ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ. 2017–2018 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

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 шарики 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 шарики брошены одновременно). Отсюда получаем:

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

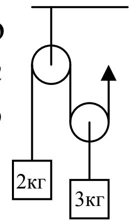
Подставим в закон движения время τ и выразим начальную скорость шариков:

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

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

2. Найдите модуль и направление ускорения, с которым нужно двигать конец нити для того, чтобы правый груз, имеющий массу m = 3 кг, оставался неподвижным? Массой нити и блоков можно пренебречь. Нить нерастяжима, трение отсутствует. Ускорение свободного падения принять равным g = 10 м/с^2.



Возможное решение

Из условия равновесия груза, имеющего массу m, следует, что $2T = mg$. Тогда уравнение второго закона Ньютона в проекции на вертикальную ось 0у, направленную вверх, для второго тела, имеющего массу $\frac{2}{3}m$, имеет вид: $\frac{2}{3}ma_y = T - \frac{2}{3}mg$, откуда $a_y = \frac{3T}{2m} - g = -\frac{1}{4}g$. Знак минус означает, что груз $\frac{2}{3}m$ будет ускоряться вниз. Из условия нерастяжимости нити следует, что конец нити необходимо опускать с таким же ускорением $b = \frac{1}{4}g \approx$ 2,5м/с^2, направленным вниз.

Критерии оценивания

1. Записано условие равновесия груза m 1 балл
2. Учет постоянства силы натяжения нити вдоль всей нити 1 балл
3. Уравнение второго закона Ньютона для тела $\frac{2}{3}m$ 3 балла
4. Найдено ускорение тела $\frac{2}{3}m$ 1 балл
5. Использована кинематическая связь для ускорений тела $\frac{2}{3}m$ и конца нити 2 балла
6. Найдено ускорение конца нити 2 балла

3. Вдоль длинной доски, покоящейся на гладком горизонтальном столе, толкают с некоторой начальной скоростью брусок, масса которого вдвое больше массы доски. Пройдя по доске расстояние L = 40 см, брусок перестает по ней скользить. Какое расстояние пройдет по этой доске брусок, имеющий массу, равную массе доски, сделанный из прежнего материала и запущенный с той же начальной скоростью? Считайте, что сразу после запуска бруска доска в обоих случаях покоится относительно стола.

Возможное решение

Запишем закон сохранения импульса и закон сохранения энергии для первого случая:

$$\begin{cases} 2mv = (m + 2m)u \\ \frac{2mv^2}{2} - 2\mu mgL = \frac{(m+2m)u^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \; 2\mu mgL = \frac{m}{3}v^2,$$

где v – начальная скорость бруска, u – скорость бруска и доски, когда проскальзывание прекратится, μ – коэффициент трения между бруском и доской, m – масса доски.

Для второго случая:

$$\begin{cases} mv = (m + m)V \\ \frac{mv^2}{2} - \mu mgs = \frac{(m+m)V^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \; \mu mgs = \frac{m}{4}v^2,$$

где V – скорость бруска и доски, когда проскальзывание прекратится во втором случае, s – расстояние, которое брусок, имеющий массу, равную массе доски, пройдет по доске.

Окончательно получаем:

$$\frac{2L}{s} = \frac{4}{3} \; \Rightarrow \; s = \frac{3}{2}L = 60 \text{ см}.$$

Критерии оценивания

1.	Записан закон сохранения импульса для первого случая	2 балла
2.	Записан закон сохранения энергии для первого случая	2 балла
3.	Записан закон сохранения импульса для второго случая	2 балла
4.	Записан закон сохранения энергии для второго случая	2 балла
5.	Найдено расстояние s	2 балла

Примечание. Возможно динамическое рассмотрение задачи.

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 $c_в$ = 4,2 кДж/(кг·°С) и $c_л$ = 2,1 кДж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда λ = 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: $mc_л(t-t_1) = m_1c(t_2-t) + m_1\lambda + m_1L$, где m_1 – минимальная масса добавленного пара. Выражая m_1, получим: $m_1 = \dfrac{mc_л(t-t_1)}{c(t_2-t)+\lambda+L}$ =0,069 кг.

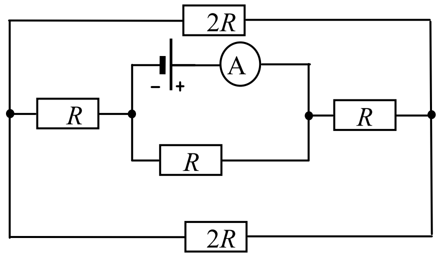
Если в конечном состоянии в калориметре находится только вода при 0 °С, то уравнение теплового баланса запишется так: $mc_л(t-t_1) + m\lambda = m_2c(t_2-t) + m_2L$, где m_2 – максимальная масса добавленного пара. Выражая m_2, получим: $m_2 = \dfrac{m(c_л(t-t_1)+\lambda)}{c(t_2-t)+L}$ =0,320 кг.

Окончательный ответ: в калориметр могло быть добавлено (69 г) < m < (320 г) пара.

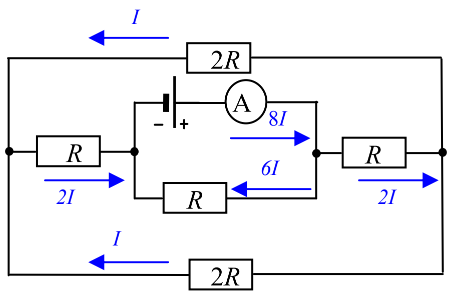
Критерии оценивания

1. Проанализированы возможные конечные состояния содержимого	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

5. Электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке, состоит из резисторов, имеющих сопротивления R = 2 кОм и $2R$, идеального источника с напряжением $U = 3$ 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 идет ток $6I$. Тогда по ветви, содержащей источник и амперметр, идет ток $8I$, причем $U = 6IR$, и окончательно, $I_A = \frac{4}{3}\frac{U}{R}$=2 мА.

Критерии оценивания

1. Расставлены токи в ветвях, либо найдено общее сопротивление внешней цепи 5 баллов

2. Найдена связь напряжения источника и тока через амперметр 4 балла

3. Получено численное значение тока через амперметр 1 балл