

Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 10

Вариант 10-02

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

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.

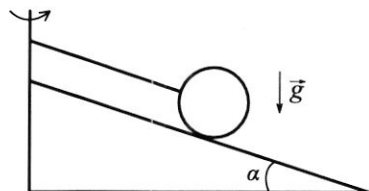
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в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

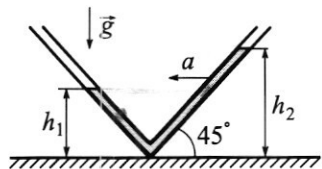
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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

- 1) Т.к. ускорение действует только по оси Oy , то $V_x = \text{const}$

$$V_k^2 = V_{ky}^2 + V_x^2$$

V_k — полная конечная скорость

V_{ky} — y -составляющая конечной скорости

$$V_x = V_0 \cos \alpha$$

$$V_0^2 = V_{ky}^2 + V_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$V_{ky} = V_0 \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = V_0 \sqrt{1 + \sin^2 \alpha} \approx 17,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ОТВЕТ: $17,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

- 2) Вертикальная составляющая скорости в момент времени t равна $V_0 \sin \alpha - gt$

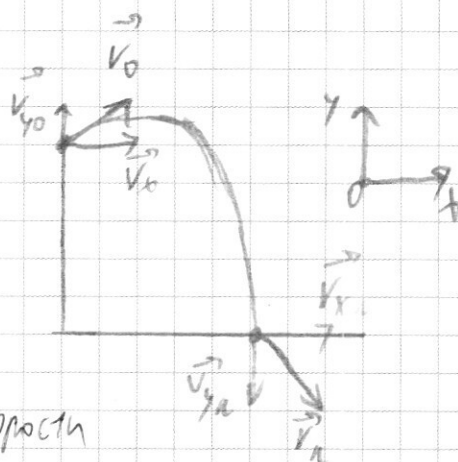
$$-V_{ky} = V_0 \sin \alpha - gt_n, \quad t_n - \text{время полета гайки}$$

$$t_n = \frac{V_0}{g} (\sin \alpha + \sqrt{1 + \sin^2 \alpha}) \approx 2,25 \text{ с}$$

ОТВЕТ: $2,25 \text{ с}$

$$3) H = \frac{gt_n^2}{2} - V_0 \sin \alpha t_n \approx 19,05 \text{ м}$$

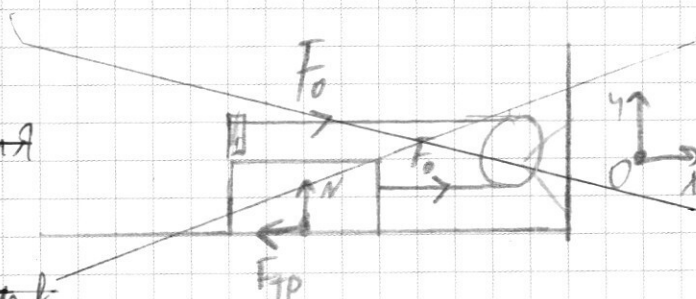
ОТВЕТ: $19,05 \text{ м}$



- 1) ~~Сила трения скольжения~~
(т.к. эбик разгасается) равна:

$$F_{\text{тр}} = \mu_f (m + M) = 3 \text{ мН}$$

~~Сила нормальная~~



$$1) P R V = \partial R T$$

$$P R V = \frac{P_n V}{\mu} R T, \quad P_n - \text{плотность пара}$$

$$P_n = \frac{P \mu}{R T}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$\frac{P_n}{P_B} \approx \cancel{2,6 \cdot 10^{-5}} 2,57 \cdot 10^{-5}$$

2) т.к. пар насыщенный, то $P = \text{const}$, $\rho = \text{const}$

$$V_{\text{дож}} \ll V_{\text{пара}}$$

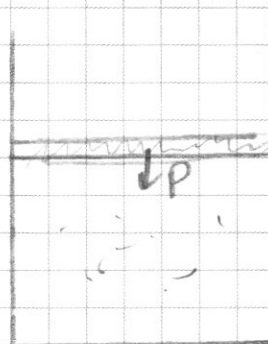
Значит, при сжатии в γ раз масса пара должна уменьшиться в γ раз, иначе плотность

поменяется. Масса пара равна $\frac{m_0}{\gamma}$, тогда $m_0 (1 - \frac{1}{\gamma})$, где m_0 - масса пара до сжатия; и

объемы соответственно - $\frac{m_0}{\rho_n \gamma}$; $\frac{m_0}{\rho_B} (1 - \frac{1}{\gamma})$. Тогда:

$$\frac{V_n}{V_B} = \frac{\frac{m_0}{\rho_n \gamma}}{\frac{m_0}{\rho_B} (1 - \frac{1}{\gamma})} = \frac{\rho_B}{\rho_n} \cdot \frac{1}{\gamma \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma}} = \frac{\rho_B}{\rho_n} \cdot \frac{1}{\gamma-1} \approx \frac{1}{2,57 \cdot 10^{-5}} \cdot \frac{1}{1,6} \approx 10^5 \cdot 0,0875 = 8750$$

Ответ: $2,57 \cdot 10^{-5}$; 8750



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1) Запишем второй закон Ньютона на систему человек-ящик в проекции на Oy :

$$0 = m_y + M_y - N$$

$$N = g(m + M) = 3mg$$

Сила трения скольжения (т.к. ящик движется):

$$F_{тр} = \mu N = 3\mu mg$$

Таким образом, полная реакция опоры равна:

$$Q = \sqrt{F_{тр}^2 + N^2} = \sqrt{(3\mu mg)^2 + (3mg)^2} = 3mg \sqrt{1 + \mu^2}$$

2) Запишем второй закон Ньютона на систему человек-ящик в проекции на Ox :

$$(m + M)a = 2F - F_{тр}$$

В крайнем случае:

$$F_0 = \frac{F_{тр}}{2} = \frac{3}{2}\mu mg$$

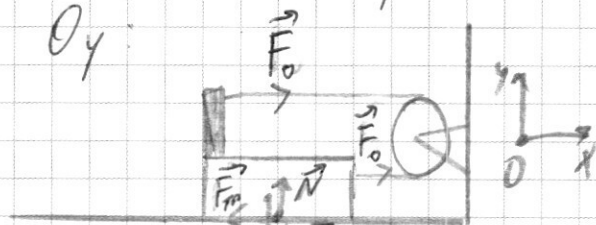
3) $(m + M)a = 2F - F_{тр}$

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

$$s = \frac{at^2}{2}$$

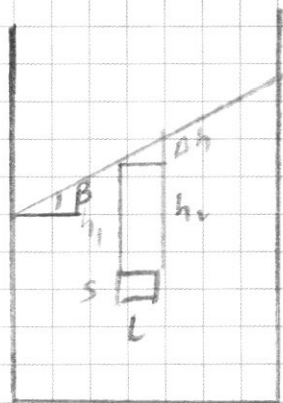
$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{65m}{2F - 3\mu mg}}$$

Ответ: $3mg \sqrt{1 + \mu^2}$; $\frac{3}{2}\mu mg$; $\sqrt{\frac{65m}{2F - 3\mu mg}}$



№ 4

- 1) Рассмотрим емкость с жидкостью,
двигавшуюся с горизонтальным ускорением
Рассмотрим участок площадью S
и длиной L : запишем 2-ой закон Ньютона:



$$a \cdot S \cdot L \cdot \rho = S \cdot \rho g h_2 - \rho g h_1 \cdot S$$

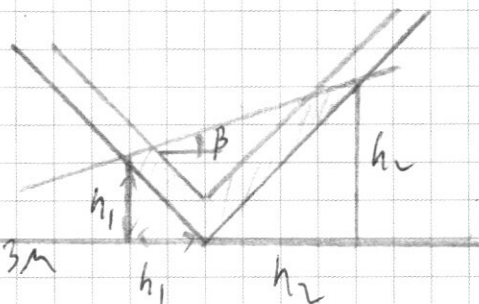
$$a \cdot L = g (h_2 - h_1)$$

$$\frac{a}{g} = \frac{h_2 - h_1}{L} = \tan \beta \quad \text{— тангенс угла наклона поверхности жидкости}$$

Вернемся к задаче.

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

$$h_2 = h_1 \frac{1 + \tan \beta}{1 - \tan \beta} = h_1 \frac{g + a}{g - a} \approx 0,233 \text{ м}$$



- 2) После останова вы уровень воды будет $h_3 = \frac{h_2 + h_1}{2}$;
Высота центра масс $h_{c.m.} = \frac{h_2 + h_1}{2}$

Пусть 0 потенц. энергии воды такова в $h_{3.c.m.}$ тогда

$$E_{пот. до} = (h_2 - h_{3.c.m.}) \cdot S \cdot \rho \cdot g \cdot \frac{h_2 - h_3}{2} =$$

Высота центра масс до останова:

$$h_c = \frac{h_1 \rho S \cdot h_1 + h_2 \rho S h_2}{\rho S (h_1 + h_2)} = \frac{h_1^2 + h_2^2}{h_1 + h_2}$$

Потенциальная энергия центра масс: $E_{пот} = m g \left(\frac{h_1^2 + h_2^2}{h_1 + h_2} - \frac{h_2 + h_1}{2} \right)$

$$E_{пот} = m g \frac{h_1^2 + h_2^2 - h_2^2 - h_1^2 - 2 h_1 h_2}{2(h_1 + h_2)} = m g \frac{3 h_1^2 + 3 h_2^2 - 2 h_1 h_2}{2(h_1 + h_2)} = \frac{m v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{g \frac{3 h_1^2 + 3 h_2^2 - 2 h_1 h_2}{2(h_1 + h_2)}} \approx 4,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 0,233 м; 4,6 м/с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N3

1) Второй закон Ньютона на шар:

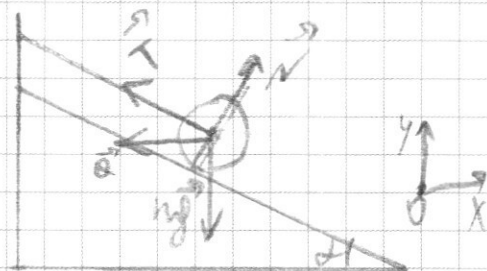
$$Oy: 0 = mg - T \sin \alpha - N \cos \alpha$$

$$Ox: 0 = T \cos \alpha - N \sin \alpha$$

$$T = N \tan \alpha$$

$$mg = N (\cos \alpha + \tan \alpha \sin \alpha)$$

$$N = mg \cdot \frac{1}{\cos \alpha + \tan \alpha \sin \alpha}$$



2) Второй закон Ньютона на шар:

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

$$Ox: ma = T \cos \alpha - N \sin \alpha$$

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

$$mg = (ma + N \sin \alpha) \tan \alpha + N \cos \alpha$$

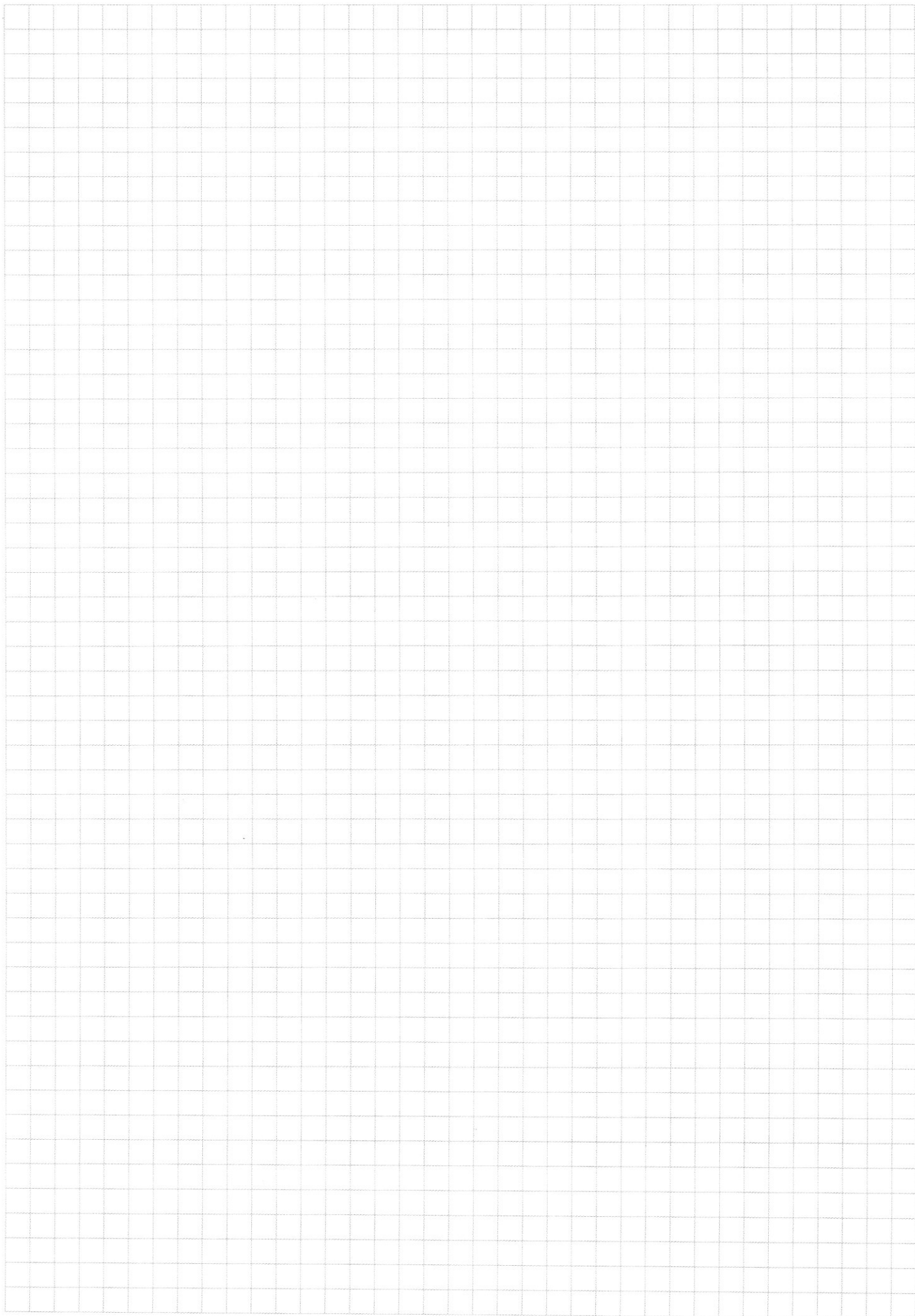
$$mg - ma \tan \alpha = N (\sin \alpha \tan \alpha + \cos \alpha)$$

$$a = \omega^2 R$$

$$N = m \cdot \frac{g - \omega^2 R \tan \alpha}{\sin \alpha \tan \alpha + \cos \alpha}$$

Шар не оторвется если $g > \omega^2 R \tan \alpha$
 $\omega < \sqrt{\frac{g}{R \tan \alpha}}$

Ответ: $\frac{mg}{\cos \alpha + \tan \alpha \sin \alpha}$; $m \cdot \frac{g - \omega^2 R \tan \alpha}{\sin \alpha \tan \alpha + \cos \alpha}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2(3)

$$3) \quad 3ma = 2F - 3\mu g m$$

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

$$S = \frac{Qk^2}{2}$$

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

№3

$$1) \quad 0 = mg - T \sin \alpha - N \cos \alpha$$

$$0 = T \cos \alpha - N \sin \alpha \Rightarrow T = N \tan \alpha$$

$$0 = mg - N \tan \alpha \sin \alpha - N \cos \alpha$$

$$mg = N (\tan \alpha \sin \alpha + \cos \alpha)$$

$$2) \quad 0 = mg - T \sin \alpha - N \cos \alpha$$

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

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

$$mg = \frac{(ma + N \sin \alpha) \sin \alpha}{\cos \alpha} + N \cos \alpha$$

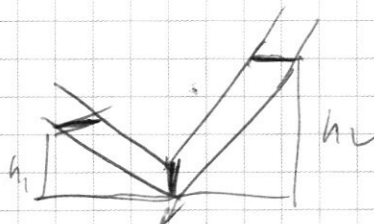
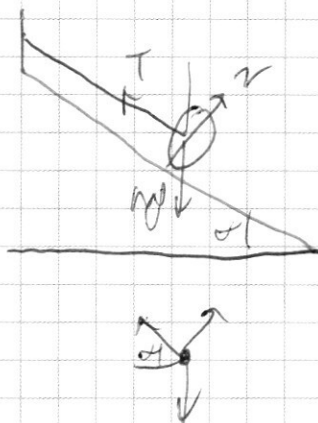
$$mg = \frac{ma \sin \alpha}{\cos \alpha} + N \tan \alpha \sin \alpha + N \cos \alpha$$

№4

$$ma = \rho g h_2 S - \rho g h_1 S$$

$$\rho \cdot S \cdot \Delta S \cdot a = \rho g (h_2 - h_1) S$$

$$h_2 - h_1 = \frac{a \Delta S}{g}$$



$$y_{cm} = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

Нужно о горизонт. E F_{hor} . на y_{cm} тогда

$$F_{avg} = (h_1 - y_{cm}) \cdot S \cdot \rho \cdot g \cdot \frac{h_1 + y_{cm}}{2} -$$

$$- (y_{cm} - h_2) \cdot S \cdot \rho \cdot g \cdot \frac{y_{cm} + h_2}{2} =$$

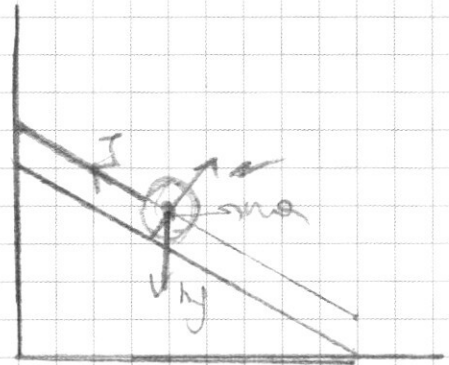
$$= \frac{S \cdot \rho \cdot g}{2} \cdot (h_1^2 - y_{cm}^2 - (y_{cm}^2 - h_2^2)) =$$

$$= \frac{S \cdot \rho \cdot g}{2} (h_1^2 - h_2^2 - 2y_{cm}^2)$$

$$\rightarrow \frac{\rho \cdot g \cdot S \cdot h_1 \cdot h_2}{h_1 + h_2}$$

$$F_{avg} = F_{hydro} - \frac{\rho \cdot g \cdot S \cdot h_1 \cdot h_2}{h_1 + h_2} (h_1^2 - h_2^2 - 2 \cdot \left(\frac{h_1 + h_2}{2}\right)^2) = \frac{\rho \cdot g \cdot S \cdot h_1 \cdot h_2}{h_1 + h_2}$$

$$v = \sqrt{\dots}$$



$$= \sqrt{2 \cdot 5} = \sqrt{10} = 3.16$$

$$= \frac{0.001}{0.01} \cdot 5 = \frac{0.001}{0.01} \cdot 5 = 0.05$$

$$= \frac{0.001 \cdot 5}{0.01 \cdot 0.01} = \frac{0.005}{0.0001} = 50$$

$$\frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{(h_1 + h_2) \cdot S \cdot \rho \cdot g}{2 \cdot h_1 + h_2}$$

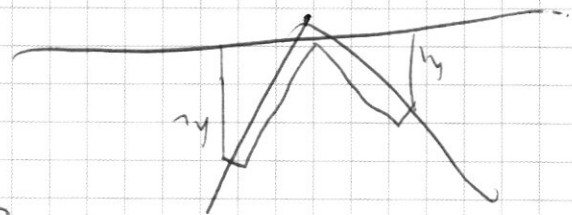
$$\frac{520}{180} = 2.88$$

$$\frac{520}{180} = 2.88$$

$$\frac{520}{180} = 2.88$$

$$\frac{625}{90} = 6.94$$

$$\frac{625}{90} = 6.94$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

$pV = \nu R T$
 $p = 300 \text{ kPa}$

$\frac{83}{26}$

$p = \frac{P}{\mu} \cdot \nu R T$

$\gamma = \frac{p_1}{p_{100}} = \frac{p_2}{p_{200}}$

$\frac{215}{166} \cdot \frac{83}{26}$
 $\frac{45,0}{19,8}$

$\frac{21,3}{17+3,30}$
 $\frac{355 \cdot 6 \cdot 10^{-2}}{8,3} = 2,57 \cdot 10^{-2} \frac{\text{atm}}{\text{cm}^3}$

$\frac{21,3}{166} \cdot \frac{83}{26}$
 $\frac{470}{415}$
 $\frac{550}{498}$
 $\frac{52}{52}$

$pV = \nu R T$

$p = \frac{P}{\mu} R T$

$p = \frac{p_1}{R T}$

$pV = \text{const}$
 $p = \frac{\text{const}}{V} = \frac{p_2}{V_2} = \frac{V_1}{V_2}$

$pV = \frac{\mu}{M} R T$
 $p, \mu, R, T = \text{const}$

$pV = \frac{\mu}{M} R T$

$pV = \frac{\mu}{M} R T$

$p \cdot \frac{V}{\gamma} = \nu \cdot R T$
 $p \cdot V = \nu_0 \cdot R T$
 $\gamma = \frac{V_0}{V_n}$
 $\nu_n = \frac{\nu_0}{\gamma}$

$m_0 = m_n + m_b$
 $m_0 = \frac{m_0}{\gamma} + m_b$
 $m_0 (1 - \frac{1}{\gamma}) = m_b$
 $\frac{V_b}{V_n} = \frac{m_n / p_b}{m_n / p_n} = \frac{p_n}{p_b} \cdot \frac{m_n}{m_n} =$

$$\begin{array}{r} 12,57 \\ 46 \\ \hline 1542 \\ 1028 \\ \hline 11922 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10,00 \quad 14,9 \\ 9,52 \quad 10,08700 \\ \hline 480 \\ 476 \\ \hline 40 \end{array}$$

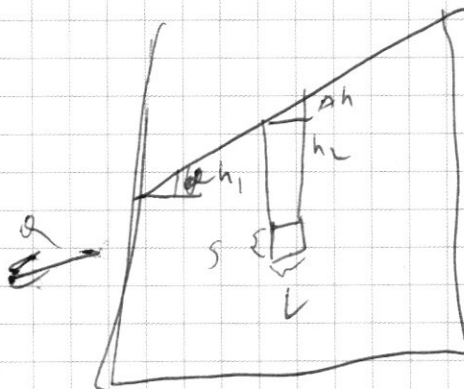
14

$$S \cdot L \cdot p \cdot a = \rho g h_2^2 - \rho g h_1^2$$

$$a \cdot L = f(h_1, h_2)$$

$$\frac{a}{p} = \frac{ah}{c}$$

$$ah = \frac{ah}{c} = \frac{a}{p}$$



$$\frac{ah}{p} = \frac{a}{p}$$

$$\frac{ah}{p} = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2}$$

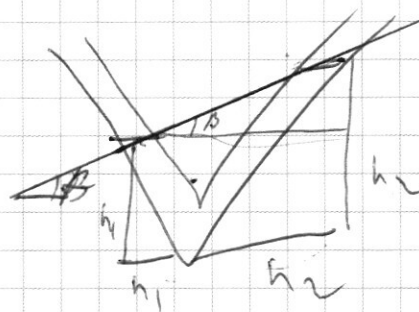
$$\frac{ah}{p} (h_1 + h_2) = h_2 - h_1$$

$$h_2 (1 - \frac{ah}{p}) = h_1 (1 + \frac{ah}{p})$$

$$h_2 = h_1 \frac{1 + \frac{ah}{p}}{1 - \frac{ah}{p}} = h_1 \frac{1 + \frac{a}{p}}{1 - \frac{a}{p}} = h_1 \frac{p + a}{p - a} = 0,1m \cdot \frac{14}{6} \approx$$

$$\frac{7}{6} \cdot \frac{13}{10} = 1,213$$

$$\approx 0,213m$$



$$V_{can} = \frac{h_2}{2} + \frac{h_1}{2} = \frac{h_2 + h_1}{2} = \frac{2h_2}{2}$$

$$h_2 = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

$$\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{h_1^2 + h_2^2}{h_1 + h_2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

1) Т.а. ускорение отсутствует, поэтому по оси y $V_y = \text{const}$

$$2V_0 = \sqrt{V_{ky}^2 - V_x^2}$$

$$4 - \frac{3}{4} = 3\frac{1}{4} - \frac{13}{4}$$

$$V_x = V_0 - \cos \alpha$$

$$\sqrt{\frac{13}{4}} = \frac{\sqrt{13}}{2} \approx \frac{3.5}{2} \approx 1.75$$

25,3

$$4V_0^2 = V_{ky}^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha$$

5 - 2,25

11,25

$$V_{ky} = V_0 \sqrt{4 + \cos^2 \alpha} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{4 + \frac{9}{4}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{25}{4}} = 25 \text{ м/с}$$

$$2) V_y(t) = V_0 - g t$$

$$V_{y0} = V_0$$

$$V_{y0} = V_0 - g t$$

$$t = \frac{V_{y0} - V_{y1}}{g}$$

$$+ \sqrt{\frac{15}{9}} \text{ с} \approx 1,7 \text{ с}$$

$$n = \frac{V_0^2 - V_{y1}^2}{2g} = \dots$$

$$\begin{array}{r} \times 35 \\ 135 \\ \hline 1325 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 225 \\ 225 \\ \hline 450 \\ 450 \\ \hline 900 \end{array}$$

$$4 + \cos^2 \alpha = -(1 - \cos^2 \alpha) + 5 = 5 - \sin^2 \alpha$$

№2

у человек:

$$ma = F - F_x$$

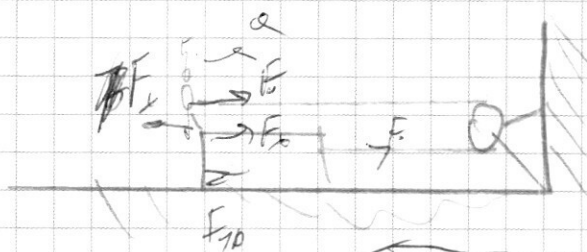
Рассмотрим якорь:

$$ma = F + F_x - F_{yo}$$

$$\frac{m}{m} (F - F_x) = F + F_x - \mu g (m+m)$$

Рассмотрим всю систему:

$$a(m+m) = 2F - \mu g (m+m)$$



$$1) Q = \sqrt{\mu g (m+m) + g (m+m)} = \sqrt{g (m+m) (1 + \mu)}$$

$$F_0 = \frac{\mu g (m+m)}{2} = \frac{3}{2} \mu g m$$

