

Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 09

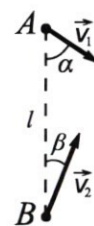
Вариант 09-01

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влож

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 1$ км друг от друга (см. рис. 1) Скорость корабля $V_1 = 10$ м/с, угол $\alpha = 60^\circ$. Скорость торпеды $V_2 = 20$ м/с. Угол β таков, что торпеда попадет в цель.

1) Найдите $\sin \beta$.

2) Через какое время T расстояние между кораблем и торпедой составит $S = 770$ м?



2. Плоский склон горы образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом φ к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии $S = 0,8$ км от точки старта.

1) Под каким углом φ к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите величину V_0 начальной скорости мины.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. В тот момент, когда скорость бруска равна $V_1 = 1$ м/с, на брусок падает пластилиновый шарик и прилипает к нему, а брусок останавливается. Движение шарика до соударения – свободное падение с высоты $h = 0,8$ м с нулевой начальной скоростью.

1) Найдите скорость V_2 шарика перед соударением.

2) Найдите величину a ускорения бруска перед соударением.

Массы бруска и шарика одинаковы.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Быстрые процессы торможения бруска и деформации пластилина заканчиваются одновременно. В этих процессах действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

4. Два свинцовых шарика одинаковой массы, летящие со скоростями $V_1 = 60$ м/с и $V_2 = 80$ м/с, слипаются в результате абсолютно неупругого удара. Скорости шариков перед слипанием взаимно перпендикулярны.

1) С какой по величине скоростью V движутся слипшиеся шарики?

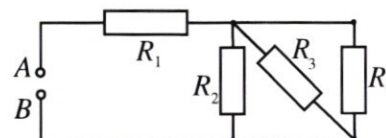
2) На сколько Δt (°C) повысится температура шариков?

Удельная теплоемкость свинца $c = 130$ Дж/(кг·°C). Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 3 \cdot r$, $R_2 = R_3 = 2 \cdot r$, $R_4 = 4 \cdot r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 38$ В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

2) Какой силы I ток будет течь через резистор R_4 при $r = 10$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1 - Задача

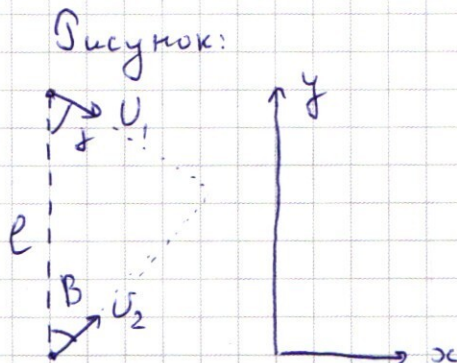
Дано: $U_1 = 10 \text{ м/с}$, $\alpha = 60^\circ$, $U_2 = 20 \text{ м/с}$, $l = 1 \text{ км}$

Найти: $\sin B$, T

Для условия того
что "торпеды" подтопят
по кораблю:

$x \rightarrow$ для обеих должно

быть одинаково в любой момент времени



$$x = U_1 \sin \alpha \cdot T = U_2 \sin B \cdot T \quad \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$U_1 \sin \alpha = U_2 \sin B$$

$$\frac{U_1 \sin \alpha}{U_2} = \sin B \rightarrow$$

$$\boxed{\frac{\sqrt{3}}{4} = \sin B} \quad \text{Ответ:}$$

Из-за того что пройденное расстояние по
 x одинаковое, все изменения в расстоянии
будут по y

$l - S = \Delta l \rightarrow$ изменение расстояния

$$\Delta l = (U_1 \cos \alpha + U_2 \cos B) T$$

$$l - S = (U_1 \cos \alpha + U_2 \cos B) T$$

$$l - S = \left(U_1 \cdot \frac{1}{2} + U_2 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} \right) T$$

$$\cos 60 = \cos \alpha = \frac{1}{2}$$

$$\sin^2 B + \cos^2 B = 1$$

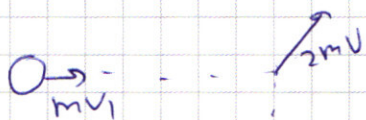
$$\cos^2 B = \frac{13}{16}$$

$$\cos B = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$\frac{4(l - S)}{2U_1 + U_2\sqrt{13}} = T \rightarrow T = \frac{920}{20(1 + \sqrt{13})}$$

Ответ:

$$\boxed{T = \frac{46}{1 + \sqrt{13}}}$$



$$\vec{p} = \frac{k_2 \cdot (\frac{m}{c})^2}{2}$$

$$m^2 v_1^2 + m^2 v_2^2 = (2mV)^2$$

$$m^2 (v_1^2 + v_2^2) = 4m^2 V^2$$

$$\frac{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}{2} = V$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + Q$$

$$m \left(\frac{v_1^2 + v_2^2}{2} - V^2 \right) = Q$$

$$m (v_1')^2 = Q = 2m(c_0 t)$$

$$\frac{(v_1')^2}{2c} = c_0 t$$

$$\frac{k_2 (m/c)^2}{2}$$

$$\frac{2500}{2 \cdot 13}$$

$$\frac{250}{2c} = \frac{125}{13}$$

$$\begin{array}{r} -1000 \\ 710 \\ \hline 230 \\ 4 \end{array}$$

$$\frac{920}{20 + 20\sqrt{13}} = \frac{46}{1 + \sqrt{13}}$$

$$\begin{array}{r} 46 \\ 20 \\ \hline 920 \end{array}$$

$$\frac{10000}{2} - 2500 = \frac{5000}{2c}$$

$$5000 - 2500$$

$$\frac{2500}{2c} =$$

$$60, 80$$

$$6^2$$

$$3600 6400$$

$$10000$$

$$\frac{100}{2} = 50$$

$$50 \times 50$$

$$2500$$

$$5000$$

$$-2500 = Q$$

$$2500$$

$$\begin{array}{r|l} 1250 & 13 \\ 1170 & 9,6 \\ 80 & \\ 78 & \end{array}$$

$$20 \cdot 20$$

$$80 \cdot 46$$

$$120$$

$$20$$

$$46$$

$$20$$

$$46$$

$$20$$

$$46$$

$$20$$

$$46$$

$$20$$

$$46$$

$$20$$

$$46$$

$$20$$

$$46$$

$$20$$

$$46$$

$$20$$

$$46$$

$$20$$

$$46$$

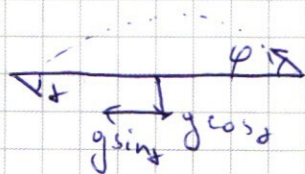
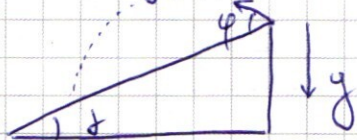
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2 - Задача

Дано: $\alpha = 30^\circ$, $S = 0,8 \text{ км} = 800 \text{ м}$, $g = 10 \text{ м/с}^2$

Найти: φ , v_0

Рисунок:



Мы можем перерисовать
рисунок и представить
что мяч вылетает с
горизонтальной плоскости с
вертикальным ускорением $g' = g \cos \alpha$
и горизонтальным $a = g \sin \alpha$

$g't = v_0 \sin \varphi = g \cos \alpha t$ время до максимальной
полное время полёта: точки: $t = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g \cos \alpha}$
 $(t_0)' = \left(\frac{2v_0 \sin \varphi}{g \cos \alpha} \right)'$ можем взять производную
времени или просто заметить что

$t_0 \sim \sin \varphi$ значит при максимальном $\sin \varphi$
 t_0 также будет максимальной $\sin \varphi = 1$

Ответ: $\boxed{\varphi = 90^\circ}$ $t_0 = \frac{2v_0}{g \cos \alpha}$ $\cos \varphi = 0$

$$S = v_0 \cos \varphi t_0 + \frac{g \sin \alpha t_0^2}{2} \quad \cos \varphi = 0$$

$$S = 0 + \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4v_0^2}{g^2 \cos^2 \alpha}$$

$$S = \frac{2v_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha}$$

Ответ:

$$\sqrt{\frac{g S \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}} = v_0 \rightarrow$$

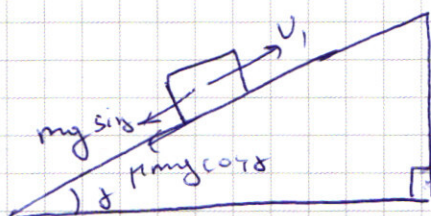
$$\boxed{v_0 = 20\sqrt{15} \text{ м/с}}$$

$$x = v_0 \cos \varphi t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \quad t = \frac{2v_0}{g \cos \alpha}$$

$$x = + \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4v_0^2}{g^2 \cos^2 \alpha}$$

$$x = \frac{2v_0^2 \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha}$$

$$\sqrt{\frac{g \sin \alpha}{2 \cos^2 \alpha}} = v_0$$



$$\cos \beta_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \sin \beta = \frac{1}{2}$$

$$\frac{10 \cdot 800 \cdot \frac{3}{4}}{2 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{60}{3} \cdot \frac{12}{2} = \frac{15}{3} \cdot \frac{5}{13}$$

$$\sqrt{6000} = 20\sqrt{15}$$

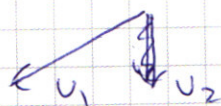
$$g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = a_0$$

$$mv_1 - mv_2 - F_{\text{тр}} t = 0$$

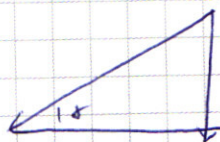
$$F_{\text{тр}} = \mu (mg \cos \alpha +$$

$$F_{\text{тр}} = m v_2$$

$$mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha + \mu F_{\text{тр}} \cos \alpha$$



$$a_0 = \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha$$



$$\alpha = \sin \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3- Задача

Дано: $v_1 = 1 \text{ м/с}$, $h = 0,8$

Найти: v_2 , a_0

Запишем закон сохранения энергии для шарика.

$$mgh = \frac{mv_2^2}{2} \rightarrow \boxed{\sqrt{2gh} = v_2}$$

$$\boxed{v_2 = 4 \text{ м/с}} \quad \text{Ответ}$$

Запишем векторы отсюда найдем $\sin \alpha$ и $\cos \alpha$ где α угол наклона клина



$$\sin \alpha = \frac{v_2}{v_1}$$

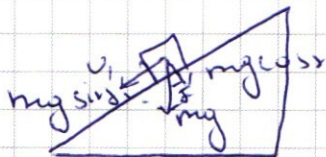
$$v_2 \sin \alpha = v_1$$

$$\sin \alpha = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{4}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}{v_2}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{15}}{4}$$

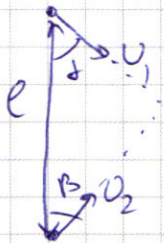


$$a_0 = \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha$$

$$a_0 = g \left(\frac{\sqrt{15}}{4} - \frac{1}{4} \right)$$

$$\boxed{a_0 = \frac{g}{4} (\sqrt{15} - 1)} \quad \text{Ответ}$$

1)



$$l = v_1 t + v_2 t$$

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

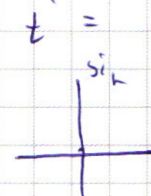
$$l = v_1 \cos \alpha t + v_2 \cos \beta t \quad t = \frac{2v_0}{g} \left(\frac{\sin \varphi}{\cos \alpha} \right)$$

$$x = v_1 \sin \alpha t = v_2 \sin \beta t$$

$$(\sin \varphi)' \cos \alpha = 0$$

$$l = \left(\frac{v_1}{2} + \frac{v_2 \sqrt{13}}{4} \right) t$$

$$\frac{v_1 \sin \alpha}{v_2 \sin \beta} = \sin \beta$$



$$\cos \varphi = 0$$

$$\varphi = 90$$

$$\frac{l-s}{\frac{v_1}{2} + \frac{v_2 \sqrt{13}}{4}} = t$$

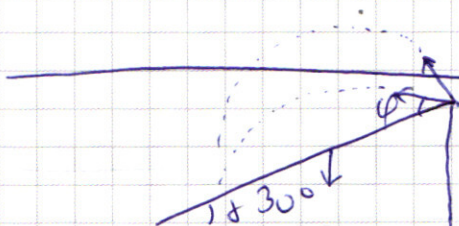
$$\frac{\sqrt{3}}{4} = \sin \beta$$

$$\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1$$

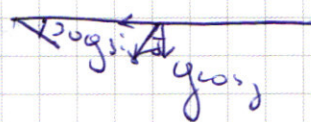
$$\frac{3}{16} + \cos^2 \beta = 1 \quad \frac{3}{16}$$

$$\cos^2 \beta = \frac{\sqrt{13}}{16}$$

$$\cos \beta = \frac{\sqrt{13}}{4}$$



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



$$y = v_0 \sin \varphi t - \frac{g t^2}{2}$$

$$x = \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$x = v_0 \cos \varphi t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$x = g \sin \alpha \cdot \frac{v_0^2}{2}$$

$$S = \frac{2v_0^2 \sin \varphi \cos \varphi}{g}$$

$$x = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$$

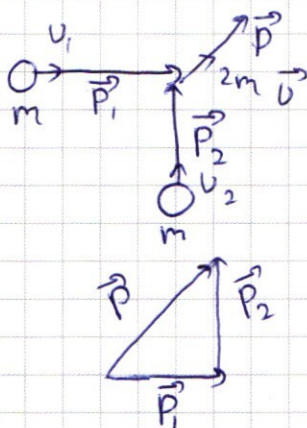
$$x = v_0 \cos \varphi \cdot \frac{2v_0 \sin \varphi}{g \cos \alpha} + \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4v_0^2 \sin^2 \varphi}{g^2 \cos^2 \varphi}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4-Задача

Дано: $U_1 = 60 \text{ м/с}$, $U_2 = 80 \text{ м/с}$, $c = 130 \text{ (Дж/кг} \cdot \text{с}^\circ)$

Найти: U , Δt



С помощью векторов импульсов
и теоремы Пифагора найдем
скорость U после соударения

$$P^2 = P_1^2 + P_2^2$$

$$P = 2mU$$

$$4U^2 = U_1^2 + U_2^2$$

$$P_1 = mU_1$$

$$P_2 = mU_2$$

$$U = \frac{\sqrt{U_1^2 + U_2^2}}{2}$$

$$U = 50 \text{ м/с}$$

Запишем закон сохранения энергии

$$\frac{mU_1^2}{2} + \frac{mU_2^2}{2} = \frac{2mU^2}{2} + Q \quad Q = \text{тепло которое}$$

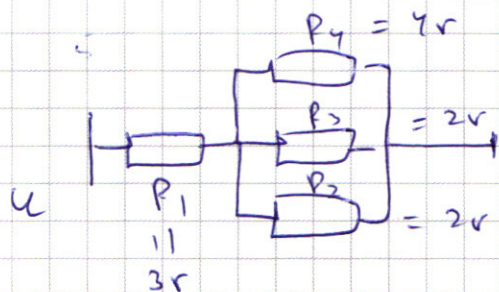
$$2mc\Delta t = Q$$

ушло на нагревание
шаров

$$m \left(\frac{U_1^2 + U_2^2}{2} - U^2 \right) = Q = 2mc\Delta t$$

$$\frac{\frac{U_1^2 + U_2^2}{2} - U^2}{2c} = \Delta t \rightarrow \Delta t = \frac{U_1^2 + U_2^2 - 2U^2}{4c}$$

$$\Delta t \approx 9,61^\circ \text{C}$$



$$\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R'}$$

$$\frac{1}{4r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} = \frac{1}{R'}$$

$$R' = \frac{4r}{5} +$$

$$R_0 = R' + 3r = \frac{4r}{5} + 3r$$

$$R_0 = \frac{19r}{5} = 3,8r =$$

$$U = IR_1 + I_1 R_4$$

$$U = IR_1 + I_2 R_2$$

$$U = IR_1 + I_3 R_3$$

$$I_2 R_2 = I_3 R_3$$

$$I_2 = I_3$$

$$I = 2I_2 + I_1$$

$$U = IR_1 + I_1 R_4$$

$$U = IR_1 + \frac{I - I_1}{2} R_2$$

$$2U = 2IR_1 + IR_2 - I_1 R_2$$

$$\frac{U - I_1 R_4}{R_1} = I_0 = \frac{2U + I_1 R_2}{2R_1 + R_2}$$

$$\cancel{2UR_1} + UR_2 - \cancel{2I_1 R_1 R_4} - I_1 R_4 R_2 =$$

$$= \cancel{2UR_1} + I_1 R_2 R_1$$

$$UR_2 = I_1 (R_1 R_2 + 2R_1 R_4 + R_2 R_4)$$

$$\frac{UR_2}{R_1 R_2 + 2R_1 R_4 + R_2 R_4} = I_1$$

$$\frac{38 \cdot 20}{30 \cdot 20 + 2 \cdot 30 \cdot 40 + 20 \cdot 40}$$

$$600 + 2400 + 800$$

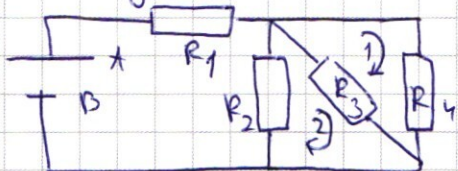
$$\frac{38 \cdot 20}{3800} = 0,2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

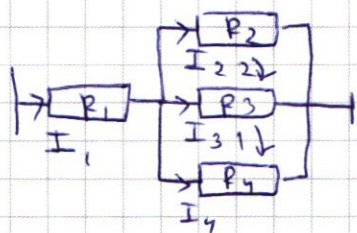
5 - Задача

Дано: $R_2 = R_3 = 2r$, $R_1 = 3r$, $R_4 = 4r$, $U = 38\text{ В}$, $r = 10\text{ Ом}$

Рисунок



Мы можем переписать
цен как нам удобно



$$\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{R_0}$$

$$\frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{4r} = \frac{1}{R_0} \rightarrow R_0 = \frac{4r}{5}$$

$$R_{\text{тп}} = R_0 + R_1 = \frac{4r}{5} + 3r = \frac{19r}{5} = 3,8r$$

Ответ $R_{\text{тп}} = 3,8r$ при $r = 10\text{ Ом} \Rightarrow R_{\text{тп}} = 38\text{ Ом}$

Запишем уравнение Кирхгофа для контуры
1 и 2

1: $I_3 R_3 = I_4 R_4$ Мы знаем $R_2 = R_3$

2: $I_2 R_2 = I_3 R_3 \rightarrow I_2 = I_3$
 $I_2 R_2 = I_4 R_4 \rightarrow \frac{I_2 R_2}{R_4} = I_4 \quad I_2 = \frac{I_4 R_4}{R_2}$

Найдем I_1 он будет равен всему
току через цен $U = I_1 R_{\text{тп}}$

$$\frac{U}{R_{\text{тп}}} = I_1 = 0,2\text{ А}$$

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

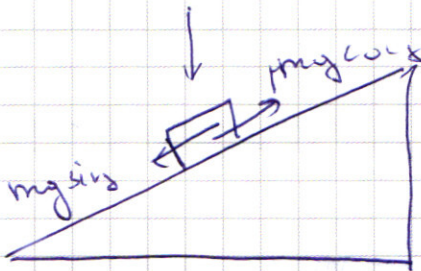
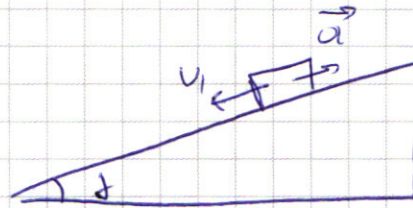
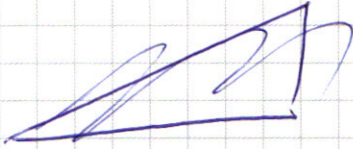
$$I_1 = 2I_2 + I_4$$

$$I_1 = I_4 \left(\frac{2R_4}{R_2} + 1 \right)$$

Ответ:

$$I = I_4 = \frac{R_2 I_1}{2R_4 + R_2} = 0,2\text{ А}$$

3)



$$mgh = \frac{\mu v_2^2}{2}$$

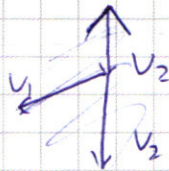
$$\sqrt{2gh} = v_2 =$$

$$20 \cdot 0.8$$

$$\times 0.8$$

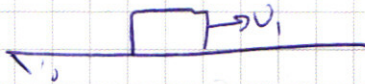
$$1.6$$

$$\mu \frac{F}{\mu} v_2$$



$$m v_2 = F_0 t$$

$$\frac{m v_2}{\Delta t} = F$$



$$m v_2 + F_0 t = m v_1 = 0$$

$$m v_2 + F_0 t = m v_1$$

$$F_{\mu} = mg \cos \alpha +$$

$$mg \sin \alpha - F \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha + F_0 t$$