

Решение вступительной работы в ФТШ по физике

10 класс, 2018 год

1. Кабель с повреждением

Обозначим расстояние от батареи до места повреждения x , а сопротивление кабеля в месте пробоя – r . В первом случае при разомкнутых концах кабеля ток может протекать только через повреждение, которое можно на схеме изобразить резистором с сопротивлением r . Тогда сопротивление кабеля в первом случае складывается из сопротивления двух проводов длиной x каждый и сопротивления пробоя:

$$R_1 = 2\rho x + r = \frac{U}{I_1} = 15 \text{ Ом.}$$

Во втором случае параллельно месту пробоя подключается кабель длиной $2(L - x)$:

$$R_2 = 2\rho x + \frac{r \cdot 2\rho(L - x)}{r + 2\rho(L - x)} = \frac{U}{I_2} = 8\frac{1}{3} \text{ Ом.}$$

- А) Далее из этих формул получаем квадратное уравнение для x , решая которое, получаем два корня:

$$x_{1,2} = \frac{R_2 \pm \sqrt{(R_2 - R_1)(R_2 - 2\rho L)}}{2\rho}.$$

Подставляя числа, вычисляем два возможных значения величины: $x_1 = 2$ км и $x_2 = 4,7$ км. Но второе значение невозможно, так как оно превышает длину кабеля.

Ответ: $x = 2$ км.

- Б) Найдя место повреждения x , из сопротивления кабеля R_1 легко выражаем сопротивление изоляции в месте пробоя.

Ответ: $r = 10$ Ом.

2. Кофе с мороженым

- А) Теплота, необходимая для таяния мороженого, пропорциональна его массе: $Q = \lambda m$. Поэтому при увеличении радиуса шарика в $N = 2$ раза его объем, масса и необходимая теплота увеличиваются в $N^3 = 8$ раз.

В то же время скорость теплопередачи от кофе к шарiku зависит от площади, то есть меняется только в $N^2 = 4$ раза. Поэтому малый шарик тает быстрее большого.

Если мы еще учтем, что в малой чашке кофе сильнее остывает, а значит, время таяния удлинится, то получим **ответ:**

t (мин)	4	5	X	много
Опыт	МБ	ММ	ББ	БМ

- Б) Для нахождения времени X сравним ситуации **ММ** и **ББ**, которые полностью подобны (по размерам и шарика, и чашки). Полная теплоемкость большой чашки ($C_{\text{полн}} = CM$) в 8 раз больше малой, так же, как и теплоты плавления соответствующих шариков, а вот скорости теплопередач отличаются только в 4 раза. Поэтому, если «растянуть» время таяния ровно в 2 раза (то есть одной секунде в **ММ** сопоставить 2 секунды в **ББ**), то картины таяния шариков будут изменяться полностью подобно.

Значит, время полного таяния **ББ** соответствует времени полного таяния **ММ** при таком двукратном растяжении, а в реальности $X = 5 \cdot 2 = 10$ минут.

Ответ: $X = 10$ минут.

3. Электропушка

Мощность источника $P = UI$, а его затраченная работа $A = Pt = UIt = 220 \cdot 10^{-2} \cdot 3600 = 7920$ Дж.

При выстреле снаряда со скоростью v_0 под углом α к горизонту его время полета

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g},$$

а дальность

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g},$$

откуда

$$v_0^2 = \frac{gL}{2 \sin \alpha \cos \alpha}.$$

Энергия вылета снаряда

$$E = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mgL}{4 \sin \alpha \cos \alpha} \approx \frac{0,064 \cdot 10 \cdot 216,5}{4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,5} = 80 \text{ Дж}.$$

Зная и затраченную работу, и полезную энергию вылета, можно найти КПД:

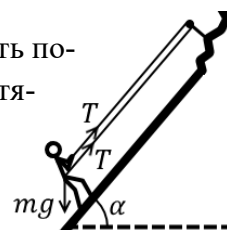
$$\eta = \frac{E}{A} = \frac{80}{7920} = \frac{1}{99} \approx 1,01\%.$$

Ответ: КПД выстрела равен 1,01%.

4. Коварный блок

- А) Чтобы альпинист мог взбираться, проекция на ось x склона должна быть положительной. При этом веревка тянет альпиниста с двойной силой натяжения T (обоими своими концами). Значит, $2T - mg \sin \alpha > 0$, откуда $T > mg \sin \alpha / 2 = 80 \cdot 10 \cdot 0,5 / 2 = 200$ Н.

Ответ: сила натяжения разрыва больше 200 Н.



- Б) Начальная (потенциальная) энергия альпиниста относительно нижней точки равна $E_0 = mg(H + h)$. При съезжании по склону с углом β сила реакции опоры $N = mg \cos \beta$, а сила трения $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \beta$.

Работа этой силы $A = -F_{\text{тр}} l = -\mu mg l \cos \beta = -\mu mg x$. При условии, что альпинист остановился:

$$E_0 + A = E_{\text{кон}} = 0 \Leftrightarrow mg(H + h) - \mu mg x = 0 \Rightarrow \mu = \frac{H + h}{x} = \frac{5 + 5}{10} = 1.$$

Ответ: коэффициент трения на склоне равен 1.

Замечание: хоть для решения задачи это и не существенно, данный коэффициент трения все же «великоват», то есть без хорошего защитного костюма альпинист сильно пострадает.

