

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

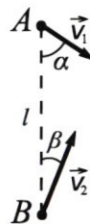
Вариант 09-01

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?

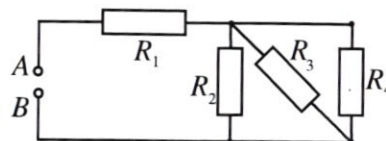
2) На сколько Δt (°C) повысится температура шариков?

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 AB 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

№5

Дано

$$R_1 = 3\Omega$$

$$R_2 = R_3 = 2\Omega$$

$$R_4 = 4\Omega$$

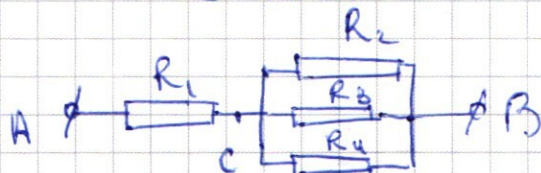
$$I = 100\text{ мА}$$

$$U = 38\text{ В}$$

1) $R_{AB} = ?$

2) $I_4 = ?$

Решение



$$R_{23} = \frac{R_2}{2} = 1\Omega$$

$$R_{234} = \frac{R_{23} \cdot R_4}{R_{23} + R_4} = \frac{1 \cdot 4}{1 + 4} = 0.8\Omega$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{234} = 3.8\Omega$$

$$I_{AC} = I_{CB} = I_1$$

$$U_{AC} + U_{CB} = U$$

$$U_1 + U_{CB} = U$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_1}{3\Omega}; \quad I_{CB} = \frac{U_{CB}}{R_{CB}} = \frac{U_{CB}}{R_{234}} = \frac{U_{CB}}{0.8\Omega}$$

$$\begin{cases} \frac{U_1}{3\Omega} = \frac{U_{CB}}{0.8\Omega} \\ U_1 + U_{CB} = U \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_{CB} = \frac{4}{15} U_1 \\ U_{CB} = U - U_1 \end{cases}$$

$$\frac{4}{15} U_1 + U_1 = U$$

$$U_1 = \frac{15}{19} U = 30\text{ В}$$

$$U_{CB} = U - U_1 = 38\text{ В} - 30\text{ В} = 8\text{ В}$$

$$U_2 = U_3 = U_4 = U_{CB} = 8\text{ В}$$

$$I_u = \frac{U_u}{R_u} = \frac{8B}{4\Omega} = \frac{2B}{100m} = 0,2 A$$

Ответ: 1) 3,84
2) 0,2 A

~4

Дано

$$V_1 = 60 \frac{m}{c}$$

$$V_2 = 80 \frac{m}{c}$$

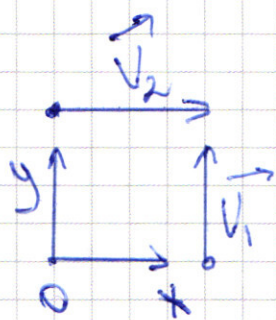
$$\vec{V}_1 \perp \vec{V}_2$$

$$c = 130 \frac{dm}{сек}$$

$$V = ?$$

$$\Delta t = ?$$

Решение



По ЗСЧ:

$$Ox: mV_{1x} + mV_{2x} = 2mV_x$$

$$mV_2 = 2mV_x$$

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

$$Oy: mV_{1y} + mV_{2y} = 2mV_y$$

$$mV_1 = 2mV_y$$

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

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \left(\frac{m}{c} \right)$$

По ЗСЭ:

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + Q, \text{ где } Q = c \cdot 2m \Delta t$$

$$V_1^2 + V_2^2 = 2V^2 + 4c\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{4c}$$

$$\Delta t = \frac{3600 + 6400 - 5000}{4 \cdot 130} = \frac{500}{4 \cdot 13} = \frac{125}{13} \approx 9,62 (^{\circ}C)$$

$$[\Delta t] = \frac{\frac{m^2}{c^2}}{\frac{dm}{сек}} = \frac{\frac{dm}{сек}}{\frac{dm}{сек}} = ^{\circ}C$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

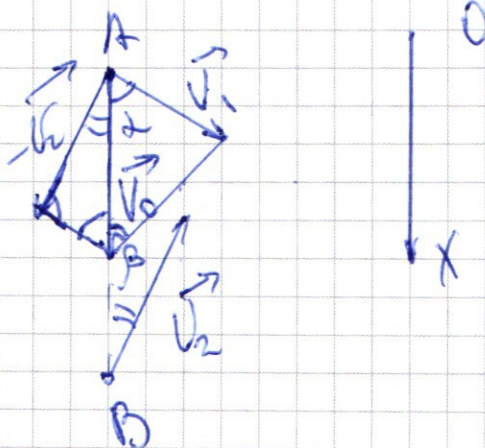
Ответ: 1) $50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
2) $9,62^\circ \text{C}$

№1

Дано	М
$L = 1 \text{ км}$	1000 м
$V_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	
$\alpha = 60^\circ$	
$V_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	

1) $\sin \beta = ?$
2) $T = ?$, с
 $S = 720 \text{ м}$

Решение

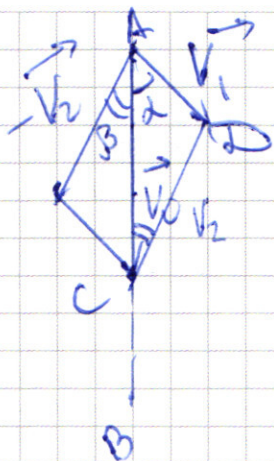


Мысленно остановим
торпеду и примем вектор
ее скорости, взятый с противо-
положным знаком, корабля

V_0 — скорость корабля относи-
тельно торпеды, т.к. торпеда попадает
в цель, то V_0 лежит на отрезке AB

$$V_{0x} = V_{1x} + V_{2x}$$

$$V_0 = V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta$$



Рассмотрим $\triangle ACD$

по теореме синусов у $\triangle ACD$

имеем:

$$\frac{AD}{\sin \beta} = \frac{CD}{\sin \alpha}, \quad AD = V_1, \quad CD = V_2$$

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

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$\begin{aligned} V_0 &= V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta = 10 \cdot \frac{1}{2} + 20 \cdot \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \\ &= 5 + \frac{20\sqrt{13}}{4} = 5 + 5\sqrt{13} \text{ (м/с)} \end{aligned}$$

Если расстояние между кораблем и торгашей составит $S = 720$ м, то корабль относительно торгашей пройдет расстояние $S_1 = l - S = 230$ м

$$T = \frac{S_1}{V_0} = \frac{230 \text{ м}}{5(1 + \sqrt{13}) \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{46}{1 + \sqrt{13}} \text{ с}$$

Ответ: 1) $\frac{\sqrt{3}}{4}$

2) $\frac{46}{1 + \sqrt{13}} \text{ с.}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2.

Дано

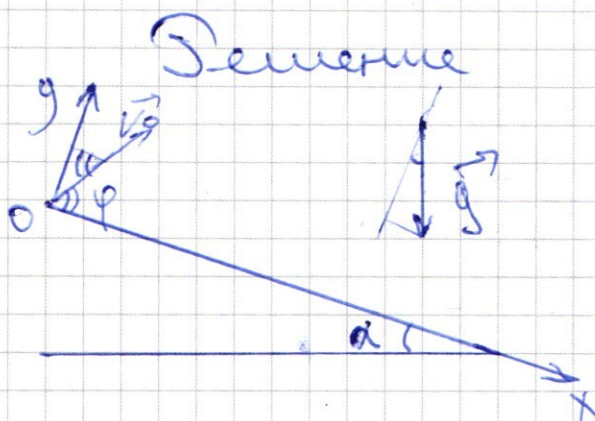
$$\alpha = 30^\circ$$

$$S = 0,8 \text{ км}$$

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

$\varphi = ?$

$V_0 = ?$



Найдем время от броска до падения

$$y = V_0 \sin \varphi t - g \frac{\cos \alpha t^2}{2}$$

П.к. линия упала, то $y = 0$, значит

$$2 V_0 \sin \varphi = g \cos \alpha t$$

$$t = \frac{2 V_0}{g \cos \alpha} \cdot \sin \varphi. (1)$$

Из формулы (1) следует, что t - наибольшее, когда $\sin \varphi$ - наибольший, значит $\varphi = 90^\circ$, тогда

$$t = \frac{2 V_0}{10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{0,4 \sqrt{3} V_0}{\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}$$

Запишем уравнение движения тела вдоль оси OX:

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

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

$$t^2 = \frac{2 \cdot 0,8 \text{ м} \cdot c^2}{10^4 \cdot 0,5} = 0,4 \cdot 0,8 \cdot c^2 = 0,4^2 \cdot 2 c^2$$

$$t = 0,4 \sqrt{2} c$$

$$U_{\text{max}} \quad t = 0,4 \sqrt{2} c$$

$$t = 0,4 \frac{v_0 \cdot c^2}{\sqrt{3} \text{ м}}$$

$$\text{Значит } v_0 = \sqrt{6} \frac{\text{м}}{c}$$

Ответ: 1) 90°
2) $\sqrt{6} \frac{\text{м}}{c}$

№3

Дано

$$v_1 = 1 \frac{\text{м}}{c}$$

$$h = 0,8 \text{ м}$$

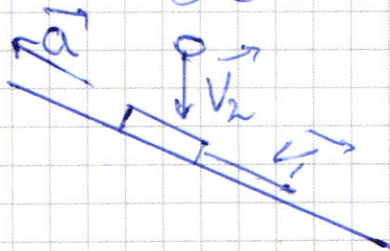
$$g = 10^4 \frac{c^2}{\text{с}^2}$$

$$m_1 = m_2 = m$$

$$v_2 = ?$$

$$a = ?$$

Решение

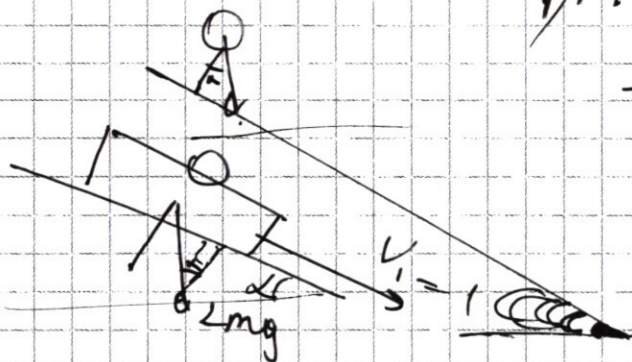


$$v_2^2 = 2gh$$

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot 10^4 \frac{c^2}{\text{с}^2} \cdot 0,8 \text{ м}} = 4 \frac{\text{м}}{c}$$

Ответ: 1) $4 \frac{\text{м}}{c}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



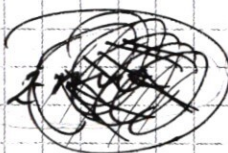
$$m v_1 + m v_2 \sin \alpha = 2m v$$

$$1 + v \sin \alpha = 2v$$

$$v = \frac{1}{2} (1 + \sin \alpha)$$

$$v = 0,5 + 0,5 \sin \alpha$$

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



Since no
like

$$2 \mu mg \cos \alpha - 2mg \sin \alpha = 2ma$$

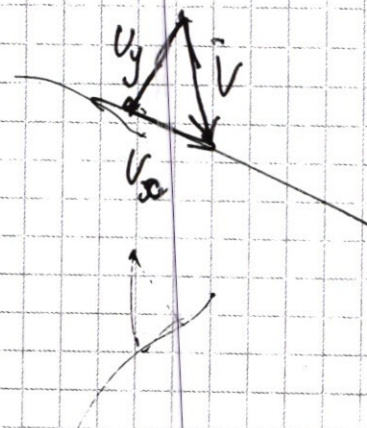
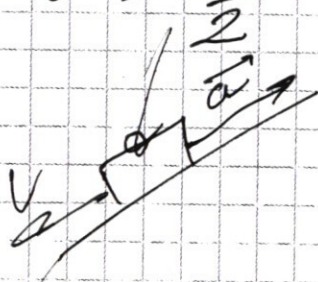
$$(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) g = a$$



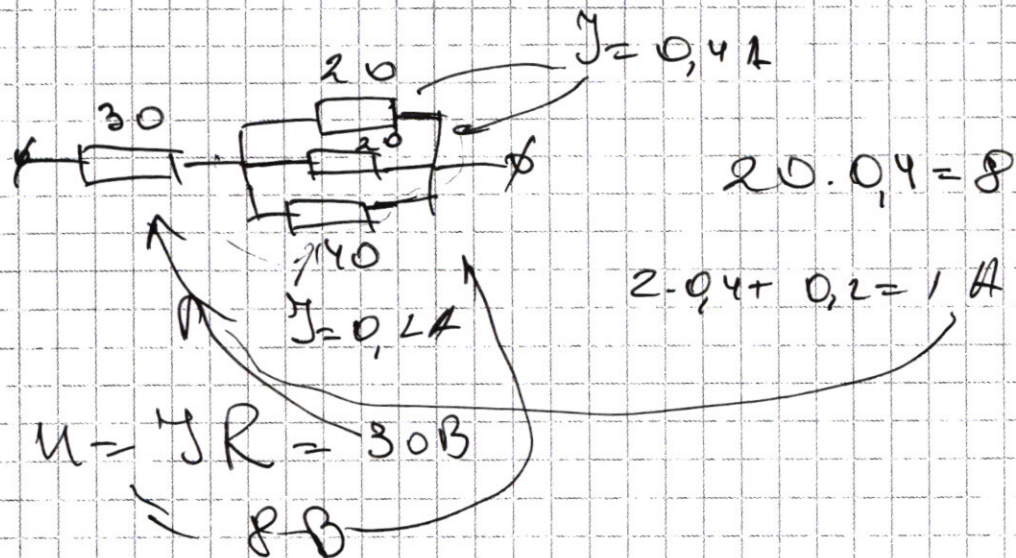
$$s = v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

$$v = \frac{at}{2}$$

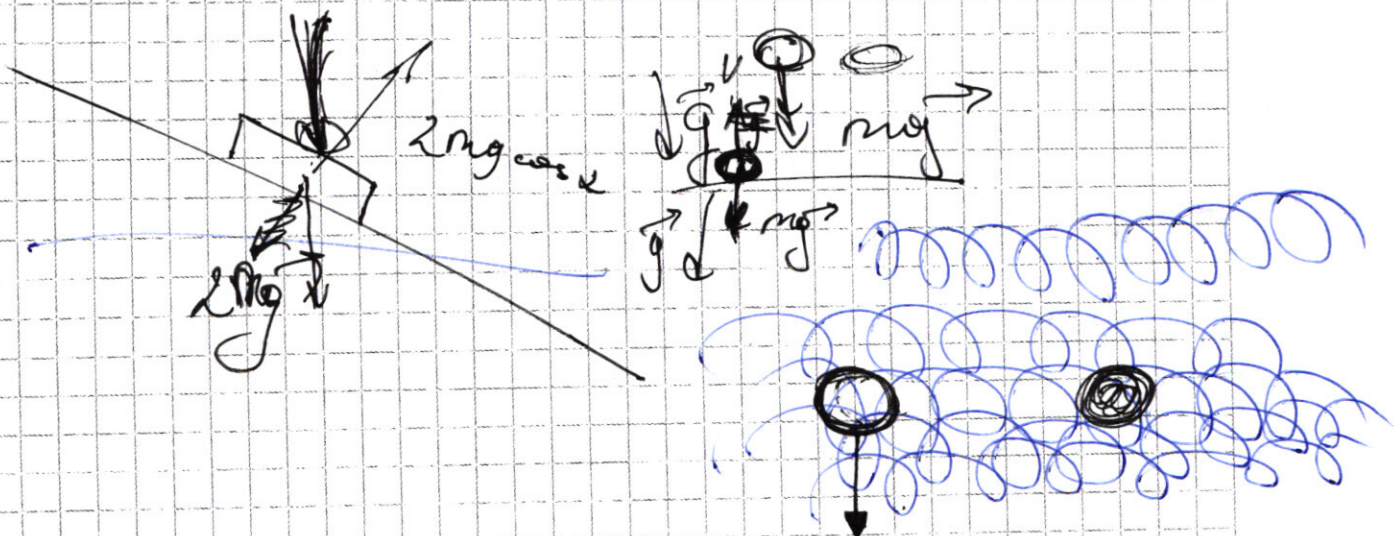
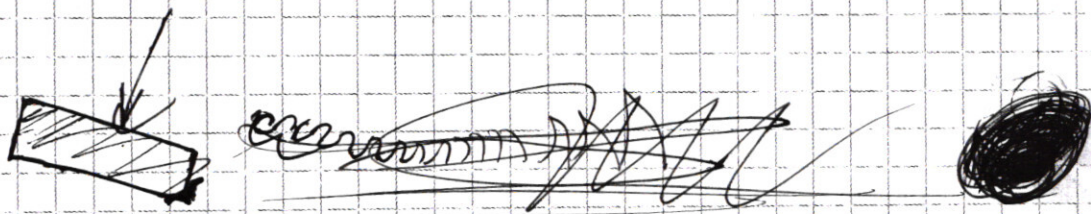
$$v_0 = 0$$



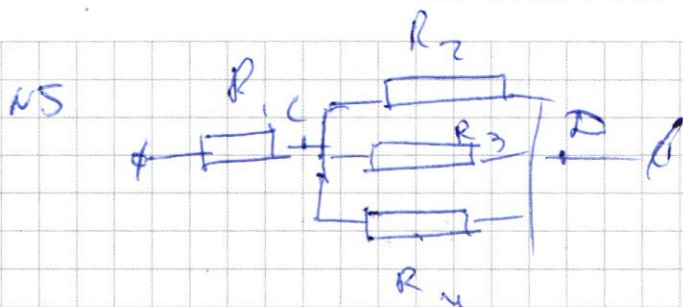
$$R = 38 \text{ Ом} \approx 38 \text{ В}$$



ЗСЧ - меньше, т.к. ТРЕНИЕ
 ЗСЧ - меньше



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{aligned} R_1 &= 3\Omega \\ R_2 &= R_3 = 2\Omega \\ R_{23} &= 1\Omega \\ R_4 &= 4\Omega \end{aligned}$$

$$R_{234} = \frac{4\Omega}{5} = 0.8\Omega$$

$$R_{\text{св}} = 3.8\Omega$$

$$U = 38\text{ В} \quad U_4 = \frac{U - U_1}{3}$$

$$U_2 = U_3 = U_4 = U_{\text{св}}$$

$$\frac{U_1}{3\Omega} = \frac{U_{\text{св}}}{0.8\Omega}$$

$$\begin{cases} U_{\text{св}} = \frac{4}{15} U_1 \\ U_{\text{св}} = 38 - U_1 \end{cases}$$

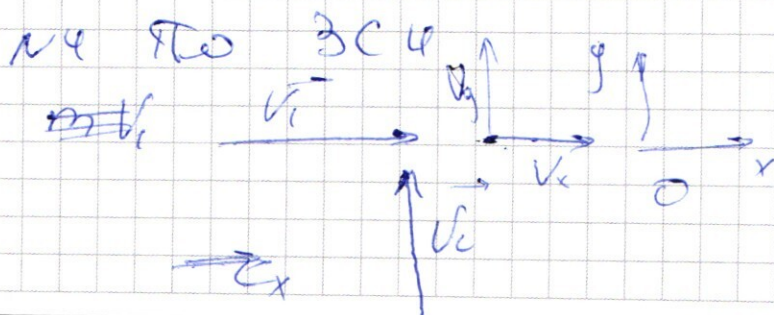
$$38 = \frac{19}{15} U_1$$

$$\frac{U_1}{15} = 2$$

$$U_1 = 30\text{ В} \Rightarrow U_{\text{св}} = 8\text{ В}$$

$$U_2 = U_3 = U_4 = U_{\text{св}} = 8\text{ В}$$

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{8\text{ В}}{4\Omega} = \frac{2}{\cancel{1}} = \underline{0.2\text{ А}}$$



по 3С4

$$\text{ОХ: } mV_{1x} + mV_{2x} = 2mV_x$$

$$mV_{1x} = 2mV_x$$

$$V_x = \frac{V_{1x}}{2}$$

$$\textcircled{04} \quad m v_{1y} + m v_{2y} = 2m v_y$$

$$m v_{2y} = 2m v_y \rightarrow v_y = \frac{v_{2y}}{2}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_{2y} + \vec{v}_x$$

$$v = \sqrt{v_y^2 + v_x^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = \sqrt{50^2} = 50$$

$$Q = \frac{1}{2} m \Delta t$$

(то 302 g и 402 g)

$$E_k = \frac{1}{2} m v_1^2; E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_k - E_k = Q$$

$$\frac{m}{2} (v_1^2 - v^2) = \frac{1}{2} m \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{3600 - 2500}{260} = \frac{1100}{260} = \frac{55}{13} \approx$$

$$\begin{array}{r} 55 \overline{) 110} \\ 52 \overline{) 110} \\ \hline 30 \end{array}$$

$$\approx 4,23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{array}{r} 40,5 - 5 = 200 - 5 = 195 \end{array}$$

$$\Delta t = 2$$

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

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

$$E_{k2} - E_k = c m \Delta t$$

$$\frac{v_2^2 - v^2}{2} = c \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{6400 - 2500}{260} = \frac{3900}{260} = \frac{390}{26} = \frac{30}{2} = 15$$

$$\begin{array}{r} 19,5 \overline{) 30} \\ 13 \overline{) 30} \\ \hline 65 \end{array}$$

$$c m \cdot 15 - t = c m \cdot t - 4,23$$

$$15 + \frac{55}{13} 19,23 \approx 2t$$

$$t = \frac{19,5 + 55}{13} = \frac{250}{26} = \frac{125}{13} \approx$$

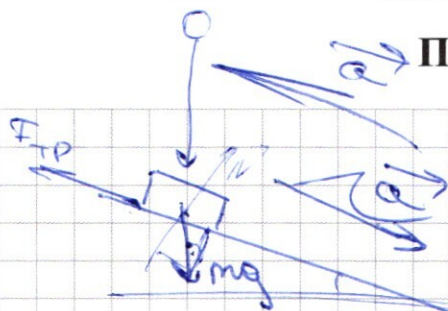
$$\approx 9,62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{array}{r} 250 \overline{) 1250} \\ 13 \overline{) 1250} \\ \hline 120 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12,5 \overline{) 125} \\ 112 \overline{) 125} \\ \hline 80 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20 \\ - 3 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$2gh = v^2 \rightarrow h = \frac{v^2}{2g}$$

$$v^2 = 2gh$$

$$v^2 = 20 \cdot 0.8 = 16 \rightarrow v = 4 \text{ м/с}$$

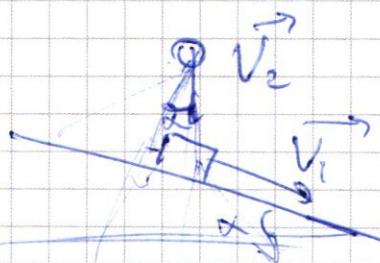
$$\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma$$

$$N = mg \cos \alpha$$

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

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

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

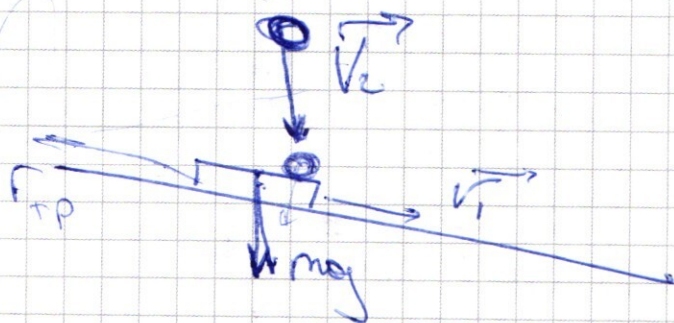


$$mv_1 + mv_2 \sin \alpha = 2m \cdot 0$$

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

$$v_1, v_2, \alpha = 30^\circ$$

$$m = m$$



$$mgh = \frac{mv^2}{2} \rightarrow v^2 = 2gh$$

$$t = 0.4 \text{ с}$$

$$v = 5 \text{ м/с}$$

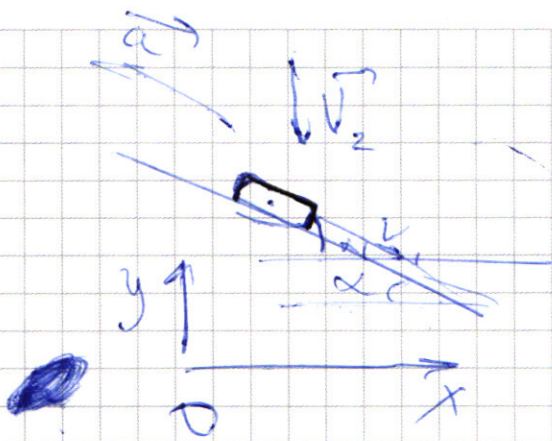
$$4.8 = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0.4 \text{ с}$$

$$2.8 = \frac{4.56}{2} \text{ (V)}$$

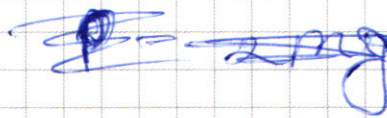
$$0.8 = \frac{10}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0.4 \text{ с} = 5$$

$$0.4 \cdot 2 = 5 \cdot 0.4 \text{ с}$$

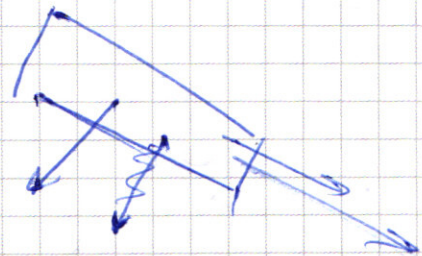
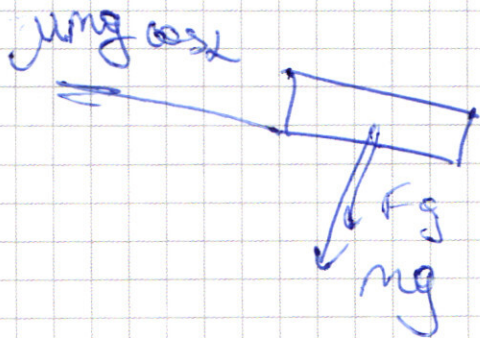
$$2 = 5 \cdot 0.4 \text{ (V)}$$



302: $\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = m\omega^2 r$



~~$mV_1^2 + mV_2^2$~~
 ~~$mV_1 \cos \alpha + m = 0$~~



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

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

$ma = F_g$

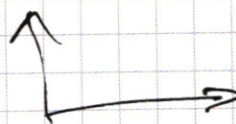
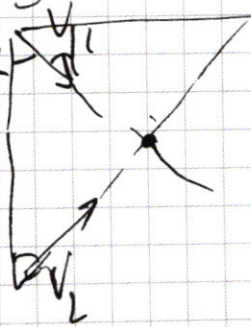
$y = V_2 \cos \beta t$ $V_2 \cos \beta \neq 1000 - V_1 \cos \alpha t$

$y = (1000 - V_1 \cos \alpha t)$

$1000 \neq 5 + 20 \cos \beta$

$200 = 1 + 4 \cos \beta$

$\cos \beta = \frac{199}{4}$



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

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

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

$x = V_1 \sin \alpha t$

$x = V_2 \sin \beta t$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + Q$$

$$mV_1^2 + V_2^2 = 2V^2 + \frac{2Q}{m}, \quad Q = 2mc\Delta t$$

$$V_1^2 + V_2^2 = 2V^2 + 4c\Delta t$$

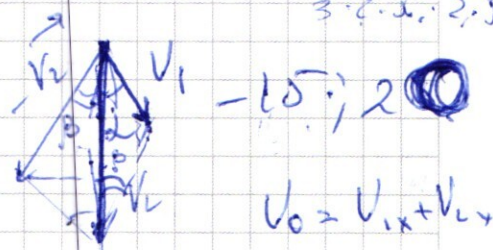
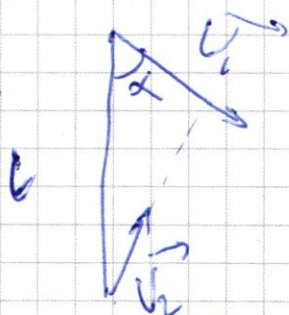
$$\Delta t = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{4c} = \frac{3600 + 6400 - 2 \cdot 2500}{4 \cdot 130} = \frac{5000}{520} = \frac{125}{13} \approx 9,62^\circ \text{C}$$

$$\Delta t = \frac{5000}{4 \cdot 130} = \frac{125}{13} \approx 9,62^\circ \text{C}$$

N1

Q.

$$16 - 3 = 13$$



$$V_0 = V_{1x} + V_{2x}$$

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

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

$$V_2^2 = V_1^2 + V_0^2 - 2V_1V_0 \cos \alpha$$

$$V_0^2 - 2 \cdot 10V_0 + 100 - 400 = 0$$

$$V_0^2 - 10V_0 - 300 = 0$$

$$x_1 + x_2 = 10 \quad (25 - 15 = 10)$$

$$x_1 x_2 = -300 \quad -25 \cdot (-15)$$

$$\frac{D}{4} = 25 + 300 = 325 \quad (5\sqrt{13})^2$$

$$V_0 = 5 \pm 5\sqrt{13}, \quad \text{так как } V_0 > V_1$$

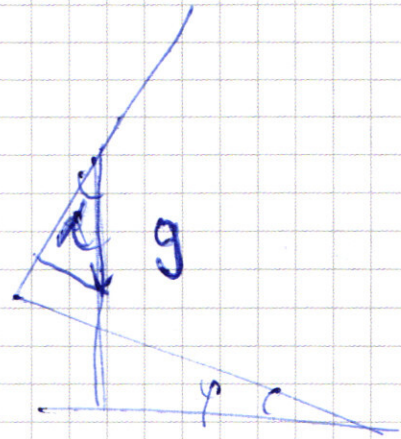
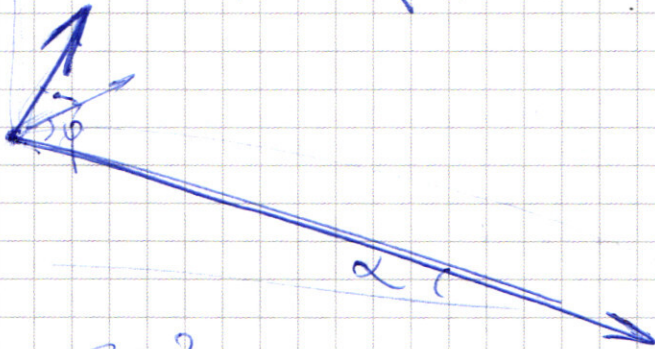
$$V_0 = V_1 \cos \alpha + V_2 \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = 5 + 5\sqrt{13}$$

$$= 5 + 20 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = 5 + 5\sqrt{13}$$

$$\Delta l = l - S = 1000 - 770 = 230 \text{ м}$$

$$T = \frac{\Delta l}{\delta_0 \kappa} = \frac{230}{5(1+\sqrt{3})} = \frac{46}{1+\sqrt{3}} \text{ с}$$

Решение: 1) $\frac{\sqrt{3}}{4}$; 2) $\frac{46}{1+\sqrt{3}}$



$$T = \frac{V_0^2 \sin \varphi}{g}$$

$$y = V_0 \sin \varphi t - \frac{g \cos \varphi t^2}{2}$$

$$t = \frac{2 V_0 \sin \varphi}{g \cos \varphi} = \frac{2 V_0}{g} \tan \varphi$$

t - наибольшее, если $\tan \varphi$ - наибольший
 $\tan \varphi$ - наибольший, при $\varphi = \lim_{\varphi \rightarrow 90^\circ}$

$$y = \frac{V_0^2 \sin^2 \varphi}{g \cos \varphi}$$

t - наиб, если $\sin \varphi$ - наиб $\Rightarrow \varphi = 90^\circ$

$$t = V_0 \cdot \frac{4}{\sqrt{3} g}$$

$$t = 0,4 \text{ с}$$

$$t = 0,4 \frac{V_0}{\sqrt{3}} \Rightarrow V_0 = \sqrt{3}$$

$$V_0 \cdot \frac{4}{\sqrt{3} g} = 0,4$$

$$V_0 = \sqrt{3}$$

$$x = \frac{V_0^2 \sin 2\varphi}{g}$$

$$t^2 = \frac{2 S}{g} = 0,16 \Rightarrow t = 0,4 \text{ с}$$

$$\frac{2 \cdot 0,8}{10 \cdot 0,3} = \frac{0,4 \cdot 0,8}{0,3} = 0,4 \cdot 2 = 0,8$$