

Олимпиада «Физтех» по физике, 9 класс

Вариант 09-01

Класс 09

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка не принимаются.

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?

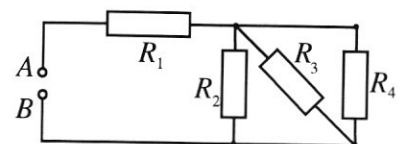
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

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

№ 4. Дано: $V_1 = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $c = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{с}}$
 $V_2 = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $m_1 = m_2$

Реш.: m — масса каждого шарика

$P_0 = m\vec{V}_1 + m\vec{V}_2$ — начальный импульс.

$P_k = 2m \cdot \vec{V}$ — конечный импульс

По закону сохр. импульса: $P_0 = P_k$

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

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

$t_1 = t_2$

По Па. Импульса: $4V^2 = V_1^2 + V_2^2$ (1)

$$|2\vec{V}| = \sqrt{V_2^2 + V_1^2} \quad |2\vec{V}| = 2|\vec{V}| = 2V$$

$$\Rightarrow V = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_1^2}}{2} = \frac{\sqrt{60^2 + 80^2}}{2} = \frac{\sqrt{3600 + 6400}}{2} = \frac{10^2}{2} = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) $E_0 = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2}$ — начальная кин. энергия.

$Q = 2mc\Delta t$ — тепло, выд. при ударе.

$E_k = \frac{2mV^2}{2} = mV^2$ — конечная кин. энергия.

По закону сохр. энергии: $E_0 = E_k + Q$.

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = 2mc\Delta t + mV^2$$

$$\frac{V_1^2 + V_2^2}{2} = 2c\Delta t + V^2 \Rightarrow 2c\Delta t = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{2} \stackrel{(1)}{=} \frac{4V^2 - 2V^2}{2}$$

$$2c\Delta t = \frac{2V^2}{2} = V^2 \Rightarrow \Delta t = \frac{V^2}{2c} = \frac{50^2}{2 \cdot 130} = \frac{2500}{2 \cdot 130} =$$

$$= \frac{250}{2 \cdot 13} = \frac{125}{13} = 9,615^\circ \text{C}.$$

Ответ: 1) $V = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $\Delta t = 9,615^\circ \text{C}$.

2. Дано:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\varphi \rightarrow t_{\max}$$

$$S = 0,8 \text{ км} =$$

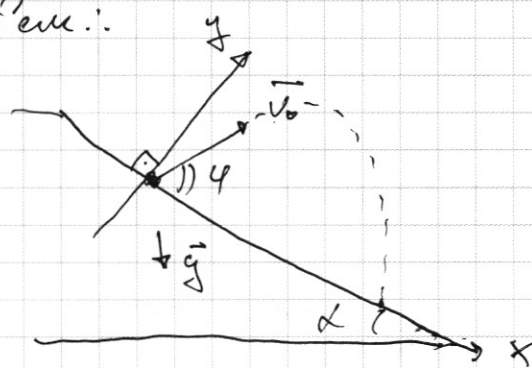
$$= 0,8 \cdot 10^3 \text{ м.}$$

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

$$1) \varphi - ?$$

$$2) V_0 - ?$$

Реш.:



$$y: \begin{cases} a_y = -g \cos \alpha & \text{— проекция ускор. на } O_y \\ V_y = V_0 \sin \varphi - g \cos \alpha t & \text{— проекция скорости на } O_y \\ y = V_0 \sin \varphi t - g \cos \alpha \cdot \frac{t^2}{2} & \text{— координата} \end{cases}$$

$$V_0 \sin \varphi t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2} = y(0) = 0.$$

$t = 0$ (тело было в точке $y = 0$, в начальный момент времени)

$$t = \frac{2 V_0 \sin \varphi}{g \cos \alpha} \text{ — время, через кот. линия}$$

2-ой раз была в точке

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

$y = 0$, т.е. t — время полета, $\frac{2 V_0}{g \cos \alpha}$ — константа.

$\Rightarrow t$ максимален при максимальном $\sin \varphi \Rightarrow$

$$\Rightarrow \sin \varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 90^\circ; t_{\max} = \frac{2 V_0}{g \cos \alpha} \quad (1)$$

$$x: \begin{cases} a_x = g \sin \alpha & \text{— проекция ускор. на } O_x \\ V_x = V_0 \cos \varphi + g \sin \alpha t & \text{— проекция скорости на } O_x \\ x = V_0 \cos \varphi t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2} & \text{— координата по } O_x \end{cases}$$

$$x(t) = 0,8 \text{ км} = S = V_0 \cos \varphi \cdot t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2}; \text{ т.к. } \varphi = 90^\circ, \cos \varphi = 0.$$

$$\varphi = 90^\circ, \cos \varphi = 0.$$

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

$$\text{из 1: } t = \frac{2 V_0}{g \cos \alpha} \Rightarrow t^2 = \frac{4 V_0^2}{g^2 \cos^2 \alpha}$$

$$S = \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{4 V_0^2}{g^2 \cos^2 \alpha}$$

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

$$V_0 = \cos \alpha \cdot \sqrt{\frac{S g}{2 \sin \alpha}} = \cos 30^\circ \cdot \sqrt{\frac{0,8 \cdot 10^3 \cdot 10}{2 \cdot \sin 30^\circ}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{8000} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= 5 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{80} = 5 \cdot \sqrt{3} \cdot 4\sqrt{5} = 20\sqrt{15}$$

Ответ: 1) $\varphi = 90^\circ$; 2) $V_0 = 20\sqrt{15} \frac{м}{с}$.

1. Дано:

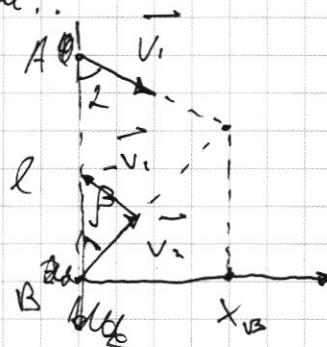
$$l = 1 км = 10^3 м$$

$$V_1 = 10 \frac{м}{с}$$

$$\angle = 60^\circ$$

$$V_2 = 20 \frac{м}{с}$$

Реш.:



x_{12} - координата x места
ветра.

1) $\sin \beta$ - ?

$$x = V_{2x} \cdot t, \text{ где } t - \text{ время до встречи}$$

2) T - ?

$$x = V_{1x} \cdot t \Rightarrow V_{2x} = V_{1x}$$

$$V_{2x} = V_2 \sin \beta - \text{проекция скорости ветра на } x$$

$$V_{1x} = V_1 \sin l - \text{проекция скорости корабля на } x$$

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

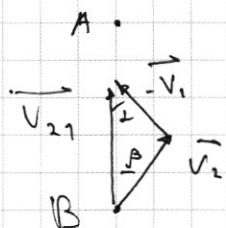
2) Треугольник в СО, образованно с кораблем. В этой СО корабль неподвижен, а борту лебидь в него со скоростью $\vec{V}_{21}$, такой что: $\vec{V}_2 = \vec{V}_{21} + \vec{V}_1 \Rightarrow \vec{V}_{21} = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$

Можно так по условию борту

2: $V_{21z} = V_{2z} + V_{1z}$, где V_{21z} - проекция скорости V_{21} на ось z , ось z - ось, связанная с кораблем.

Так как по условию борту должна вестись в корабль,

Эта см-сть направлена вдоль АВ.



из геометр. соотношений:

$$V_{21} = V_2 \cos \beta + V_1 \cos \alpha$$

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

- основное триг. тождество

$\Delta S = l - S$ - расст. кот. пройдет торпеда в СО, св. к кораблю за время T :



$$\Delta S = V_{21} \cdot T \Rightarrow T = \frac{\Delta S}{V_{21}} = \frac{l - S}{V_2 \cos \beta + V_1 \cos \alpha} = \frac{1000 - 770}{20 \cos \beta + 10 \cos 60^\circ}$$

$$= \frac{230}{20 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} + 5} = \frac{230}{5(\sqrt{13} + 1)} = \frac{46}{\sqrt{13} + 1} = \frac{46(\sqrt{13} - 1)}{13 - 1} = \frac{23(\sqrt{13} - 1)}{6} \quad (3)$$

$$T = \frac{-23 + 23\sqrt{13}}{6} \text{ с}$$

Ответ: 1) $\sin \beta = \frac{\sqrt{3}}{4}$; 2) $T = \frac{-23 + 23\sqrt{13}}{6} \text{ (с)}$.

3. Дано:

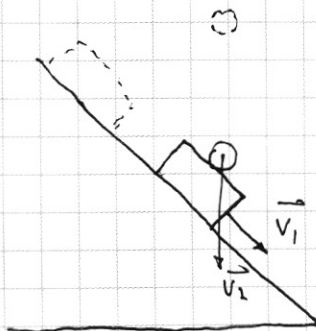
$$V_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

$$h = 0,8 \text{ м.}$$

Реш:

M - масса
брусья
 m - масса
шарика



$$E_0 = mgh - \text{начальная мех. энергия шарика}$$

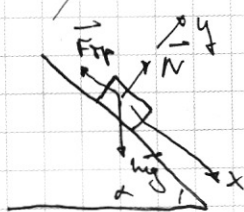
$$E_k = \frac{m V_2^2}{2} - \text{конечная мех. энергия шарика}$$

1) $V_2 = ?$

2) $a = ?$

$$E_0 = E_k \Rightarrow gh = \frac{V_2^2}{2} \Rightarrow V_2 = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

2)



По II закону Ньютона: $\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{Mg} = M\vec{a}$

y : $N = Mg \cos \alpha$; x : $Mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = Ma$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg \cos \alpha \Rightarrow a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

где α - угол наклона

плоскости; μ - коэф. трения между бруском и плоскостью.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Но неизвестны ни m , ни d .

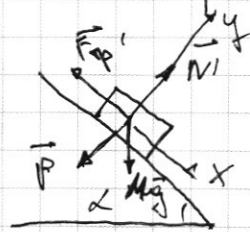
г: $P_{0y} = m V_2 \cos \alpha$ импульс шарика перед ударом.

$P_{1y} = 0$ импульс после удара (по y)

$$\Delta P = P_{1y} - P_{0y} = -m V_2 \cos \alpha$$

$$\langle F \rangle = \left| \frac{\Delta P}{\Delta \tau} \right| = \frac{m V_2 \cos \alpha}{\Delta \tau} \quad \text{— средняя сила, с к-т. брусок}$$

действовал на шарик; $\Delta \tau$ — время взаимод. (это же время торможения)



$$\vec{F}_{pr} + \vec{N} + \vec{P} + M\vec{g} = M\vec{a}_2$$

$$x: -F_{pr} + Mg \sin \alpha = M a_2$$

$$y: N' = P + Mg \cos \alpha$$

По II закону Н: $P = \langle F \rangle = \frac{m V_2 \cos \alpha}{\Delta \tau}$

$$F_{pr} = M N' \Rightarrow -Mg \sin \alpha + M \left(\frac{m V_2 \cos \alpha}{\Delta \tau} + Mg \cos \alpha \right) = M a_2$$

$$x: P_{0x} = M V_1 + m V_2 \sin \alpha$$

$$P_{1x} = M V$$

$$\left. \begin{array}{l} P_{0x} = M V_1 + m V_2 \sin \alpha \\ P_{1x} = M V \end{array} \right\} \Rightarrow V = V_1 + \frac{m}{M} V_2 \sin \alpha$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -Mg \sin \alpha + M \left(\frac{m V_2 \cos \alpha}{\Delta \tau} + Mg \cos \alpha \right) = M a_2 \\ V_1 + \frac{m}{M} V_2 \sin \alpha - a_2 \Delta \tau = 0 \\ a = g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \end{array} \right.$$

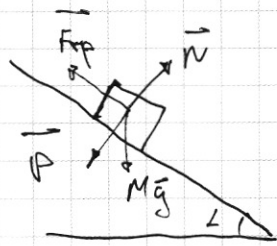
Ответ (1) $V_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,8} = \sqrt{16} = 4 \frac{м}{с}$

Ответ: 1) $V_2 = 4 \frac{м}{с}$

$$P_1 = m V_1; \quad ; \quad P_2 = 0$$

$$\Delta P = m V_1$$

$$\langle F \rangle = \frac{m V_1}{\Delta \tau} \quad \neq \quad P = \frac{m V_1}{\Delta \tau}$$



$$N = Mg \cos L + \frac{m V_1}{\Delta \tau}$$

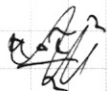
$$+ Mg \sin L - \mu (Mg \cos L + \frac{m V_1}{\Delta \tau}) = M a_2$$

$$M = \frac{\sin L g - a}{g \cos L}$$

$$V - at = 0$$

$$l = V - \frac{at^2}{2}$$

$$l = \frac{V^2}{2a}$$



$$V_1 - a \Delta \tau = 0$$

$$\Rightarrow V_1 = a \Delta \tau. \quad \Rightarrow \Delta \tau = \frac{V_1}{a}$$

$$a_2 =$$

$$N = Mg \cos L + P$$

$$\mu N = \mu Mg \sin L$$

$$Mg \cos L + P = \frac{Mg \sin L}{\mu}$$

$$P = \frac{Mg(\sin L - \mu \cos L)}{\mu} = \frac{m V_1}{\Delta \tau}$$

$$a_2 = g \sin L - \mu g \cos L + \frac{m}{M} \cdot \frac{V_1}{\Delta \tau}$$

$$a_2 = g(\sin L - \mu \cos L)$$

$$a_2 = g \sin L - \mu g \cos L$$

$$\frac{Mg \sin L - \mu Mg \cos L + Ma}{M} = \frac{m V_1}{\Delta \tau}$$

$$\frac{Mg \cos L}{\sin L g - a} = \frac{m V_1}{\Delta \tau}$$

$$\frac{m m V_1 a}{Mg(\sin L - \mu \cos L)} = V_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5 Дано:

$$R_1 = 3r$$

$$R_2 = R_3 = 2r$$

$$R_4 = 4r$$

$$U_{AB} = 38 \text{ В}$$

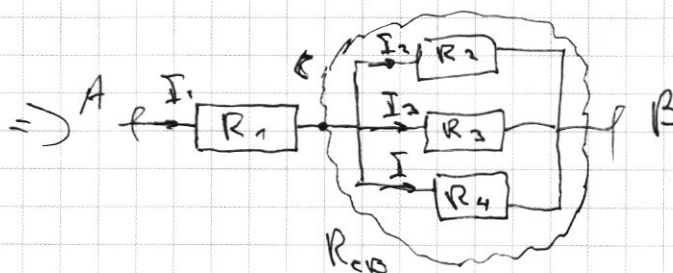
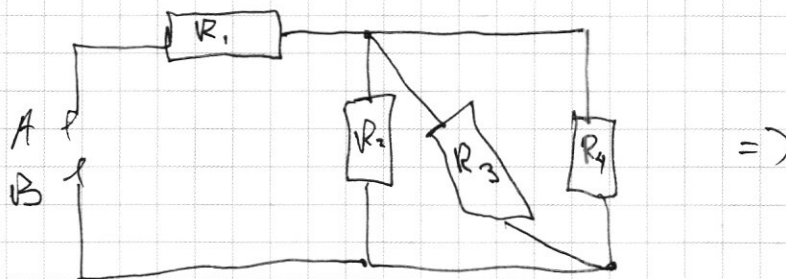
1) $R_{AB} = ?$

2) $r = 10 (\Omega)$

$$I_4 = ?$$

ток через R_4

Реш.:



$R_{св}$ - сопротивление участка СВ (с отключеном источника)

$$\frac{1}{R_{св}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{4r}$$

$$\frac{1}{R_{св}} = \frac{1}{r} + \frac{1}{4r} = \frac{5}{4r} \Rightarrow R_{св} = \frac{4}{5} r = 0,8r$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{св} = 3r + 0,8r = 3,8r$$

2) $U_{св} = I \cdot R_4$ - по закону Ома, $U_{св}$ - падение напряжения СВ

$U_{св} = I_3 R_3$, где I_3 - ток через резистор R_3 .

$U_{св} = I_2 R_2$, где I_2 - ток через резистор R_2 . $\Rightarrow$

$I_1 = I + I_2 + I_3$, где I_1 - ток через резистор R_1 .

- по I направлению Кирхгофа.

$U_{AB} = I_1 \cdot R_{AB}$ - по закону Ома.

$$\begin{cases} U_{CB} = 4 I_1 r & 1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_{CB} = 2 I_3 r & 2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_{CB} = 2 I_2 r & 3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 = I + I_2 + I_3 & 4) \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_{AB} = 3,8 I_1 r & 5) \end{cases}$$

$$U_2 \quad 1 \text{ и } 2: \quad 4 I_1 = 2 I_3$$

$$2 I_1 = I_3$$

$$U_3 \quad 2 \text{ и } 3: \quad 2 I_3 = 2 I_2$$

$$I_3 = I_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_2 = 2 I_1$$

$$4) \quad I_1 = I + I_2 + I_3 = I + 2 I + 2 I = 5 I.$$

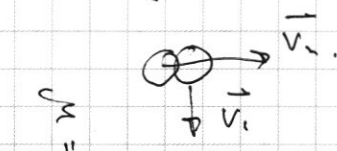
$$5) \quad U_{AB} = 3,8 I_1 \cdot r = 3,8 \cdot 5 I \cdot r = \left(3 + \frac{4}{5}\right) \cdot 5 I r = 19 I r \Rightarrow I = \frac{U_{AB}}{19 r}$$

$$I = \frac{38}{19 \cdot 10} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ A.}$$

$$\text{Ответ: } 1) R_{AB} = 3,8 r \quad ; \quad 2) I = 0,2 \text{ A.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m_1 = m_2 = m$$

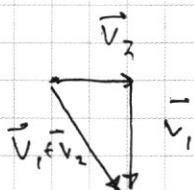


$$\mu = \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{g \cos \alpha}$$

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

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

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



$$|\vec{v}_1 + \vec{v}_2| = \sqrt{60^2 + 80^2} = \sqrt{3600 + 6400} = \sqrt{10000} = 100$$

$$v = 50$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$Q =$$

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

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

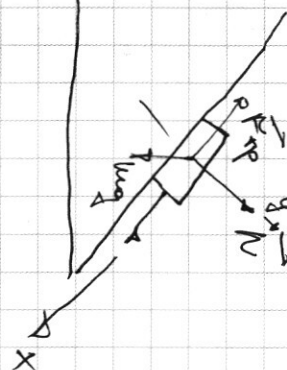
$$\mu \cos \alpha = \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{g \cos \alpha} = \frac{\alpha}{g}$$

$$x: \mu g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = \mu g$$

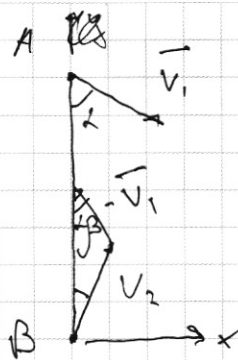
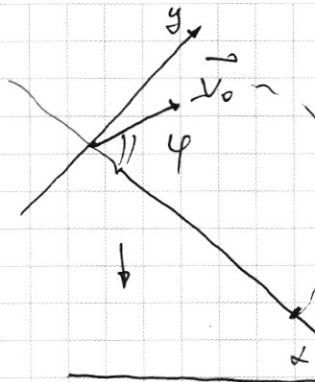
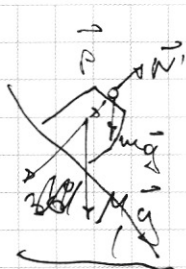
$$F_{fr} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$F_{fr} = \mu N =$$

$$x: \mu g \cos \alpha = N$$



$$\begin{array}{r} 125 \\ 117 \\ -80 \\ \hline 48 \\ 20 \\ 13 \\ \hline 70 \\ 65 \\ \hline 50 \\ 39 \\ \hline 11 \end{array}$$



$$mg \cos \alpha + P = N \quad N' = mg \cos \alpha$$

$$mg \cos \alpha + Mg \cos \alpha = N$$

$$Mg \cos \alpha / (m+M) = mg \sin \alpha$$

$$y: \begin{cases} a_y = -g \cos \alpha \\ V_y = V_0 \sin \varphi - g \cos \alpha t \end{cases}$$

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

$$y=0 \Rightarrow 0 = V_0 \sin \varphi t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2} \quad t(V_0 \cos \alpha + V_2 \cos \beta) = l$$

$$Mg \cos \alpha (m+M) \quad \tau = 0$$

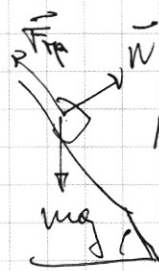
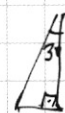
$$\frac{g \cos \alpha \tau}{2} = V_0 \sin \varphi$$

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

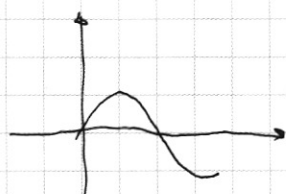
$$M = \frac{m \sin \alpha}{\cos \alpha (m+M)} \quad \tau = \frac{2 V_0 \sin \varphi}{g \cos \alpha} ; \cos \alpha = \cos 30 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\tau = \frac{4 V_0 \sin \varphi}{g \sqrt{3}}$$

$$\begin{array}{r} 230 \overline{) 46} \\ 46 \\ \hline 0 \end{array}$$



$$\tau'(\varphi) = \frac{4 V_0 \cos \varphi}{g \sqrt{3}} = 0$$



$$= \frac{M \tan \alpha}{m+M} = \frac{\sin \alpha g - a \cos \alpha}{g \cos \alpha} = 0$$

$$\varphi = 90 \quad mg \sin \alpha \geq \mu mg \cos \alpha$$

$$\frac{M \sin \alpha}{m+M} = \sin \alpha - \frac{a}{g}$$

$$\mu \leq \tan \alpha$$

$$80 = 4 \cdot 20 = 16 \cdot 5$$

$$\begin{array}{r} 9 \overline{) 9615} \\ 9 \\ \hline 13 \\ 13 \\ \hline 15 \\ 15 \\ \hline 0 \end{array}$$

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

Тоже самое в 60. эк. с. н.

$$\frac{46}{12} = \frac{23}{6}$$

$$\frac{\sin \alpha (m+M) - M \sin \alpha}{m+M} = \frac{a}{g}$$

$$\vec{V}_{21} = \vec{V}_2 - \vec{V}_1 \quad \frac{a}{g} = \sin \alpha$$