

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

Решения и критерии оценивания

Задача 1

Автомобиль, едущий по шоссе с постоянной скоростью 54 км/ч, проезжает мимо второго автомобиля, стоящего на соседней полосе. В этот момент второй автомобиль трогается с места и начинает ехать за первым, двигаясь с постоянным ускорением 5 м/с². За какое время второй автомобиль догонит первый? Какую скорость он будет иметь в момент, когда поравняется с первым? Автомобили считать материальными точками.

Возможное решение

Перемещения автомобилей с момента первой встречи до момента второй встречи равны. Пусть t – промежуток времени между встречами, S – модуль перемещения автомобилей за этот промежуток времени, $V_1 = 54 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – скорость первого автомобиля, a – ускорение второго автомобиля. Тогда:

$$S = V_1 t = \frac{at^2}{2},$$
$$t = \frac{2V_1}{a} = \frac{2 \times 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 6 \text{ с}.$$

Скорость второго автомобиля спустя время t равна:

$$V_2 = at = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 108 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Критерии оценивания

Указано, что перемещения автомобилей между их встречами равны ..	2 балла
Записано выражение для равенства перемещений	3 балла
Найдено t	1 балл
Записано выражение для V_2	3 балла
Найдено значение V_2	1 балл
Максимум за задачу 10 баллов.	

Задача 2

Полая металлическая сфера массой m и радиусом R всплывает со дна озера с постоянной скоростью. Груз какой массы нужно поместить внутрь сферы, чтобы она погружалась с такой же по модулю скоростью? Сила сопротивления, действующая на шар со стороны жидкости, зависит только от скорости шара относительно жидкости и направлена противоположно этой скорости. Плотность жидкости ρ , объём сферы равен $V = \frac{4}{3}\rho R^3$.

Возможное решение

При всплытии сферы с постоянной скоростью сумма сил, действующих на неё, равна нулю. Вертикально вниз действуют силы тяжести mg и сопротивления $F_{\text{сопр}}$, а вертикально вверх – сила Архимеда $F_{\text{Арх}}$. При движении вниз с той же постоянной скоростью вертикально вниз действует сила тяжести $(m + \Delta m)g$, где Δm – масса добавленного груза, а вертикально вверх – такая же сила Архимеда $F_{\text{Арх}}$, как в первом случае, и сила сопротивления $F_{\text{сопр}}$ (неизменная по модулю в силу равенства модулей скоростей сферы относительно воды в обоих случаях). Таким образом:

$$\begin{aligned} \uparrow F_{\text{Арх}} &= mg + F_{\text{сопр}}, \\ \uparrow F_{\text{Арх}} &= (m + \Delta m)g - F_{\text{сопр}}. \end{aligned}$$

Сложив уравнения, получим:

$$\begin{aligned} 2F_{\text{Арх}} &= 2mg + \Delta mg, \\ \Delta m &= 2 \frac{F_{\text{Арх}} - mg}{g} = 2(\rho V - m) = 2 \frac{4}{3} \rho R^3 - m. \end{aligned}$$

Критерии оценивания

- Указано, что силы Архимеда в обоих случаях равны **1 балл**
 Указано, что силы сопротивления в обоих случаях равны по модулю
 и противоположны по направлению **2 балла**
 Записаны уравнения для сил (по **3 балла** за каждое) **6 балла**
 Получено выражение для Δm **1 балл**
Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 3

Точечное тело бросают с поверхности Земли под некоторым углом к горизонту. Определите, при каких значениях этого угла кинетическая энергия тела в течение всего времени полёта будет больше его потенциальной энергии. Потенциальная энергия на поверхности Земли равна нулю; сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Возможное решение

Пусть начальная скорость тела равна V_0 , угол к горизонту, под которым бросают тело, равен α , масса тела – m .

Заметим, что максимальное значение потенциальной энергии достигается при максимальной высоте подъёма (в верхней точке траектории), а минимальное значение кинетической энергии достигается при минимальном значении скорости (также в верхней точке траектории). То есть, если в верхней точке траектории кинетическая энергия превышает потенциальную, то она превышает потенциальную и во всех других точках траектории.

Запишем это условие:

$$E_{\text{пот. max}} < E_{\text{кин. min}},$$

$$mgh_{\text{max}} < m \frac{V_{\text{min}}^2}{2},$$

$$mg \times \frac{g}{2} \frac{(V_0 \sin \alpha)^2}{g^2} < m \frac{(V_0 \cos \alpha)^2}{2},$$

$$\sin^2 \alpha < \cos^2 \alpha.$$

Учитывая, что $0^\circ < \alpha < 90^\circ$, $\sin \alpha > 0$, $\cos \alpha > 0$, имеем:

$$\sin \alpha < \cos \alpha,$$

$$\operatorname{ctg} \alpha > 1,$$

$$0^\circ < \alpha < 45^\circ.$$

Критерии оценивания

Указано, что максимальное значение потенциальной энергии достигается в верхней точке траектории тела **1 балл**

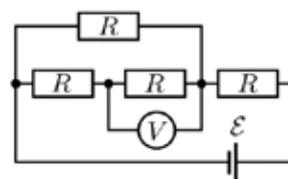
Указано, что минимальное значение кинетической энергии достигается в верхней точке траектории тела **1 балл**

Записано выражение для потенциальной энергии в верхней точке траектории **2 балла**

Записано выражение для кинетической энергии
в верхней точке траектории **2 балла**
Получено условие для угла в неявном виде..... **2 балла**
Определены все значения α , при которых выполняется
требуемое условие..... **2 балла**
Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 4

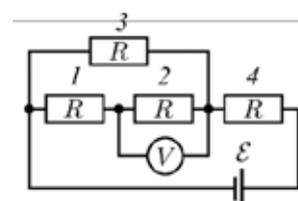
Идеальный вольтметр включён в цепь, схема которой изображена на рисунке. Цепь состоит из четырёх одинаковых резисторов сопротивлением R и батареи с напряжением $\mathcal{E} = 9\text{ В}$ и нулевым внутренним сопротивлением. Найдите показания вольтметра.



Возможное решение

Пронумеруем резисторы, как показано на рисунке. Общее сопротивление резисторов 1, 2 и 3 равно

$$R_{123} = \frac{1}{1/R + 1/(2R)} = \frac{2R}{3}.$$



Полное сопротивление всей цепи равно $R_{\text{полн}} = R + R_{123} = \frac{5R}{3}$.

Сила тока, текущего через резистор 4, равна $I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{полн}}} = \frac{\mathcal{E}}{R + R_{123}} = \frac{3\mathcal{E}}{5R}$.

Сопротивления участков цепи, включённых параллельно, относятся как 1:2. Следовательно, сила тока I_{12} , текущего через резисторы 1 и 2, в два раза меньше, чем сила тока, текущего через резистор 3. Поэтому сила тока I_{12} составляет $1/3$ часть от силы тока I , то есть $I_{12} = \frac{I}{3} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$.

Таким образом, вольтметр показывает напряжение $U_V = I_{12}R = \frac{\mathcal{E}}{5} = 1,8\text{ В}$.

Критерии оценивания

Найдено общее сопротивление резисторов 1, 2 и 3 **2 балла**
Найдено полное сопротивление всей цепи **1 балл**
Найдена сила тока I , текущего через резистор 4..... **1 балл**
Показано, что $I_{12} = I_3/2$ **2 балла**
Найдена сила тока I_{12} , текущего через резистор 2..... **3 балла**
Найдены показания вольтметра **1 балл**
Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 5

В частных домах иногда используют проточный водонагреватель, в случае если к дому не подведены трубы с горячей водой. Температура холодной воды, идущей из крана, равна $14\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура текущей из душа воды (которая «прошла» через нагреватель), равна $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определите объёмный расход воды в душе (в литрах в минуту), если потребляемая мощность водонагревателя 5 кВт , а его КПД равен 80% . Удельная теплоёмкость воды $4200\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$, плотность воды 1000 кг/м^3 . При работе проточного водонагревателя вся втёкшая в него холодная вода подогревается и сразу же вытекает наружу.

Возможное решение

Введём обозначения: q – искомый объёмный расход воды, t – время использования душа, ρ – плотность воды, c – удельная теплоёмкость воды, t_1, t_2 – температуры воды до и после нагревания соответственно, h – КПД бойлера, N – мощность нагревателя. Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q_{\text{нагревателя}} = Q_{\text{воды}},$$

$$hNt = \rho cqt(t_2 - t_1).$$

Отсюда

$$q = \frac{hN}{\rho c(t_2 - t_1)} = \frac{0,8 \times 5000\text{ Вт}}{1000\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \times 4200\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}} \times 26\text{ }^{\circ}\text{C}} \approx 3,66 \times 10^{-5}\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \approx 2,2\frac{\text{л}}{\text{мин}}.$$

Критерии оценивания

Записано уравнение теплового баланса..... **4 балла**

Получено выражение для объёмного расхода..... **4 балла**

Правильно вычислено значение объёмного расхода в л/мин **2 балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

Всего за работу 50 баллов.