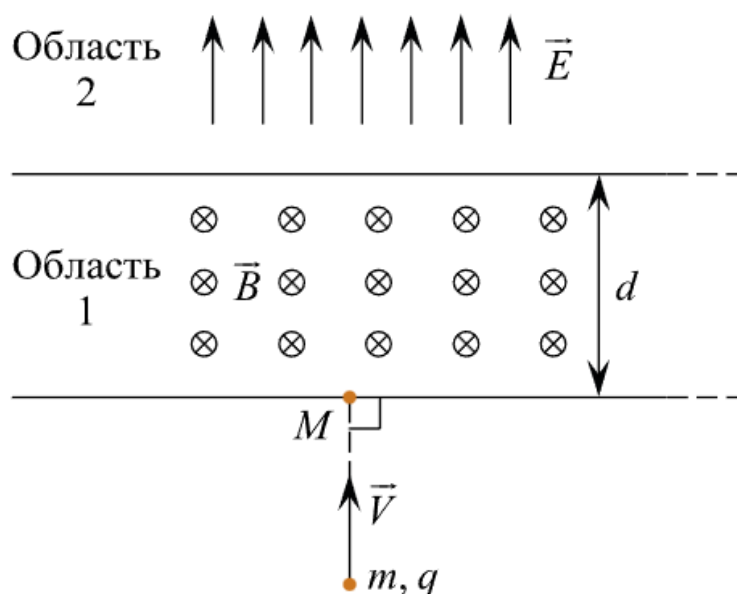
- 26 В схеме, показанной на рисунке, все резисторы имеют одинаковое сопротивление. Определите потенциал точки А. Ответ дайте в вольтах.



- 27 В вертикально расположенном цилиндре находится кислород массой  $m = 64$  г, отделенный от атмосферы поршнем, который соединен с дном цилиндра пружиной жесткостью  $k = 831$  Н/м. При температуре  $T_1 = 300$  К поршень располагается на расстоянии  $h = 1$  м от дна цилиндра. До какой температуры  $T_2$  надо нагреть кислород, чтобы поршень расположился на высоте  $H = 1,5$  м от дна цилиндра?



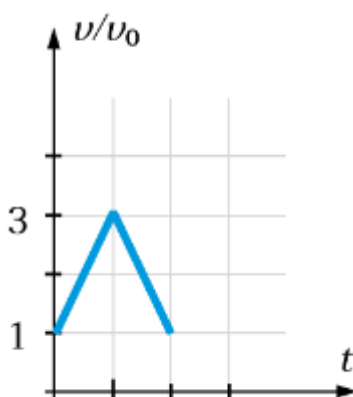
- 28 Частица массой  $m = 8 \cdot 10^{-10}$  кг с отрицательным зарядом  $|q| = 2 \cdot 10^{-8}$  Кл влетает с начальной скоростью  $V = 20$  м/с в область пространства 1 шириной  $d = 20$  см, в которой создано однородное магнитное поле с индукцией  $B = 2$  Тл. Начальная скорость частицы направлена перпендикулярно границе области 1. После вылета из области 1 частица попадает в непосредственно граничащую с ней протяжённую область 2, в которой создано однородное электростатическое поле напряжённостью  $E = 20$  В/м. Направления линий магнитного и электрического полей в областях 1 и 2 показаны на рисунке. На каком расстоянии от точки  $M$  попадания в область 1 частица вылетит из неё, двигаясь в противоположном направлении, пройдя области обоих полей?



- 29 Тонкая линза создает изображение предмета. Если вплотную к этой линзе приставить перпендикулярно главной оптической оси плоское зеркало, то такая система при неизменном расстоянии до предмета создает его изображение с тем же увеличением. Определите это увеличение.



- 30** Искусственный спутник Земли и космический корабль с выключенным двигателем вращаются вокруг Земли по одной круговой орбите. Радиус орбиты в два раза превосходит радиус Земли. Изначально спутник и корабль находились в диаметрально противоположных точках орбиты. Корабль включил двигатель и, двигаясь по той же орбите, догнал спутник. График зависимости скорости корабля (в единицах начальной скорости) от времени показан на рисунке. Как видно из графика, манёвр рассчитан так, что в момент сближения со спутником корабль имеет относительно спутника нулевую скорость. Найдите максимальную величину силы тяги двигателя во время этого манёвра. Считайте, что направление силы тяги может изменяться за достаточно малое время. Масса корабля  $m = 5$  тонн.



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