

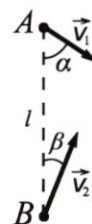
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

Вариант 09-01

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

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?

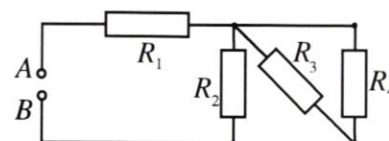
2) На сколько Δt (°C) повысится температура шариков?

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?



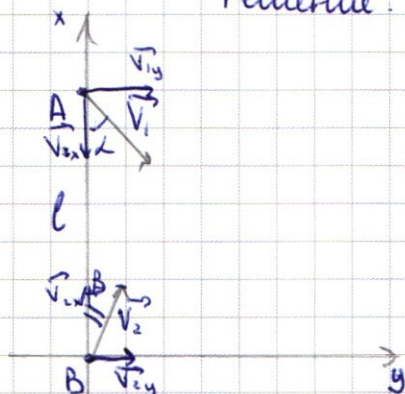
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① Дано:

$$\begin{aligned} V_1 &= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ V_2 &= 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ \alpha &= 60^\circ \\ \ell &= 1000 \text{ м} \\ S &= 770 \text{ м} \end{aligned}$$

1) $\sin \beta$ - ?
2) T - ?

Решение:



1) $y_0 = 0 + V_1 \cdot \sin \alpha$

$y_0 = 0 + V_2 \cdot \sin \beta$

$V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta$

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

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

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

2) т.к. сближение тел происходит только по оси Ox , то

$S = \ell - (V_1 \cdot \cos \alpha + V_2 \cdot \cos \beta) T$

$T = \frac{\ell - S}{V_1 \cdot \cos \alpha + V_2 \cdot \cos \beta}$

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

$T = \frac{230 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{2} + 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{13}}{4}} \approx 1,04 \text{ с}$

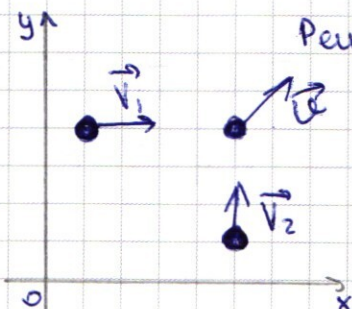
Ответ: $T = 1,04 \text{ с}$

④ Дано:

$$\begin{aligned} V_1 &= 60 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ V_2 &= 80 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ C &= 130 \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{с}} \end{aligned}$$

1) u - ?
2) Δt - ?

Решение:



Закон сохранения импульса:

$m \vec{V}_1 + m \vec{V}_2 = 2m \vec{u}$

Ox :

$mV_1 + 0 = 2m u_x$

$u_x = \frac{V_1}{2}$

Oy :

$0 + mV_2 = 2m u_y$

$u_y = \frac{V_2}{2}$

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2}{4}}$$

$$u = \sqrt{\frac{10000 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{4}} = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $u = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

2) $Q = \Delta E$

$$\Delta E = \frac{2mu^2}{2} = mu^2$$

$$Q = c 2m \Delta t$$

$$2cm \Delta t = mu^2;$$

$$2c \Delta t = u^2;$$

$$\Delta t = \frac{u^2}{2c}$$

$$\Delta t = \frac{2500 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 130 \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{с}}} = 9,61^\circ \text{C}$$

Ответ: $\Delta t = 9,61^\circ \text{C}$.

⑤ Дано:

$$R_1 = 3 \Gamma$$

$$R_2 = R_3 = 2 \Gamma$$

$$R_4 = 4 \Gamma$$

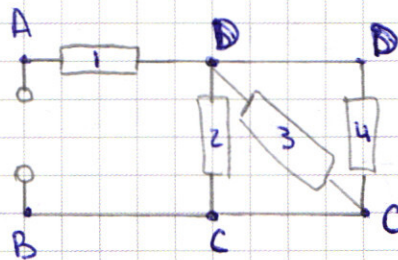
$$U = 38 \text{ В}$$

$$r = 10,0 \text{ м}$$

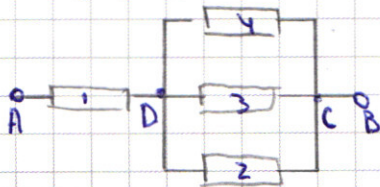
1) $R_{AB} = ?$

2) $I_4 = ?$

Решение:



Изобразим эквивалентную цепь:



Сопротивление парал. участка:

$$\frac{1}{R_{\text{пар}}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$\frac{1}{R_{\text{пар}}} = \frac{1}{2 \Gamma} + \frac{1}{2 \Gamma} + \frac{1}{4 \Gamma} = \frac{5}{4 \Gamma}$$

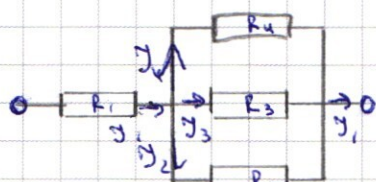
$$R_{\text{пар}} = 0,8 \Gamma$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{\text{пар}} = 3 \Gamma + 0,8 \Gamma = 3,8 \Gamma$$

1) Ответ: $R_{AB} = 3,8 \Gamma$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Расставим токи.



$$I_4 = I$$

$$I_3 = 2I$$

$$I_2 = 2I$$

$$I_{\text{общ}} = I_1 = 5I$$

$$I_{\text{общ}} = \frac{U_{\text{общ}}}{R_{\text{общ}}} = \frac{U}{3,8r}$$

$$I_{\text{общ}} = \frac{38\text{В}}{3,8 \cdot 10^{-2}\Omega} = 1\text{А}$$

$$5I = 1\text{А}$$

$$I_4 = I = 0,2\text{А}$$

2) Ответ: $I_4 = 0,2\text{А}$

② Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$S = 0,8\text{км}$$

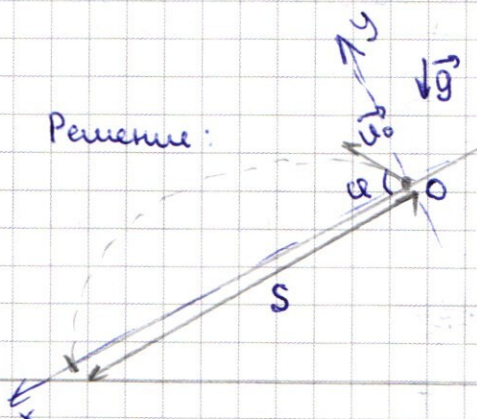
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$800\text{м}$$

1) φ - ?

2) u_0 - ?

Решение:



$$1) S_x = u_0 t \cos \varphi + \frac{gt^2 \sin \alpha}{2}$$

$$S_y = u_0 t \sin \varphi - \frac{gt^2 \cos \alpha}{2}$$

$$0 = t \left(u_0 \sin \varphi - \frac{gt \cos \alpha}{2} \right) \quad t \neq 0$$

$$u_0 \sin \varphi - \frac{gt \cos \alpha}{2} = 0$$

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

Чтобы время было наибольшим, то $\sin \varphi = 1$, то

$$\varphi = 90^\circ$$

Ответ: $\varphi = 90^\circ$.

③ Дано:

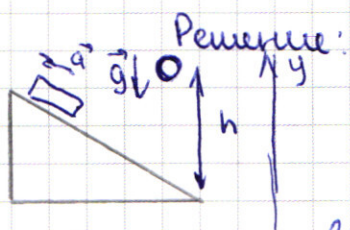
$$v_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$h = 0,8 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$1) v_2 = ?$$

$$2) a = ?$$



Решение:

1) Рассмотрим движение мячика.

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

$$t_n = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t_n = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = \sqrt{0,16 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,4 \text{ с.}$$

$$v_n = 0 + gt$$

$$v_n = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,4 \text{ с} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } v_2 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Закон Сохранения импульса:

$$m \vec{v}_1 + m \vec{v}_2 = 0$$

$$\vec{v}_1 = -\vec{v}_2$$

Вектора скоростей лежат на одной прямой, а проекции противоположны.

~~$$v_1 = -v_2$$~~

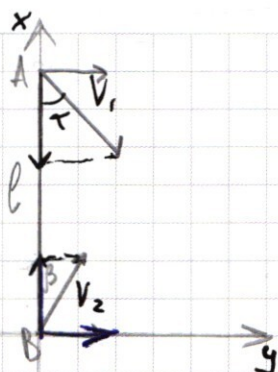
$$v_n = v_0 - at$$

$$a = -\frac{v_n - v_0}{t}$$

$$a = -\frac{1 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,4} = \frac{3}{0,4} = \frac{30}{4} = 7,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\text{Ответ: } a = 7,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Чтобы они встретились
вертикальные составляющие
сил должны быть равны:

$$V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta$$

$$\sqrt{13} \approx 3,5$$

$$V_2 \cdot \cos \beta = V_{x2}$$

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

$$(V_{x1} + V_{x2})t = l$$

$$\begin{array}{r} 770 \overline{) 5} \\ 5 \\ -27 \\ \hline 20 \end{array}$$

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

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

$$x_{\text{встр}} = 400 - V_1 \cdot \cos \alpha \cdot t$$

$$x_{\text{встр}} = 0 + V_2 \cdot \cos \beta \cdot t$$

$$400$$

$$y_0 = 0 + V_1 \cdot \sin \alpha$$

$$y_0 = 0 + V_2 \cdot \sin \beta$$

$$V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta$$

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

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

$$40 - 3 = 12$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} =$$

$$= \sqrt{\frac{13}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

$$e \quad s$$

$$2) (V_1 \cdot \cos \alpha + V_2 \cdot \cos \beta) T = l$$

$$T = \frac{l}{V_1 \cdot \cos \alpha + V_2 \cdot \cos \beta}$$

$$T = \frac{440 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{2} + 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4}} = \frac{440 \text{ м}}{5 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{3}} = \frac{880 \text{ м}}{5(1 + \sqrt{3}) \frac{\text{м}}{\text{с}}} \approx 34,2 \text{ с}$$

$$\text{Ответ: } T = 34,2 \text{ с}$$

$$\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} = \sqrt{(u_1 \sin \alpha - u_2 \sin \beta)^2 T^2 + (l - T u_1 \cos \alpha - u_2 T \cos \beta)^2}$$

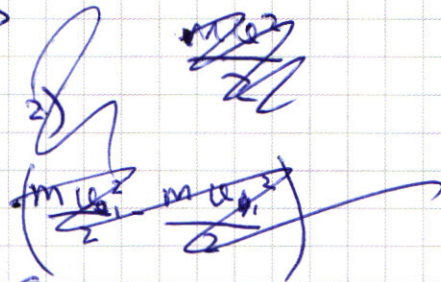
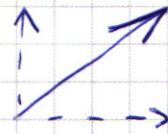
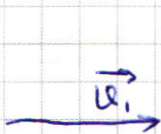
$$S = \sqrt{(u_1 \sin \alpha - u_2 \sin \beta)^2 T^2 + (l - T u_1 \cos \alpha - u_2 T \cos \beta)^2}$$

$$S = \sqrt{T^2 \left(10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} \right)^2 + \left(1000 \text{ м} - T \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{2} - T 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} \right)^2}$$

$$S = \sqrt{T^2 \left(1000 - T \left(5 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 5\sqrt{3} \right) \right)^2} =$$

$$= 10^3 - 2000 T \left(5 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 5\sqrt{3} \right) + T^2$$

④



1)

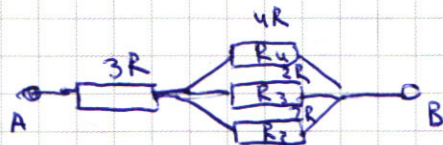
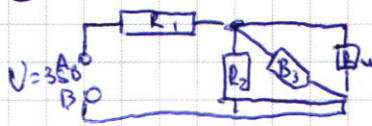
$$m u_1 + m \cdot 0 = 2m u_x$$

$$m u_2 + m \cdot 0 = 2m u_y$$

$$u_1 = 2u_x$$

$$u_2 = 2u_y$$

⑤



$$\frac{2m \cdot u}{2} - \frac{m u_1}{2} - \frac{m u_2}{2} = \frac{2m \cdot u}{2} - \frac{m u_1}{2} - \frac{m u_2}{2} =$$

$$= m u - \frac{m u_1}{2} - \frac{m u_2}{2} = m \left(50 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 30 - 40 \right) = -20 m$$

2)

$$\frac{2m u^2}{2} = m u^2$$

$$\frac{m u_1^2}{2} = \frac{m u_2^2}{2}$$

$$cm(\theta - t) + cm(\theta - t)$$

$$\Delta t = \frac{2500 \text{ м}}{280 \text{ м/с}} = 9.61 \text{ с}$$

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5)

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{4R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R}$$

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1+2+2}{4R} = \frac{5}{4R}$$

$$\begin{array}{r} 6 \\ \times 8,8 \\ \hline 48 \\ 704 \\ \hline 528 \end{array}$$

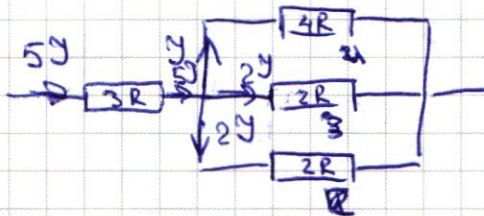
$$\sqrt{16 \cdot 10 - 1}$$

$$\sqrt{159}$$

$$R_{\text{общ}} = 0,8R$$

$$R_{\text{общ}} = 0,8r + 3r = 3,8r$$

2)



$$U = 38V$$

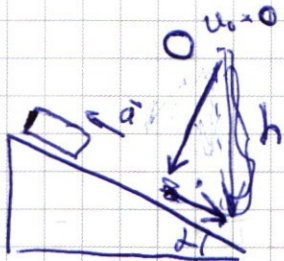
$$R_{\text{общ}} = 3,8r$$

$$I_{\text{общ}} = \frac{38V}{38 \cdot 10^{-3} \Omega} = 1A$$

$$IA = 5A$$

$$I = 0,2A$$

3)



$$2) m\vec{V}_1 + m\vec{V}_2 = 0$$

$$\vec{V}_1 = -\vec{V}_2$$

Отсюда следует
что они равны по модулю

$$1) h = 0,8 \text{ м}$$

$$0 = 8 - gt_{\text{наг}}^2 \quad t_{\text{наг}} = \frac{4}{\sqrt{10}} = \frac{4\sqrt{10}}{10} = 0,4\sqrt{10}$$

$$16 = gt_{\text{наг}}^2 \quad u_2 = gt_{\text{наг}} = 4\sqrt{10} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t_{\text{наг}}^2 = \frac{16}{10}$$

$$t_{\text{наг}} = \frac{4}{\sqrt{10}} = \frac{4\sqrt{10}}{10} = 0,4\sqrt{10} = 0,4 \cdot 3,16 = 1,264 \text{ с}$$

$$-u_2 = 0 - gt_{\text{наг}}$$

$$u_2 = gt_{\text{наг}}$$

$$u_2 = 8,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$mV_1 + mV_2 = 0$$

$$mV_1 + mV_2 = 0$$

$$2) v_1 = v_0 - at$$

$$t_1 = t_{\text{наг}} = t_2$$

$$t_{\text{наг}} = \frac{v_0}{a} = 0,88 \text{ c}$$

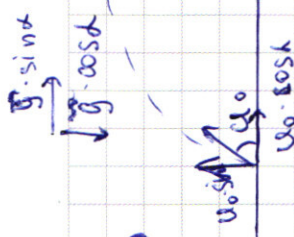
g

$$v_0 = \frac{1}{2} \frac{v_0}{2}$$

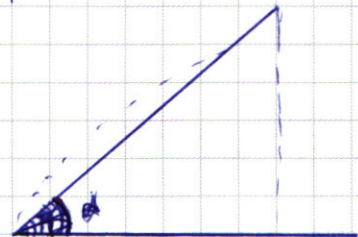
$$v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_{\text{наг}}$$

$$v_2 \cdot \sin \alpha + \frac{g \cdot t_{\text{наг}}^2 \cdot \cos \alpha}{2}$$

$$t_{\text{наг}} \cdot v_0 \cdot \sin \alpha = \frac{g \cdot \cos \alpha}{2} (t_1^2 + t_2^2)$$



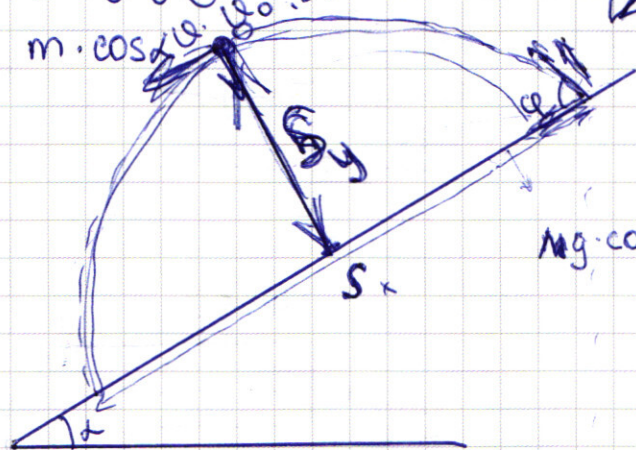
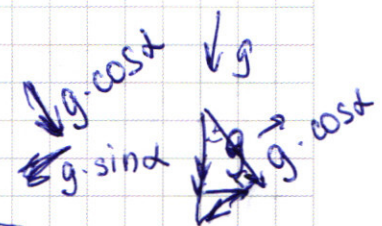
2



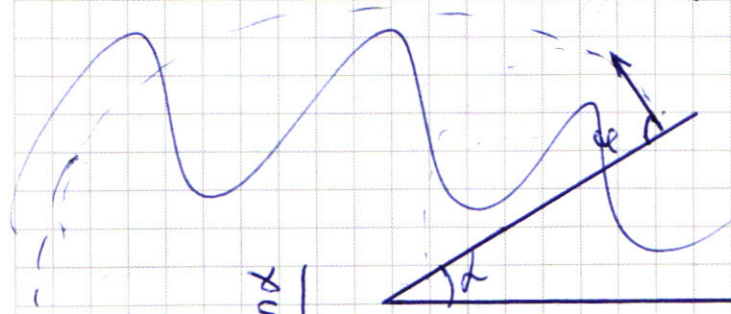
$$0 = v_0 \cdot \sin \alpha - g t_{\text{наг}} \cdot \cos \alpha$$

$$m \cdot v_0 + m \cdot v_2 = 2m \cdot 0$$

$$m \cdot \cos \alpha \cdot v_0 \cdot t_{\text{наг}}$$



$$m g \cdot \cos \alpha$$



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

$$\left(0 - \frac{g t^2}{2} \right)$$

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

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

$$v_0 \cdot \sin \varphi - g \cdot \cos \alpha \cdot t_{\text{наг}} = 0$$

$$h = 0 + v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_{\text{наг}} - \frac{g \cdot \cos \alpha \cdot t_{\text{наг}}^2}{2}$$

$$0 = h - g t_{\text{наг}}^2$$

$$h = g t_{\text{наг}}^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$1) S_x = 2u_0 \cdot \cos \varphi + \frac{g \cdot t^2 \cdot \sin \alpha}{2}$$

$$S_y = u_0 \cdot t \cdot \sin \varphi - \frac{g t^2 \cdot \cos \alpha}{2}$$

$$0 = t \left(u_0 \cdot \sin \varphi - \frac{g t \cdot \cos \alpha}{2} \right)$$

$$u_0 \cdot \sin \varphi = \frac{g t \cdot \cos \alpha}{2}$$

$$2 u_0 \cdot \sin \varphi = g t \cdot \cos \alpha$$

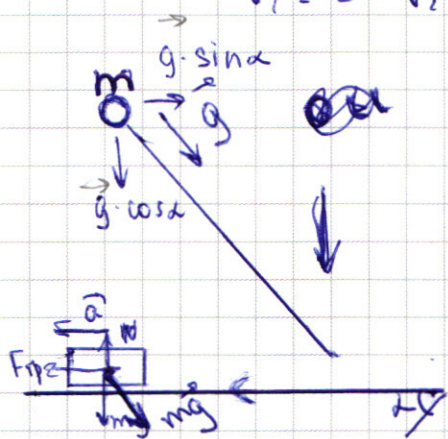
$$t = \frac{2 u_0 \cdot \sin \varphi}{g \cdot \cos \alpha}$$

$$\sin \varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 90^\circ$$

$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 0$$

$$m\vec{v}_1 = -m\vec{v}_2$$

$$\vec{v}_1 = -\vec{v}_2$$



$$\vec{F}_{rp} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

Ox:

$$mg \cdot \sin \alpha - F_{rp} = -ma$$

$$F_{rp} = mg \cdot \sin \alpha$$

Oy:

$$mg \cdot \cos \alpha = N$$

$$F_{rp} = \mu N = \mu mg \cdot \cos \alpha$$

$$\mu mg \cdot \cos \alpha = ma$$

$$a = \mu g \cos \alpha$$

~~mg \cdot \cos \alpha = N~~

$$-F_{rp} + mg \cdot \sin \alpha = -ma$$

$$F_{rp} - 2mg \cdot \sin \alpha = ma$$

$$F_{rp} = \mu mg \cdot \cos \alpha$$

$$\mu mg \cdot \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma$$

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

$$\frac{1}{40}^{125} = \frac{25}{1000}$$

$$\frac{25}{1000} = 0.025$$

$$v_2 \cdot \sin \alpha$$

$$v_1 m + v_2 m$$

$$-F_{rp} + mg \cdot \sin \alpha = -ma$$

$$(v_0 - at)m + \dots = 0$$

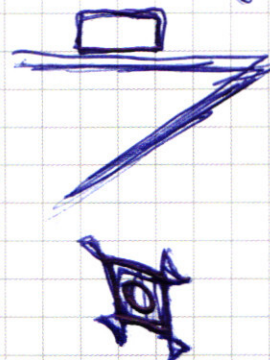
$$(v_0 - at)m + g \sin \alpha m = 0$$

$$v_1 m + v_2 m \cdot \sin \alpha = 0$$

$$v_1 = -v_2 \cdot \sin \alpha$$

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

$$\sin \alpha = -\frac{1}{4\sqrt{10}} = -\frac{\sqrt{10}}{40} \approx 0.025\sqrt{10}$$



$$N = 2mg \cdot \cos \alpha$$