

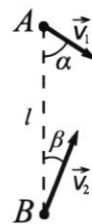
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

Вариант 09-01

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

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?

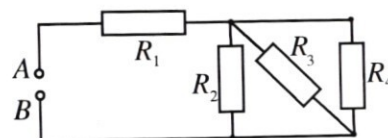
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

Удельная теплоемкость свинца $c = 130$ Дж/(кг $\cdot^\circ\text{C}$). 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

$$R_1 = 3 \text{ к}$$

$$R_2 = 2 \text{ к}$$

$$R_3 = 2 \text{ к}$$

$$R_4 = 4 \text{ к}$$

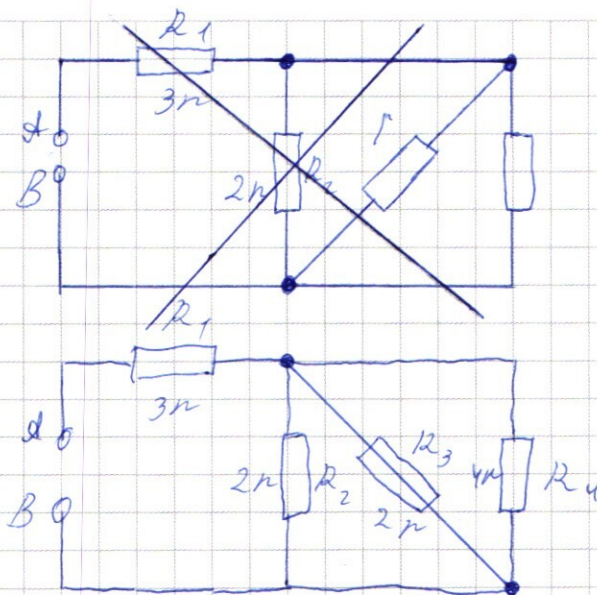
$$\rho = 10 \text{ Ом}$$

$$U = 38 \text{ В}$$

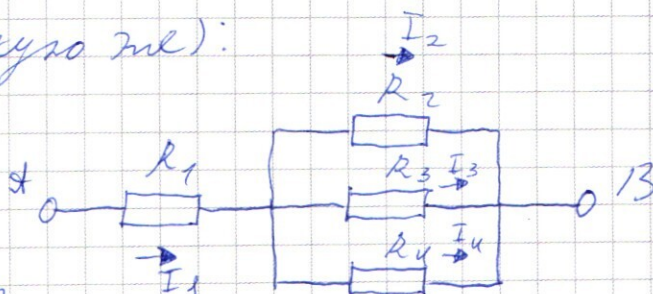
$$R_{AB} = ?$$

$$I = ?$$

$$I = I_4$$



перерисовывали эквивалентную цепь
(такую же):



$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{2 \text{ к} \cdot 2 \text{ к}}{4 \text{ к}} = 1 \text{ к}$$

$$R_{234} = \frac{1 \text{ к} \cdot 4 \text{ к}}{1 \text{ к} + 4 \text{ к}} = \frac{4}{5} \text{ к}$$

$$R_{AB} = R_{1234} = 3 \text{ к} + \frac{4}{5} \text{ к} = \frac{19}{5} \text{ к} = \frac{19 \cdot 10 \text{ Ом}}{5} = 38 \text{ Ом}$$

I_0 - общий ток в цепи

$$I_0 = \frac{U}{R_{AB}} = 1 \text{ А}$$

$$I_1 = I_0 = I_2 + I_3 + I_4 = 1 \text{ А (пош. сог.)}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3}$$

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4}$$

$$U_4 = U_2 = U_3 = U \text{ (|| сог.)}$$



$$U_1 + U = U$$

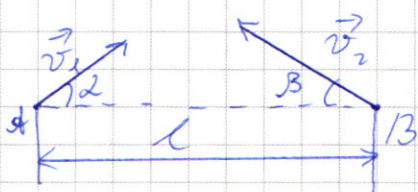
$$U_1 = I_1 R_1 = 30 \text{ В} \quad U = 8 \text{ В}$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{8 \text{ В}}{40 \text{ Ом}} = \frac{2}{10} \text{ А} = 0,2 \text{ А}$$

$$\text{Ответ: } I = 0,2 \text{ А};$$

$$R_{AB} = 38 \text{ Ом};$$

~1.



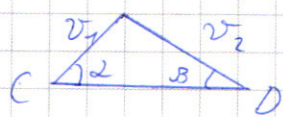
$$v_1 = 10 \text{ м/с}; v_2 = 20 \text{ м/с}; \alpha = 60^\circ$$

$$l = 1 \text{ км}; S = 770 \text{ м}$$

$$1) \sin \beta = ?$$

$$2) T = ?$$

1) Если торпеда попадет в корабль, то их вектора будут встречаться и образуют Δ .



по теореме синусов $\frac{v_2}{\sin \alpha} = \frac{v_1}{\sin \beta}$

$$\sin \beta = \frac{v_1 \cdot \sin \alpha}{v_2} = \frac{10 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{20 \text{ м/с}} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$16x^2 = 3x^2 + y^2 \quad (\text{Т.П.})$$

$$y = \sqrt{13} \Rightarrow$$

2) V - скорость сближения корабля и торпеды; $\cos \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$

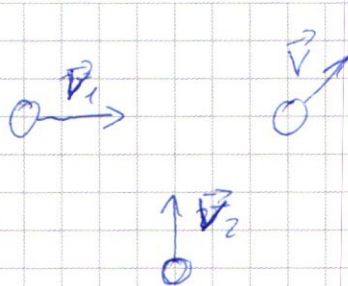
$$V = v_1 \sin \alpha + v_2 \sin \beta = 5 \text{ м/с} + 5\sqrt{3} \text{ м/с}$$

Δl - путь, который пройдут тела, чтобы расстояние между ними стало S $\Delta l = l - S = 230 \text{ м}$

$$T = \frac{\Delta l}{V} = \frac{230 \text{ м}}{(5 + 5\sqrt{3}) \text{ м/с}} = \frac{46}{1 + \sqrt{3}} \text{ с} = \frac{46(\sqrt{3} - 1)}{6} = \frac{23(\sqrt{3} - 1)}{3} = (3,83\sqrt{3} - 3,83) \text{ с}$$

$$\text{Ответ: } 1) \sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}; 2) T = (3,83\sqrt{3} - 3,83) \text{ с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$v_1 = 60 \text{ м/с}; v_2 = 80 \text{ м/с}; c = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

1) V - ?
2) Δt - ?

по 3C.2: $m \vec{v}_1 + m \vec{v}_2 = m \vec{v}_1' + m \vec{v}_2'$

$v_1' = v_2'$ $m \vec{v}_1 + m \vec{v}_2 = 2m \vec{v}$

$\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = 2\vec{v}$

$v_1^2 + v_2^2 = 4v^2$

$v^2 = \frac{v_1^2 + v_2^2}{4}$

$v = \frac{\sqrt{6400 \text{ м}^2/\text{с}^2 + 3600 \text{ м}^2/\text{с}^2}}{2} = 50 \text{ м/с}$

по 3C.3:

$E_k = E_{k1} + E_{k2} = Q$

$Q = c m' \Delta t$

$m' = 2m$ $Q = 2c m \Delta t$

$E_k = \frac{2m v^2}{2}$

$E_{k1} = \frac{m v_1^2}{2}$ $E_{k2} = \frac{m v_2^2}{2}$

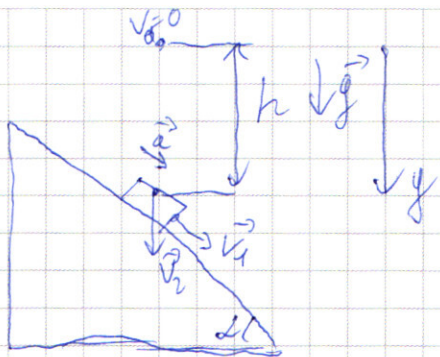
$m v^2 = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = 2c m \Delta t \quad / \cdot \frac{2}{m} (m \neq 0)$

$2v^2 = \frac{v_1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2} = 4c \Delta t$

$c \Delta t = 1250 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

$\Delta t = \frac{1250 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} = \frac{125}{13} ^\circ\text{C} \approx 9,62 ^\circ\text{C}$

Ответ: 1) $V = 50 \text{ м/с}$;
2) $\Delta t = 9,62 ^\circ\text{C}$;



~ 3.

$$V_0 = 0; V_1 = 1 \text{ м/с}; h = 0,8 \text{ м}; g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$1) V_2 = ?$$

$$2) a = ?$$

$$1) y = y_0 + v_{0y} t_{\text{max}} + \frac{g_y t_{\text{max}}^2}{2}$$

$$y = h \quad y_0 = 0 \quad v_{0y} = 0 \quad g_y = g$$

$$h = \frac{g t_{\text{max}}^2}{2}$$

$$t_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$g_y = \frac{v_{2y} - v_{0y}}{t_{\text{max}}}$$

$$\sqrt{\frac{2h}{g}} = \frac{v_2 - v_0}{g} = \frac{v_2}{g}$$

$$v_{2y} = v_2 \quad v_{0y} = 0$$

$$g_y = g$$

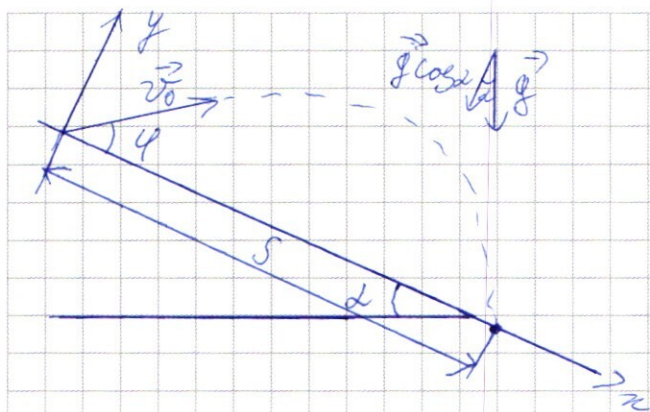
$$\frac{2h}{g} = \frac{v_2^2}{g^2}$$

$$v_2^2 = 2hg$$

$$v_2 = \sqrt{2hg} = 4 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $V_2 = 4 \text{ м/с}$;

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$g = 10 \text{ м/с}^2$; $S = 0,8 \text{ км}$; $\alpha = 30^\circ$
 1) φ - ?
 2) v_0 - ?

проекц. на OY:

$$y = y_0 + v_{0y} t_{\text{пол}} + \frac{g_y t_{\text{пол}}^2}{2}$$

$$y = 0 \quad y_0 = 0 \quad v_{0y} = v_0 \sin \varphi \quad g_y = -g \cos \alpha$$

$$0 = v_0 t_{\text{пол}} \sin \varphi - \frac{g \cos \alpha t_{\text{пол}}^2}{2}$$

$$\frac{g \cos \alpha t_{\text{пол}}^2}{2} = v_0 t_{\text{пол}} \sin \varphi \quad | \cdot \frac{1}{t_{\text{пол}}} (t_{\text{пол}} \neq 0)$$

$$\frac{g \cos \alpha t_{\text{пол}}}{2} = v_0 \sin \varphi$$

$$t_{\text{пол}} = \frac{2 v_0 \sin \varphi}{g \cos \alpha} = \frac{2 v_0}{g \cos \alpha} \cdot \sin \varphi$$

$t_{\text{пол}}$ будет $\propto$ наибольшей, только тогда, когда $\sin \varphi$ будет наибольшим, $\sin \varphi \in [0; 1] \Rightarrow \sin \varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 90^\circ$.

~~$$x = x_0 + v_{0x} t_{\text{пол}}$$~~

~~$$x = S \quad x_0 = 0 \quad v_{0x} = v_0 \cos \varphi$$~~

проект. на Ox :

$$2) \quad n = n_0 + v_{0x} t + \frac{g_x t^2}{2}$$

$$n = S \quad n_0 = 0 \quad v_{0x} = v_0 \cos \varphi \quad g_x = g \sin \alpha$$

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

$$\left. \begin{array}{l} \cos 90^\circ \\ \varphi = 90^\circ \end{array} \right\} \Rightarrow v_0 \cos \varphi = 0 \quad (\cos \varphi = \cos 90^\circ = 0)$$

$$S = \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \quad t_{\text{пол}} = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g \cos \alpha} \quad (\text{полет в воздухе})$$

$$S = \frac{g \sin \alpha \cdot t^2 \cdot v_0^2 \cdot \sin^2 \varphi}{2 \cdot g^2 \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{2 \sin \alpha \cdot v_0^2 \cdot \sin^2 \varphi}{g \cos^2 \alpha} \quad | \cdot g \cos^2 \alpha$$

$$2 \sin \alpha \cdot v_0^2 \cdot \sin^2 \varphi = S \cdot g \cdot \cos^2 \alpha \quad | \cdot \frac{1}{2 \sin \alpha \cdot \sin^2 \varphi}$$

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{S \cdot g \cdot \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha \cdot \sin^2 \varphi}} = \sqrt{\frac{0,8 \text{ км} \cdot 10^4 \text{ м/с}^2 \cdot \frac{3}{4}}{2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1}} =$$

$$S = 0,8 \text{ км} = 0,8 \cdot 1000 \text{ м} = 800 \text{ м}$$

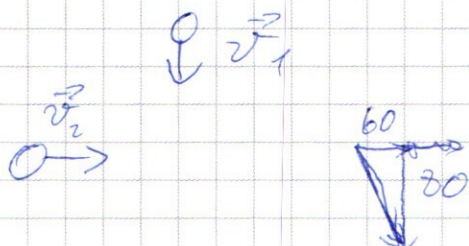
$$= \sqrt{\frac{800 \text{ м} \cdot 10^4 \text{ м/с}^2 \cdot 3}{4}} = \sqrt{200 \text{ м} \cdot 10^4 \text{ м/с}^2 \cdot 3} =$$

$$= \sqrt{6000 \text{ м}^2/\text{с}^2} = 10 \sqrt{60} \text{ м/с} = 20 \cdot \sqrt{15} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $\varphi = 90^\circ$;

2) $v_0 = 20 \sqrt{15} \text{ м/с}$;

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$6400 + 3600 = 10000$$

$$v = 100 \text{ м/с}$$

$$\eta = \frac{Q}{E_k} \cdot 100\%$$

$$Q = C_{cb} \cdot m_w (t_2 - t_1) \quad t_2 - t_1 = \Delta t$$

$$E_k = \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{2 C_{cb} \cdot m_w \cdot \Delta t}{m_w v^2} = \frac{2 \cdot C_{cb} \cdot \Delta t}{v^2}$$

$$\begin{array}{r} 1250 \overline{) 13} \\ - 117 \quad \overline{) 9,615} \\ \hline 80 \\ - 78 \\ \hline 20 \\ - 13 \\ \hline 7 \end{array}$$

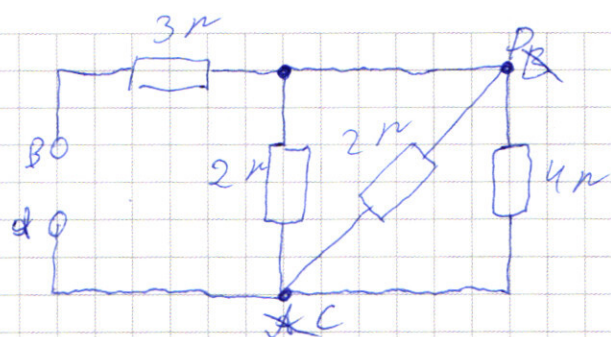
$$C_{cb} \cdot m_w \cdot \Delta t + \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = \frac{2 m v^2}{2} \quad / \cdot \frac{1}{m} (m \neq 0)$$

$$v^2 = \frac{v_1^2 + v_2^2}{2} + C_{cb} \cdot \Delta t$$

$$\begin{array}{r} 500,00 \overline{) 13} \\ - 39 \quad \overline{) 38,461} \\ \hline 110 \\ - 104 \\ \hline 60 \\ - 52 \\ \hline 80 \\ - 78 \\ \hline 20 \\ - 13 \\ \hline 7 \end{array}$$

$$\Delta t = \frac{2v^2 - v_1^2 - v_2^2}{2 C_{cb}} = \frac{2000 - 3600 - 6400}{2 C_{cb}} = \frac{5000}{130} \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{500}{13} \text{ } ^\circ\text{C} \approx 38,46 \text{ } ^\circ\text{C}$$

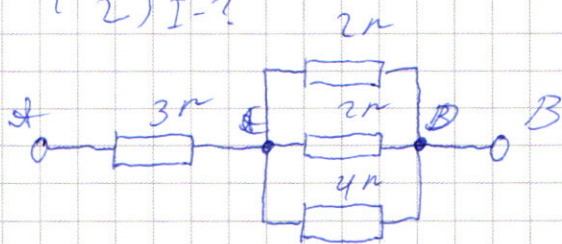
Ответ: 1) 100 м/с;
2) $\Delta t = 38,46 \text{ } ^\circ\text{C}$;



$$R_1 = 3 \Omega \quad R_2 = R_3 = 2 \Omega \quad R_4 = 4 \Omega$$

1) $R_{AB} = ?$

2) $I = ?$



$$R_{CD} = \frac{2 \cdot 4 \Omega}{5 \Omega} = \frac{4}{5} \Omega$$

$$n = 10 \Omega$$

} $\Rightarrow$

$$I_0 = \frac{U_0}{R_{AB}} = 1 \text{ A}$$

$$I_{CD} = I_{R1} = I_0 = 1 \text{ A}$$

$$\Rightarrow R_{CD} = \frac{4 \cdot 10 \Omega}{5} = 8 \Omega$$

$$I_0 = I_{R2} + I_{R3} + I_{R4}$$

$$R_{AB} = 3 \Omega + R_{CD} = 38 \Omega$$

$$I_{R2} = \frac{U}{2 \Omega} \quad I_{R3} = \frac{U}{2 \Omega} \quad I_{R4} = \frac{U}{4 \Omega}$$

$$U_{R1} = U_{R2} = U_{R3} = U$$

$$I_0 = \frac{5U}{4 \Omega}$$

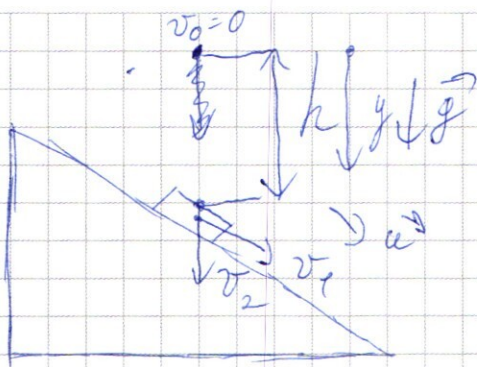
$$U = \frac{4 \Omega I_0}{5} = \frac{4 \cdot 10 \Omega \cdot 1 \text{ A}}{5} = 8 \text{ V}$$

$$I_{R4} = \frac{U}{4 \Omega} = \frac{8 \text{ V}}{4 \cdot 10 \Omega} = 0,2 \text{ A}$$

Ответ: $R_{AB} = 38 \Omega$;

$I_{R4} = 0,2 \text{ A}$;

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_1 = 7 \text{ м/с}$$

$$h = 0,8 \text{ м}$$

$$v_2 = ?$$

$$a = ?$$

$$y = y_0 + v_{0y} t_{\text{пол}} + \frac{g_y t_{\text{пол}}^2}{2}$$

$$E_{\text{мех}} = mgh + mgh' + \frac{mV^2}{2} =$$

$$2hgy + 2h'gy + V^2 = V_2^2 + V_1^2$$

$$y = h \quad y_0 = 0 \quad v_{0y} = v_0 \quad g_y = g \quad h' = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2ga}$$

$$h = v_0 t_{\text{пол}} + \frac{g t_{\text{пол}}^2}{2} \quad 2h'g + V^2 = 1$$

$$v_{2y} = v_{0y} + g_y t_{\text{пол}}$$

$$v_{2y} = v_2 \quad v_{0y} = v_0 \quad g_y = g$$

$$v_2 = v_0 + g t_{\text{пол}}$$

$$t_{\text{пол}} = \frac{v_2 - v_0}{g} = 0,25 \text{ с}$$

$$h = \frac{v_2 v_0 - v_0^2}{g} + \frac{v_2^2 + 2v_2 v_0 + v_0^2}{2g} =$$

$$= \frac{v_2^2 - v_0^2}{2g}$$

$$v_2 = \sqrt{h \cdot 2g + v_0^2} = \sqrt{0,8 \text{ м} \cdot 2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 + 0} = 4 \text{ м/с}$$

$$E_{k0} + E_{km} = E_{k0_2} + E_{km_2} + E_{k0'} + E_{km'}$$

$$\frac{mv^2}{2} + mgh + mgh = 2mgh' + \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v^2 + 2gH + 2gh = 4gh' + v_1^2 + v_2^2$$

$$\Delta h = H - h'$$

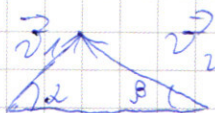
для др.:

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{at^2}{2}$$

$$y = \Delta h \quad y_0$$

$$y - y_0$$

✓



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

$$16x^2 = 3x^2 + y^2x^2$$

$$y^2 = 13 \quad y = \sqrt{13}$$



$$\sin \beta = \frac{v_1 \cdot \sin \alpha}{v_2} = \frac{10 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{20 \text{ м/с}} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$V = v_1 \cos \alpha + v_2 \cos \beta = 10 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} + 20 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} =$$

$$= 5 \text{ м/с} + 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

$$l - s = 230 \text{ м} = \Delta l \quad T = \frac{\Delta l}{v} = \frac{46}{7 + \sqrt{13}} = \frac{46(7 + \sqrt{13})}{12} = \frac{23\sqrt{13} - 23}{6} \text{ с}$$