

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

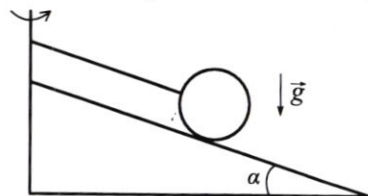
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

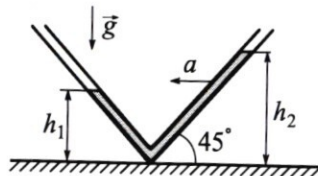


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

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.

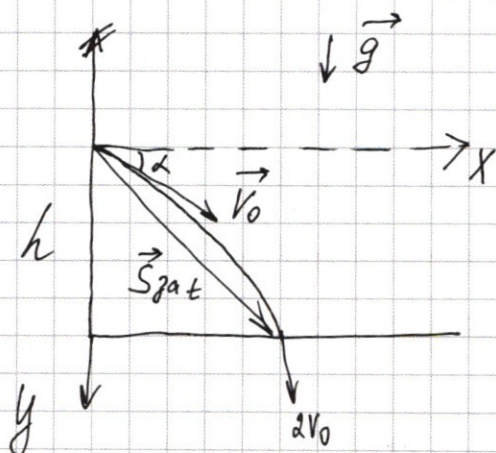
2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

Т.к. всё время приближ. к земле, её можно считать



Дано:

$$V_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$V_1 = 2V_0$$

$$V_y = ?$$

$$t = ?$$

$$h = ?$$

$$V_1 = 2V_0 = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_0 + \vec{g}t$$

$$x: V_x = V_0 \cos \alpha$$

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

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

$$V_y^2 = V_0^2 (4 - \cos^2 \alpha)$$

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

$$V_y = 10 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = 5\sqrt{13} \approx 5 \cdot 3,6 = 18 \text{ м/с}$$

$$\vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2} \quad (1)$$

З.С.З.

$$mgh + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{m \cdot 4V_0^2}{2} + mgh_1$$

$$gh = \frac{3V_0^2}{2}$$

$$h = \frac{3V_0^2}{2g} = \frac{3 \cdot 100}{2 \cdot 10} = 15 \text{ м.}$$

$$(1) y: h = V_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2}$$

$$V_{1y} = V_0 \sin \alpha + gt = V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha}$$

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

$$t = \frac{V_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} = \frac{10 \cdot (\frac{\sqrt{13}}{2} - \frac{1}{2})}{10} \approx \frac{2,6}{2} = 1,3 \text{ с}$$

Продолжение №1.

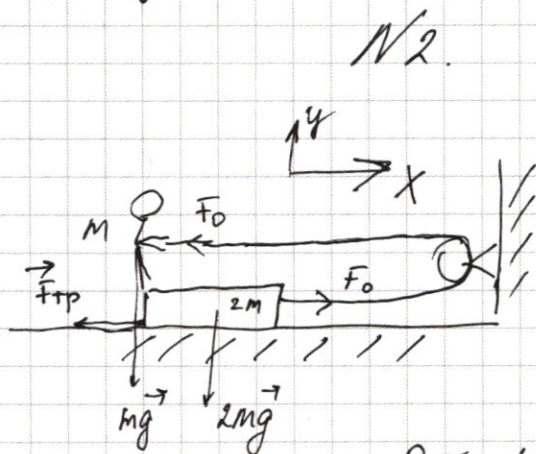
Dilem: 1) $V_y = V_0 \cdot \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = 18 \text{ м/с}$
 2) $t = \frac{V_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} = 1,3 \text{ с}$
 3) $h = \frac{3V_0^2}{2g} = 15 \text{ м}$

Дано:

m
 $M = 2m$

S
 F
 μ

$N - ?$
 $F_0 - ?$
 $t - ?$



$N = 3mg$

Сила будет минимальна, когда $\alpha = 0$

на блок:

$0 = 2mg + F_0 + F_{тр} + N$

$x: 0 = F_0 - \mu N$

$F_0 = 3\mu mg$

при $F > F_0$.

на блок

$2m\vec{a} = 2mg + \vec{N} + \vec{F}_{тр} + \vec{F}$

$x: 2ma = F - 3\mu mg$

$a = \frac{F - 3\mu mg}{2m}$

$\vec{S} = \vec{V_0}t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$

$x: S = \frac{at^2}{2}$

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

$t = \sqrt{\frac{2S \cdot 2m}{F - 3\mu mg}} = 2\sqrt{\frac{mS}{F - 3\mu mg}}$

Dilem: 1) $N = 3mg$

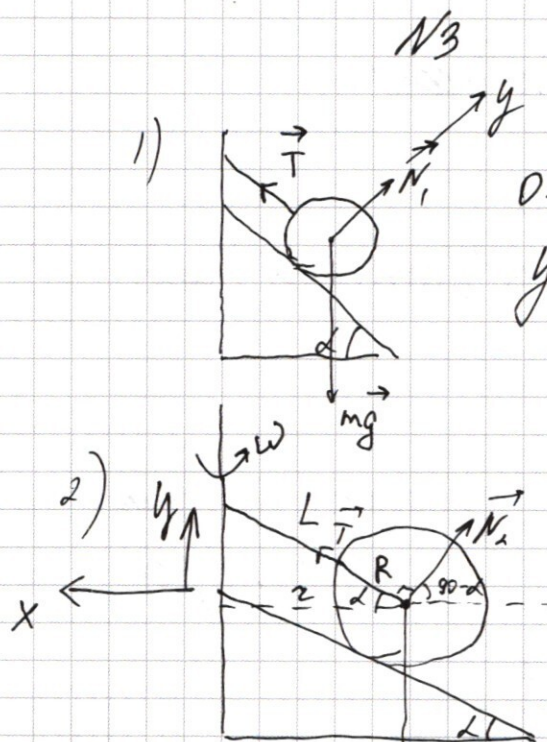
2) $F_0 = 3\mu mg$

3) $t = 2\sqrt{\frac{mS}{F - 3\mu mg}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано

m
 R
 L
 ω
 α
 $N_1 - ?$
 $N_2 - ?$



$$0 = \vec{mg} + \vec{N}_1 + \vec{T}$$

$$y: 0 = -mg \cos \alpha + N_1$$

$$N_1 = mg \cos \alpha$$

шар будет вращаться
по окружности радиуса r

$$r = (L+R) \cos \alpha$$

$$m\vec{a} = \vec{mg} + \vec{N}_2 + \vec{T}$$

$$x: m\omega^2 r = -N_2 \sin \alpha + T \cos \alpha$$

$$y: 0 = -mg + T \sin \alpha + N_2 \cos \alpha$$

$$T \cos \alpha = m\omega^2 (L+R) \cos \alpha + N_2 \sin \alpha \quad (1)$$

$$T \sin \alpha = mg - N_2 \cos \alpha \quad (2)$$

(1) : (2)

$$\cot \alpha = \frac{m\omega^2 (L+R) \cos \alpha + N_2 \sin \alpha}{mg - N_2 \cos \alpha}$$

$$N_2 (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \cot \alpha) = mg \cot \alpha - m\omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \cot \alpha = \sin \alpha + \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1}{\sin \alpha}$$

$$N_2 \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = m(g \cot \alpha - \omega^2 (L+R) \cos \alpha)$$

продолжение №3

$$N_2 = m \cdot \sin \alpha (g \cos \alpha - \omega^2 (L+R) \cos \alpha)$$

$$N_2 = m (g \cos \alpha - \omega^2 (L+R) \cos \alpha \cdot \sin \alpha)$$

$$N_2 = m (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha) \cdot \cos \alpha$$

Ответ: 1) $N_1 = mg \cos \alpha$

2) $N_2 = m (g - \omega^2 (L+R) \sin \alpha) \cos \alpha$

дано:

$$T = 27^\circ \text{C} = 300 \text{K}$$

$$P_{\text{нас}} = 3,55 \cdot 10^3 \text{Па}$$

$$f = 5,6$$

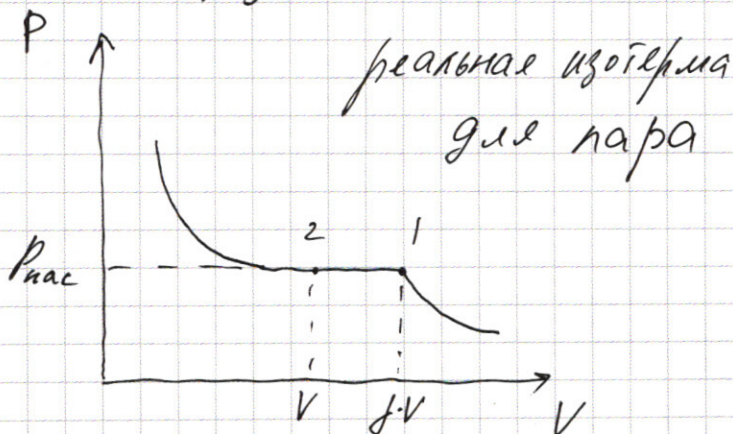
$$\rho_{\text{вост}} = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$\rho_{\text{жогт}} = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$\frac{P_{\text{нара}}}{P_{\text{жогт}}} = ?$$

$$\frac{V_{\text{нара}}}{V_{\text{жогт}}} = ?$$

№5.



$$P_{\text{нае}} \cdot f \cdot V = \nu_n RT \quad (1)$$

$$P_{\text{нас}} \cdot V = (\nu_n - \nu_b) RT \quad (2)$$

$$P_{\text{нас}} V (f-1) = \nu_b RT = \frac{\rho_b V_{\text{жогт}}}{\mu_{\text{жогт}}} RT$$

$$\frac{V}{V_{\text{жогт}}} = \frac{\rho_b RT}{P_{\text{нас}} \cdot (f-1) \cdot \mu_{\text{жогт}}} = \frac{10 \cdot 8,3 \cdot 300}{3,55 \cdot 10^3 \cdot 4,6 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} = \frac{83 \cdot 10^6}{9798} \approx 8300$$

$$(1) : (2) \quad f = \frac{\nu_{\text{нара}}}{\nu_{\text{нара}} - \nu_{\text{жогт}}} ; (f-1) \nu_{\text{нара}} = f \nu_{\text{жогт}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

продолжение №5.

$$(f-1) \cdot \frac{p_{\text{пара}} \cdot fV}{\mu_{\text{вод}}}} = f \cdot \frac{p_{\text{вод}} \cdot V_{\text{вод}}}{\mu_{\text{вод}}}}$$

$$(f-1) V p_{\text{пара}} = p_{\text{вод}} \cdot V_{\text{вод}}$$

$$\frac{p_{\text{пара}}}{p_{\text{вод}}} = \frac{V_{\text{вод}}}{V(f-1)} = \frac{p_{\text{вод}} RT}{p_{\text{нас}}} = \frac{p_{\text{нас}} (f-1) \mu_{\text{вод}}}{p_0 RT (f-1)}$$

$$= \frac{p_{\text{нас}} \mu_{\text{вод}}}{p_0 RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{10^5 \cdot 83 \cdot 3 \cdot 10^2} = \frac{3,55 \cdot 6}{8,3 \cdot 10^5} = \frac{355 \cdot 6}{83 \cdot 10^6} = \frac{213}{83 \cdot 10^5} = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

Ответ: 1) $\frac{p_{\text{пара}}}{p_{\text{вод}}} = 2,5 \cdot 10^{-5}$

2) $\frac{V}{V_{\text{вод}}} = 8300$

Дано:

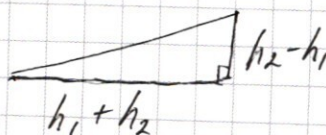
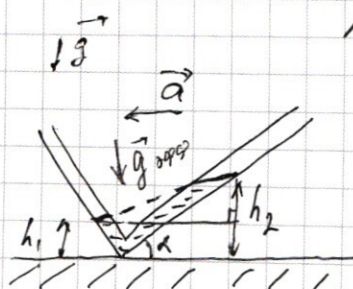
$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

$$h_1 = 10 \text{ см}$$

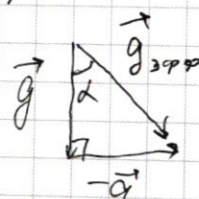
$$h_2 = ?$$

$$V_{\text{отн}} = ?$$

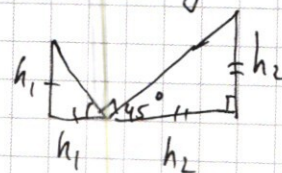


№4.

$$\vec{g}_{\text{отн}} = \vec{g} - \vec{a}$$

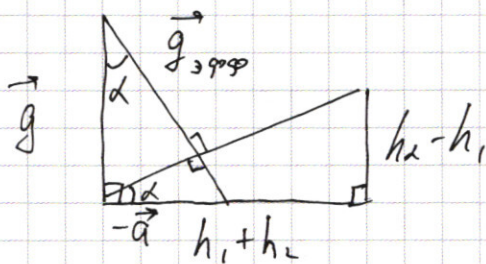


$$\tan \alpha = \frac{a}{g}$$



$\vec{g}_{\text{отн}} \perp$ поверхности твёрдой

продолжение №4



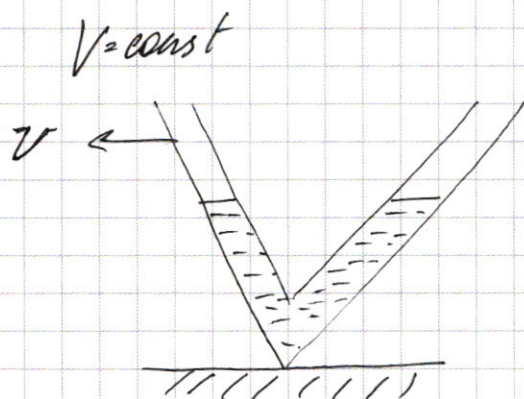
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = \frac{a}{g}$$

$$h_2 g - h_1 g = a h_1 + a h_2$$

$$h_2 (g - a) = h_1 (a + g)$$

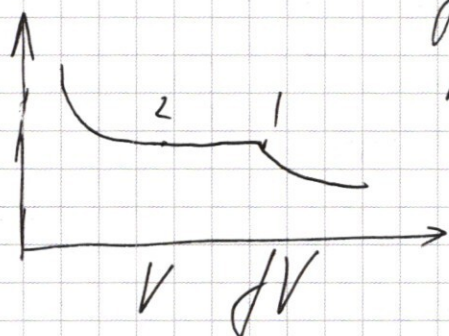
$$h_2 = h_1 \cdot \frac{g + a}{g - a}$$

$$h_2 = 0,1 \cdot \frac{14}{6} = 0,1 \cdot \frac{7}{3} \approx 0,23 \text{ м}$$



Ответ: 1) $h_2 = h_1 \cdot \frac{g + a}{g - a} = 0,23 \text{ м}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$PV = \nu_n RT$$

$$P \Delta V = (\nu_n - \nu_0) RT$$

$$PV(\gamma - 1) = \nu_0 kT$$

$$PV(\gamma - 1) = \frac{P_0 V_0}{\mu_0} \cdot RT$$

$$V_0 = \frac{PV(\gamma - 1) \mu_0}{P_0 RT}$$

$$46 = \frac{23}{50}$$

$$\frac{46}{10} = \frac{23}{5}$$

$$\frac{V_0}{V_n} = \frac{P_0 RT}{P(\gamma - 1) \mu_0}$$

$$= \frac{P_0 kT}{P_n \mu_0}$$

$$\frac{1}{\gamma} = \frac{\nu_n}{\nu_n - \nu_0} = f$$

$$P \Delta V = \nu_n kT$$

$$PV = (\nu_n - \nu_0) RT$$

$$PV(\gamma - 1) = \nu_0 kT$$

$$\nu_n - \nu_0 = \nu_n (1 - \frac{1}{\gamma})$$

$$\frac{P_n \nu_n RT}{M_n} \cdot \frac{1}{\gamma - 1} = \frac{P_0 V_0}{\mu_0} \cdot f$$

$$\frac{2}{3} \frac{kg}{m^3} = \frac{P_n \cdot m^3}{m^3}$$

$$0,018$$

$$\frac{P_n \cdot kg}{m^3}$$

$$10^5 \cdot 3,83$$

$$\begin{array}{r} \times 355 \\ 6 \\ \hline 2130 \end{array}$$

$$830000$$

$$= \frac{8,3 \cdot 10^8}{46 \cdot 6 \cdot 355}$$

$$46 \cdot 18 \cdot 3,55$$

$$\begin{array}{r} \times 46 \\ 2130 \\ \hline 1278 \\ 852 \end{array}$$

$$6 \cdot 46 \cdot 3,55$$

$$\frac{83 \cdot 10^7}{46}$$

$$83000000 / 9798$$

$$\begin{array}{r} 97980 \end{array}$$

$$8300$$

$$P_{\text{нас}} \cdot fV = \frac{P_{\text{нара}} \cdot fV}{RT} \quad P_{\text{н}} = P_{\text{нас}}$$

$$P_{\text{нара}} = \left(\frac{P_{\text{нас}}}{RT} \right) \cdot \frac{M_{\text{нара}}}{M_{\text{нара}}}$$

$$P_{\text{нара}} = \frac{m_{\text{н}}}{P_{\text{нара}} \cdot V_{\text{нара}}} = \frac{m_{\text{н}}}{fV}$$

$$5,6 = \frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{н}} - V_{\text{возд}}}$$

$$5,6 V_{\text{возд}} = 4,6 V_{\text{нара}}$$

$$f = \frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{н}} - V_{\text{е}}}$$

$$(f-1)V_{\text{н}} = fV_{\text{е}} \quad V_{\text{н}} = \frac{P \cdot fV}{P_{\text{н}}}$$

$$\frac{3,55 \cdot 18}{8,3 \cdot 8 \cdot 10^5} = \frac{355 \cdot 6}{83 \cdot 10^6} = \frac{213}{83 \cdot 10^5}$$

$$\begin{array}{r} 355 \\ \times 6 \\ \hline 2130 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 213/83 \\ 169 \\ \hline 2,5 \\ 440 \\ -415 \end{array}$$

11

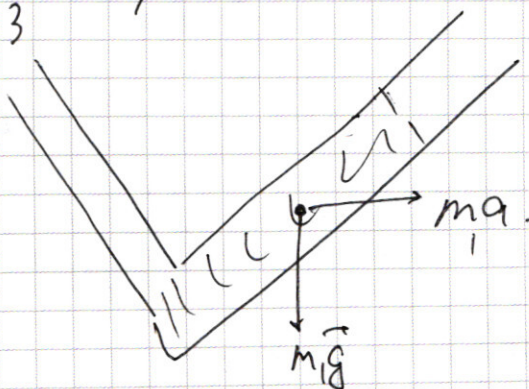
$$\frac{2,5}{10^5} = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

$$\frac{P_{\text{нас}} \cdot V_{\text{возд}}}{P_{\text{е}} RT} = \frac{3550 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{10^3 \cdot 8,3 \cdot 300}$$

$$\sum_{i=1}^n \vec{S}_i = 0$$

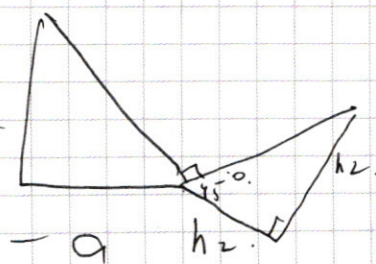
$$\frac{m_1 \vec{S}_1 - m_2 \vec{S}_2}{m_1 + m_2} = 0$$

$$2\frac{1}{3} = 2,3$$

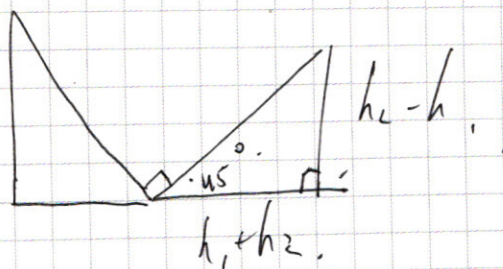
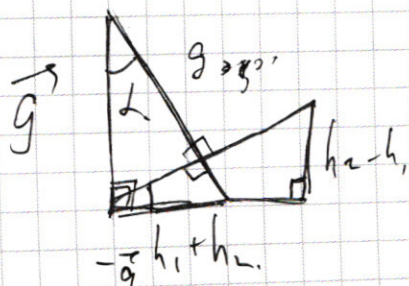


$$\Delta W$$

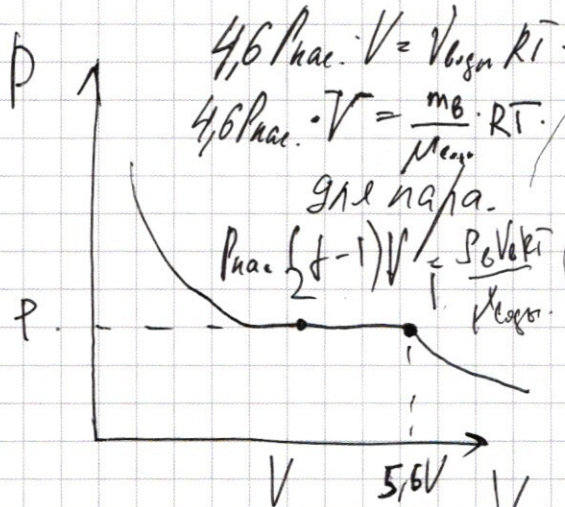
$$\frac{m_1 h_1}{2} \cdot g \cdot g$$



$$\text{tg} \alpha =$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P_{nac} \cdot 5.6 V = J_n \cdot R T$$

$$P_{nac} \cdot V = (J_n - V_{огор}) R T$$

$$5.6 = \frac{J_n}{J_n - V_{огор}}$$

$$5.6 J_n - 5.6 V_{огор} = J_n$$

$$4.6 J_n = 5.6 V_{огор}$$

$$23 J_n = 28 V_{огор}$$

$$\frac{23 m_n}{M_n} = \frac{28 m_b}{M_b}$$

$$\frac{23 J_n \cdot V_n}{M_n} = \frac{28 J_b \cdot V_b}{M_b}$$

$$\frac{V_b}{V} = \frac{P_b}{P_n}$$

$$P_{nac} \cdot 5.6 \cdot M_n = J_n \cdot R T$$

$$M_n = \frac{J_n R T}{P_{nac} \cdot 5.6}$$

$$\frac{23 J_n \cdot V_n \cdot 5.6 P_{nac}}{J_n R T} = M_n \frac{m}{\mu}$$

$$\eta = \frac{P_{огор}}{P_{nac}} = \frac{P_{огор}}{P_{nac}}$$

$$P_{огор} = P_{огор} + P_{nac} \cdot 5.6 V$$

$$J_n = \frac{28}{23} \cdot \frac{P_b}{M_b}$$

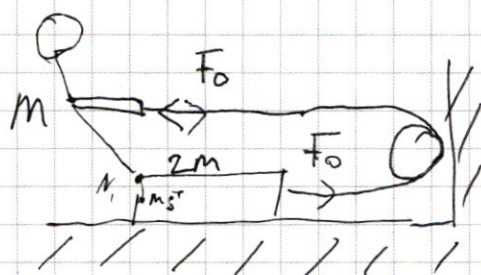
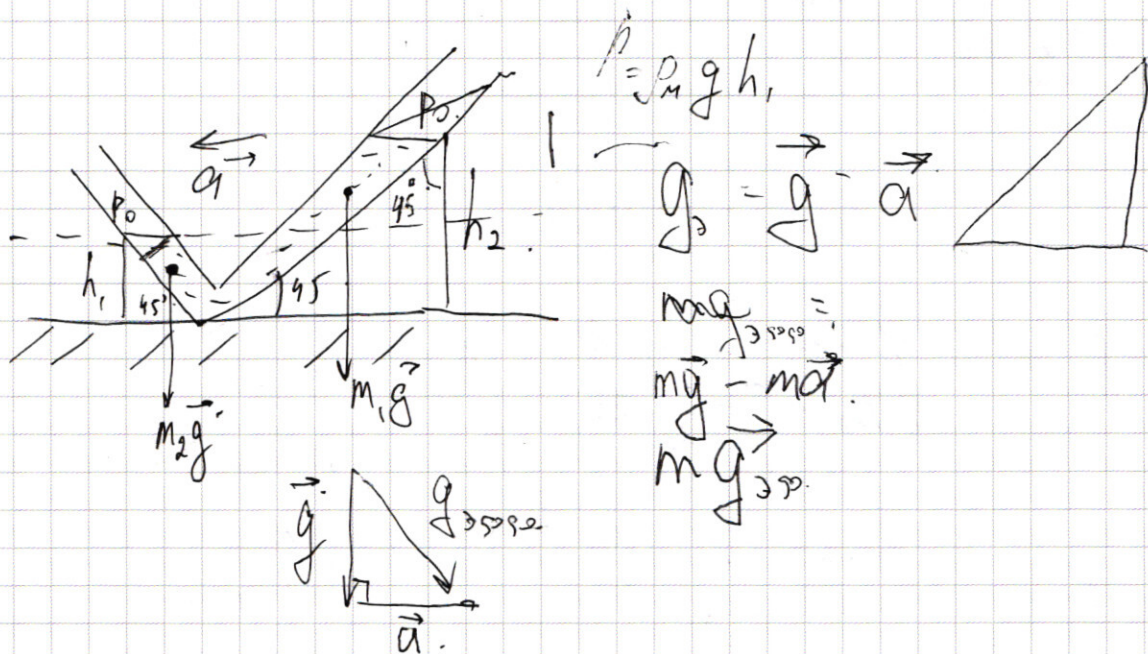
$$J_n = P_{nac}$$

$$P_{nac} \cdot 5.6 V = \frac{J_n R T}{M_n}$$

$$\frac{23 J_n \cdot P_{nac}}{R T} = \frac{28 J_b V_b}{M_b}$$

$$\frac{J_n}{M_n} = \frac{P_{nac}}{R T}$$

$$\frac{J_n}{V_b} = \frac{28 J_b R T}{23 P_{nac} M_b}$$



$$2m \cdot a = F_0 - \mu \cdot 3mg$$

$$a = \frac{F_0 - 3mg\mu}{2m}$$

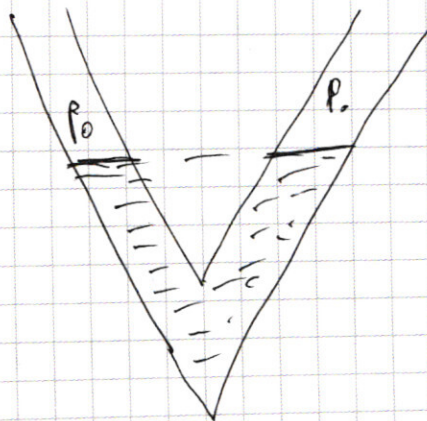
$$F_0 = 3mg\mu \quad N = 3m \cdot g$$

$$S = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

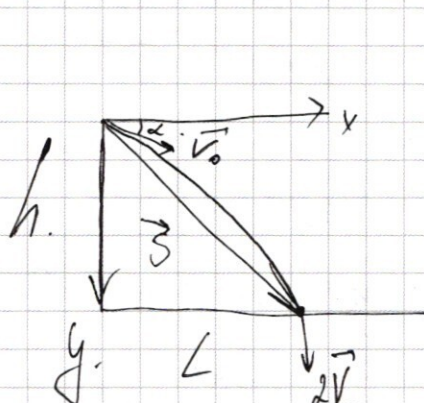
$$S = \frac{F - 3mg\mu}{2m} \cdot \frac{t^2}{2}$$

$$t = 2 \sqrt{\frac{mS}{F - 3\mu mg}}$$

$$\frac{4mS}{F - 3\mu mg} = t^2$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\vec{V}_1 = \vec{V}_0 + \vec{g}t$$

$$x: V_{1x} = V_0 \cos \alpha = V_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$y: V_{1y} = V_0 \sin \alpha + gt$$

$$2V_0 = \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha + V_0^2 \sin^2 \alpha + (gt)^2 + 2gtV_0 \sin \alpha}$$

$$2V_0 = \sqrt{V_0^2 + 2gtV_0 \sin \alpha + (gt)^2}$$

$$4V_0^2 = V_0^2 + 2gtV_0 \sin \alpha + g^2 t^2$$

$$(gt)^2 + 2gtV_0 \sin \alpha - 3V_0^2 = 0$$

$$gt = -V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 3V_0^2} = -V_0 \sin \alpha + V_0 \sqrt{\sin^2 \alpha + 3}$$

$$\vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2}$$

$$2V_0 = \sqrt{\frac{3}{4}V_0^2 + V_y^2}$$

$$4V_0^2 = \frac{3}{4}V_0^2 + V_y^2$$

$$y: h = V_0 \sin \alpha + \frac{gt^2}{2}$$

$$13V_0^2 = 4V_y^2$$

$$V_y = \frac{\sqrt{13} \cdot V_0}{4}$$

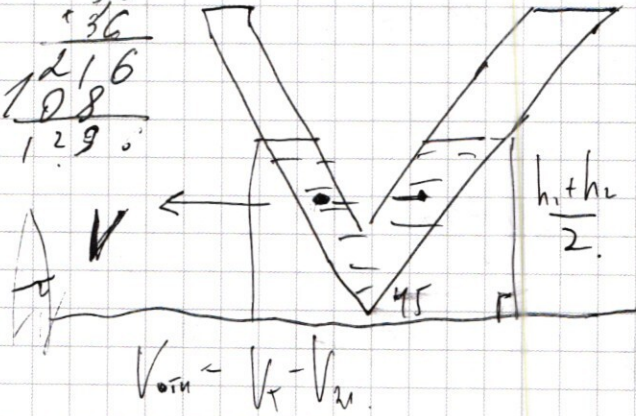
$$t = \frac{-V_0 \sin \alpha + V_0 \sqrt{\frac{13}{4} + 3}}{g}$$

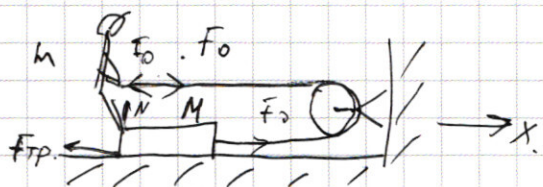
$$V = \text{const}$$

$$\begin{array}{r} 3.5 \cdot 1225 = 4287.5 \\ + 36 \\ \hline 1216 \\ 108 \\ \hline 1290 \end{array}$$

$$mgh + \frac{4V_0^2}{2} = \frac{4V_0^2}{2}$$

$$h = \frac{3V_0^2}{2g}$$





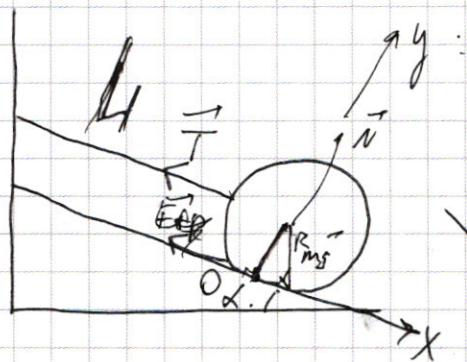
$$\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{TP} = 0.$$

$$x: mgsin\alpha = T + \mu N$$

$$y: N = mg \cos\alpha.$$

$$mgsin\alpha = \mu mg \cos\alpha + T$$

$$mg(sin\alpha - \mu \cos\alpha) = T.$$



$$\text{оч } 0. \quad M_{F_{TP}} = 0; \quad M_N = 0.$$

$$mg \cdot R \sin\alpha = T \cdot R$$

$$T = mg \sin\alpha.$$

$$mgsin\alpha = T.$$

$$y: N = mg \cos\alpha.$$

$$M = (L+R) \cos\alpha.$$

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T}$$

$$m \cdot \omega^2 \cdot (L+R) \cos\alpha = T \cos\alpha - N \sin\alpha.$$

$$y: 0 = mg - N \cos\alpha - T \sin\alpha.$$

$$mg \cos\alpha - \cos\alpha N \cos\alpha = m\omega^2(L+R) \cos\alpha + N \sin\alpha.$$

$$N(\sin\alpha + \cos\alpha \cdot \cos\alpha) = m(g \cos\alpha - \omega^2(L+R) \cos\alpha)$$

$$T \cos\alpha = m\omega^2(L+R) \cos\alpha + N \sin\alpha$$

$$T \sin\alpha = mg - N \cos\alpha$$

$$\cos\alpha = \frac{m\omega^2(L+R) \cos\alpha + N \sin\alpha}{mg - N \cos\alpha}.$$

$$\sin\alpha + \frac{\cos^2\alpha}{\sin\alpha} = \frac{1}{\sin\alpha}.$$

$$N = m(g \cos\alpha - \omega^2(L+R) \cos\alpha) \cdot \sin\alpha =$$

$$= m(g - \omega^2(L+R) \sin\alpha) \cdot \cos\alpha.$$