

## Решения

### ↑ Задание 1 № 6260 тип 1

Груз, подвешенный на нити длиной 2 м, отведён в сторону и отпущен. Нижнюю точку траектории он проходит со скоростью 1,4 м/с. Найдите центростремительное ускорение груза в нижней точке траектории. (Ответ дайте в метрах в секунду в квадрате и округлите до целых.)

**Решение.**

Центростремительное ускорение равно

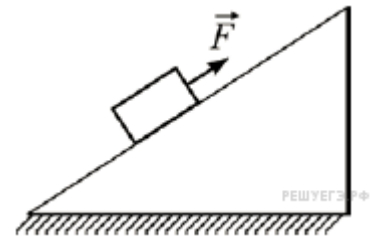
$$a_{ц} = \frac{v^2}{R} = \frac{1,4^2}{2} \approx 1 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: 1.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 1

### ↑ Задание 2 № 8894 тип 2

К бруску массой  $m_1 = 5$  кг, находящемуся на закреплённой наклонной шероховатой плоскости, приложена сила  $F = 10$  Н, направленная вдоль плоскости, как показано на рисунке. При этом брусок движется вверх с ускорением. На какую величину изменится ускорение бруска, если, не изменяя модуля и направления силы  $\vec{F}$ , заменить брусок на другой — из того же материала, но массой  $m_2 = 0,4 m_1$ ? Ответ выразите в  $\text{м/с}^2$ .



**Решение.**

Запишем второй закон Ньютона в векторной форме:  $m\vec{a} = \vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}$ .

Спроектируем на ось вдоль которой движется тело ( $Ox$ ) и ось, перпендикулярную ей ( $Oy$ ):

$$\begin{cases} Ox: m_1 a_1 = F - m_1 g \sin \alpha - F_{\text{тр}}, \\ Oy: N = m_1 g \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow F - m_1 a_1 = m_1 g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha),$$

где  $\alpha$  — угол наклона плоскости,  $\mu$  — коэффициент трения.

После замены брусок на другой это уравнение будет выглядеть следующим образом:

$$F - m_2 a_2 = m_2 g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha).$$

Для того чтобы избавиться от неизвестных величин, поделим первое уравнение на второе:

$$\frac{F - m_1 a_1}{F - m_2 a_2} = \frac{m_1}{m_2} \Leftrightarrow a_2 - a_1 = \frac{F(m_1 - m_2)}{m_1 m_2} = \frac{F(1 - \frac{m_2}{m_1})}{m_2} = \frac{F \cdot (1 - 0,4)}{0,4 m_1} = \frac{10 \cdot 0,6}{0,4 \cdot 5} = 3 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: 3.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 3

### ↑ Задание 3 № 430 тип 3

Тело движется прямолинейно. Под действием постоянной силы 5 Н импульс тела уменьшился от 25  $\text{кг} \cdot \text{м/с}$  до 15  $\text{кг} \cdot \text{м/с}$ . Сколько секунд потребовалось на это?

**Решение.**

Сила, изменение импульса под действием этой силы и интервал времени, в течение которого произошло изменение, связаны согласно второму закону Ньютона, соотношением

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}.$$

Следовательно, для того чтобы уменьшить импульс от  $25 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$  до  $15 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ , потребовалось

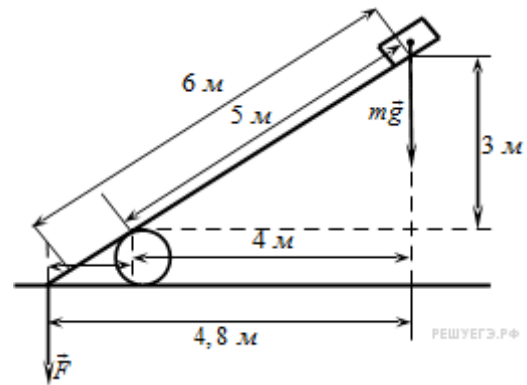
$$\Delta t = \frac{|\Delta p|}{F} = \frac{|15 \text{ кг} \cdot \text{м/с} - 25 \text{ кг} \cdot \text{м/с}|}{5 \text{ Н}} = 2 \text{ с}.$$

Ответ: 2.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 2

↑ **Задание 4 № 616 тип 4**

Под действием силы тяжести  $mg$  груза и силы  $F$  рычаг, представленный на рисунке, находится в равновесии. Расстояния между точками приложения сил и точкой опоры, а также проекции этих расстояний на вертикальную и горизонтальную оси указаны на рисунке. Если модуль силы  $F$  равен  $150 \text{ Н}$ , то каков модуль силы тяжести, действующей на груз? (Ответ дайте в ньютонах.)

**Решение.**

Одним из условий равновесия рычага является то, что полный момент всех внешних сил относительно любой точки равен нулю. Рассмотрим моменты сил относительно опоры рычага. Момент, создаваемый силой  $F$ , равен  $F \cdot 0,8 \text{ м}$ , и он вращает рычаг против часовой стрелки. Момент, создаваемый грузом относительно этой точки —  $mg \cdot 4 \text{ м}$ , он вращает по часовой. Приравняв моменты, получаем выражение для модуля тяжести

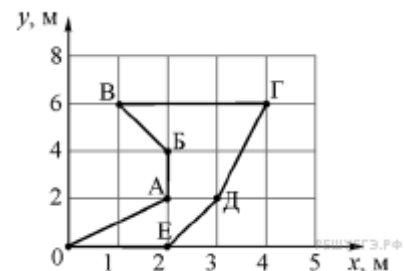
$$mg = \frac{F \cdot 0,8 \text{ м}}{4 \text{ м}} = \frac{150 \text{ Н} \cdot 0,8 \text{ м}}{4 \text{ м}} = 30 \text{ Н}.$$

Ответ: 30.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 30

↑ **Задание 5 № 10938 тип 5**

Точечное тело начинает движение в координатной плоскости  $XOY$  из точки с координатой  $(0; 0)$ . Точками А, Б, В, Г, Д, Е на рисунке отмечены положения тела через каждую секунду после начала его движения. На основании анализа представленного графика выберите из приведённого ниже списка два правильных утверждения и укажите их номера.



1) Модуль проекции скорости тела на ось  $OX$  на участке  $0A$  в 2 раза больше, чем на участке  $ГД$ .

2) На участке  $АБ$  модуль скорости тела равен  $2 \text{ м/с}$ .

3) На участке  $БВ$  проекция скорости тела на ось  $OX$  в 2 раза больше, чем проекция скорости этого тела на ось  $OY$ .

4) Тело двигалось равномерно только на участке  $ВГ$ .

5) При движении тела от точки А до точки Г путь, пройденный телом вдоль оси  $OX$ , больше пути, пройденного телом вдоль оси  $OY$ .

**Решение.**

- 1) На участке 0А модуль проекции скорости тела на ось 0Х составляет 2 м/с, а на участке ГД — 1 м/с. Утверждение 1 — верно.
- 2) На участке АБ модуль скорости тела равен 2 м/с. Утверждение 2 — верно.
- 3) На участке БВ проекция скорости тела на ось 0Х равна 1 м/с, а проекция скорости на этом же участке на ось 0У равна 2 м/с. Утверждение 3 — неверно.
- 4) В условии задачи ничего не сказано о характере движения тела, потому утверждать, что движение было равномерным только на участке ВГ нельзя. Утверждение 4 — неверно.
- 5) При движении от точки А до точки Г, тело прошло 4 метра вдоль 0Х и 4 метра вдоль 0У. Утверждение 5 — неверно.

Ответ: 12.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 12

↑ **Задание 6 № 5977 тип 6**

В сосуд налита вода, в которой плавает деревянный шар. Поверх воды аккуратно наливают не очень толстый слой масла. Как в результате этого изменятся следующие физические величины: давление на дно сосуда; модуль выталкивающей силы, действующей на шар; высота части шара, выступающей над поверхностью жидкости? 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.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

**ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- А) давление на дно сосуда  
 Б) модуль выталкивающей силы, действующей на шар  
 В) высота части шара, выступающей над поверхностью жидкости

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

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

А	Б	В

**Решение.**

- А) В результате того, что столб жидкости станет выше, давление на дно сосуда увеличится.
- Б) Шар плавает в жидкости, значит, сила Архимеда уравнивает силу тяжести, действующую на шар. Сила тяжести не изменилась, следовательно, не изменится и выталкивающая сила.
- В) Сила Архимеда равна  $F_A = \rho g V$ . Плотность масла меньше плотности воды, следовательно, при одной и той же силе тяжести объём тела, погруженного в масло, должен быть больше, а значит, глубина погружения шара будет больше. Поэтому, при наливании масла, высота части шара, выступающая над поверхностью жидкости, уменьшится.

Ответ: 132.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 132

↑ **Задание 7 № 9206 тип 7**

Брусок массой  $m$  соскальзывает с закреплённой шероховатой наклонной плоскости с углом  $\alpha$  при основании. Модуль ускорения бруска равен  $a$ , модуль скорости бруска возрастает. Соппротивлением воздуха можно пренебречь.

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

## ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

- А) Модуль силы реакции, действующей на брусок со стороны наклонной плоскости  
 Б) Коэффициент трения бруска о наклонную плоскость

## ФОРМУЛА

- 1)  $mg$   
 2)  $\operatorname{tg} \alpha - \frac{a}{g \cos \alpha}$   
 3)  $mg \cos \alpha$   
 4)  $\sin \alpha - \frac{a}{g \cos \alpha}$

А	Б

**Решение.**

На брусок действуют сила тяжести  $mg$ , направленная вертикально вниз, сила реакции опоры  $N$ , направленная перпендикулярно плоскости горки вверх, и сила трения  $F_{\text{тр}} = \mu N$ , направленная против движения. Выберем ось  $Ox$  по направлению движения и ось  $Oy$  перпендикулярно движению вверх. Тогда по второму закону Ньютона запишем действующие силы на эти оси:

$$\begin{cases} Ox : mg \sin \alpha - \mu N = ma, \\ Oy : N - mg \cos \alpha = 0, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} N = mg \cos \alpha, \\ \mu = \operatorname{tg} \alpha - \frac{a}{g \cos \alpha}. \end{cases}$$

Ответ: 32.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 32

**↑ Задание 8 № 8674 тип 8**

При неизменной плотности одноатомного идеального газа давление этого газа увеличивают в 4 раза. Во сколько раз изменяется при этом среднеквадратичная скорость движения его атомов?

**Решение.**

Давление идеального газа можно найти по формуле  $p = \frac{2}{3}nE_{\text{кин.среднее}}$ . Концентрация равна  $n = \frac{1}{V} = \frac{\rho}{m}$ , где  $m$  — масса всего газа. Следовательно, концентрация, также как и плотность газа, остаётся постоянной. Средняя кинетическая энергия атомов газа  $E_{\text{кин.среднее}} = \frac{m_{\text{ат}} \langle v^2 \rangle}{2}$ , где  $m_{\text{ат}}$  — масса атомов газа. Подставим выражение для  $E_{\text{кин.среднее}}$  в уравнение для  $p$  и выразим квадрат средней скорости.

$$p = \frac{2}{3}n \frac{m_{\text{ат}} \langle v^2 \rangle}{2} \Leftrightarrow \langle v^2 \rangle = \frac{3p}{n \cdot m_{\text{ат}}}$$

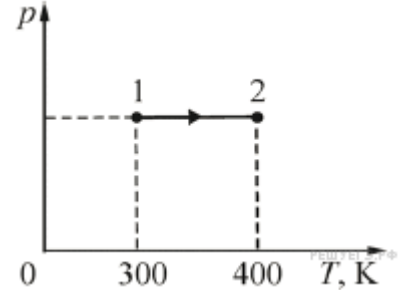
Среднеквадратичная скорость движения атомов равна корню из среднего квадрата скорости атомов  $v_{\text{кв}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3p}{n \cdot m_{\text{ат}}}}$ . Следовательно, при увеличении давления в 4 раза среднеквадратичная скорость движения атомов газа возрастёт в 2 раза.

Ответ: 2.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 2

↑ **Задание 9 № 8859 тип 9**

Идеальный газ в количестве  $\nu = 2$  моля, получив некоторое количество теплоты от нагревателя, изменил своё состояние, перейдя из состояния 1 в состояние 2 так, как показано на  $pT$ -диаграмме. Какую работу совершил газ в процессе 1–2? Ответ выразите в Дж.



**Решение.**

Как видно из графика, процесс 1–2 является изобарным. В изобарном процессе работа газа равна:

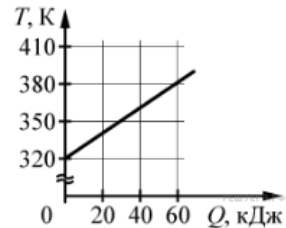
$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T = 2 \cdot 8,31 \cdot (400 - 300) = 1662 \text{ Дж.}$$

Ответ: 1662.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 1662

↑ **Задание 10 № 5538 тип 10**

На рисунке изображён график зависимости температуры тела от подводимого к нему количества теплоты. Удельная теплоёмкость вещества этого тела равна  $500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ . Чему равна масса тела? (Ответ дать в килограммах.)



**Решение.**

Полученное количество теплоты  $Q$  определяется как произведение массы тела, удельной теплоемкости вещества и приращения температур:  $Q = mc\Delta t$ . При нагревании на  $60 \text{ К}$  было затрачено  $60 \text{ кДж}$ , следовательно масса тела

$$m = \frac{60000 \text{ Дж}}{60 \text{ К} \cdot 500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})} = 2 \text{ кг.}$$

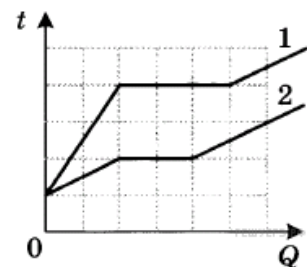
Ответ: 2.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 2

↑ **Задание 11 № 8098 тип 11**

На рисунке представлены графики зависимости температуры  $t$  двух тел одинаковой массы от сообщённого количества теплоты  $Q$ . Первоначально тела находились в твёрдом агрегатном состоянии.

Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня два верных утверждения и укажите их номера.



- 1) Температура плавления первого тела в 2 раза больше, чем у второго.
- 2) Тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в твёрдом агрегатном состоянии.
- 3) Удельная теплоёмкость первого тела в твёрдом агрегатном состоянии в 3 раза больше, чем у второго.
- 4) Удельная теплота плавления первого тела, больше, чем удельная теплота плавления второго.
- 5) Тела имеют различную удельную теплоёмкость в жидком агрегатном состоянии.

**Решение.**

Чем меньше теплоёмкость тела, тем круче график зависимости температуры от количества сообщённой теплоты. Причём тангенс угла наклона кривой обратно пропорционален теплоёмкости тела.

1) Из графика видно, что температура плавления первого тела в два раза больше температуры плавления второго.

2) Удельная теплоёмкость первого тела меньше удельной теплоёмкости второго тела.

3) Рассмотрим участок, соответствующий твёрдому агрегатному состоянию тел. Тангенс угла наклона первой кривой в три раза больше тангенса угла наклона второй, следовательно, теплоёмкость второго тела в твёрдом состоянии больше теплоёмкости первого тела в твёрдом состоянии в 3 раза.

4) Во время плавления первому телу сообщили больше теплоты, чем второму, следовательно, удельная теплота плавления первого тела больше, чем удельная теплота плавления второго.

5) Рассмотрим участок, соответствующий жидкому агрегатному состоянию тел. Тангенсы углов наклона кривых на этих участках равны, следовательно, оба тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в жидком агрегатном состоянии.

Таким образом, верны утверждения 1 и 4.

Ответ: 14.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 14

### ↑ Задание 12 № 3193 тип 12

Внутренняя энергия  $\nu$  молей одноатомного идеального газа равна  $U$ . Газ занимает объем  $V$ .  $R$  — универсальная газовая постоянная. Чему равны давление и температура газа? Установите соответствие между физическими величинами и выражениями для них.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Давление газа  
Б) Температура газа

#### ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ НЕЁ

- 1)  $2U/(3V)$   
2)  $U/(\nu V)$   
3)  $2U/(3\nu R)$   
4)  $U/\nu R$

А	Б

#### Решение.

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа связана с его температурой соотношением  $U = \frac{3}{2}\nu RT$ . Следовательно, температура газа равна  $T = \frac{2U}{3\nu R}$  (Б — 3). Давление, температура и занимаемый идеальным газом объем не независимы, они связаны уравнением состояния Клапейрона-Менделеева:  $pV = \nu RT$ . Таким образом, давление газа равно  $p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{\nu R \cdot \frac{2U}{3\nu R}}{V} = \frac{2U}{3V}$  (А — 1).

Ответ: 13.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 13

### ↑ Задание 13 № 7290 тип 13

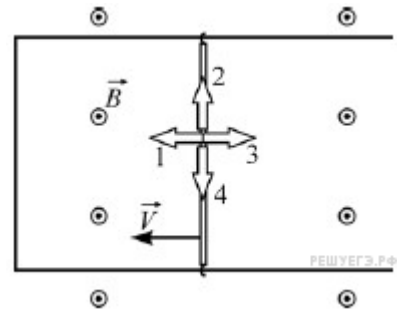
П-образный проводящий контур расположен горизонтально в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$  (см. рисунок, вид сверху). Контур замкнут медной перемычкой, которую можно перемещать по проводам без трения. Перемычку начинают перемещать с постоянной скоростью  $\vec{V}$  в

направлении, указанном на рисунке. Какой цифрой обозначено правильное направление силы Ампера, действующей на перемычку?

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

**Решение.**

На данном рисунке мы наблюдаем явление возникновения электромагнитной индукции или другими словами возникновение электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, проходящего через него. Индукционный ток при этом имеет такое направление, что создаваемое им магнитное поле противодействует тому изменению магнитного потока, которым был вызван данный ток. А значит, сила Ампера направлена против скорости.

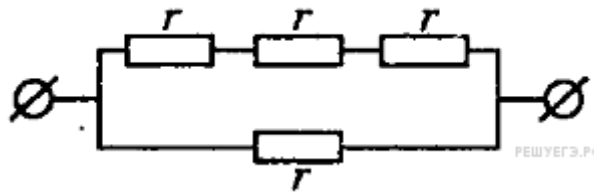


Правильный ответ указан под номером 3.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 3

↑ **Задание 14 № 3331 тип 14**

Каково сопротивление изображённого на рисунке участка цепи, если сопротивление каждого резистора  $r = 1 \text{ Ом}$ ?



**Решение.**

Участок цепи представляет собой три последовательно соединенных резистора, к которым параллельно подсоединен еще один такой же резистор. Следовательно, сопротивление всего участка равно

$$\frac{(r+r+r)r}{(r+r+r)+r} = \frac{3}{4}r = 0,75 \text{ Ом.}$$

Ответ: 0,75.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 0,75

↑ **Задание 15 № 9059 тип 15**

Луч света падает из воздуха на поверхность стекла. Угол падения луча можно изменять. В таблице приведена зависимость угла преломления  $\beta$  луча от угла падения  $\alpha$  луча (углы выражены в градусах). Чему равен показатель преломления стекла? Ответ округлите до десятых долей.

$\alpha, ^\circ$	10	20	30	40	50	60	70	80
$\beta, ^\circ$	6,23	12,34	18,21	23,69	28,61	32,77	35,97	37,99

**Решение.**

Согласно закону преломления Снеллиуса, показатель преломления связан углом падения и углом преломления соотношением:

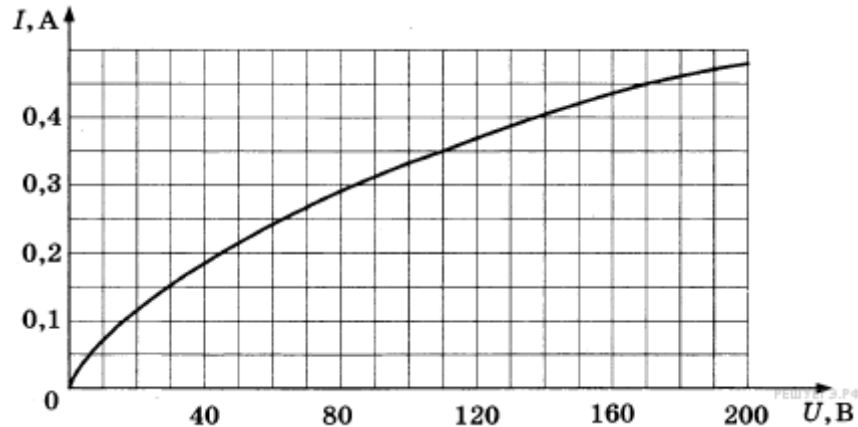
$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 18,21^\circ} \approx 1,6.$$

Ответ: 1,6.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 1,6

↑ **Задание 16 № 8173 тип 16**

На рисунке изображена зависимость силы тока через лампу накаливания от приложенного к ней напряжения. Выберите два верных утверждения, которые можно сделать, анализируя этот график.



- 1) Сопротивление лампы уменьшается при увеличении силы тока, текущего через нее.
- 2) Мощность, выделяемая в лампе при напряжении 110 В, равна 50 Вт.
- 3) Мощность, выделяемая в лампе при напряжении 170 В, равна 76,5 Вт.
- 4) Сопротивление лампы при силе тока в ней 0,35 А равно 200 Ом.
- 5) Мощность, выделяемая в лампе, увеличивается при увеличении силы тока.

**Решение.**

- 1) При увеличении силы тока сопротивление лампы  $\frac{U}{I}$  увеличивается.
  - 2) При напряжении 110 В сила тока равна 0,35 А. Мощность, выделяемая в лампе, равна  $110 \text{ В} \cdot 0,35 \text{ А} = 38,5 \text{ Вт}$ .
  - 3) При напряжении 170 В сила тока равна 0,45 А. Мощность, выделяемая в лампе, равна  $170 \text{ В} \cdot 0,45 \text{ А} = 76,5 \text{ Вт}$ .
  - 4) При силе тока 0,35 А напряжении равно 110 В. Сопротивление лампы равно  $110 \text{ В} : 0,35 \text{ А} \approx 315 \text{ Ом}$ .
  - 5) При увеличении силы тока мощность, выделяемая в лампе,  $UI$  увеличивается.
- Верными являются третье и пятое утверждения.

Ответ: 35.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 35

↑ **Задание 17 № 5310 тип 17**

Протон в однородном магнитном поле движется по окружности. Чтобы в этом поле двигалась по окружности с той же скоростью  $\alpha$ -частица, радиус окружности, центростремительное ускорение и период обращения  $\alpha$ -частицы по сравнению с протоном должны:

- 1) увеличиться
- 2) уменьшиться
- 3) не измениться



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

Радиус окружности	Центростремительное ускорение	Период обращения

**Решение.**

На заряженную частицу в магнитном поле действует сила Лоренца, которая сообщает ей центростремительное ускорение:

$$F_{\text{Л}} = qBv = \frac{mv^2}{R} \Leftrightarrow R = \frac{mv}{qB}$$

Поскольку массы и заряды протона и  $\alpha$ -частицы связаны соотношениями

$$m_{\alpha} \approx 4m_p, \quad q_{\alpha} = 2q_p,$$

закключаем, что радиус окружности, по которой будет двигаться  $\alpha$ -частица, приблизительно в 2 раза больше, чем у протона.

Следовательно, центростремительное ускорение будет меньше  $\left(a = \frac{v^2}{R}\right)$ .

Период обращения связана с радиусом траектории и скоростью соотношением

$$T = \frac{2\pi R}{v}.$$

Поскольку радиус траектории у  $\alpha$ -частицы больше, период обращения у нее больше.

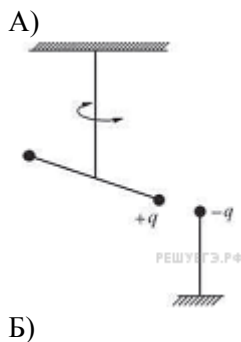
Ответ: 121.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 121

**↑ Задание 18 № 4214 тип 18**

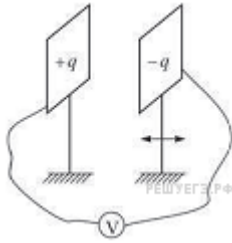
На рисунках изображены схемы физических экспериментов. Установите соответствие между этими экспериментами и их целью. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА**



**ЕГО ЦЕЛЬ**

- 1) Установление зависимости энергии конденсатора от напряжения между его пластинами
- 2) Установление зависимости модуля силы взаимодействия точечных зарядов от расстояния между ними
- 3) Установление зависимости напряжения между пластинами конденсатора от расстояния между ними
- 4) Установление зависимости потенциальной энергии взаимодействия точечных зарядов от расстояния между ними



А	Б

**Решение.**

На рисунке А изображен опыт с крутильными весами. При помощи него была установлена зависимость модуля силы взаимодействия точечных зарядов от расстояния между ними (А — 2).

На рисунке Б исследуется зависимость напряжения между пластинами конденсатора в зависимости от расстояния между ними (Б — 3).

Ответ: 23.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 23

↑ **Задание 19 № 7796 тип 19**

В результате некоторого числа  $\alpha$ -распадов и некоторого числа электронных  $\beta$ -распадов из ядра  ${}^A_ZX$  получается ядро  ${}^{A-8}_{Z-1}Y$ . Чему равно число  $\beta$ -распадов в этой ядерной реакции?

**Решение.**

При ядерных реакция сохраняются суммарные массовые и зарядовые числа частиц, вступивших в реакцию. Массовое число ядра уменьшилось на 8, а зарядовое на единицу. Следовательно, ядро испытало два  $\alpha$ -распада и три  $\beta$ -распада.

Ответ: 3.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 3

↑ **Задание 20 № 2302 тип 20**

Металлическую пластину освещают светом с энергией фотонов 6,2 эВ. Работа выхода для металла пластины равна 2,5 эВ. Какова максимальная кинетическая энергия образовавшихся фотоэлектронов? (Ответ дать в электронвольтах.)

**Решение.**

Согласно уравнению Эйнштейна, энергия поглощенного фотона идет на работу выхода и на сообщение электрону кинетической энергии:  $E_{\text{фот}} = A_{\text{вых}} + E_{\text{кин}}$ . Отсюда, для максимальной кинетической энергии образовавшихся фотоэлектронов имеем:

$$E_{\text{кин}} = E_{\text{фот}} - A_{\text{вых}} = 6,2 \text{ эВ} - 2,5 \text{ эВ} = 3,7 \text{ эВ}.$$

Ответ: 3,7.

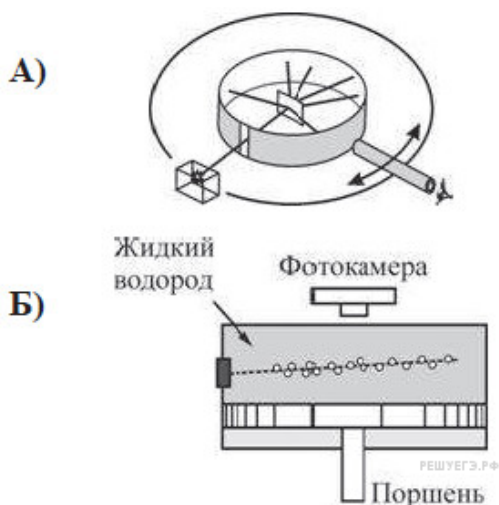
Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 3,7

↑ **Задание 21 № 3894 тип 21**

Установите соответствие между схемами проведения экспериментов по исследованию элементарных частиц и названиями экспериментальных методов.

НАЗВАНИЯ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ

СХЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ



- 1) метод сцинтилляций
- 2) камера Вильсона
- 3) счётчик Гейгера
- 4) пузырьковая камера

А	Б

**Решение.**

На рисунке А изображена установка для исследования элементарных частиц методом сцинтилляций. Этот метод основан на способности некоторых кристаллов испускать вспышки видимого света при поглощении энергии ионизирующего излучения. Количество вспышек пропорционально интенсивности излучения (А — 1).

На рисунке Б изображена пузырьковая камера (Б — 4). Принципы работы пузырьковой камеры и камеры Вильсона схожи. Пузырьковая камера — это прибор для регистрации треков быстрых заряженных ионизирующих частиц. Действие этого прибора основано на вскипании перегретой жидкости вдоль траектории частицы (обычно используется жидкий водород). В камере Вильсона используется обратное явление: конденсация перенасыщенного пара. При появлении в среде перенасыщенного пара каких-либо центров конденсации (в частности, ионов, сопровождающих след быстрой заряженной частицы) на них образуются мелкие капли жидкости.

Счётчик Гейгера — газоразрядный прибор для автоматического подсчёта числа попавших в него ионизирующих частиц. Представляет собой газонаполненный конденсатор, который пробивается при пролёте ионизирующей частицы через объём газа.

Ответ: 14.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 14

↑ **Задание 22 № 8031 тип 22**

В мерный стакан налита вода. Укажите объём воды с учётом погрешности измерения, учитывая что погрешность составляет половину цены деления мерного стакана. Цена деления указана в миллилитрах. В ответе запишите значение и погрешность слитно без пробела.

**Решение.**

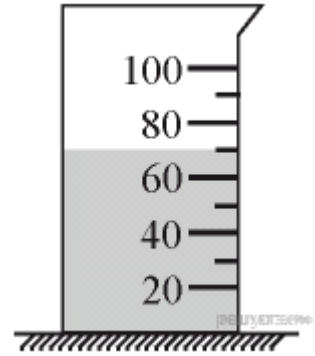
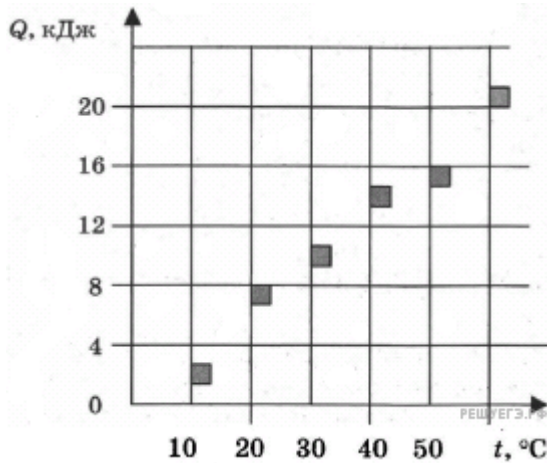
Найдём цену деления:  $(80 - 60) \text{ мл} / 2 = 10 \text{ мл}$ . Значит, погрешность прямого измерения составляет 5 мл. Из рисунка ясно, что объём воды составляет  $(70 \pm 5) \text{ мл}$ .

Ответ: 705.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 705

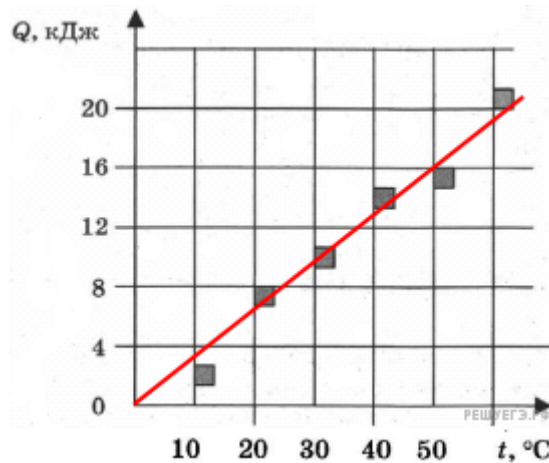
↑ **Задание 23 № 7769 тип 23**

На графике представлены результаты измерения количества теплоты  $Q$ , затраченного на нагревание 1 кг некоторого вещества от  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  до различных температур  $t$ . Погрешность измерения количества теплоты  $\Delta Q = \pm 400\text{ Дж}$ , температуры  $\Delta t = \pm 2\text{ К}$ . Какое количество теплоты требуется для нагревания 0,5 кг этого вещества на 30 градусов? Ответ выразите в кДж и округлите до целого числа.



**Решение.**

Теплоту, переданную телу можно вычислить по формуле:  $Q = cm\Delta t$ . Проведём аппроксимационную прямую:



Откуда удельная теплоёмкость

$$c = \frac{Q}{m\Delta t} = \frac{16\text{ кДж}}{1\text{ кг} \cdot 50\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,32\text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}).$$

Для нагревания 0,5 кг вещества на 30 градусов необходимо количество теплоты

$$0,32\text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}) \cdot 0,5\text{ кг} \cdot 30\text{ }^{\circ}\text{C} \approx 5\text{ кДж}.$$

Ответ: 5.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 5

↑ **Задание 24 № 9751 тип 24**

Первая звезда излучает в 100 раз больше энергии, чем вторая. Они расположены на небе так близко друг от друга, что видны как одна звезда с видимой звёздной величиной, равной 5.

Исходя из этого условия, выберите два верных утверждения.

- 1) Если вторая звезда расположена в 10 раз ближе к нам, чем первая, то их видимые звёздные величины равны.
- 2) Если звёзды расположены на одном расстоянии, то блеск первой равен 5 звёздным величинам, а второй — 0 звёздных величин.
- 3) Если эти звезды расположены в пространстве рядом друг с другом, то вторая звезда такая тусклая, что не видна невооружённым глазом, даже если бы этому не препятствовала яркая первая.
- 4) Первая звезда — белый сверхгигант, а вторая — красный сверхгигант.
- 5) Первая звезда обязательно горячее второй.

#### Решение.

Звёздная величина — безразмерная числовая характеристика яркости объекта, обозначаемая буквой  $m$ . Обычно понятие применяется к небесным светилам. Звёздная величина характеризует поток энергии от рассматриваемого светила (энергию всех фотонов в секунду) на единицу площади. Таким образом, видимая звёздная величина зависит и от физических характеристик самого объекта (то есть светимости), и от расстояния до него. Причём при удалении от источника световой поток уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния. Чем меньше значение звёздной величины, тем ярче данный объект.

Следующие свойства помогают пользоваться видимыми звёздными величинами на практике.

- а) Увеличению светового потока в 100 раз соответствует уменьшение видимой звёздной величины ровно на 5 единиц.
- б) Уменьшение звёздной величины на одну единицу означает увеличение светового потока в  $100^{1/5} \approx 2,512$  раза.

Найдем верные утверждения.

- 1) Если вторая звезда расположена в 10 раз ближе к нам, то световой поток от нее будет сильнее в 100 раз и видимые звездные величины от обеих звезд будут равны. Утверждение 1 — верно.
- 2) Чем меньше видимая звездная величина, тем ярче должна быть звезда. Второе условие противоречит условиям задачи. Утверждение 2 — неверно.
- 3) Если звезды расположены рядом, то видимая звездная величина второй звезды больше на 5 единиц и равна приблизительно 10, что означает что такую звезду не будет видно невооруженным взглядом (невооруженным взглядом видны звезды с видимой звездной величиной меньше чем 6). Утверждение 3 — верно.
- 4) Уточнение «видимая» указывает только на то, что эта звёздная величина наблюдается с Земли. Оно не указывает на видимый диапазон: видимыми называют и величины, измеренные в инфракрасном или каком-либо другом диапазоне. Соответственно мы ничего не можем сказать о виде звезд. Утверждение 4 — неверно.
- 5) Ровно так же как и в предыдущем пункте мы ничего не можем сказать о температуре звезд. Утверждение 5 — неверно.

Ответ: 13.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 13

#### ↑ Задание 25 № 3303 тип 25

Лыжник массой 60 кг спустился с горы высотой 20 м. Какой была сила сопротивления его движению по горизонтальной лыжне после спуска, если он остановился, проехав 200 м? Считать, что по склону горы он скользил без трения. Ответ приведите в ньютонах.

#### Решение.

Выпишем закон сохранения энергии: потенциальная энергия лыжника перешла в тепло, которое выделилось за счет работы силы трения при движении по горизонтальному участку,  $mgh = |A_{\text{тр}}|$ . Таким

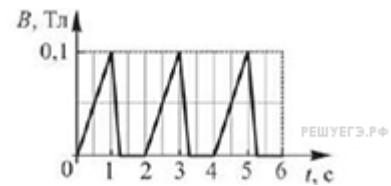
образом, величина силы трения равна  $F_{\text{тр}} = \frac{|A_{\text{тр}}|}{S} = \frac{mgh}{S} = \frac{60 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 20 \text{ м}}{200 \text{ м}} = 60 \text{ Н}$ .

Ответ: 60.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 60

↑ **Задание 26 № 3575 тип 26**

Из тонкой проволоки сделана рамка площадью  $400 \text{ см}^2$  и сопротивлением  $0,1 \text{ Ом}$ . Рамку помещают в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости рамки. Модуль индукции магнитного поля изменяется так, как показано на графике. Чему равна сила тока, который течёт в рамке в момент времени  $t = 4,3 \text{ с}$ ? Ответ приведите в мА.



**Решение.**

Согласно закону электромагнитной индукции Фарадея, при изменении магнитного потока через замкнутый контур в нем возникает ЭДС индукции, равная по величине скорости изменения потока:

$\varepsilon_{\text{и}} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$ . Так как площадь и ориентация рамки не изменяются, поток меняется только за счет изменения магнитного поля:  $\Delta\Phi = S\Delta B$ . Наконец, по закону Ома, величина возникающего индукционного тока связана с ЭДС индукции и сопротивлением рамки соотношением:

$I_{\text{и}} = \frac{\varepsilon_{\text{и}}}{R} = \frac{S|\Delta B|/\Delta t}{R} = \frac{S}{R} \cdot \frac{|\Delta B|}{\Delta t}$ . Из графика видно, что на протяжении интервала времени от 4 с до 5 с величина магнитного поля возрастала равномерно, поэтому скорость изменения магнитного поля в момент времени  $t = 4,3 \text{ с}$  можно найти следующим образом:  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{0,1 \text{ Тл} - 0 \text{ Тл}}{5 \text{ с} - 4 \text{ с}} = 0,1 \text{ Тл/с}$ . Таким образом, сила тока в этот момент времени равна:

$$I_{\text{и}} = \frac{0,04 \text{ м}^2}{0,1 \text{ Ом}} \cdot 0,1 \text{ Тл/с} = 0,04 \text{ А} = 40 \text{ мА}.$$

Ответ: 40.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 40

↑ **Задание 27 № 3891 тип 27**

Идеальный электромагнитный колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $20 \text{ мкФ}$  и катушки индуктивности. В начальный момент времени конденсатор заряжен до напряжения  $4 \text{ В}$ , ток через катушку не течет. В момент времени, когда напряжение на конденсаторе станет равным  $2 \text{ В}$ , чему будет равна энергия магнитного поля катушки? Ответ приведите в мДж.

**Решение.**

Для идеального колебательного контура выполняется закон сохранения энергии: в каждый момент времени сумма энергии электрического поля, сосредоточенного в конденсаторе, и энергии магнитного поля, сосредоточенного в катушке, есть величина постоянная ( $E_0 = \text{const} = E_{\text{э}} + E_{\text{м}}$ ). В начальный момент времени, поскольку ток через катушку не течет, вся энергия находится в конденсаторе:

$$E_0 = \frac{CU^2}{2} = \frac{20 \text{ мкФ} \cdot (4 \text{ В})^2}{2} = 160 \text{ мкДж}$$

Следовательно, когда напряжение на конденсаторе равно  $2 \text{ В}$ , энергия магнитного поля катушки равна:

$$E_{\text{м}} = E_0 - E_{\text{э}} = 160 \text{ мкДж} - \frac{20 \text{ мкФ} \cdot (2 \text{ В})^2}{2} = 160 \text{ мкДж} - 40 \text{ мкДж} = 120 \text{ мкДж} = 0,12 \text{ мДж}$$

Ответ: 0,12 мДж.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 0,12



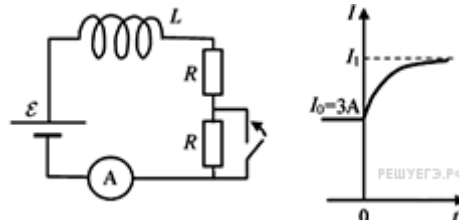
## Проверка части с развернутым ответом

Пожалуйста, оцените решения заданий части с развернутым ответом самостоятельно, руководствуясь указанными критериями.

### Задание 28 (С1) № 5418

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведён правильный ответ (в данном случае – значение силы тока – п. 4), и представлено полное верное объяснение (в данном случае – п. 1–3) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: закон Ома для полной цепи, явление самоиндукции)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) ИЛИ Объяснения представлены не в полном объёме, или в них содержится один логический недочёт	2
Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

Катушка, обладающая индуктивностью  $L$ , соединена с источником питания с ЭДС  $\varepsilon$  и двумя одинаковыми резисторами  $R$ . Электрическая схема соединения показана на рис. 1. В начальный момент ключ в цепи разомкнут. В момент времени  $t = 0$  ключ замыкают, что приводит к изменениям силы тока, регистрируемым амперметром, как показано на рис. 2.



Основываясь на известных физических законах, объясните, почему при замыкании ключа сила тока плавно увеличивается до некоторого нового значения  $I_1$ . Определите значение силы тока  $I_1$ . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

#### Решение.

1. Сила тока определяется законом Ома для полной цепи:  $IR_{\text{общ}} = \varepsilon + \varepsilon_{\text{инд}}$ , где  $I$  — сила тока в цепи,  $R_{\text{общ}}$  — сопротивление цепи, а  $\varepsilon_{\text{инд}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$  — ЭДС самоиндукции, возникающая только при



изменении силы тока и препятствующая его изменению согласно правилу Ленца.

2. До замыкания ключа  $R_{\text{общ}} = 2R$ ; сила тока через амперметр определяется законом Ома для замкнутой цепи:  $I_0 = \frac{\varepsilon}{2R}$ .

3. При замыкании ключа сопротивление цепи скачком уменьшается в 2 раза, но ЭДС самоиндукции препятствует изменению силы тока через катушку. Поэтому сила тока через катушку при замыкании ключа не претерпевает скачка.

4. Постепенно ЭДС самоиндукции уменьшается до нуля, а сила тока через катушку плавно возрастает до стационарного значения:  $I_1 = \frac{\varepsilon}{R} = 2I_0 = 6 \text{ А}$ .

### Задание 29 (С2) № 6068

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: 2-й закон Ньютона для движения обоих тел, закон Амонтона–Кулона для силы сухого трения, а также кинематическая связь ускорений обоих грузов);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу;</p> <p>IV) представлен правильный ответ.</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/ вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

В системе, изображённой на рисунке, масса груза, лежащего на шероховатой горизонтальной плоскости, равна  $m = 2 \text{ кг}$ . При подвешивании к оси подвижного блока груза массой  $M = 2,5 \text{ кг}$  он движется вниз с ускорением  $a = 2 \text{ м/с}^2$ . Чему равен коэффициент трения  $\mu$  между грузом массой  $m$  и

плоскостью? Нити невесомы и нерастяжимы, блоки невесомы, трение в осях блоков и о воздух отсутствует.

### Решение.

Запишем уравнение движения груза массой  $M$  в проекции на вертикальную ось, направленную вниз:  $Ma = Mg - 2T$ , откуда сила натяжения нити, перекинутой через подвижный блок, равна  $T = \frac{M}{2}(g - a)$ . Уравнение движения груза массой  $m$  в проекции на горизонтальную ось, направленную влево, имеет вид:  $T - F_{\text{тр}} = ma_{\text{гр}}$ . Поскольку в силу нерастяжимости нити смещения грузов массой  $m$  и массой  $M$  отличаются, очевидно, в два раза, то  $a_{\text{гр}} = 2a$ .

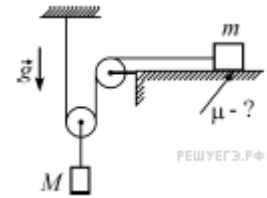
По закону Амонтона — Кулона при скольжении груза массой  $m$  по горизонтальной плоскости  $F_{\text{тр}} = \mu N$ , где сила нормального давления груза на плоскость равна  $N = mg$ .

Из написанных уравнений получаем:

$$F_{\text{тр}} = \mu mg = T - ma_{\text{гр}} \text{ и}$$

$$\mu = \frac{M}{2m} \left(1 - \frac{a}{g}\right) - \frac{2a}{g} = \frac{2,5}{2 \cdot 2} \cdot \left(1 - \frac{2}{10}\right) - \frac{2 \cdot 2}{10} = 0,5 - 0,4 = 0,1.$$

Ответ:  $\mu = \frac{M}{2m} \left(1 - \frac{a}{g}\right) - \frac{2a}{g} = 0,1.$



### Задание 30 (С3) № 5744

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: уравнение Менделеева – Клапейрона, формула внутренней энергии идеального газа, первое начало термодинамики);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и(или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p>	1

В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

В цилиндре объёмом  $V = 10$  л под поршнем находится воздух с относительной влажностью  $r = 60\%$  при комнатной температуре  $T = 293$  К под давлением  $p = 1$  атм. Воздух сжимают до объёма  $V/2$ , поддерживая его температуру постоянной. Какая масса  $m$  воды сконденсируется к концу процесса сжатия? Давление насыщенного пара воды при данной температуре равно  $p_{\text{н}} = 17,5$  мм рт. ст.

### Решение.

Давление водяного пара в начальном состоянии было равно  $p_1 = r \cdot p_{\text{н}} = 10,5$  мм рт. ст.

После изотермического сжатия в два раза, если бы пары воды не конденсировались, их давление составило бы  $2p_1 = 2rp_{\text{н}} = 21$  мм рт. ст. Значит, при сжатии после достижения давления паров 17,5 мм рт. ст. начнётся процесс их конденсации, при котором часть пара сконденсируется, а давления пара останется равным  $p_{\text{н}}$ .

В начальном состоянии согласно уравнению Клапейрона — Менделеева и закону Дальтона в цилиндре объёмом  $V$  находилась масса воды, равная

$$m_1 = \frac{\mu p_1 V}{RT} = \frac{\mu r p_{\text{н}} V}{RT},$$

где  $\mu = 0,018$  кг/моль — молярная масса воды, а  $p_{\text{н}} = 17,5$  мм рт. ст. = 2330 Па.

В конечном состоянии в цилиндре объёмом  $V/2$  находится при относительной влажности  $r = 100\%$  масса паров воды, равная  $m_2 = \frac{\mu p_{\text{н}} V}{2RT}$ .

Таким образом, масса сконденсировавшейся воды равна

$$m = m_1 - m_2 = \frac{\mu(2r - 1)p_{\text{н}}V}{2RT} = \frac{0,018 \cdot 0,2 \cdot 2330 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 8,31 \cdot 293} \approx 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ кг} = 17 \text{ мкг}.$$

### Задание 31 (С4) № 11005

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон Ампера для силы, действующей на проводник с током в магнитном поле, и определение момента силы); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ)	2

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

В постоянном однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,15$  Тл находится прямоугольная проволочная рамка, сделанная из проволоки длиной 16 см, по которой пропускают ток силой  $I = 0,5$  А. Какое максимальное значение может иметь действующий на эту рамку момент сил Ампера?

#### Решение.

1. Из закона Ампера следует, что максимальная сила, действующая на прямой проводник с током в магнитном поле, получается, если направление вектора  $\vec{B}$  перпендикулярно направлению тока в проводнике, а его длина максимальна. При этом модуль силы Ампера пропорционален длине проводника.

2. Максимальный момент сил Ампера, действующих на рамку с током, получается, если эти силы перпендикулярны плоскости рамки и расстояние между точками их приложения к сторонам рамки максимально (то есть максимально плечо силы).

3. Из этих рассуждений следует, что максимальному моменту сил Ампера соответствует случай, когда вектор  $\vec{B}$  лежит в плоскости рамки, направлен перпендикулярно одной из сторон рамки и при этом произведение длины одной стороны рамки на длину другой стороны максимально, то есть максимальна площадь рамки. (Можно показать, что на самом деле момент сил Ампера не изменится и при повороте вектора  $\vec{B}$  в плоскости рамки, но для данной задачи это несущественно.)

4. Максимальная площадь прямоугольной рамки достигается, когда рамка представляет собой квадрат, то есть длины её сторон равны  $a = b = L/4$ , где  $L$  — длина проволоки. Пусть вектор  $\vec{B}$  перпендикулярен сторонам рамки с длинами  $a$ . Тогда две силы Ампера, действующие на эти стороны, равны по модулю  $F = IaB$ , а момент этих сил равен  $M = Fb = IabB$ . Поэтому максимальный момент сил Ампера, действующих на рамку с током в магнитном поле, равен:

$$M = IabB = IBL^2/16 = 12 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Ответ: действующий на рамку момент сил Ампера может иметь максимальное значение  $M = IBL^2/16 = 12 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

#### Задание 32 (С5) № 6365

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае — закон сохранения	3

<p>ния энергии при электромагнитных колебаниях в контуре и формула Томсона для периода этих колебаний);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу;</p> <p>IV) представлен правильный ответ.</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования, но имеются следующие недостатки. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует одна из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В одной из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

Давление света от Солнца, который падает перпендикулярно на абсолютно чёрную поверхность, на орбите Земли составляет около  $p = 5 \cdot 10^{-6}$  Па. Оцените концентрацию  $n$  фотонов в солнечном излучении, считая, что все они имеют длину волны  $\lambda = 500$  нм.

### Решение.

Каждый фотон имеет скорость  $c$  и импульс  $P = \frac{h}{\lambda}$ . За время  $\Delta t$  на площадку  $S$  попадают фотоны из объёма  $Sc\Delta t$ . В этом объёме содержится  $nSc\Delta t$  фотонов с общим импульсом  $PnSc\Delta t$ . Фотоны при поглощении абсолютно чёрной поверхностью полностью передают ей свой импульс. Следовательно, сила давления на площадку  $S$  равна  $F = \frac{PnSc\Delta t}{\Delta t} = PncS = \frac{hncS}{\lambda}$ . Таким образом, давление равно  $p = \frac{F}{S} = \frac{hnc}{\lambda}$ . Откуда:

$$n = \frac{p\lambda}{hc} = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-7}}{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \approx 1,3 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}.$$

Ответ:  $1,3 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$ .

