

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Вариант 10-02

Класс 10

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

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
- 2) Найти время полета гайки.
- 3) С какой высоты была брошена гайка?

Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

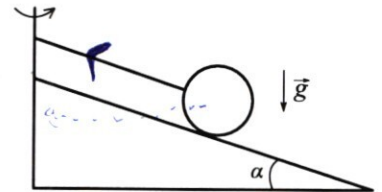
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика? $3mg$
- 2) С какой минимальной постоянной силой F надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) За какое время человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

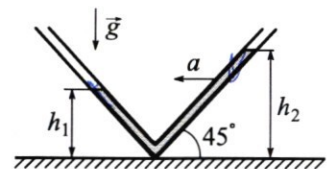
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

- 1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?
- 2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

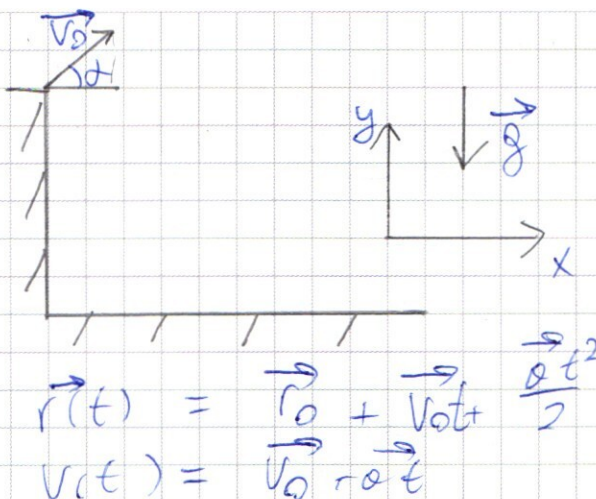
Дано:

$$V_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$V_{\text{конеч}} = 2V_0$$



Начало координат - точка броска

$$Ox: x(t) = V_0 \cos \alpha t \quad V_x(t) = V_0 \cos \alpha$$

$$Oy: y(t) = V_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} \quad V_y(t) = V_0 \sin \alpha - gt$$

$V_{\text{конеч}}$ - скорость в момент удара о землю

$$1) V_{\text{конеч}} = \sqrt{V_{x\text{конеч}}^2 + V_{y\text{конеч}}^2} = \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha + V_{y\text{конеч}}^2} \Rightarrow$$

V_x - гориз. составляющая, V_y - верт. составл.

$$\Rightarrow 2V_0 = \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha + V_{y\text{к}}^2} \Leftrightarrow V_{y\text{к}}^2 = 4V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$\Leftrightarrow V_{y\text{к}} = -\sqrt{V_0^2 (4 - \cos^2 \alpha)} = -10^2 (4 - \frac{3}{4}) \approx$$

$$\approx -10 \sqrt{\frac{13}{4}} = -5\sqrt{13} \text{ м/с}$$

2) $t_{\downarrow}$ - время полета гайки

$$V_y(t_{\downarrow}) = V_0 \sin \alpha - g t_{\downarrow} \Rightarrow t_{\downarrow} = \frac{V_0 \sin \alpha - V_{y\text{к}}}{g} =$$

$$V_y(t_{\downarrow}) = V_{y\text{к}}$$

$$= \frac{10 \cdot \frac{1}{2} + 5\sqrt{13}}{10} = \frac{5(1 + \sqrt{13})}{10} = \frac{1 + \sqrt{13}}{2} \text{ с}$$

3) h - высота башни

$$h = |y(t)| = \left| V_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} \right| = \left| 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1+\sqrt{13}}{2} - \frac{10}{2} \cdot \frac{(1+\sqrt{13})^2}{4} \right| = \left| 5 \frac{(1+\sqrt{13})}{2} - 5 \frac{(1+\sqrt{13})^2}{4} \right| = 15 \text{ м}$$

Ответ: $V_{yк} = -5\sqrt{13} \text{ м/с}$
 $t_{\downarrow} = \frac{1+\sqrt{13}}{2} \text{ с}$
 $h = 15 \text{ м}$

N2

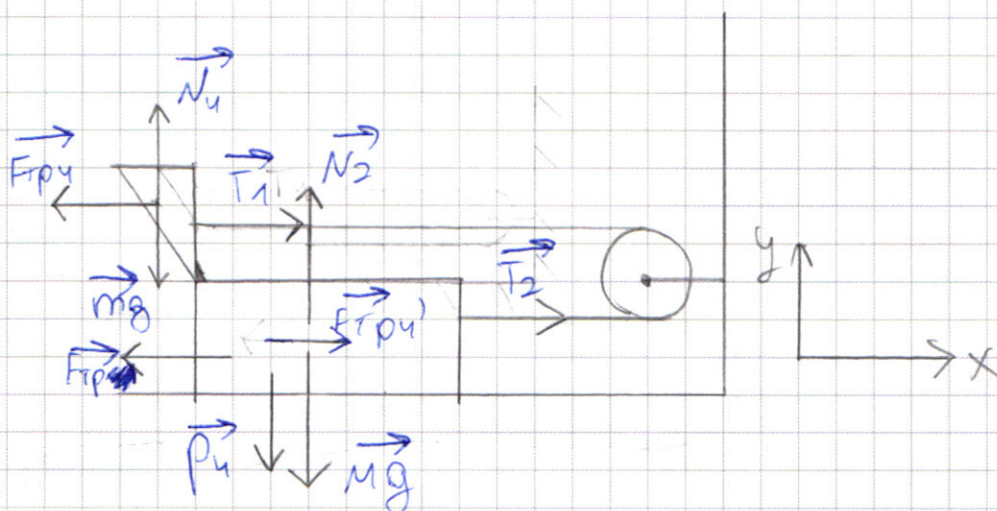
Дано:

$$m_1 = m$$

$$2m = M$$

S, μ

КАНАТ, блок
 невесомы
 трения блока
 нет,



$F_{трч}$ - сила трения, действ. на человека со стороны др. тела

$F_{трч'}$ - сила тр., действ. на др. тело со стор. человека

T_1, T_2 - сила натяжения каната

$P_{\text{ч}}$ - вес, с которым чел. действует на т.к. (трения между чел. и т.к. нет)

$F_{тр}$ - сила трения между т.к. и полом

т.к. канат невесом, блок невесом $|T_1| = |T_2|$

канат нерастяжим $\Rightarrow |\vec{a}_1| = |\vec{a}_2|$, где
 $a_{\text{ч}}$ - ускор. человека
 $a_{\text{т.к.}}$ - ускор. т.к.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 (продолжение)

$$\vec{F}_{трч} = -\vec{F}_{трч'} \quad \text{по III 3. Ньютона}$$

Для человека:

$$\vec{N}_ч + \vec{m}g + \vec{T}_1 + \vec{F}_{трч} = m\vec{a}_ч$$

$$Ox: T_1 - F_{трч} = ma_ч \quad \left| \begin{array}{l} F_{тр} = mV \\ \Rightarrow \end{array} \right. \quad T_1 - m'mg = ma_ч$$

$$Oy: N_ч = mg$$

$$\text{т.к. } \vec{N}_ч = -\vec{p} \quad \text{по II 3.н, то}$$

$$|\vec{p}| = mg$$

Для эукиа:

$$\vec{N}_2 + \vec{M}g + \vec{p} + \vec{F}_{тр} + \vec{F}_{трч'} + \vec{T}_2 = M\vec{a}_ч$$

$$Ox: -F_{тр} + F_{трч'} + T_2 = Ma_ч$$

$$Oy: N_2 = Mg + p [= 3mg]$$

т.одр.

$$\begin{cases} T_1 - m'mg = ma_ч \\ -3mmg + m'mg + T_1 = 2ma_ч \end{cases} \quad (*)$$

$$(*) \quad 2T_1 - 3mmg = 3ma_ч \Rightarrow$$

$$T_1 = \frac{3m(a_ч + mg)}{2}$$

2) по III 3. Ньютона человек действует на канат с силой $\vec{F}_0 \Rightarrow$ канат действует на ч.с. $-\vec{F}_0$

$$\Rightarrow F_0 = -\frac{3m(\alpha_4 + mg)}{2}, \text{ т.к. } F_0 - \min, \text{ то } \alpha_4 = 0 \Rightarrow F_0 = -\frac{3mng}{2}$$

1) По III 3. Ньютона $-\vec{N}_2 = \vec{P}_2$, P_2 - сила давления человека и ящика
 $N_2 = Mg + p = Mg + mg = 3mg$
 (или ранее)

3) $\vec{r}(t) = \vec{v}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$, $v_0 = 0$ (изначально все в покое)
 $S = v_0 t + \frac{a t^2}{2} \Rightarrow$
 $S = \frac{a t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$

Из (*) имеем: $2T_1 - 3mng = 3m\alpha_4$
 т.к. $-\vec{T}_1 = \vec{F}$, то

$$-2F = 3m\alpha_4 + 3mng \Leftrightarrow$$

~~$2F = 3mng$~~
 $\alpha_4 = -\frac{2F + 3mng}{3m} \Rightarrow$

$$t = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{-2F - 3mng}}$$

Ответ: $P_2 = 3mg$
 $F_0 = -\frac{3mng}{2}$
 $t = \sqrt{\frac{6mS}{-2F - 3mng}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

Дано:

Нас. пар

$t = 27^\circ\text{C}$

$p = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$

$T = \text{const}$

$$p_{\text{нп}} V_1 = \frac{m_0}{\mu} \cdot RT \Rightarrow$$

$$1) p_{\text{нп}} = p_{\text{н1}} \frac{RT}{\mu} \Rightarrow \text{где } V_1 - \text{изучаемый объем}$$

$$\Rightarrow p_{\text{н1}} = \frac{p_{\text{нп}} \mu}{RT} = \text{плотность пар}$$

$$= \frac{p \mu}{RT} = \frac{3550 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} = \text{Углерод считаем}$$

$$\text{Нас. пара} \Rightarrow p_{\text{н}} = \text{const.}$$

$$= \frac{3,55 \cdot 18}{8,31 \cdot 300} \approx \frac{63,90}{2493} \approx 2,579 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \text{кг/м}^3$$

$$\Rightarrow \frac{p_{\text{н1}}}{p_{\text{в}}} = \frac{0,2579 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} = 2,58 \cdot 10^{-5}$$

2) $V_{\text{к}}$ - конечный объем

$$p \gamma V_{\text{к}} = \frac{m_0}{\mu} RT \quad m_0 - \text{начальная масса пара}$$

$$pV = \frac{m_{\text{н}}'}{\mu} RT \quad m_{\text{н}}' - \text{конечная масса пара}$$

$$\gamma = \frac{m_{\text{н}}}{m_{\text{н}}'} \Rightarrow m_{\text{н}} = \gamma m_{\text{н}}'$$

$\Rightarrow \Delta m$ - масса пара, сконденс. в водух-
- $\gamma m_{\text{н}}' - m_{\text{н}}' = m_{\text{н}}' (\gamma - 1) \Rightarrow$

$$\gamma V_{\text{водух}} = \frac{m_{\text{н}}' (\gamma - 1)}{\rho_{\text{п}}}$$

$$V_{\text{пара}} = V_k = \frac{m_0'}{p_{02}} \Rightarrow = \frac{m_0'}{p_{01}}$$

$p_{02} = p_{01}$ тк. пар. массы. все время

$$\frac{V_{\text{пара}}}{V_{\text{вогн}}} = \frac{m_0' (5.6 - 1)}{p_{01}} = \frac{(5.6 - 1) \cdot 2.58 \cdot 10^{-5}}{1000} =$$

$$= \frac{10^{-5} (4600000 - 258)}{1000} = 2.58 \cdot 10^{-5} \cdot 4.4 \approx$$

$$\approx 0.136$$

Ответ:

$$\frac{p_{01}}{p_6} = 2.58 \cdot 10^{-5}$$

$$\frac{V_{\text{пара}}}{V_{\text{вогн}}} \approx 0.136$$

$$\frac{V_{\text{пара}}}{V_{\text{вогн}}} = \frac{m_0'}{p_{01}} = \frac{p_6}{p_{01} \cdot 4.6} =$$

$$\approx \frac{10000000}{118.6} =$$

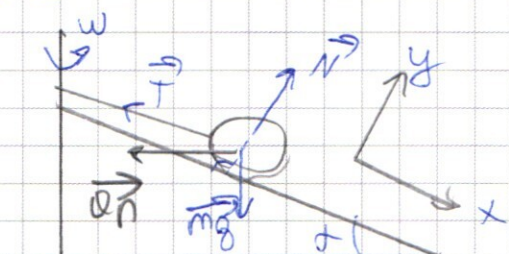
Ответ:

$$\frac{p_{01}}{p_6} \approx 2.58 \cdot 10^{-5}$$

$$\frac{V_{\text{п}}}{V_6} \approx \frac{10000000}{118.6}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3



Дано:

m, R, L, α, g, w

$$\vec{N} + \vec{T} + m\vec{g} = 0 \quad - \text{по } \Sigma \text{ З.и. (шарик в покое)}$$

$$Ox: -T + mg \sin \alpha = 0$$

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

$$1) -\vec{p} = \vec{N} - \text{по } \Sigma \text{ З.и.} \Rightarrow p_1 = +mg \cos \alpha,$$

где p_1 - вес шарика, с кот. он действует на клин без вращения.

2) при вращении:

$$a_n = w^2 L$$

$$Ox: -T + mg \sin \alpha = -ma_{nx} (=)$$

$$-T + mg \sin \alpha = -w^2 L \sin \alpha \cos \alpha$$

$$Oy: N - mg \cos \alpha = -w^2 L \sin \alpha \Rightarrow$$

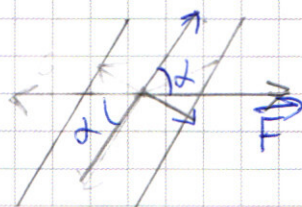
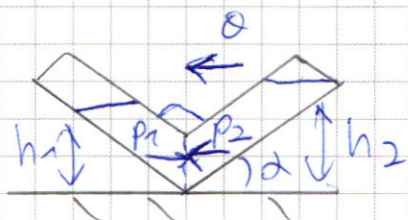
$$\Rightarrow N = mg \cos \alpha + w^2 L \sin \alpha$$

Аналогично п.1. $p_2 = N$

Ответ: $p_1 = mg \cos \alpha$

$$p_2 = mg \cos \alpha + w^2 L \sin \alpha$$

N4



CO - трюка =>
на поверхность действует
сила инерции

$\vec{F} \uparrow \vec{R} \downarrow$

p_1 - давление "левого" столба жидк. (h_1)
 p_2 - правого (h_2)

$$p_1 = \rho g h_1 + \alpha \cos \alpha \rho h_1$$

$$p_2 = \rho g h_2 - \alpha \cos \alpha \rho h_2$$

1) поверхность в покое => по 3. Истоща
отн. трюки

$$p_1 = p_2 \Leftrightarrow$$

$$\rho g h_1 (g + \alpha \cos \alpha) = \rho h_2 (g - \alpha \cos \alpha) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_2 = \frac{h_1 (g + \alpha \cos \alpha)}{g - \alpha \cos \alpha} =$$

$$= \frac{0.1 (10 + 4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2})}{10 - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 4} = \frac{10.8 + 2\sqrt{2}}{10 - 2\sqrt{2}} =$$

$$= \frac{(10 + 2\sqrt{2})(10 + 2\sqrt{2})}{92} = \frac{100 + 20\sqrt{2} + 20\sqrt{2} + 8}{92} =$$

$$= \frac{108 + 40\sqrt{2}}{92} =$$

$$= \frac{10.8 + 4\sqrt{2}}{9.2} \text{ м}$$

трюка и со, масло
на одном уровне => в покое
отн. трюки.

2) масло на одной высоте => $V_{\text{масло/трюки}} = 0$, масло
в покое отн. трюки (трюка и земля ~~одна~~ со 0)
как только $\theta = 0$
 $V_1 = 0$, тк. пр. "исчезнов."
ускорения масло
покоилось отн. трюки.

Ответ: $h_2 = \frac{10.8 + 4\sqrt{2}}{9.2} \text{ м}$ $V_1 = 0 \text{ м/с}$
 $V_2 = 0 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

ИП. 27°C $\rho = 3.55 \cdot 10^3 \text{ Па}$

$$\varphi = \frac{P}{P_{\text{ип}}} = 100 \Rightarrow$$

$$\varphi = \frac{P_0}{P_{\text{ип}}} = \frac{\frac{m_0}{V}}{\frac{m_{\text{ип}}}{V}} = \frac{m_0}{m_{\text{ип}}}$$

$$P_{\text{ип}} = \frac{m_0}{V} \cdot \frac{1}{m} RT = \left(\frac{RT}{m} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = \frac{P_{\text{ип}} m}{RT} \Rightarrow$$

V - конечный объем

$$P_{\text{ип}} \gamma V = \frac{m_0}{m} RT$$

$$P_{\text{ип}} V = \frac{m_0'}{m} RT \Rightarrow$$

$$m_0 = \gamma m_0'$$

$$\gamma = \frac{m_0}{m_0'}$$

$$\Rightarrow m_0' = \frac{m_0}{\gamma} \Rightarrow$$

$$\Delta m_0 = \frac{\gamma m_0' - m_0}{\gamma} = \frac{m_0(\gamma - 1)}{\gamma}$$

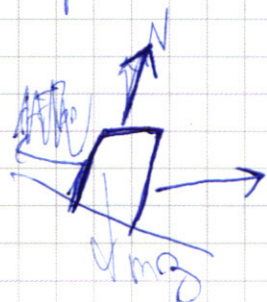
$$\Rightarrow V_{\text{возм}} = \frac{m_0(\gamma - 1)}{\rho \gamma}$$

$$\begin{array}{r} 3.55 \\ \times 18 \\ \hline 2840 \\ 355 \\ \hline 6390 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 631 \\ 2493 \end{array}$$

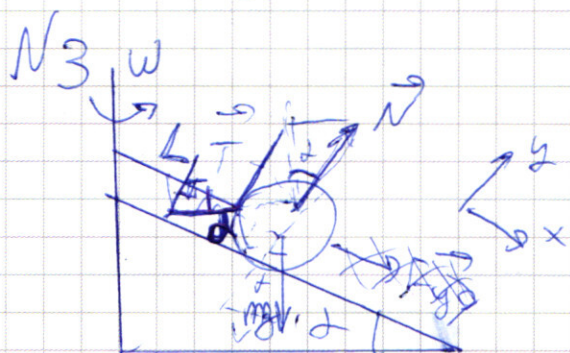
$$63.90$$

$$p_{an} = \frac{m_0'}{m} v R T = p' \frac{R T}{m} \Rightarrow$$



$$p' = \frac{p_{an} m}{R T} \Rightarrow$$

$$V_{\text{АРА}} = \frac{m_0'}{p'} = \frac{m_0' R T}{p_{an} m}$$



$$F_g = \sqrt{m g \cos \alpha} + m g \sin \alpha$$

$$\vec{N} + \vec{T} + \vec{mg} = 0$$

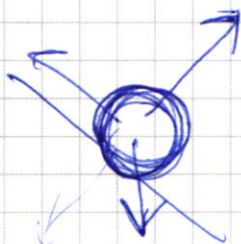
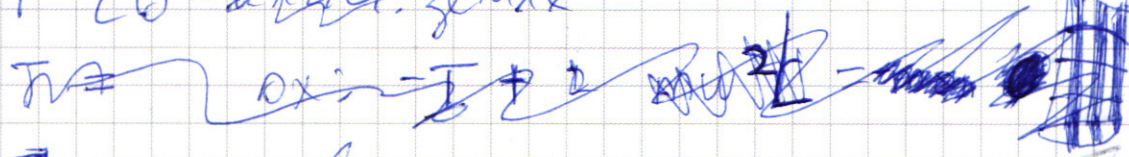
$$Oy: N = mg \cos \alpha$$

$$Ox: -T + mg \sin \alpha = 0 \quad \text{или}$$

$$2m v \omega$$

$$T = mg \sin \alpha$$

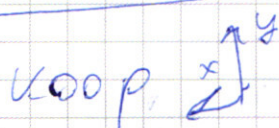
При вращении
CO-масс. земля



$$Ox: -T + mg \sin \alpha = -\omega^2 L \cos \alpha$$

$$Oy: N - mg \cos \alpha = -\omega^2 L \sin \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha + \omega^2 L \sin \alpha$$



$$Ox: T \cos \alpha - N \sin \alpha = 0 \quad \text{или}$$

$$mg \sin \alpha - T \sin^2 \alpha = T \cos^2 \alpha \quad Oy: T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$$

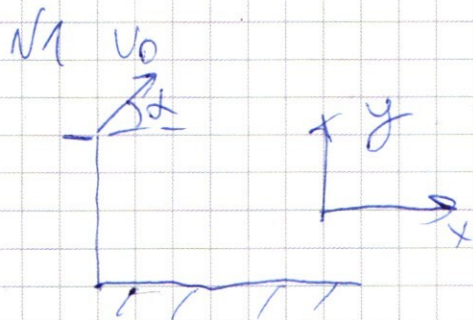
$$mg \sin \alpha = T$$

$$N = \frac{T \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$N = \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$N = mg - \frac{mg \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} = mg \cos \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V_k = 2V_0$$

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{V}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

$$\vec{V}(t) = \vec{V}_0 + \vec{a} t$$

$$0x: x(t) = V_0 \cos \alpha t$$

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

$$V_y(t) = V_0 \sin \alpha - g t$$

$$V_k = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

$$V_k = \text{const}$$

$$2V_0 = \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha + V_y^2} \quad (\Rightarrow)$$

$$4V_0^2 = V_0^2 \cos^2 \alpha + V_y^2 \Rightarrow$$

$$V_y = \sqrt{4V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

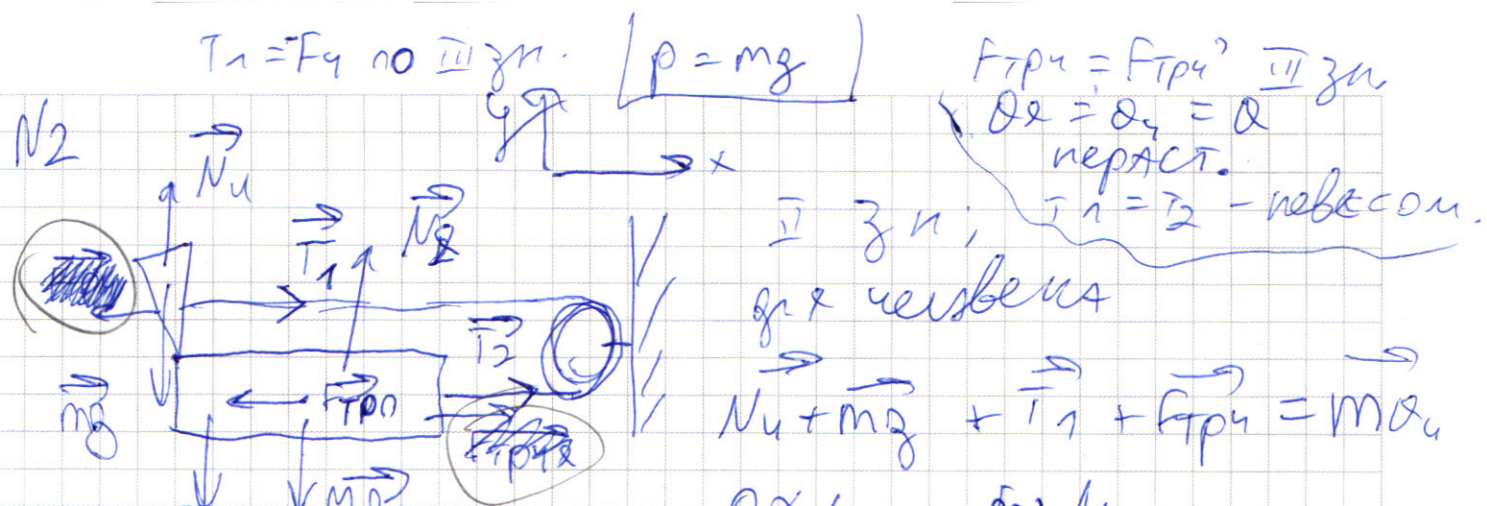
$$= \frac{\sqrt{V_0^2 (4 - \cos^2 \alpha)} - V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$V_{yk} = \frac{V_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g}$$

$$t = \frac{V_0 \sin \alpha - V_{yk}}{g}$$

$$h = y(t_k) = V_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$= V_0 \sin \alpha \frac{V_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} - \frac{g V_0^2 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)^2}{2g^2}$$



$$N_2 + \vec{mg} + \vec{T}_1 + \vec{F}_{TP4} = m\vec{a}_4$$

$$\text{OX: } T_1 - m'g = m\alpha_4$$

$$\text{OY: } N_2 = mg$$

$$N_2 + \vec{Mg} + \vec{p} + \vec{F}_{TP0} + \vec{F}_{TP4}' + \vec{T}_2 = T_2 - m'g = m\alpha_4$$

$$= M\alpha_2$$

$$\text{OX: } 3mg + m'g + T = 3m\alpha$$

$$\text{OY: } N_2 = Mg + mg = 3mg$$

$$\begin{cases} 3mg + m'g + T = 3m\alpha \\ m'g + T = m\alpha \end{cases} \Rightarrow$$

$$3mg + m'g + T - m'g + T = 4m\alpha \quad (-)$$

$$2T + 3mg = 4m\alpha \quad (-)$$

$$T = \frac{4m\alpha - 3mg}{2}$$

$$T - \min \Rightarrow \alpha = 0 \Rightarrow$$

$$T = \frac{-3mg}{2} \Rightarrow$$

$$F_0 = \frac{3mg}{2}$$

$$2F + 3mg = 4m\alpha$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{2F + 3mg}{4m}$$

$$S = V_0 t + \frac{\alpha t^2}{2} + S_0 \quad (-)$$

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

$$t = \sqrt{\frac{2S}{\alpha}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

$\sigma_x = \sigma \cos \alpha$

$p_1 = \rho g h_1 + \sigma \cos \alpha \rho h_1$

$p_2 = \rho g h_2 - \sigma \cos \alpha \rho h_2$

$\rho g h_1 h_1 (\rho g + \sigma \cos \alpha) =$

$= \rho h_2 (g - \sigma \cos \alpha) \Rightarrow$

$h_2 = \frac{h_1 (g + \sigma \cos \alpha)}{g - \sigma \cos \alpha}$

в т.ч. $\sigma = 0 \Rightarrow$ теперь $\sigma = 0$

мажор В.юте $\Rightarrow$ движение масла
со скоростью $\Rightarrow V_{\text{масл}} = 0$
т.к. $\sigma = 0$

$p_1 = \rho g h_1$ $p_2 = \rho g h_2$

$\Delta p =$

2 правая сторона.

3C2

$$\frac{mv^2}{2} + mg(h_2 - h_1) = 0 + 0 =$$

$$\frac{mv^2}{2} + 0 = mg(h_2 - h_1) \Rightarrow$$

$$v^2 = \sqrt{2g(h_2 - h_1)}$$

$$560000.00 - 2.58 = 559997.42$$

$$560000.00 - 2.58 = 559997.42$$

$$17868 \times 2.58 = 46080.24$$

$$17868 \times 2.58 = 46080.24$$

$$6390 - 2493 = 3897$$