

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 09-01

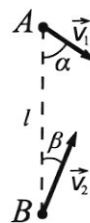
Класс 09

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?

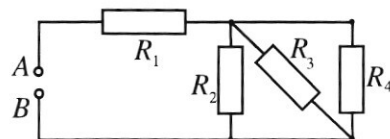
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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

Дано:
 $l = 1 \text{ км} (1000 \text{ м})$

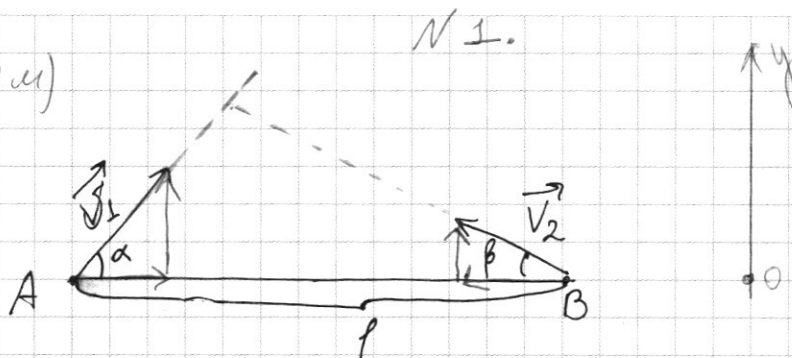
$V_1 = 10 \text{ м/с}$

$V_2 = 20 \text{ м/с}$

$\alpha = 60^\circ$

$S = 770 \text{ м}$

Найти
 $\sin \beta$



1) Т.к. корабль и торпеда
встретятся $\Rightarrow$ скорости по y
равны

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

$$\sin \beta = \frac{V_1}{V_2} \cdot \sin \alpha = \frac{10}{20} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

2) $S = 1000 - (V_1 \cos \alpha T + V_2 \cos \beta T)$
 $1000 - 770 = T (V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta)$

$$T = \frac{230}{10 \cdot \frac{1}{2} + 20 \cdot \cos \beta} =$$

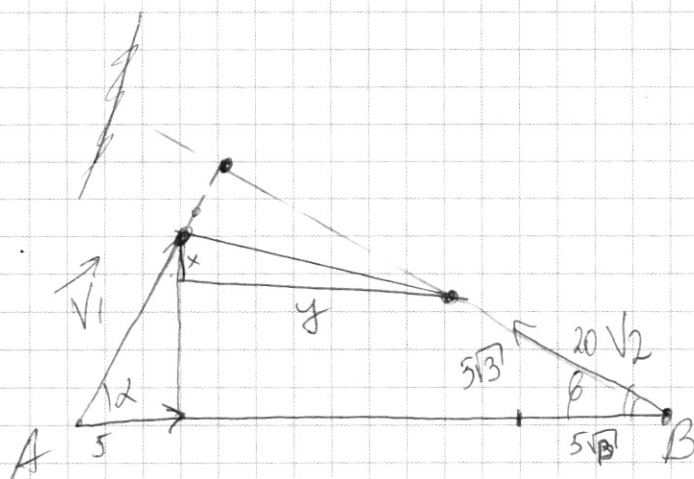
$$= \frac{230}{5 + 20 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4}} = \frac{230}{5(1 + \sqrt{13})} = \frac{46}{1 + \sqrt{13}} \approx 10 \text{ с}$$

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

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

2) $T = 10 \text{ с}$

1000 м

 $\sin 60^\circ$ $\cos$ 

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \cos 60^\circ$$

$$\begin{array}{r} \times 25 \\ 13 \\ \hline 325 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 13 \\ 5 \\ \hline 65 \end{array}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} = \frac{3}{8}$$

$$\sqrt{400 - 75} = \sqrt{325} = 5\sqrt{13}$$

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

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

$$5 \cdot t + V_2 \cdot \cos \beta t = 1000$$

$$t(5 + 20 \cos \beta) = 1000$$

$$10 \cdot 5\sqrt{3}t =$$

$$V_1 \sin(\alpha) t = V_2 \sin \beta t$$

$$\sin \beta = \frac{V_1}{V_2} \cdot \sin 60^\circ = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$y = \frac{1000}{V_1} - V_2 \cos \alpha t = V_2 \cos \beta t$$

$$x = |V_1 \sin \alpha t - V_2 \sin \beta t|$$

$$\begin{array}{r} \times 770 \\ 770 \\ \hline 53900 \\ + 539 \\ \hline 592900 \end{array}$$

$$\sqrt{x^2 + y^2} = 770$$

$$1 - (V_1 \cos \alpha t + V_2 \cos \beta t)$$

$$1 - 2V_1 \cos \alpha t + 2V_2 \cos \beta t + (V_1 \cos \alpha t)^2 + 2V_1 V_2 t^2 \cos \alpha \cos \beta + (V_2 \cos \beta t)^2 + (V_1 \sin \alpha t)^2 - 2V_1 V_2 \sin \alpha \sin \beta t^2 + (V_2 \sin \beta t)^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

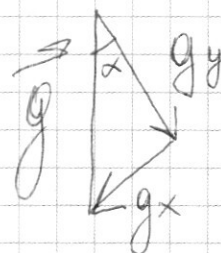
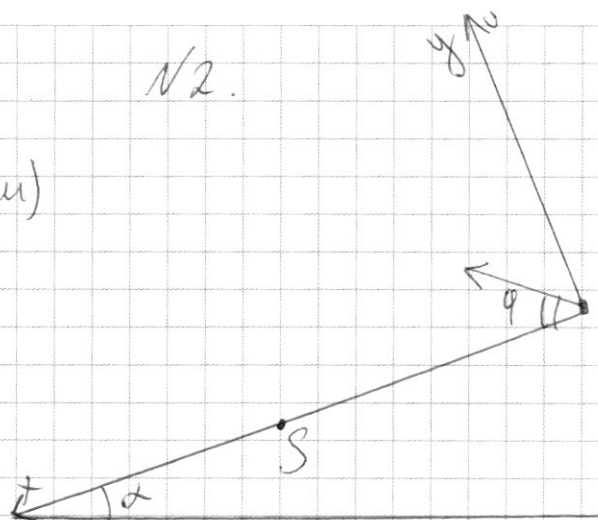
$$\alpha = 30^\circ$$

$$S = 0,8 \text{ км} (800 \text{ м})$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\varphi = ?$$

N2.



$$1) v_y = v_{0y} - g_y t$$

$v_y = 0$ когда на H_{max}
максимальной
высоте.

$$0 = v_{0y} - g_y t$$

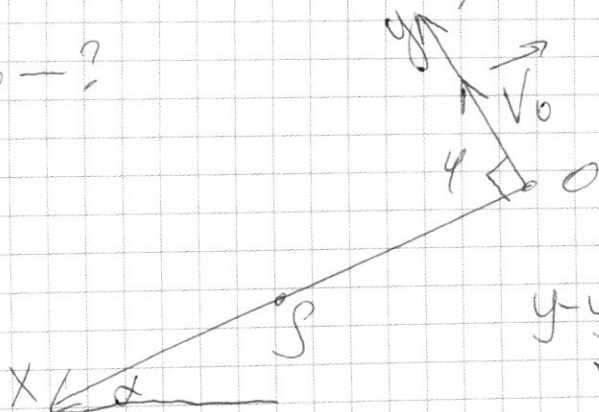
$$t = \frac{v_{0y}}{g_y}$$

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

при v_{0y} t максимальна
 t тогда максимально

$\Rightarrow \sin \varphi$ должен быть макси-
мальным $\Rightarrow \varphi = 90^\circ \quad \sin \varphi = 1$

$$2) v_0 = ?$$



$$O_x: S = \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$O_y: y = y_0 + v_{0y} t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$$

$$y - y_0 = 0$$

$$v_{0y} t = \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$$

$$\begin{cases} v_0 = \frac{g \cos \alpha t}{2} \\ S = \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \end{cases}$$

$$c = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\Delta E = \frac{mv^2}{2} \neq \frac{mv^2}{2} = \frac{2mv^2}{2}$$

$$Qmc = \frac{2mv^2}{2}$$

$$2cm\Delta t = \cancel{2m} m v^2$$

$$\Delta t = \frac{10000}{260} = \frac{1000}{26}$$

$$\frac{3600}{2} + \frac{6400}{2} = 10000$$

$$\cancel{+100} 10000 = Q =$$

$$2cm\Delta t = \overset{5}{+10000} m$$

$$\cancel{36} 1800m + 3200m = 10000m$$

$$\Delta t = \frac{5000}{130}$$

$$\Delta E =$$

$$\begin{array}{r} 500 \overline{) 113} \\ - 39 \\ \hline 110 \\ - 104 \\ \hline 60 \\ - 52 \\ \hline 80 \\ - 78 \\ \hline 2 \end{array}$$

38,5°

$$500 \overline{) 113}$$

$$\begin{array}{r} 500 \overline{) 126} \\ - 26 \\ \hline 240 \\ - 234 \\ \hline 60 \\ - 52 \\ \hline 80 \\ - 78 \\ \hline 2 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (продолжение)

$$t^2 = \frac{2S}{g \sin \alpha} \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot 800}{10 \cdot 0,5}} = \frac{40}{\sqrt{5}} = 8\sqrt{5} \text{ с}$$

$$V_0 = \frac{g \cdot \sqrt{31.8^2 \sqrt{5}}}{2 \cdot 2} \approx 20.4 \approx 80 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $\varphi = 90^\circ$ 2) $V_0 = 80 \text{ м/с}$

$$800 = \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$800 = \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{1600}{5}} = \frac{40}{\sqrt{5}} = 8\sqrt{5}$$

$$t = 8\sqrt{5}$$

$$80 \cdot 100 = \frac{5 \cdot 5 \cdot 84}{2}$$

$$0 = v_0 t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$$

$$= \frac{10 \cdot \sqrt{15}}{4} = 10 \text{ м/с}$$

$$v_0 = \frac{g \cos \alpha t}{2} = \frac{10 \cdot \sqrt{3} \cdot 8\sqrt{5}}{4} =$$

$$\frac{800}{4} = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad v = \frac{1600}{\sqrt{3}}$$

$$5 \cdot 8\sqrt{5} = 40\sqrt{5} \quad 2,5 \sqrt{75} \cdot 8 =$$

$$20\sqrt{75} \quad 100\sqrt{3}$$

$$\sqrt{640000 - 160000} = \sqrt{480000}$$

$$240 \quad 1600 \cdot 15$$

$$400 \times 15 = 6000$$

$$t = 8\sqrt{5} \quad 2,5 \sqrt{15}$$

75

$$20\sqrt{75} = \sqrt{\quad}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$800 = 0 = v_0 t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}$$

$$100 = \frac{\sqrt{3} \sqrt{5} \cdot 8 \cdot 10}{4} =$$

$$v_0 = \frac{5 \sqrt{3} \cdot 8\sqrt{5}}{2} = 20\sqrt{15} = 80$$

$$8\sqrt{5} \cdot 10\sqrt{15} = 80\sqrt{75} = 400\sqrt{3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

№3.

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$h = 0,8 \text{ м}$$

$$v_{0x} = 0 \text{ м/с (нат. ск. шарика)}$$

1) 0

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{gt^2}{2}$$

$$x_0 = 0 \text{ м}$$

$$v_{0x} = 0 \text{ м/с}$$

$$x = h$$

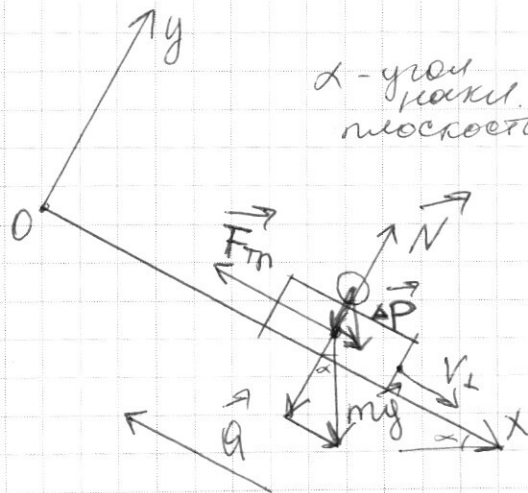
$$h = \frac{gt^2}{2}$$

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

$$v_2 = g \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8}{10}}$$

$$= 10 \cdot \sqrt{0,16} = 4 \text{ м/с}$$

2)



α - угол накл. плоскости
 m - масса бруска/пластинки

по 2-3 Ньютона:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

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

$$Ox: mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = -ma$$

$$Oy: N = mg \cos \alpha$$

$$F_{тр} = \mu N$$

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

Причина торможения — увеличение N из-за действия магнитной $\Rightarrow$

$F_{тр}$ увеличилась и брусок остановился.

На брусок подействовали импульсные силы

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

$$\cancel{\Delta p} \quad \cancel{\Delta p = m v} \quad \Delta p = m v_2$$

$$m v_2 \cdot \cos \alpha = \Delta t \cdot F$$

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

Ответ: 1) $v_2 = 4 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

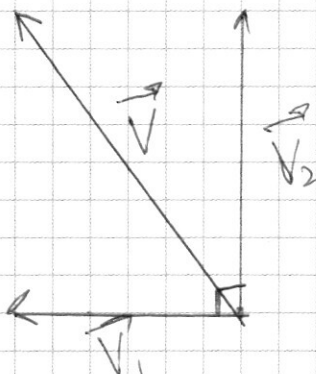
$$V_1 = 60 \text{ м/с}$$

$$V_2 = 80 \text{ м/с}$$

$$C = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$V = ?$$

№4.



Решение
т.к. удар неупругий

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

$$V = \sqrt{V_2^2 + V_1^2} = \sqrt{3600 + 6400} = 100 \text{ м/с}$$

$$2) \Delta t (^\circ\text{C}) = ?$$

$$\Delta E = E_{\text{нар}} - E_{\text{кон}} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV^2}{2} = E_k - E_{\text{н}} =$$

$$= \frac{2mV^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} - \frac{mV_2^2}{2} = 10000m - m(1800 + 3200) =$$

$$= 10000m - 5000m = 5000m$$

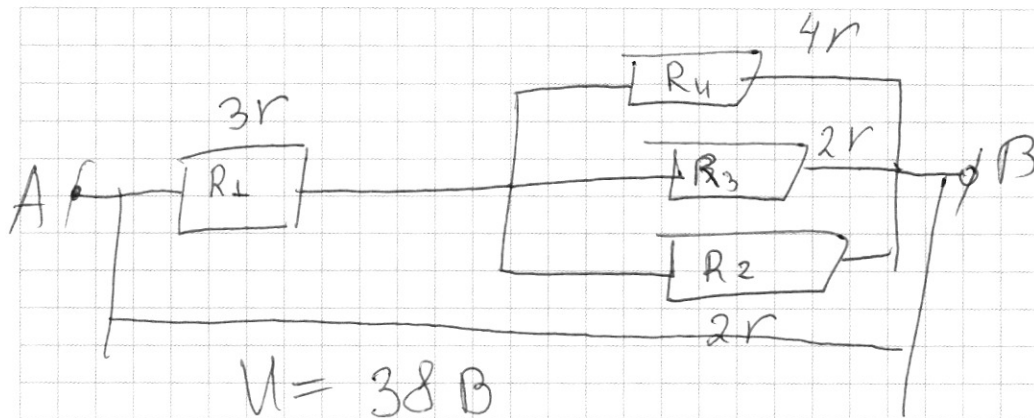
$$\Delta E = 2cm \Delta t \quad 5000m = 2cm \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{5000}{2c} = \frac{5000}{260} \approx 19,2 ^\circ\text{C}$$

$$\begin{array}{r} 5000,26 \\ 26 \overline{) 19,23} \\ \underline{240} \\ 234 \\ \underline{60} \\ 52 \\ \underline{52} \\ 0 \end{array}$$

Ответ: 1) 100 м/с

2) 19,2 °C



$$\frac{1}{\frac{1}{4r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r}} = \frac{1}{\frac{5r}{4r} + r} = 0,8r$$

~~8 Ом~~

$$I = \frac{38}{8,4}$$

$$\frac{I_4}{I_3} = \frac{1}{2}$$

$$I_4 + I_3 + I_2 = \frac{38}{8}$$

$$\frac{I_4}{I_2} = \frac{1}{2}$$

$$I_3 = 2I_4$$

$$5I_4 = \frac{38}{8}$$

$$I_4 = \frac{38}{40} = 0,95 \text{ А}$$

$$\begin{array}{r} 38,0 \\ \times 195 \\ \hline 95 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

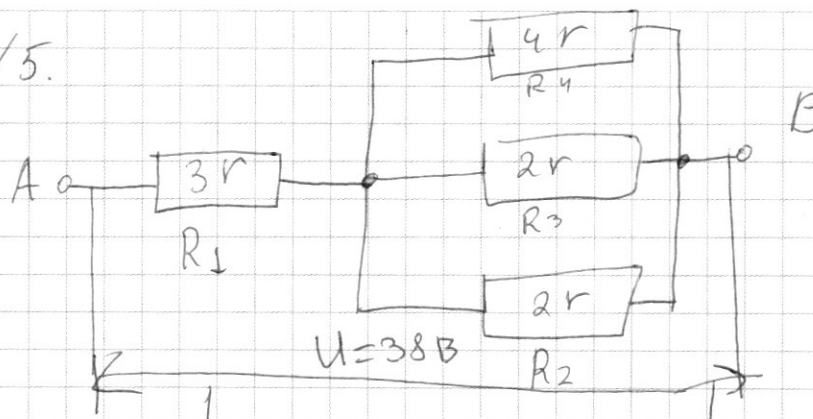
$$R_1 = 3r$$

$$R_2 = R_3 = 2r$$

$$R_4 = 4r$$

$$U = 38 \text{ В}$$

№ 5.



$$1) R_{AB} = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = 3r + \frac{1}{\frac{1}{4r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r}} =$$

$$= 3r + 0,8r = \underline{3,8r}$$

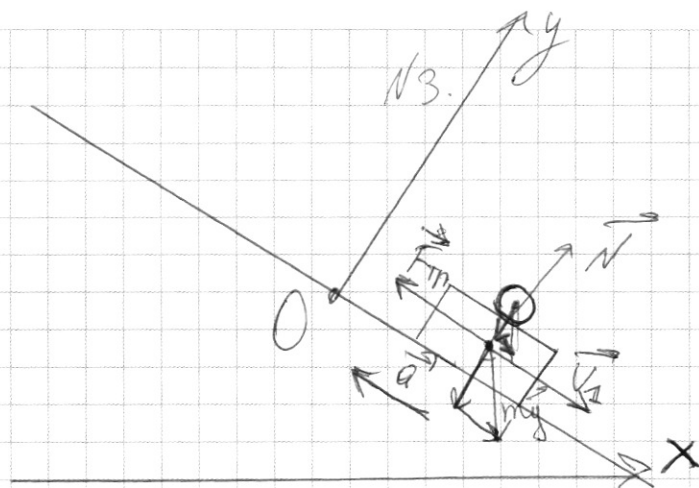
2) если $r = 10 \text{ Ом}$ найти I через резистор R_4 ?

$$I_{AB} = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{38}{3,8r} = \frac{38}{38} = 1 \text{ А} \quad I_4 = I \text{ (для удобства)}$$

$$\frac{I_4}{I_3} = \frac{R_3}{R_4} = \frac{2r}{4r} \Rightarrow \frac{I_4}{I_3} = \frac{1}{2} = \frac{I_4}{I_3}$$

$$\begin{cases} I_2 + I_3 + I_4 = 1 & (\text{А}) \\ \frac{I_4}{I_2} = \frac{1}{2} & 2I_4 + 2I_4 = 1 \quad I_2 = I_3 = 2I_4 \\ \frac{I_4}{I_3} = \frac{1}{2} & 5I_4 = 1 \quad I_4 = 0,2 \text{ А} \end{cases}$$

Ответ: 1) $3,8r$ 2) $I_4 = 0,2 \text{ А}$



$$h = 0.8$$

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

$$F = ma$$

$$\frac{\kappa \cdot \mu}{c}$$

$$\frac{\kappa \cdot \mu}{c^2}$$

$$\frac{\kappa \cdot \mu^2}{c^2}$$

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

Из-за чего тормозит брусок?

И сразу ли он останавливается?

$$\mu mg \cos \alpha$$

№3.

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

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

$$F \cdot \Delta t = \frac{\kappa \cdot \mu}{c^2} \cdot e$$

$$g(\mu \cos \alpha - \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}) = a$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\cos \beta = \frac{1000 - 5t}{V_2 \cdot t}$$

$$V_1 t = 2V_2 t \left(\frac{1000 - 5t}{V_2 \cdot t} \right) + V_1^2 \cdot 0,25 t^2 + 200 t \left(\frac{1000 - 5t}{V_2 \cdot t} \right) +$$

$$+ 400 t^2 \left(\frac{1000 - 5t}{20} \right)^2 + 100 t^2 \cdot \frac{3}{8} - 400 \cdot \frac{3}{8} t^2 + 400 t^2 \cdot \frac{3}{16} = 592900$$

$$1 - 10t = 40000 + 200t + 25t^2 + \frac{1}{20} 1000000t - \frac{5}{20} 10000t^2 +$$

$$+ 20000t - 100t^2 + 2000000 - 100000t + 25t^2 +$$

$$2000000 - 100000t + 25t^2 +$$

$$+ 75t^2 - 150t^2 + 75t^2 = 592900 = 0$$

$$50t^2 - 190t =$$

$$(1000 - (V_1 \cos \alpha t + V_2 \cos \beta t))^2 + (V_1 \sin \alpha t - V_2 \sin \beta t)^2 = 592900$$

$$1000000 - 2000 V_1 \cos \alpha t + 2000 V_2 \cos \beta t + (V_1 \cos \alpha t)^2 + 2 V_1 V_2 \cos \alpha \cos \beta t +$$

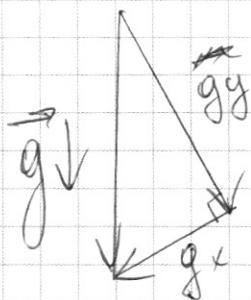
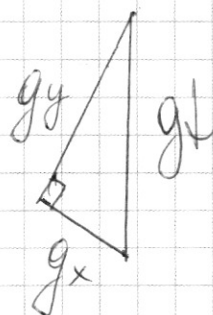
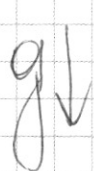
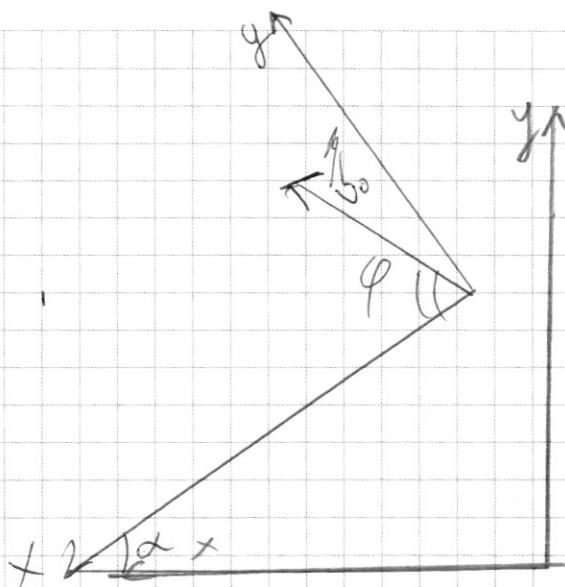
$$+ (V_2 \cos \beta t)^2 + (V_1 \sin \alpha t)^2 - 2 V_1 V_2 \sin \alpha \sin \beta t + (V_2 \sin \beta t)^2 = 592900$$

$$1000000 - 10000t - 40000 \left(\frac{1000 - 5t}{V_2} \right) + 25t^2 + 200 \left(\frac{1000 - 5t}{V_2} \right)^2 +$$

$$+ 400t^2 \cdot \frac{2}{V_2^2} \left(\frac{1000 - 5t}{V_2} \right)^2 + 10075t^2 - 400t^2 \cdot \frac{3}{8} + 400t^2 \cdot \frac{3}{16} = 592900$$

$$1000000 - 10000t - 2000000 + 10000t + 25t^2 + 10000t - 50t^2 +$$

$$+ 1000000 - 10000t + 25t^2 + 75t^2 - 150t^2 + 75t^2 = 592900$$

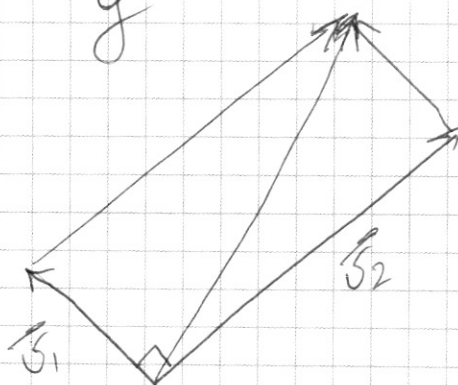
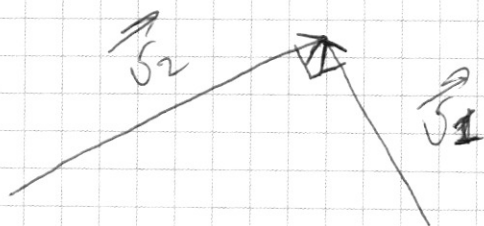


$$v_y = v_{0y} - g_y t$$

$$g_y t = v_{0y}$$

$$v_y = 0 = v_{0y} - g t$$

$$t = \frac{v_{0y}}{g}$$



$$\sqrt{3600 + 6400} = 100 \text{ m/s}$$

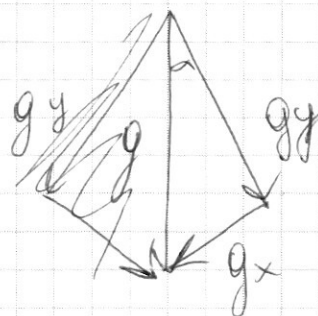
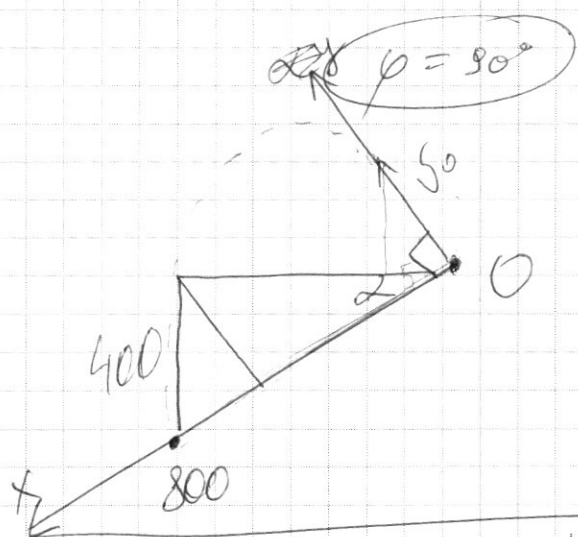
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~0 = v_{0y} - gt~~ $0 = v_{0y} - gt$

$\angle = \varphi + \alpha$

~~x = v_{0x}t~~ $x = v_{0x}t$

$\frac{g_y}{g} = \cos \alpha$



$0_y: y = \left(v_{0y}t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2} \right)^2$

$0_x: x = \left(v_{0x}t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2} \right)^2 = 640000$

$y = \left(v_{0y}t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2} \right)^2 + \left(\frac{g \sin \alpha t^2}{2} \right)^2 = 640000$

$\frac{(2v_{0y}t - g \cos \alpha t^2)^2}{4} + \frac{g^2 \sin^2 \alpha t^4}{4} = 160000$

$4v_{0y}^2 t^2 - 4v_{0y}t^3 \cos \alpha + g^2 \cos^2 \alpha t^4 + g^2 \sin^2 \alpha t^4 = 160000$

$x = \frac{g \sin^2 \alpha t^4}{2} =$

$$x=0$$

$$(V_1 \sin \alpha \cdot T - V_2 \sin \beta \cdot T)^2 + (1000 - (V_1 \cos \alpha \cdot T + V_2 \cos \beta \cdot T))^2 = 592900$$

$$100 \cdot \frac{3}{4} \cdot T^2 - 400 \cdot \frac{3}{8} T^2 + 400 \cdot \frac{3}{16} T^2$$

$$1000000 - 2000 V_1 V_2 \cos \alpha \cos \beta T^2 + (V_1 \cos \alpha T)^2 + 2 + 1000000 - 2000 V_1 \cos \alpha T - 2000 V_2 \cos \beta T + (V_1 \cos \alpha T)^2 + (V_2 \cos \beta T)^2 + 2 V_1 V_2 \cos \alpha \cos \beta T^2 = 592900$$

$$1000 - V_1 \cos \alpha T - V_2 \cos \beta T = 770$$

$$T (V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta) = 230$$

$$T = \frac{230}{5 + 20 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4}} = \frac{230}{5(1 + \sqrt{13})} = \frac{46}{1 + \sqrt{13}}$$

$$\frac{460}{4,6} = 10$$

$$\begin{array}{r} 23015 \\ -20146 \\ \hline 302 \end{array}$$

$$\times 11,5$$

$$\hline 15175$$

$$115$$

$$\hline 13225$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 3,6 \\ \hline 3,6 \end{array}$$

$$+ 216$$

$$\hline 1296$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 3,5 \\ \hline 3,5 \end{array}$$

$$+ 175$$

$$\hline 1225$$