

Решение вступительной работы по ФИЗИКЕ в 10 класс ФТШ. 2014 год

1. Катапульта

А)

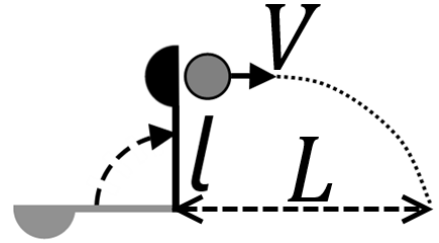
Пусть камень горизонтально вылетел со скоростью V с высоты l и пролетел расстояние $L = Nl$.

Тогда по вертикали:

$$y = y_0 + \frac{a_y t^2}{2} \Rightarrow 0 = l - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2l}{g}};$$

по горизонтали:

$$L = Vt \Rightarrow V = \frac{L}{t} = \frac{Nl}{\sqrt{\frac{2l}{g}}} = N \sqrt{\frac{lg}{2}} = 100 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10}{2}} = 100\sqrt{10}.$$



Ответ:

$$V = 100\sqrt{10} \cong 316 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Б)

Работа катапульти (без учета потерь на трение) идет на изменение кинетической и потенциальной энергии камня, значит, наименьшая работа

$$A = mgl + \frac{mV^2}{2} = mgl + \frac{m}{2} \left(N \sqrt{\frac{lg}{2}} \right)^2 = mgl \left(1 + \frac{N^2}{4} \right) = 10 \cdot 10 \cdot 2 \cdot \left(1 + \frac{100^2}{4} \right) = 500200 \text{ Дж} = 500,2 \text{ кДж}.$$

Ответ:

Наименьшая необходимая работа равна 500,2 кДж.

Замечание:

Работа катапульти на подъем камня (0,2 кДж) много меньше работы по разгону камня (500 кДж).

2. Муля, Хрюля и мороженое

А)

Масса мороженого в первом ведерке больше (из него не ел Хрюля), значит, при той же мощности теплоотъёма, оно будет охлаждаться *дольше* от температуры замерзания 0°C до -20°C , следовательно...

Ответ:

...мороженое в первом (полном) ведерке полностью замерзло *раньше*.

Б)

Пусть масса в полном ведерке M , Хрюля съел массу m , мощность теплоотъёма P . Отданное при охлаждении тепло первым ведерком получено из замерзания половины массы и, затем, охлаждения всей массы до -20°C :

$$Pt_1 = Q = \frac{M}{2} \cdot \lambda + c_1 M (T_{\text{пл}} - T_{\text{к}}), \text{ где } T_{\text{к}} = -20^\circ\text{C}, T_{\text{пл}} = 0^\circ\text{C}, t_1 - \text{ время охлаждения.}$$

Для второго ведерка вся несъеденная масса $M - m$ сначала охлаждается от 35°C до $T_{\text{пл}} = 0^\circ\text{C}$, затем замораживается и охлаждается дальше:

$$Pt_2 = Q_2 = c_2 (M - m) (T_{\text{н}} - T_{\text{пл}}) + \lambda (M - m) + c_1 (M - m) (T_{\text{пл}} - T_{\text{к}}), \text{ где } T_{\text{н}} = +35^\circ\text{C}.$$

По условию

$$\begin{aligned} t_1 = t_2 &\Rightarrow Q_1 = Q_2 \Rightarrow \\ \Rightarrow M \left(\frac{\lambda}{2} + c_1 (T_{\text{пл}} - T_{\text{к}}) \right) &= (M - m) [c_2 (T_{\text{н}} - T_{\text{пл}}) + \lambda + c_1 (T_{\text{пл}} - T_{\text{к}})] \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} \frac{M - m}{M} &= \frac{\frac{\lambda}{2} + c_1 (T_{\text{пл}} - T_{\text{к}})}{c_2 (T_{\text{н}} - T_{\text{пл}}) + \lambda + c_1 (T_{\text{пл}} - T_{\text{к}})} = \frac{160000 + 2000 \cdot 20}{4000 \cdot 35 + 320000 + 2000 \cdot 20} = \frac{2}{5}. \\ \frac{M - m}{M} = \frac{2}{5} &\Rightarrow M = \frac{5}{3} m = \frac{5}{3} \cdot 450 = 750 \text{ г}. \end{aligned}$$

Ответ:

В полном ведерке 750 г мороженого.

3. Вольтметр и провод

А)

Вольтметр снимает напряжение на BD :

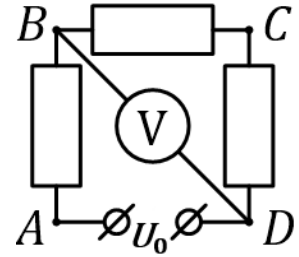
$$U = U_{\text{вольтметр}} = U_{BD} = U_{BC} + U_{CD} = IR + IR = I \cdot 2R,$$

при этом

$$U_0 = I \cdot 3R,$$

Откуда

$$U_0 = \frac{3}{2}U = \frac{3}{2} \cdot 2,4 \text{ В} = 3,6 \text{ В}.$$



Ответ:

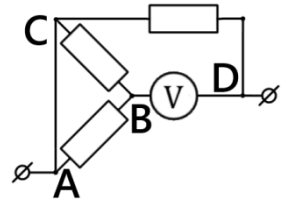
Напряжение источника равно 3,6 В.

Б)

Если соединить проводом A и C и развернуть схему (раздвинуть клеммы источника и оттянуть влево вверх точку C и вправо вниз точку B), то получится схема, изображенная на рисунке.

При этом через AB и CB ток не идет (A и C замкнуты проводом и между ними по сопротивлению ток не пойдет, а из B в D ток не пропускает идеальный вольтметр). Значит, фактически, между B и D (показания вольтметра) и A и D (подсоединения клемм источника) напряжение одинаково. Следовательно,

$$U_{\text{вольтметр}} = U_{\text{ист}} = U_0 = 3,6 \text{ В}.$$



Ответ:

Вольтметр покажет напряжение источника, то есть 3,6 В.

4. Сладкая жизнь Винни-Пуха

А)

Если масса Винни максимальна, то Пятачок поднимает его без ускорения.

Тогда:

$$\begin{cases} \text{Пятачок: } F - mg = 0 \\ \text{Винни (ось } X): F - Mg \cdot \sin(\alpha) = 0 \end{cases}$$

Откуда

$$mg = Mg \cdot \sin(\alpha) \text{ или } M = \frac{m}{\sin(\alpha)} = 2m.$$

Ответ:

Если масса Винни-Пуха $M \leq 2m = 24 \text{ кг}$, то Пятачок может его поднять.

Б)

При появлении трения добавится сила сопротивления, действующая на Винни-Пуха вдоль оси X вверх (потяжелевший Винни пытается съехать вниз).

$$\text{Винни - Пух: } \begin{cases} \text{Ось } X: F + F_{\text{тр}} - Mg \cdot \sin(\alpha) \\ \text{Ось } Y: N - Mg \cdot \cos(\alpha) \end{cases} \Rightarrow F + \mu Mg \cdot \cos(\alpha) - Mg \cdot \sin(\alpha) \geq 0, \\ \text{при этом } F_{\text{тр}} \leq \mu N$$

откуда

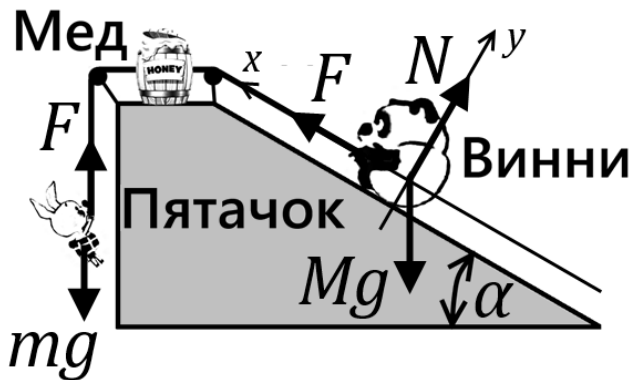
$$\mu \geq \frac{Mg \cdot \sin(\alpha) - F}{Mg \cdot \cos(\alpha)}.$$

Подставляя $F = mg$ (Пятачок продолжает висеть):

$$\mu \geq \frac{m}{M \cdot \cos(\alpha)} = \frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{12}{50} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \cong 0,3.$$

Ответ:

Наименьший удерживающий коэффициент трения $\mu \cong 0,3$.



5. Изучение цилиндров

А)

Раз цилиндр нагревается во много раз быстрее, чем остывает, теплотери при нагреве можно не учитывать. Мощность нагрева:

$$P = \frac{U^2}{R},$$

при этом

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S},$$

где ρ – удельное сопротивление, l – длина, S – площадь сечения цилиндра. Количество тепла, которое необходимо сообщить цилиндру:

$$Pt = Q = cM \cdot \Delta T.$$

Итак, для первого цилиндра:

$$\boxed{\frac{U^2}{R} t_1 = \frac{U^2 S}{\rho l} t_1 = cm \cdot (T_{\text{пл}} - T_0)},$$

где $t_1 = 10$ сек.

При увеличении линейных размеров в 3 раза S увеличивается в $3^2 = 9$ раз, а масса (пропорционально объему) в $3^3 = 27$ раз.

Итак, для второго цилиндра получим:

$$\frac{U^2 \cdot 9S}{\rho \cdot 3l} \cdot t_2 = c \cdot 27m \cdot (T_{\text{пл}} - T_0)$$

(т.к. вещество то же, то ρ и ΔT – не изменяются).

Или

$$\boxed{\frac{U^2 S}{\rho l} \cdot t_2 = 9cm \cdot (T_{\text{пл}} - T_0)}.$$

Сравнив выражения в рамках:

$$t_2 = 9t_1 = 90 \text{ сек.}$$

Ответ:

Большой цилиндр нагреется до температуры плавления за 90 сек.

Б)

Скорость теплотери пропорциональна площади поверхности, то есть для большого цилиндра увеличивается в 9 раз, а полная запасенная теплота (пропорциональна массе, а значит, объему) увеличивается в 27 раз.

Значит, большой цилиндр будет остывать дольше (примерно в $\frac{27}{9} = 3$ раза).

Ответ:

Большой цилиндр будет остывать дольше маленького.