

Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 09

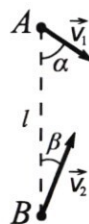
Вариант 09-01

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?

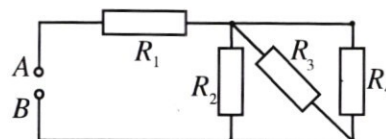
2) На сколько Δt (°C) повысится температура шариков?

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

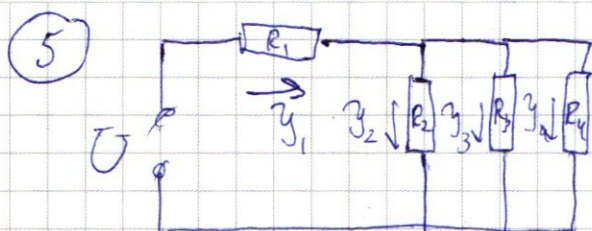
5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 3 \cdot r$, $R_2 = R_3 = 2 \cdot r$, $R_4 = 4 \cdot r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 38$ В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$R_1 = 3 \Omega$$

$$R_2 = R_3 = 2 \Omega$$

$$R_4 = 4 \Omega$$

$$U = 38 \text{ В}$$

1) Найти общее сопротивление цепи:

Дано: 1) $R_{AB} = ?$

2) I_4 при $r = 10 \Omega$

$$R_{AB} = R_1 + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right)^{-1} = 3 \Omega + \left(\frac{1}{2 \Omega} + \frac{1}{2 \Omega} + \frac{1}{4 \Omega} \right)^{-1} = 3 \Omega + \frac{4}{5} \Omega = \frac{19}{5} \Omega$$

2) По 2 закону Кирхгофа: $R_2 \cdot I_2 = R_3 \cdot I_3$ (т.к. $R_2 = R_3$, т.е.)

т.к. I_1 - общий ток, то

$$a) I_1 = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38 \text{ В}}{\frac{19}{5} \cdot 10 \Omega} = 1 \text{ А}$$

$$I_2 = I_3$$

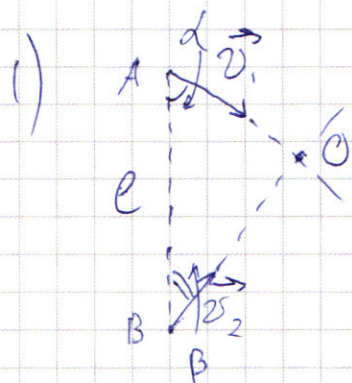
$$I_2 \cdot R_2 = I_4 \cdot R_4 \Rightarrow I_2 = I_4 \cdot \frac{R_4}{R_2} = I_4 \cdot \frac{4}{2} = 2 I_4$$

$$b) I_1 = I_2 + I_3 + I_4 = 2 I_2 + I_4 = 5 I_4 \Rightarrow I_4 = \frac{I_1}{5} = \frac{1 \text{ А}}{5} = 0,2 \text{ А}$$

Ответ: 1) $R_{AB} = \frac{19}{5} \Omega$

2) $I_4 = 0,2 \text{ А}$

① Пусть t - время движения кривошей до их встречи, тогда



$$AO = v_1 \cdot t \quad \text{По } Th \sin$$

$$BO = v_2 \cdot t$$

$$\frac{AO}{\sin \beta} = \frac{BO}{\sin \alpha}$$

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

$$= \frac{10 \text{ м/с}}{20 \text{ м/с}} \cdot \sin 60^\circ = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$2) \sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1 \Rightarrow \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

Найдем проекции их скоростей на ось AB

$$v_{2AB} = v_2 \cdot \cos \beta = 20 \text{ м/с} \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

$$v_{1AB} = v_1 \cdot \cos \alpha = 10 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} = 5 \text{ м/с}$$

$$\text{Тогда скорость их сближения } v_{\text{сближ}} = v_{1AB} + v_{2AB} = 5 \text{ м/с} (1 + \sqrt{13})$$

По условию за время T они сближаются на $l - S$

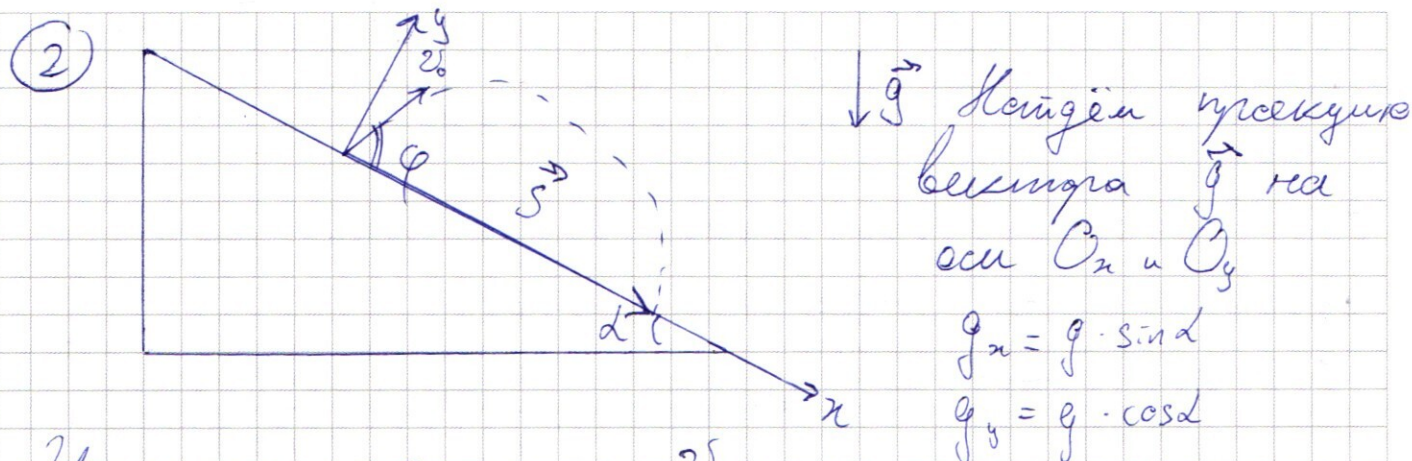
$$\text{тогда } l - S = T \cdot v_{\text{сближ}} \Rightarrow T = \frac{l - S}{v_{\text{сближ}}} = \frac{1000 \text{ м} - 770 \text{ м}}{5 \text{ м/с} (1 + \sqrt{13})} =$$

$$= \frac{230 \text{ м}}{5 \text{ м/с} (1 + \sqrt{13})} = \frac{46}{1 + \sqrt{13}} \text{ с} \approx \frac{46}{1 + 3,6} \text{ с} \approx 10 \text{ с}$$

$$\text{Ответ: 1) } \sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$2) T = \frac{46}{1 + \sqrt{13}} \text{ с} \approx 10 \text{ с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



И проекции скорости v_0 на оси Ox и Oy :

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos \varphi$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin \varphi$$

$$\vec{s} = \vec{v}_0 \cdot t + \frac{\vec{a} \cdot t^2}{2}$$

$$Oy) 0 = v_0 \cdot \sin \varphi \cdot t - \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot t^2}{2} \Rightarrow t = \frac{2v_0}{g \cdot \cos \alpha} \cdot \sin \varphi, \text{ т.к.}$$

продолжительность полёта минимальная,

то $\sin \varphi$ - наименьший $\Rightarrow \sin \varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 90^\circ$

$$Ox) s = v_0 \cdot \cos \varphi \cdot t + \frac{g_x \cdot t^2}{2} = \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot t^2}{2} = \frac{g \cdot \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4v_0^2}{g^2 \cdot \cos^2 \alpha} =$$

$$= \frac{2 \cdot \sin \alpha \cdot v_0^2}{g \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{2 \cdot \frac{1}{2} \cdot v_0^2}{\cancel{1000} g \cdot \frac{3}{4}} = \frac{v_0^2}{\frac{3}{4} g} \Rightarrow v_0^2 = \frac{3}{4} s \cdot g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{3}{4} s \cdot g} = \sqrt{\frac{3}{4} \cdot 800 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2} =$$

$$= 10\sqrt{60} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $\varphi = 90^\circ$

$$2) v_0 = 10\sqrt{60} \text{ м/с}$$

4) 1) По закону сохранения импульса: $v_1 = 60 \text{ м/с}$
 $m \cdot \vec{v}_1 + m \cdot \vec{v}_2 = 2m \cdot \vec{v} \Rightarrow \vec{v} = \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2}$; $v_2 = 80 \text{ м/с}$

Т.к. скорости $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$, то $|\vec{v}_1 + \vec{v}_2| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{(60 \text{ м/с})^2 + (80 \text{ м/с})^2} = 100 \text{ м/с}$

Тогда $|\vec{v}| = \left| \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \right| = \left| \frac{100 \text{ м/с}}{2} \right| = 50 \text{ м/с}$

2) Шарик нагревается из-за увеличения кинетической энергии, значит

~~$$c \cdot m \cdot \Delta t_1 = \frac{m \cdot v_1^2}{2} - \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{v_1^2 - v^2}{2c} = \frac{(60 \text{ м/с})^2 - (50 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 130 \text{ Дж/(кг}^\circ\text{C)}}$$~~
~~$$= \frac{3600 \text{ (м/с)}^2 - 2500 \text{ (м/с)}^2}{260 \text{ Дж/(кг}^\circ\text{C)}} = \frac{1100}{260} ^\circ\text{C} = \frac{55}{13} ^\circ\text{C}$$~~

~~$$c \cdot m \cdot \Delta t_2 = \frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{v_2^2 - v^2}{2c} = \frac{(80 \text{ м/с})^2 - (50 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 130 \text{ Дж/(кг}^\circ\text{C)}}$$~~
~~$$= \frac{6400 - 2500}{260} ^\circ\text{C} = \frac{3900}{260} ^\circ\text{C} = 15 ^\circ\text{C}$$~~

Ответ:

~~$$c \cdot 2m \cdot \Delta t = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} - m v^2$$~~

~~$$\Delta t = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v^2}{4c} = \frac{(60 \text{ м/с})^2 + (80 \text{ м/с})^2 - 2(50 \text{ м/с})^2}{4 \cdot 130 \text{ Дж/(кг}^\circ\text{C)}}$$~~

~~$$= \frac{10000 - 5000}{4 \cdot 130} ^\circ\text{C} = \frac{5000}{4 \cdot 130} ^\circ\text{C} = \frac{5 \cdot 25 \cdot 4}{4 \cdot 13} ^\circ\text{C} = \frac{125}{13} ^\circ\text{C} \approx 9,6 ^\circ\text{C}$$~~

Ответ: 1) $v = 50 \text{ м/с}$

2) $\Delta t = \frac{125}{13} ^\circ\text{C} \approx 9,6 ^\circ\text{C}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) 1) По закону сохр. энергии

$$E_n = E_k$$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v_2^2}{2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 0,8 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 4 \text{ м/с}$$

2) При торможении вся кинетическая энергия обр. т.е. сила популается

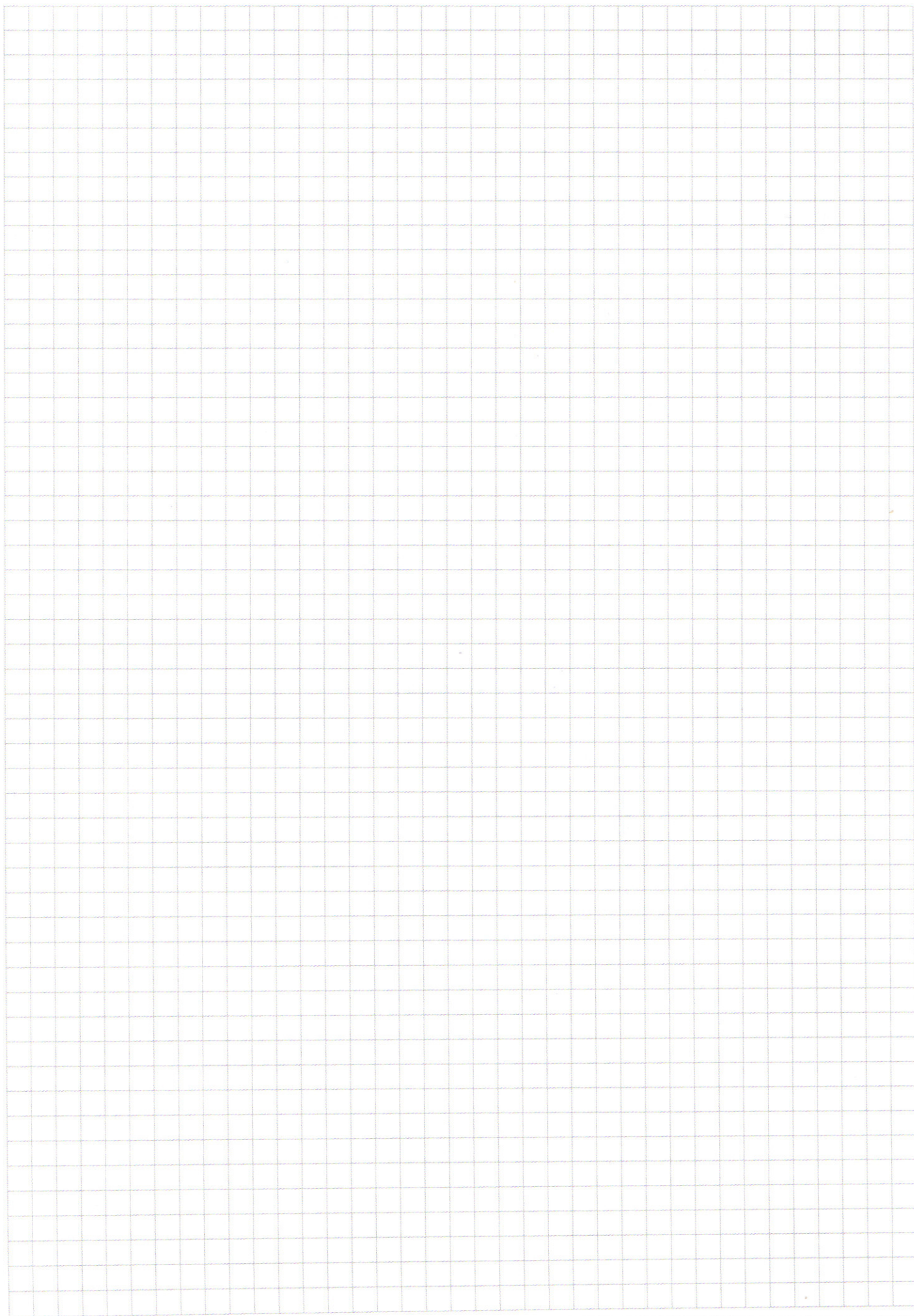
на их торможение с ускорением a , тогда

$$m \cdot a \cdot S = \frac{m \cdot v_1^2}{2} + \frac{m \cdot v_2^2}{2} \Rightarrow a = \frac{v_1^2 + v_2^2}{2S}, \text{ т.к. торможение происходит линейно, то } S \text{ равно по с середины}$$

$$a = \frac{(1 \text{ м/с})^2 + (2 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 1} = \frac{5 \text{ м/с}^2}{2} = 2,5 \text{ м/с}^2$$

Ответ: 1) $v_2 = 4 \text{ м/с}$

2) $a = 2,5 \text{ м/с}^2$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$t = \frac{2V_0}{g \cdot \cos \alpha}$$

$$S = V_0 \cdot \cos \varphi + \frac{g \cdot t^2}{2} = \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot t^2}{2}$$

$$S = \frac{V_0^2 \cdot \sin \alpha}{g \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{2 \sin \alpha \cdot V_0^2}{g \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$V_0^2 = \frac{S \cdot g \cdot \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{S \cdot g \cdot \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{3 \cdot 800 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{2 \cdot 130}} = \sqrt{3 \cdot 200 \cdot 10} \text{ м/с} = 10\sqrt{60} \text{ м/с}$$

Ответ:

1) $\varphi = 90^\circ$

2) $V_0 = 10\sqrt{60} \text{ м/с}$

а) По закону сохранения импульса

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

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

$$|\vec{v}| = \left| \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \right| = \left| \frac{100 \text{ м/с}}{2} \right| = 50 \text{ м/с}$$

$$Q_1 = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2}$$

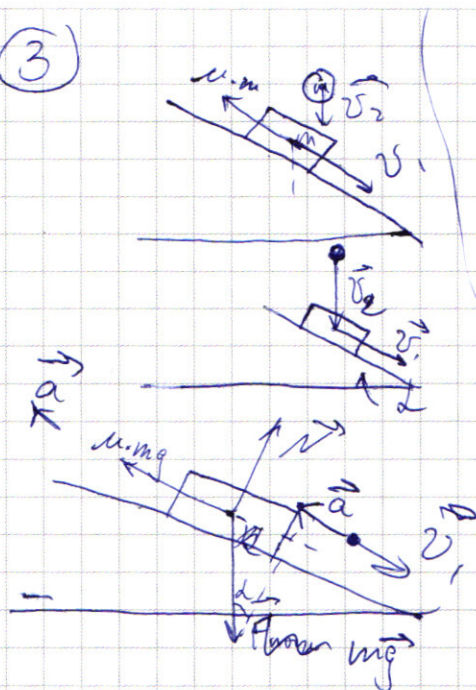
$$m \cdot c \cdot \Delta t_1 = \frac{m \cdot v_1^2}{2} + \frac{m \cdot v_2^2}{2}$$

$$\Delta t_1 = \frac{v_1^2 + v_2^2}{2c} = \frac{(60 \text{ м/с})^2 + (80 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{с}^2)}$$

$v_1 = 60 \text{ м/с}$
 $v_2 = 80 \text{ м/с}$

$$|\vec{v}_1 + \vec{v}_2| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{(60 \text{ м/с})^2 + (80 \text{ м/с})^2} = 100 \text{ м/с}$$

3



$$C \cdot 2m \cdot \Delta t = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} - mv^2$$

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



$$\frac{10000(\mu c)^2 - 5000(\mu c)^2}{4 \cdot 130}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ 36 \\ -36 \\ \hline 0 \\ 36 \\ -36 \\ \hline 0 \\ 108 \\ -1296 \\ \hline \end{array}$$

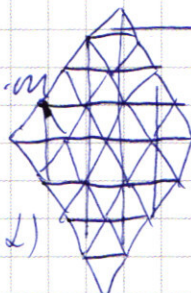
$$\frac{5000}{4 \cdot 130} = \frac{500}{4 \cdot 13} = \frac{5 \cdot 25 \cdot 4}{4 \cdot 13} = \frac{5 \cdot 25}{13} = \frac{125}{13} c$$

$$\mu mg = mg \sin \alpha = a \cdot m$$

$$\mu = 1$$

$$a = g(\mu - \sin \alpha)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a = g(\mu - \sin \alpha) \\ a \in [g \cdot \mu; 0] \end{array} \right.$$



$$2mg \cdot \mu \sin \alpha = 2mg \Rightarrow \mu \sin \alpha = 1$$

$$s = \frac{at^2}{2} \quad s = \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$\frac{130}{13} = \frac{5}{13}$$

$$\frac{m \cdot v_1^2}{2} + \frac{m \cdot v_2^2}{2} = a \cdot m \cdot s$$

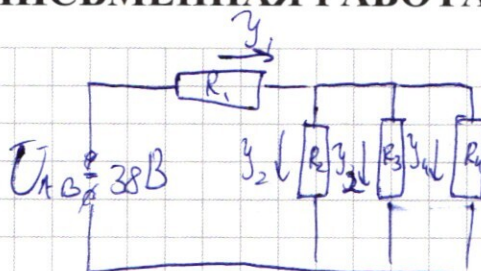
$$m \cdot \vec{v}_1 + m \cdot \vec{v}_2 = a$$

$$2mg \cdot \sin \alpha \leq 2mg \cdot \mu$$

$$a = \mu \cdot g \quad \mu = ?$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑤ $R_1 = 3r$
 $R_2 = R_3 = 2r$
 $R_4 = 4r$



$I_4 = ?$ при $r = 10 \text{ Ом}$

~~$R_{\text{сб}} = R_{AB} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3 \cdot R_4}{R_2 + R_3 + R_4} = R_1 + 3r$~~ $I_1 = \frac{U}{R_{AB}} = 1 \text{ A}$

$$R_{AB} = R_1 + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right)^{-1} = 3r + \left(\frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{4r} \right)^{-1} =$$

$$= 3r + \left(\frac{2}{4r} + \frac{2}{4r} + \frac{1}{4r} \right)^{-1} = 3r + \frac{4}{5}r = 3\frac{4}{5}r = \frac{19}{5}r = \frac{19 \cdot 10}{5} \text{ Ом} = 38 \text{ Ом}$$

~~$I_2 R_2 = I_4 R_4$~~ $\begin{cases} I_1 = 2I_2 + I_4 \\ I_2 R_2 = I_4 R_4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 2I_2 + I_4 \\ I_2 = I_4 \frac{R_4}{R_2} \end{cases} \Rightarrow$

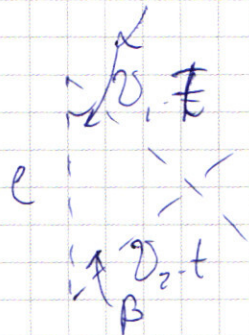
$$I_1 = 2I_4 \frac{R_4}{R_2} + I_4$$

$$I_1 = I_4 \left(2 \frac{R_4}{R_2} + 1 \right) = I_4 \left(\frac{2 \cdot 4r}{2r} + 1 \right) = I_4 \cdot 5 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_4 = \frac{1}{5} I_1 = 0,2 \text{ A}$$

Ответ: $R_{AB} = \frac{19}{5}r$; $I_4 = 0,2 \text{ A}$

①



$$\frac{V_1 \cdot t}{\sin \beta} = \frac{V_2 \cdot t}{\sin \alpha}$$

$$\alpha = 60^\circ; l = 1 \text{ км}$$

$$V_1 = 10 \text{ км/ч, } V_2 = 20 \text{ км/ч}$$

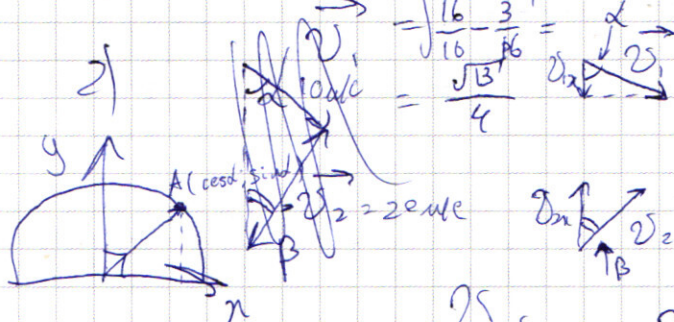
встречные

попутные

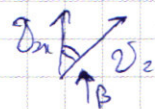
$$V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta \Rightarrow \sin \beta = \frac{V_1}{V_2} \cdot \sin \alpha =$$

$$S_{\text{н}} = 230 \text{ м } \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta}$$

$$\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1 \Rightarrow \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{10 \text{ км/ч}}{20 \text{ км/ч}} \cdot \sin 60^\circ = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4} \sin \beta$$



$$\cos \alpha = \frac{V_{1x}}{V_1} \Rightarrow V_{1x} = \cos \alpha \cdot V_1 = \frac{1}{2} V_1$$



$$V_{2x} = V_2 \cdot \cos \beta$$

$$= \frac{230 + 5}{20} \cdot \frac{5}{46}$$

$$V_{\text{сум}} = V_{1x} + V_{2x} = \frac{1}{2} V_1 + V_2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ км/ч} + 20 \text{ км/ч} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} = 5 \text{ км/ч} + 5 \text{ км/ч} \sqrt{3} =$$

$$= 5 \text{ км/ч} (1 + \sqrt{3})$$

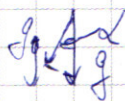
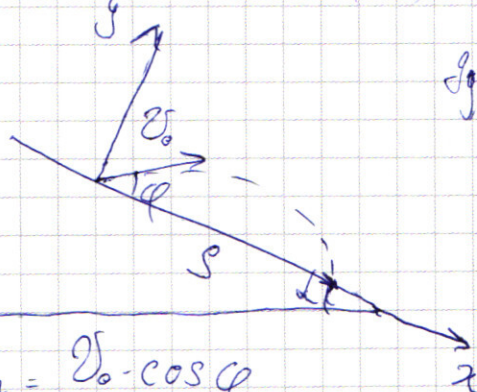
$$t = \frac{S_{\text{сум}}}{V_{\text{сум}}} = \frac{230 \text{ м}}{5 \text{ км/ч} (1 + \sqrt{3})} = \frac{46}{1 + \sqrt{3}} \text{ ч}$$

$$\text{Ответ: } 1) \sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

φ - α

$$2) T = \frac{46}{1 + \sqrt{3}} \text{ ч}$$

②



$$\cos \alpha = \frac{g_x}{g} \quad \alpha = 30^\circ, \quad \phi - ?$$

найти - нснб

$$S = 0,8 \text{ км}$$

$$\cos \alpha = \frac{g_x}{g} \Rightarrow$$

$$1) \phi - ?$$

$$\Rightarrow g_x = g \cdot \cos \alpha \quad 2) V_0 - ?$$

$$g_x = g \cdot \sin \alpha$$

$$S = 800 \text{ м}$$

$$V_x = V_0 \cdot \cos \phi$$

$$V_y = V_0 \cdot \sin \phi$$

$$S = V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$O_y) 0 = V_0 \cdot \sin \phi \cdot t + \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot t^2}{2}$$

$$\frac{g \cdot \cos \alpha \cdot t}{2} = V_0 \cdot \sin \phi$$

$$t = \frac{2 V_0 \cdot \sin \phi}{g \cdot \cos \alpha} = \frac{2 V_0}{g \cdot \cos \alpha} \cdot \sin \phi$$

Продолжим считать найти
систем наименьшей
гипот sin φ - наименьшей =>
=> sin φ = 1
φ = 90°