

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

Задача 1

Два шарика брошены одновременно навстречу друг другу с одинаковыми начальными скоростями: один с поверхности земли вертикально вверх, другой – с высоты H вертикально вниз. Найдите эти скорости, если известно, что шарика встретились на высоте $H/4$.

Возможное решение

Направим ось x вверх и выберем начало координат на поверхности земли. Тогда законы движения для тел запишутся в виде:

$$x_1(t) = vt - \frac{gt^2}{2},$$
$$x_2(t) = H - vt - \frac{gt^2}{2},$$

где v – начальные скорости шариков.

В момент встречи: $x_1 = x_2 = \frac{H}{4}$, $t_1 = t_2 = \tau$ (так как шарика брошены одновременно). Отсюда получаем:

$$\tau = \sqrt{\frac{H}{2g}}.$$

Подставим в закон движения время τ и выразим начальную скорость шариков:

$$\frac{H}{4} = v \cdot \sqrt{\frac{H}{2g}} - \frac{H}{4} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{gH}{2}}.$$

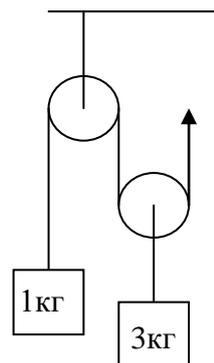
Критерии оценивания

1. Записан закон движения для первого шарика **2 балла**
2. Записан закон движения для второго шарика **2 балла**
3. Условие встречи шариков ($x_1 = x_2$) **1 балл**
4. Указано, что $t_1 = t_2$ **1 балл**
5. Выражение для времени движения шариков **2 балла**
6. Выражение для начальной скорости шариков **2 балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 2

С каким по модулю и в какую сторону направленным ускорением нужно двигать вдоль вертикали конец нити, чтобы груз, имеющий массу $m = 1$ кг, оставался неподвижным? Массой нитей и блоков можно пренебречь. Нити нерастяжимы, трение отсутствует. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с².

**Возможное решение**

Из условия равновесия груза, имеющего массу m , следует, что $T = mg$. Тогда уравнение второго закона Ньютона, записанное в проекции на вертикальную ось OY , направленную вверх, для второго тела, имеющего массу $3m$, имеет вид: $3ma_y = 2T - 3mg$ откуда $a_y = \frac{2T}{3m} - g = -\frac{1}{3}g$. Знак минус означает, что груз $3m$ будет ускоряться вниз. Из условия нерастяжимости нити следует, что конец нити необходимо опускать с ускорением в два раза большим по модулю, т.е. $b = \frac{2}{3}g \approx 6,7$ м/с² и направленным вниз.

Критерии оценивания

1. Записано условие равновесия груза m 1 балл
2. Использовано постоянство модуля силы натяжения
вдоль всей нити 1 балл
3. Уравнение второго закона Ньютона для тела $3m$ 3 балла
4. Найдено ускорение тела $3m$ 1 балл
5. Использована кинематическая связь для ускорений тела $3m$
и конца нити 2 балла
6. Найдены модуль и направление ускорения конца нити
(по 1 баллу) 2 балла

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 3

На гладком горизонтальном столе лежит однородный пластилиновый куб массой 200 г. Его пробивает стальной шарик, летевший до удара в горизонтальном направлении со скоростью 100 м/с. При этом его масса увеличивается вдвое, от 20 г до 40 г, за счёт налипшего вещества куба. Скорость шарика «на выходе» горизонтальна и составляет 20 м/с. Найдите количество теплоты, выделившееся при взаимодействии шарика и куба.

Возможное решение

Запишем закон сохранения импульса и закон изменения механической энергии:

$$\begin{cases} mv = 2mu + (M - m)V, \\ \frac{mv^2}{2} = \frac{2mu^2}{2} + \frac{(M-m)V^2}{2} + Q, \end{cases} \Rightarrow Q = \frac{mv^2}{2} - mu^2 - \frac{m^2(v-2u)^2}{2(M-m)} = 88 \text{ Дж},$$

где m – начальная масса шарика, $2m$ – масса шарика «на выходе», M – начальная масса кубика, $M - m$ – «конечная» масса кубика, v – начальная скорость шарика, u – скорость шарика «на выходе», V – скорость кубика в конечный момент, Q – количество теплоты, выделившееся при взаимодействии шарика и кубика.

Критерии оценивания

1. Записан начальный импульс системы **1 балл**
2. Записан конечный импульс системы **2 балла**
3. Записана начальная энергия **1 балл**
4. Записана конечная энергия системы **2 балла**
5. Записан закон изменения энергии **1 балл**
6. Найдено количество теплоты **3 балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 4

В герметичный калориметр положили $m = 2$ кг льда, имеющего температуру $t_1 = -50$ °С, и добавили водяной пар при температуре $t_2 = 100$ °С. Сколько могло быть добавлено пара, если после установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной $t = 0$ °С? Удельные теплоемкости воды и льда $c_v = 4,2$ кДж/(кг·°С) и $c_l = 2,1$ кДж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $\lambda = 330$ кДж/кг, удельная теплота парообразования воды $L = 2300$ кДж/кг. Теплоемкостью калориметра и потерями теплоты пренебречь.

Возможное решение

В конечном состоянии при температуре 0 °С содержимое калориметра может находиться как в виде льда, так и в виде воды. Рассмотрим оба крайних случая. Пусть в конечном состоянии в калориметре есть только лёд при 0 °С. Тогда уравнение теплового баланса имеет вид: $mc_l(t - t_1) = m_1c(t_2 - t) + m_1\lambda + m_1L$, где m_1 – минимальная масса добавленного пара. Выражая m_1 , получим:

$$m_1 = \frac{mc_l(t - t_1)}{c(t_2 - t) + \lambda + L} = 0,069 \text{ кг}.$$

Если в конечном состоянии в калориметре находится только вода при 0°C , то уравнение теплового баланса запишется так: $mc_н(t-t_1)+m\lambda=m_2c(t_2-t)+m_2L$, где m_2 – максимальная масса добавленного пара. Выражая m_2 , получим:

$$m_2 = \frac{m(c_н(t-t_1)+\lambda)}{c(t_2-t)+L} = 0,320 \text{ кг.}$$

Окончательный ответ:

в калориметр могло быть добавлено $(69 \text{ г}) < m < (320 \text{ г})$ пара.

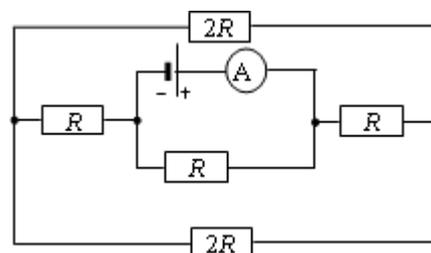
Критерии оценивания

1. Проанализированы возможные конечные состояния содержимого калориметра **1 балл**
2. Уравнение теплового баланса для максимального количества пара **3 балла**
3. Численное значение массы максимального количества пара **1 балл**
4. Уравнение теплового баланса для минимального количества пара **3 балла**
5. Численное значение массы минимального количества пара **1 балл**
6. Явно записанный диапазон возможных значений масс пара **1 балл**

Максимум за задачу 10 баллов.

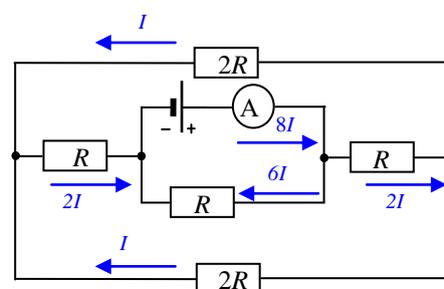
Задача 5

Электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке, состоит из резисторов, имеющих сопротивления $R = 2 \text{ кОм}$ и $2R$, идеального источника с напряжением $U = 3 \text{ В}$ и идеального амперметра. Определите показание амперметра.



Возможное решение

Напряжение на верхнем и нижнем резисторах $2R$ одинаковое, следовательно, через них текут одинаковые токи. Обозначим их через I . Тогда, по закону сохранения заряда, через левый и правый резисторы R текут токи $2I$. Теперь можно посчитать напряжение на среднем резисторе R . Оно равно $6IR$ и, следовательно, через данный резистор идёт ток $6I$. Тогда по ветви, содержащей источник и амперметр, идёт ток $8I$, причем $U = 6IR$, и окончательно, $I_A = \frac{4U}{3R} = 2 \text{ мА}$.



Критерии оценивания

1. Расставлены токи в ветвях цепи либо найдено
общее сопротивление внешней цепи **5 баллов**
2. Найдена связь напряжения источника и тока,
текущего через амперметр **4 балла**
3. Получено численное значение тока,
текущего через амперметр **1 балл**

Максимум за задачу 10 баллов.

Всего за работу 50 баллов.