

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников  
2020-2021 учебный год  
ФИЗИКА 10 класс  
Критерии оценивания**

**Задача 1**

Под каким углом  $\alpha$  к горизонтали брошен камень, если в верхней точке траектории он был виден с места броска под углом  $\beta$  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  $H = L \operatorname{tg} \beta$ .

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

**Критерии оценивания**

- |   |         |
|---|---------|
| 1. $H = L \operatorname{tg} \beta$ .....                            | 1 балл  |
| 2. $v_x = v_0 \cos \alpha = \operatorname{const}$ .....             | 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. $\alpha = \operatorname{arctg}(2 \operatorname{tg} \beta)$ ..... | 2 балла |

**Максимум за задачу 10 баллов.**

## Задача 2

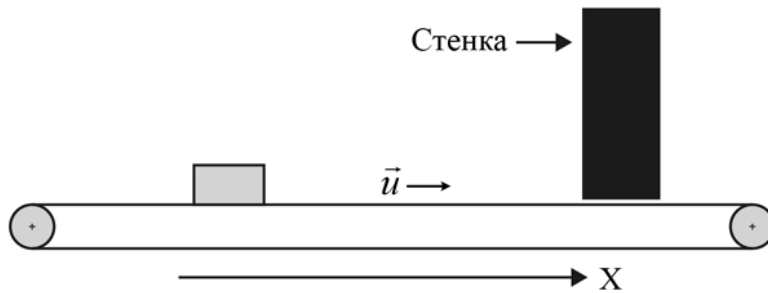
Горизонтальная лента конвейера движется относительно земли с постоянной скоростью  $u$ . На ленте лежит брусок, который вначале неподвижен относительно этой ленты. Коэффициент трения между бруском и лентой равен  $\mu$ .



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  $t_1$ :

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

Изменение координаты равно нулю. Это означает, что скорость бруска сравнивается 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.

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.  $t_1 = \frac{2u}{\mu g}$  ..... 1 балл
5. Доказано, что  $T = t_1 = \frac{2u}{\mu g}$  – 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  $1 \text{ г/см}^3$ . Массой воздуха в бутылках и в баллоне можно пренебречь.

#### Возможное решение

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

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

Следовательно, нужно взять не менее 7 бутылок.

#### Критерии оценивания

1.  $\rho_k < \rho$  ..... 3 балла
2.  $\rho_k = \frac{Nm+M}{Nv+V}$  ..... 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  $-7 \text{ }^\circ\text{C}$ , а ночью она понизилась до  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ . В частном доме комнатная температура днём была равна  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ . На сколько процентов нужно увеличить массовый расход топлива в газовом котле отопления дома для того, чтобы комнатная температура ночью оказалась не ниже  $+23 \text{ }^\circ\text{C}$ ? 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:

$$q\mu_1 = \alpha(t_{д1} - t_1),$$

$$q\mu_2 = \alpha(t_{д2} - t_2),$$

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:

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

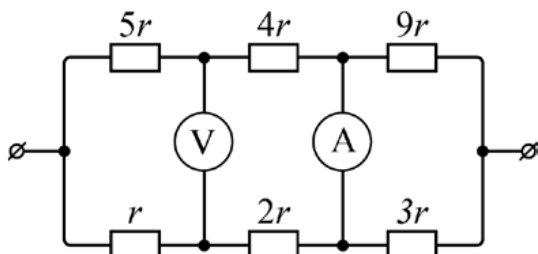
и искомая величина  $\frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_1} = \frac{16}{27} \approx 0,59$ , то есть массовый расход топлива нужно увеличить примерно на 59%.

### Критерии оценивания

1.  $\mu = m/\tau$  ..... 2 балла
2.  $q\mu_1 = \alpha(t_{д1} - t_1)$  ..... 3 балла
3.  $q\mu_2 = \alpha(t_{д2} - t_2)$  ..... 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  $IA=0$ .

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.  $IA=0$  ..... 1 балл
4. Ток, текущий по нижней ветви, в три раза больше, чем ток в верхней ветви..... 1 балл
5.  $U_5=2,5 \text{ В}$  ..... 2 балла
6.  $U_1=1,5 \text{ В}$  ..... 2 балла
7.  $UV=1\text{В}$  ..... 2 балла

**Максимум за задачу 10 баллов.**

**Всего за работу 50 баллов.**