



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ. 2018–2019 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

Задача 1

Из одной точки с некоторым интервалом времени вертикально вниз без начальной скорости начинают падать два камушка. Через время $t_1 = 2$ с после начала падения первого камня расстояние между ними оказалось равным $h = 1$ м. Каким будет расстояние между камушками ещё через $\Delta t = 1$ с? Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с².

Возможное решение

Пусть τ – интервал времени, с которым камушки начинают падать. Направим ось x вниз и выберем начало координат в точке, откуда камушки начинают своё движение. Тогда законы движения для тел запишутся в виде:

$$x_1(t) = \frac{gt^2}{2},$$
$$x_2(t) = \frac{g(t-\tau)^2}{2}.$$

Через время $t_1 = 2$ с после начала падения первого камня расстояние между ними оказалось равным $h = 1$ м, значит,

$$h = \frac{gt_1^2}{2} - \frac{g(t_1-\tau)^2}{2} \Rightarrow \tau = t_1 - \sqrt{t_1^2 - \frac{2h}{g}} \approx 0,05 \text{ с.}$$

Расстояние между камушками еще через $\Delta t = 1$ с равно

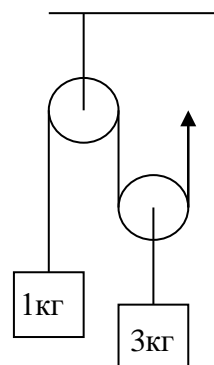
$$L = \frac{g(t_1+\Delta t)^2}{2} - \frac{g(t_1-\tau+\Delta t)^2}{2} \cong 1,5 \text{ м.}$$

Критерии оценивания

1. Записан закон движения для первого камушка **2 балла**
 2. Записан закон движения для второго камушка **2 балла**
 3. Найден интервал времени, с которым камушки начинают падать **2 балла**
 4. Выражение для пути, пройденного первым камушком,
за время $t_1 + \Delta t$ **1 балл**
 5. Выражение для пути, пройденного вторым камушком,
за время $t_1 - \tau + \Delta t$ **1 балл**
 6. Найдено расстояние L между камушками **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. $b = \frac{2}{3}g \gg 6,7$ 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 куба.

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 калориметр налили $m = 200$ г воды, имеющей температуру $t_1 = 50$ °С, и добавили лёд при температуре $t_2 = -20$ °С. Сколько могло быть добавлено льда, если после установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась $t = 0$ °С? Удельные теплоёмкости воды и льда $c_v = 4,2$ кДж/(кг·°С) и $c_l = 2,1$ кДж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда $l = 330$ кДж/кг. Теплоёмкостью 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 находится только лёд при 0 °С. Тогда уравнение теплового баланса имеет вид: $m c_v (t_1 - t) + m l = m_1 c_l (t - t_2)$, где m_1 – максимальная масса добавленного льда. Выразая m_1 , получим:

$$m_1 = \frac{m(c_v(t_1 - t) + l)}{c_l(t - t_2)} \gg 2,57 \text{ кг}.$$

Если в конечном состоянии в калориметре находится только вода при 0°C , то уравнение теплового баланса запишется так: $mc_{\text{в}}(t_1 - t) = m_2c_{\text{л}}(t - t_2) + m_2l$, где m_2 – минимальная масса добавленного льда. Выражая m_2 , получим:

$$m_2 = \frac{mc_{\text{в}}(t_1 - t)}{c_{\text{л}}(t - t_2) + l} \gg 0,113 \text{ кг.}$$

Окончательный ответ: в калориметр могло быть добавлено от 0,113 кг до 2,57 кг льда.

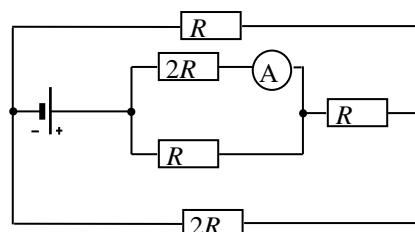
Критерии оценивания

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

Максимум за задачу 10 баллов.

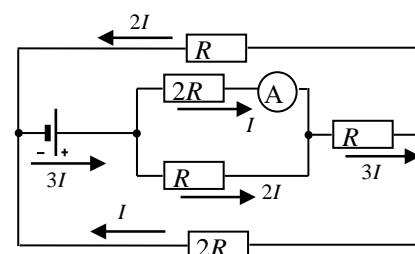
Задача 5

Электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке, состоит из резисторов, имеющих сопротивление $R = 2 \text{ кОм}$ и $2R$, идеального источника с напряжением $U = 1,4 \text{ В}$ и идеального амперметра. Определите показание амперметра.



Возможное решение

Напряжение на верхнем и нижнем резисторах R и $2R$ одинаковое, следовательно, через них текут токи $2I$ и I , соответственно. Тогда, по закону сохранения заряда, через источник и резистор R в средней ветви течёт ток $3I$, который раздваивается на токи $2I$ и I в центре схемы.



Напряжение на источнике можно выразить через токи и сопротивления резисторов $U = 2IR + 3IR + 2IR = 7IR$.

Окончательно, ток через амперметр $I_A = I = \frac{U}{7R} = 0,1 \text{ мА}$.

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.