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

Задача 1

Под каким углом а к горизонтали брошен камень, если в верхней точке траектории он был виден с места броска под углом β к горизонтали? Влиянием воздуха на движение камня пренебречь.

Возможное решение

Пусть высота камня в верхней точке траектории равна H, а расстояние до него по горизонтали в этот момент L. Тогда $H = L\text{tg}\beta$.

При начальной скорости v_0 горизонтальная скорость камня $v_x = v_0 \cos\alpha$, и она не меняется. Начальная вертикальная скорость камня $v_y = v_0 \sin\alpha$, и движение по вертикали – равноускоренное с ускорением g, направленным вниз.

В верхней точке траектории вертикальная скорость обращается в ноль, поэтому время полёта до этой точки равно $t = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$.

Отсюда найдём высоту полета $H = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$ и расстояние $L = \frac{v_0^2 \sin\alpha\cos\alpha}{g}$.

Поэтому $H/L = \text{tg}а/2$, а тогда $\text{tg}а = 2\text{tg}\beta$ и $а = \text{arctg}(2\text{tg}\beta)$.

Критерии оценивания

1. $H = L\text{tg}\beta$ .... **1 балл**
2. $v_x = v_0 \cos\alpha = \text{const}$ .... **1 балл**
3. Описано движение по вертикали .... **1 балл**
4. $t = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$ .... **2 балла**
5. $H = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$ .... **2 балла**
6. $L = \frac{v_0^2 \sin\alpha\cos\alpha}{g}$ .... **1 балл**
7. $а = \text{arctg}(2\text{tg}\beta)$ .... **2 балла**

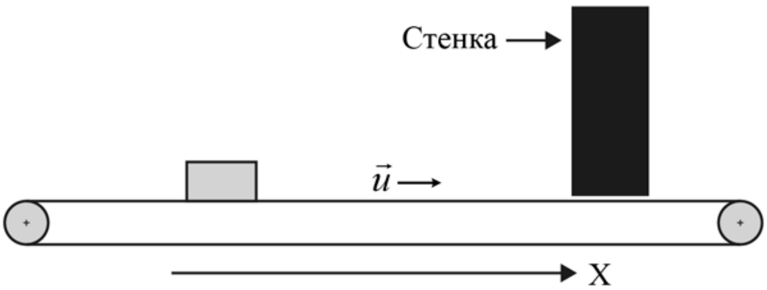
***Максимум за задачу* 10 баллов.**

Задача 2

Горизонтальная лента конвейера движется относительно земли с постоянной скоростью u. На ленте лежит брусок, который вначале неподвижен относительно этой ленты. Коэффициент трения между бруском и лентой равен μ. На пути бруска находится неподвижная относительно земли вертикальная стенка (см. рисунок). Достигнув стенки, брусок соударяется с ней абсолютно упруго. После первого удара брусок отскакивает назад, но через некоторое время вновь достигает стенки. Далее удары о стенку повторяются с некоторым интервалом времени T. Найдите этот интервал. Ускорение свободного падения g известно.

Возможное решение

Рассмотрим движение бруска относительно земли. Из второго закона Ньютона находим, что ускорение бруска в те моменты, когда он проскальзывает относительно ленты, равно $a = \mu g$ и направлено вправо, вдоль оси X.



После каждого удара о стенку существует интервал времени, в течение которого брусок движется равноускоренно. Зависимость проекции скорости бруска на ось X от времени t при этом имеет вид:

$$V_x = -u + \mu g t.$$

Брусок перестаёт проскальзывать относительно ленты в тот момент, когда его скорость относительно земли сравнивается со скоростью ленты:

$$u = -u + \mu g t_1.$$

Отсюда время равноускоренного движения равно:

$$t_1 = \frac{2u}{\mu g}.$$

Найдём изменение координаты x бруска за время t_1:

$$\Delta x = -ut_1 + \frac{\mu g t_1^2}{2} = 0.$$

Изменение координаты равно нулю. Это означает, что скорость бруска сравняется со скоростью ленты ровно в тот момент, когда брусок вновь подъедет к стенке. В тот же момент произойдёт следующий удар, поэтому время t_1 и есть искомый интервал T между ударами.

Критерии оценивания

1. $a = \mu g$ .... **1 балл**
2. $V_x = -u + \mu g t$ .... **2 балла**
3. $u = -u + \mu g t_1$ .... **2 балла**
4. $t_1 = \dfrac{2u}{\mu g}$ .... **1 балл**
5. Доказано, что $T = t_1 = \dfrac{2u}{\mu g}$ – искомый интервал времени .... **4 балла**

***Максимум за задачу* 10 баллов.**

Задача 3

Пустая пластиковая бутылка от газировки с пробкой имеет массу 30 г и внешний объём 1,5 литра. Пустой кислородный баллон с толстыми стальными стенками имеет массу 57 кг и внешний объём 47 литров. Какое минимальное количество таких закрытых пустых бутылок следует привязать к этому баллону для того, чтобы собранную конструкцию можно было без труда переправить вплавь с одного берега озера на другой? Плотность воды 1 г/см^3. Массой воздуха в бутылках и в баллоне можно пренебречь.

Возможное решение

Пусть N – необходимое минимальное количество бутылок, $m = 30$ г, $v = 1{,}5$ л, $M = 57 \cdot 10^3$ г, $V = 47$ л, плотность воды $\rho = 1000$ г/л. Чтобы собранную конструкцию можно было без труда переправить вплавь с одного берега озера на другой, должно быть выполнено условие: $\rho_к < \rho$, где $\rho_к$ – средняя плотность конструкции. Следовательно,

$$\rho > \frac{Nm + M}{Nv + V} \Longrightarrow N > \frac{M - \rho V}{\rho v - m} = \frac{57000 - 1000 \cdot 47}{1000 \cdot 1{,}5 - 30} \approx 6{,}8.$$

Следовательно, нужно взять не менее 7 бутылок.

Критерии оценивания

1. $\rho_к < \rho$ .... **3 балла**
2. $\rho_к = \frac{Nm+M}{Nv+V}$ .... **3 балла**
3. $N > 6{,}8$ .... **3 балла**
4. Нужно взять не менее 7 бутылок .... **1 балл**

***Максимум за задачу* 10 баллов.**

Задача 4

В феврале 2018 года в Москве наблюдалось резкое похолодание: днём на улице была температура $-7\,°C$, а ночью она понизилась до $-20\,°C$. В частном доме комнатная температура днём была равна $+20\,°C$. На сколько процентов нужно увеличить массовый расход топлива в газовом котле отопления дома для того, чтобы комнатная температура ночью оказалась не ниже $+23\,°C$? Мощность тепловых потерь можно считать пропорциональной разности температур в комнате и на улице, коэффициент пропорциональности от температуры не зависит.

Возможное решение

Из закона сохранения энергии следует:

$$q\mu_1 = \alpha\left(t_{д1} - t_1\right),$$
$$q\mu_2 = \alpha\left(t_{д2} - t_2\right),$$

где $\mu = m/\tau$ – массовый расход топлива, q – удельная теплота сгорания топлива, $t_{д1}$ и $t_{д2}$ – температуры в доме днём и ночью, а t_1 и t_2 – температуры на улице до и после похолодания.

Разделив первое уравнение на второе, получим:

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{27}{43},$$

и искомая величина $\frac{\mu_2-\mu_1}{\mu_1} = \frac{16}{27} \approx 0{,}59$, то есть массовый расход топлива нужно увеличить примерно на 59%.

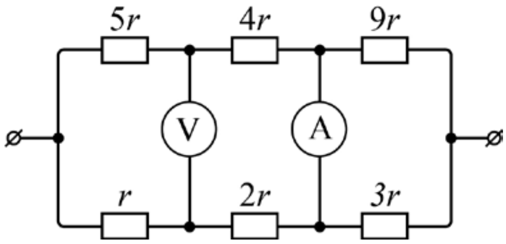
Критерии оценивания

1. $\mu = m/\tau$ .... **2 балла**
2. $q\mu_1 = \alpha\left(t_{д1} - t_1\right)$ .... **3 балла**
3. $q\mu_2 = \alpha\left(t_{д2} - t_2\right)$ .... **3 балла**
4. $\frac{\mu_2-\mu_1}{\mu_1} \approx 0{,}59 = 59\%$ .... **2 балла**

***Максимум за задачу* 10 баллов.**

Задача 5

Определите показания идеальных приборов в цепи, схема которой изображена на рисунке, если на выводы цепи подано напряжение $U = 9$ В, а $r = 90$ Ом.



Возможное решение

Через вольтметр ток не течёт, так как по условию задачи он идеальный. Амперметр представляет собой перемычку в сбалансированном мосте, значит, и через него ток не течёт. Таким образом, показание амперметра $I_A = 0$.

Сопротивление верхней ветви цепи в три раза больше ($18r$), чем нижней ветви ($6r$). Следовательно, сила тока, текущего в нижней ветви, в три раза больше, чем сила тока, текущего в верхней ветви.

Общее сопротивление цепи равно:

$$R = \frac{18r \cdot 6r}{24r} = \frac{9}{2}r.$$

Полный ток равен:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{2U}{9r}.$$

Напряжение на резисторе $5r$ равно:

$$U_5 = \frac{1}{4}I \cdot 5r = \frac{5U}{18} = 2{,}5 \text{ В}.$$

Напряжение на резисторе r равно:

$$U_1 = \frac{3}{4}I \cdot r = \frac{3U}{18} = 1{,}5 \text{ В}.$$

Значит, показание вольтметра:

$$U_V = U_5 - U_1 = 1 \text{ В}.$$

Критерии оценивания

1. Через вольтметр ток не течёт .... **1 балл**
2. Амперметр представляет собой перемычку
в сбалансированном мосте .... **1 балл**
3. $I_A = 0$ .... **1 балл**
4. Ток, текущий по нижней ветви, в три раза больше,
чем ток в верхней ветви .... **1 балл**
5. $U_5 = 2{,}5$ В .... **2 балла**
6. $U_1 = 1{,}5$ В .... **2 балла**
7. $U_V = 1$ В .... **2 балла**

***Максимум за задачу* 10 баллов.**

Всего за работу 50 баллов.