

# Решение вступительной работы по ФИЗИКЕ в 10 класс ФТШ 2017 год

## 1. Атлет и гири

Найдем сперва начальную скорость прыжка атлета. Воспользуемся формулой дальности полета:

$$L = \frac{2V_0^2 \cdot \sin \alpha \cos \alpha}{g} \quad (1)$$

**Примечание:** если кто не знает формулу (1), ее легко вывести – при прыжке начальная вертикальная скорость равна  $V_{y_0} = V_0 \cdot \sin \alpha$ , затем имеем равноускоренное движение с ускорением  $a_y = -g$ :

$$V_y = V_0 \cdot \sin \alpha - gt;$$

в момент приземления скорость поменяла знак:

$$V_{y_\tau} = -V_0 \cdot \sin \alpha,$$

значит можно найти время полета:

$$V_0 \cdot \sin \alpha - gt = -V_0 \cdot \sin \alpha \Rightarrow \tau = \frac{2V_0 \cdot \sin \alpha}{g} \quad (2)$$

Умножив это время на постоянную горизонтальную скорость

$$V_x = V_0 \cdot \cos \alpha, \quad (3)$$

получим  $L = V_x \cdot \tau$ , то есть формулу (1).

Подставив  $\alpha = 45^\circ$  в (1), находим:

$$V_0 = \sqrt{gL} \approx 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (4)$$

Для второго прыжка в момент отбрасывания гирь пишем закон сохранения импульса по оси  $Ox$ :

$$(M + 2m)V_x = MV + 2m \cdot (V - U), \quad (5)$$

где  $V$  – скорость атлета после отбрасывания гирь, а  $V - U$  – скорость гирь, причем  $U = 10,6$  м/с – скорость их отлета назад относительно атлета.

Выразим отсюда  $V$ :

$$V = V_x + \frac{2m}{M + 2m}U. \quad (6)$$

Дальность второго прыжка атлета выражается так:

$$L' = \frac{1}{2}L + V \cdot \frac{\tau}{2} \quad (7)$$

где  $V \cdot \tau/2$  – дальность второй части после отбрасывания гирь.

Подставив в (7) результаты из (2), (3) и (6), окончательно получаем

$$L' = L + \frac{2mU}{M + 2m} \cdot \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{g} \approx 4,5 \text{ м.}$$

**Ответ:** спортсмен пролетит примерно 4,5 метра.

## 2. Переменный нагреватель

А) Мощность при включении нагревателя в сеть напряжением  $U$ :

$$P = UI = \frac{U^2}{R}, \quad (1)$$

поэтому нагрев за малое время  $\Delta t$ :

$$P \cdot \Delta t = \frac{U^2}{R} \cdot \Delta t = \Delta Q = cm \cdot \Delta T,$$

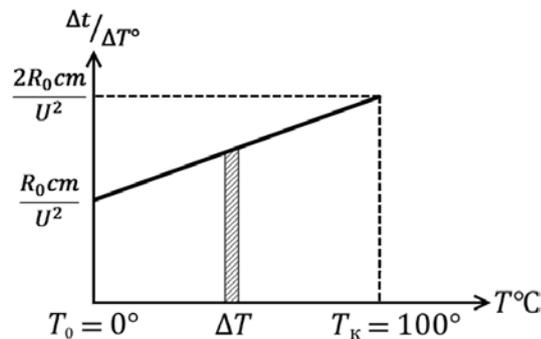
откуда время для нагрева на малое  $\Delta T^\circ$ :

$$\Delta t = \frac{Rcm \cdot \Delta T^\circ}{U^2} = \frac{R_0 cm}{U^2} \left(1 + \frac{T^\circ}{100^\circ}\right) \Delta T^\circ.$$

Нарисуем сначала график выражения

$$\frac{\Delta t}{\Delta T^\circ} = \frac{R_0 cm}{U^2} \left(1 + \frac{T^\circ}{100^\circ}\right)$$

от температуры:



Величина

$$\Delta t = \left(\frac{\Delta t}{\Delta T^\circ}\right) \cdot \Delta T$$

определяется площадью заштрихованного столбика под этим графиком, а общее время – всей площадью под графиком:

$$t = \frac{3}{2} \cdot \frac{R_0 cm}{U^2} (T_k - T_0).$$

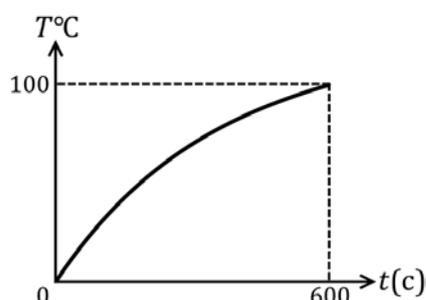
Подставляя числа:

$$t = \frac{3}{2} \cdot \frac{20 \cdot 4200 \cdot 2,1}{210^2} \cdot (100 - 0) = 600 \text{ с.}$$

**Ответ:** нагрев до кипения произойдет за 600 секунд.

Б) Согласно графику (см. выше) величина  $\Delta t/\Delta T^\circ$  в процессе нагрева увеличивается в 2 раза, а значит, обратная величина  $\Delta T^\circ/\Delta t$ , соответствующая наклону графика  $T^\circ$  от  $t$ , уменьшается в 2 раза за весь нагрев.

Примерный график:



**Примечание:** Разумеется, такой график можно обосновать и из качественных физических соображений – по условию, сопротивление нагревателя растет с ростом температуры, соответственно, мощность нагрева падает – см. формулу (1).

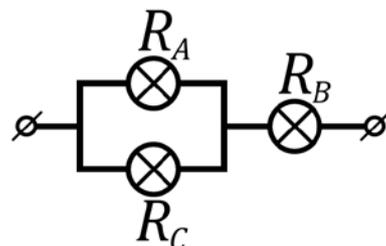
**Ответ:** наклон графика  $T^\circ$  от  $t$  уменьшается.

### 3. Лампочки и предохранитель

А) Согласно формуле для номинальной мощности:

$$P_0 = \frac{U_0^2}{R},$$

получаем из условия  $P_{0A} = P_{0B} > P_{0C}$ , что  $R_A = R_B < R_C$ .



В схеме (см. рис.) лампы  $A$  и  $C$  параллельны, поэтому их напряжения одинаковы, и из  $R_A < R_C$  следует  $P_A > P_C$ .

Лампы  $A$  и  $B$  равны по сопротивлениям, но ток в лампе  $B$  равен сумме токов в лампах  $A$  и  $C$ . Значит  $I_B > I_C$ , следовательно,  $P_B > P_A$ .

В итоге:  $P_B > P_A > P_C$ .

**Ответ:** ярче всех горит лампа  $B$ .

Б) В силу последовательного подсоединения ток через предохранитель равен общему току через схему:

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_A R_C}{R_A + R_C} + R_B \quad (1)$$

$$I_{\text{общ}} = \frac{U_1}{R_{\text{общ}}} \quad (2)$$

Вычислим  $R_A$ :

$$\frac{U_0^2}{R_A} = P_A \Rightarrow R_A = (R_B =) \frac{U_0^2}{P_A} = \frac{220^2}{110} = 440 \Omega.$$

Аналогично найдем  $R_C$ :

$$R_C = \frac{U_0^2}{P_C} = \frac{220^2}{44} = 1100 \Omega.$$

Подставим эти значения в (1) и (2):

$$R_{\text{общ}} = \frac{12}{7} R_A = \frac{12}{7} \cdot 440 \Omega \quad \text{и} \quad I_{\text{общ}} = \frac{7 \cdot 380}{12 \cdot 440} = \frac{1}{2} \cdot \frac{133}{132} \approx 0,504 \text{ А.}$$

Значение общего тока больше, чем пороговый ток предохранителя  $I_{\text{п}} = 0,5 \text{ А}$ , откуда получаем **Ответ:** предохранитель разомкнет цепь.

### 4. Винни и мёд

А) Поскольку Винни тяжелее горшочка (ведь шарик тянул медвежонка вверх), то когда шарик лопнул, Винни ускоряется вниз, а горшочек – вверх. Если пренебречь трением, то сила натяжения, действующая на Винни и на горшочек, одинакова.

По закону Ньютона в проекции на ось  $Oy$ :

$$\text{Винни: } T - Mg = -Ma \quad (1)$$

$$\text{горшочек: } T - mg = +ma \quad (2)$$

Вычитая из уравнения (2) уравнение (1):

$$-mg + Mg = ma + Ma,$$

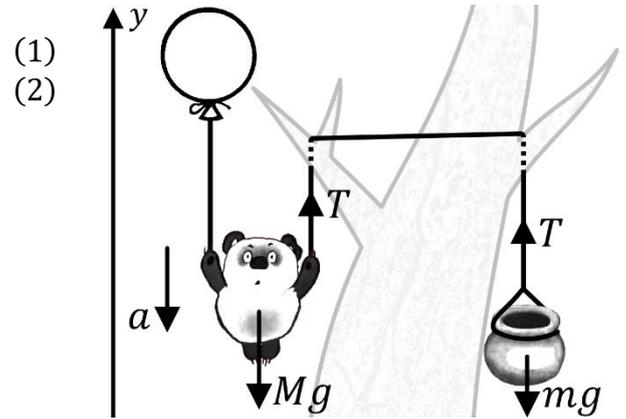
откуда

$$Mg - Ma = ma + mg,$$

или

$$\boxed{m = M \frac{g - a}{g + a}} \approx 9 \cdot \frac{10 - 2}{10 + 2} = 6 \text{ кг.}$$

**Ответ:** масса горшочка примерно равна 6 кг.



Б) Пока шарик не лопнул, он имел подъемную силу:

$$F = F_{\text{Арх}} - F_{\text{тяж}} \approx \rho_{\text{в}} Vg - \rho_{\text{г}} Vg \quad (3)$$

(при практически невесомой оболочке  $m_{\text{шарик}} \approx \rho_{\text{г}} V$ ).

Эта сила уравновешивала и Винни-Пуха, и горшочек:

$$F = Mg - mg. \quad (4)$$

Из уравнений (3) и (4) получим:

$$\rho_{\text{в}} V - \rho_{\text{г}} V = M - m,$$

откуда

$$\boxed{V = \frac{M - m}{\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{г}}}} \approx \frac{9 - 6}{1,4 - 0,2} \approx 2,5 \text{ м}^3.$$

**Ответ:** объем шарика примерно равен 2,5 м<sup>3</sup>.