

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

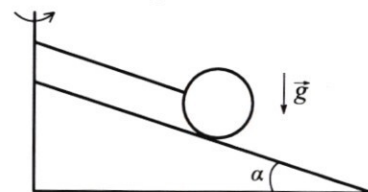
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 F_0 надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) За какое время человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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.



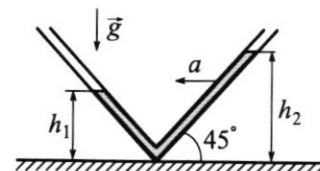
- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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.

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?

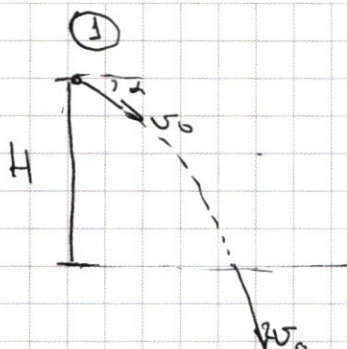
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



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.

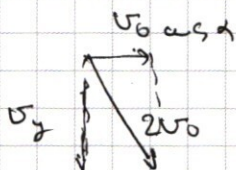
- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза. Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Поскольку сказано, что гайка всё время приближалась к поверхности Земли, можно сделать вывод, что скорость v_0 была направлена под углом "вниз".

Горизонтальная составляющая скорости не меняется



$$4v_0^2 = v_0^2 \cos^2 \alpha + v_y^2$$

$$v_y = v_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = 5\sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$v_y(t) = v_0 \sin \alpha + gt \leftarrow \text{как меняется вертикальный компонент}$$

$$t = \frac{v_0 (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} = 2\sqrt{3} - 2 \text{ с}$$

Запишем закон движения в проекции на вертикаль:

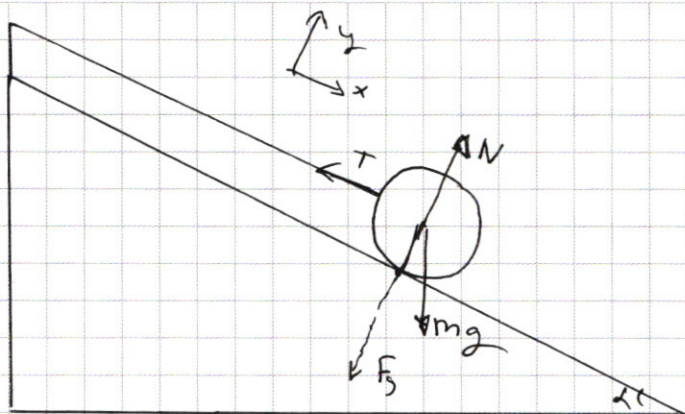
$$H - v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$H = v_0 \left(\sin \alpha + \frac{v_0}{2g} (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)^2 \right)$$

$$H = v_0^2 \sin \alpha \frac{(\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} + \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2}{g^2} \cdot (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)^2 =$$

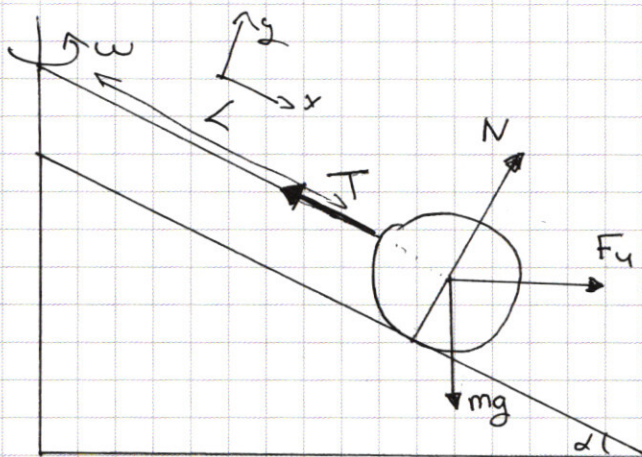
$$= \frac{v_0^2}{g} \left(\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha \right) \left(\sin \alpha + \frac{(\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)^2}{2} \right) = 270 - 30\sqrt{3} \text{ м}$$

3



или
Уравнение: $N = mg \cos \alpha$

по 3 зк. $F_g = N = \boxed{mg \cos \alpha}$



оу: $N + F_u \sin \alpha = mg \cos \alpha$

$F_u = m a_y$

$a_y = \omega^2 \cdot r$; $r = (L + R) \cos \alpha$

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

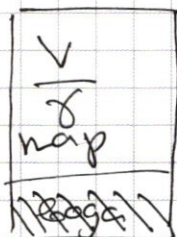
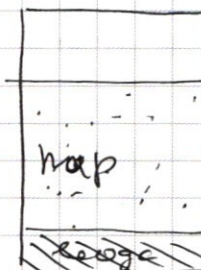
$$N = m \cos \alpha (g - \omega^2 (L + R))$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑤ Раз температура постоянна, то давление насыщенного пара постоянно.
 $PV_n = \frac{m_n}{\mu} RT \leftarrow M-k \text{ газ в любой момент}$

$$p_n = \frac{m_n}{V_n} = \frac{P \mu}{RT}$$

$$n_2 = \frac{p_n}{p} = \frac{P \mu}{RT \cdot p} \approx 25,6 \cdot 10^{-6}$$



$$PV = \frac{m_n + m_e}{\mu} RT \leftarrow M-k \text{ го и после конденсации}$$

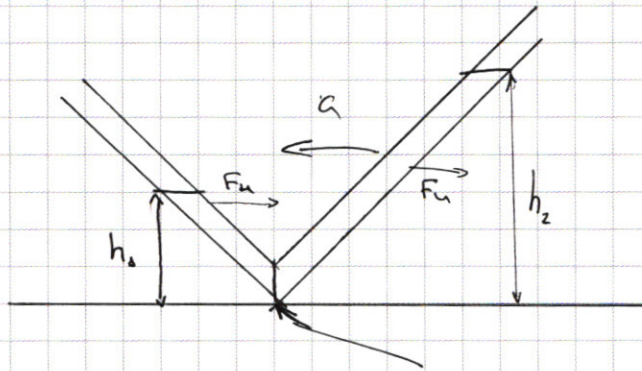
$$\frac{PV}{\delta} = \frac{m_n}{\mu} RT$$

$$m_e = \frac{PV\mu}{RT} - \frac{PV\mu}{\delta RT} = \frac{PV\mu(\delta-1)}{\delta RT}$$

$$V_e = \frac{m_e}{\rho} = \frac{PV\mu(\delta-1)}{\delta \rho RT}$$

$$n_2 = \frac{V}{\delta V_e} = \frac{\cancel{V} \cdot \delta \cdot \rho RT}{\delta \cdot P \cdot \cancel{V} \cdot \mu \cdot (\delta-1)} = \frac{\rho RT}{P \mu (\delta-1)} \approx 459$$

4



Рассчитаем давление газа в трубке

$$P_1 = \frac{F_h}{S} = \frac{mg \frac{1}{\sqrt{2}} + F_h \frac{1}{\sqrt{2}}}{S} = \frac{\sqrt{2} h \cdot \rho \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} (g+a)}{S} = \rho(g+a)h_1$$

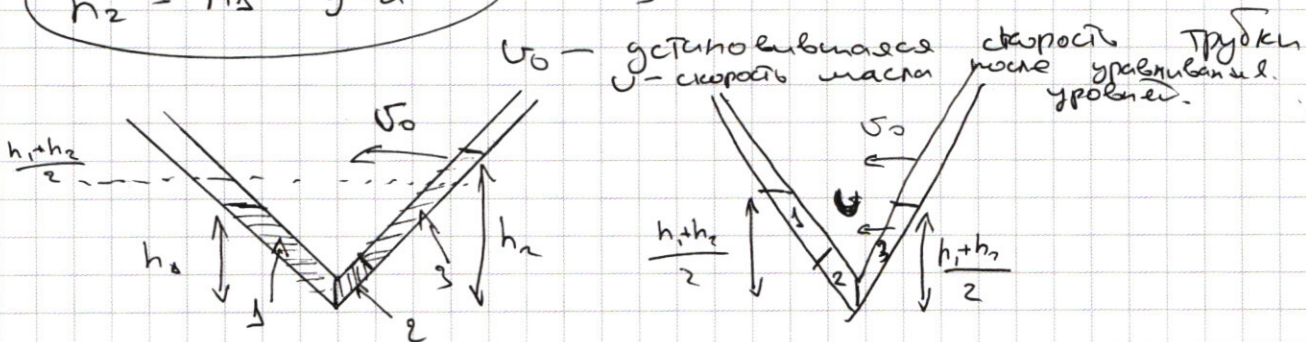
$$P_2 = \frac{F_h}{S} = \frac{mg \frac{1}{\sqrt{2}} - F_h \frac{1}{\sqrt{2}}}{S} = \rho(g-a)h_2$$

равновесие

$$P_1 = P_2$$

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

$$h_2 = h_1 \frac{g+a}{g-a} = \frac{70}{3} \text{ см}$$



Может быть разделим масло на 3 куски (рис).
 Посмотрим, как изменятся потенциальные энергии этих кусков, когда уровни станут одинаковыми.

Энергия первого:

$$E_1 = m_1 \cdot g \cdot \frac{h_1}{2} = \frac{mgh_1^2}{h_1+h_2}$$

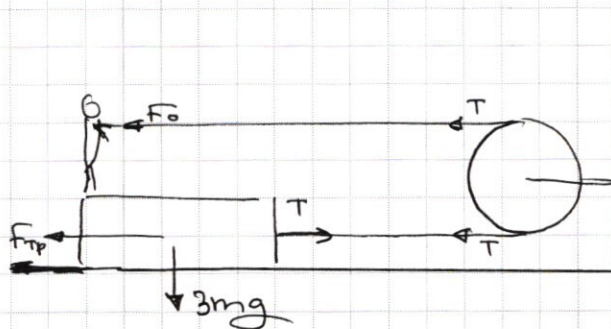
$$m_1 = \frac{mh_1}{h_1+h_2}$$

Энергия третьего:

$$E_3 = \frac{m}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{2h_2-2h_1}{4} + \frac{h_2+h_1}{4} \right) = \frac{mg}{2} \cdot \frac{3h_2-h_1}{4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2



1) давет с силой $(3mg)$

2) Этого для ехат, $T = F_{тр}$

$$F_{тр} = 3mg \cdot \mu$$

$$F_0 = T$$

$$F_0 = 3mg\mu$$

3) $F > F_0$

$$F = T$$

$$3ma = T - F_{тр} = F - 3mg\mu ; \quad a = \frac{F}{3m} - g\mu$$

$$S = \frac{at^2}{2} = \frac{F - 3mg\mu}{6mg} t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{6mgS}{F - 3mg\mu}}$$

~~изменение~~ ~~потенциальной~~ ~~энергии~~

Стала энергия 1:

$$E_1 = \frac{m h_1}{h_1 + h_2} g \cdot \frac{h_2}{2}$$

Стала энергия 3:

$$E_3 = \frac{m g}{2} \cdot \frac{h_1 + h_2}{4}$$

Изменение потенциальной энергии:

$$\Delta E_n = \frac{m g}{2} \left(\frac{h_1 (h_1 + h_2)}{h_1 + h_2} + \frac{h_2 - h_1}{2} \right)$$

Посчитаем изменение кинетической энергии:

$$\Delta E_k = \frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m}{2} (v^2 - v_0^2)$$

ЗСЗ:

$$\frac{m (v^2 - v_0^2)}{2} = \frac{m g}{2} \left(\frac{2 h_1^2 - 2 h_1 h_2 + h_2^2 - h_1^2}{2 (h_1 + h_2)} \right)$$

$$v^2 - v_0^2 = \frac{g (h_1 - h_2)^2}{2 (h_1 + h_2)}$$

Предварительно перейдем в систему отсчета, связанную с трубкой

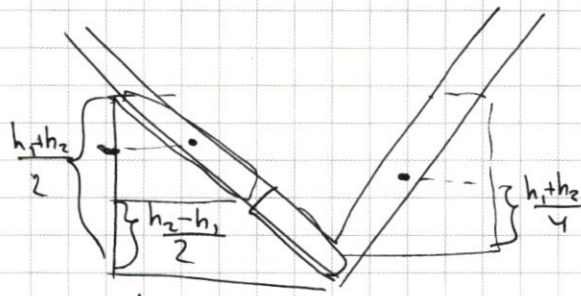
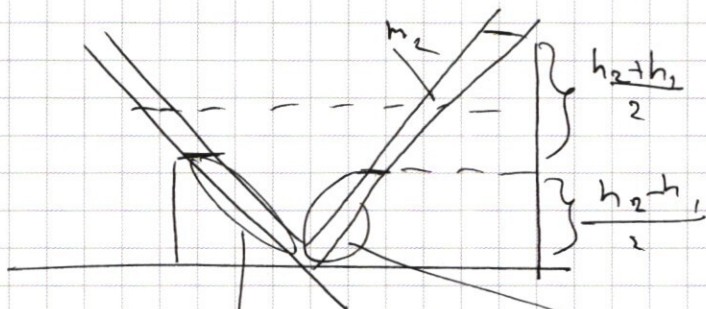
$$\Delta E_k = \left| 0 - \frac{m v^2}{2} \right| = \frac{m v^2}{2}$$

ЗСЗ:

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

$$v = \sqrt{\frac{g}{2 (h_1 + h_2)} \cdot (h_1 - h_2)^2} = \sqrt{\frac{80}{2}} \frac{m}{c}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$m_s = \frac{m \cdot h_1}{h_1 + h_2} = \frac{m \cdot h_1}{h_1 + h_2}$$

$$E_s = \frac{m \cdot h_1}{h_1 + h_2} \cdot g \cdot \frac{h_1}{2}$$

$$m_2 = \frac{m}{2}$$

$$E_2 = \frac{m}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{h_2 - h_1}{2} + \frac{h_2 + h_1}{4} \right) =$$

$$= \frac{mg}{2} \cdot \frac{3h_2 - h_1}{4}$$

$$E_1' = \frac{m \cdot h_1}{h_1 + h_2} \cdot g \cdot \frac{h_2}{2}$$

$$E_2' = \frac{mg}{2} \cdot \frac{h_1 + h_2}{4}$$

$$\Delta E = \frac{m \cdot h_1^2 \cdot g}{2(h_1 + h_2)} + \frac{mg(3h_2 - h_1)}{8} - \frac{mg h_1 h_2}{2(h_1 + h_2)} - \frac{mg(h_1 + h_2)}{8}$$

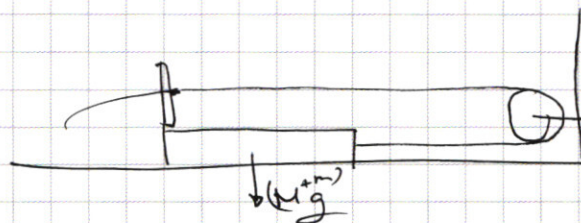
$$= \frac{mg h_1 (h_1 - h_2)}{2(h_1 + h_2)} + \frac{mg(3h_2 - h_1 - h_1 - h_2)}{8}$$

$$= \frac{g(h_1^2 + 2h_1 h_2 + h_2^2 - h_1^2)}{2(h_1 + h_2)} = \frac{g(h_2 - h_1)^2}{2(h_1 + h_2)}$$

$$E_{k1} = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$E_{k2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$\Delta E_k = \frac{m}{2} (v^2 - v_0^2)$$

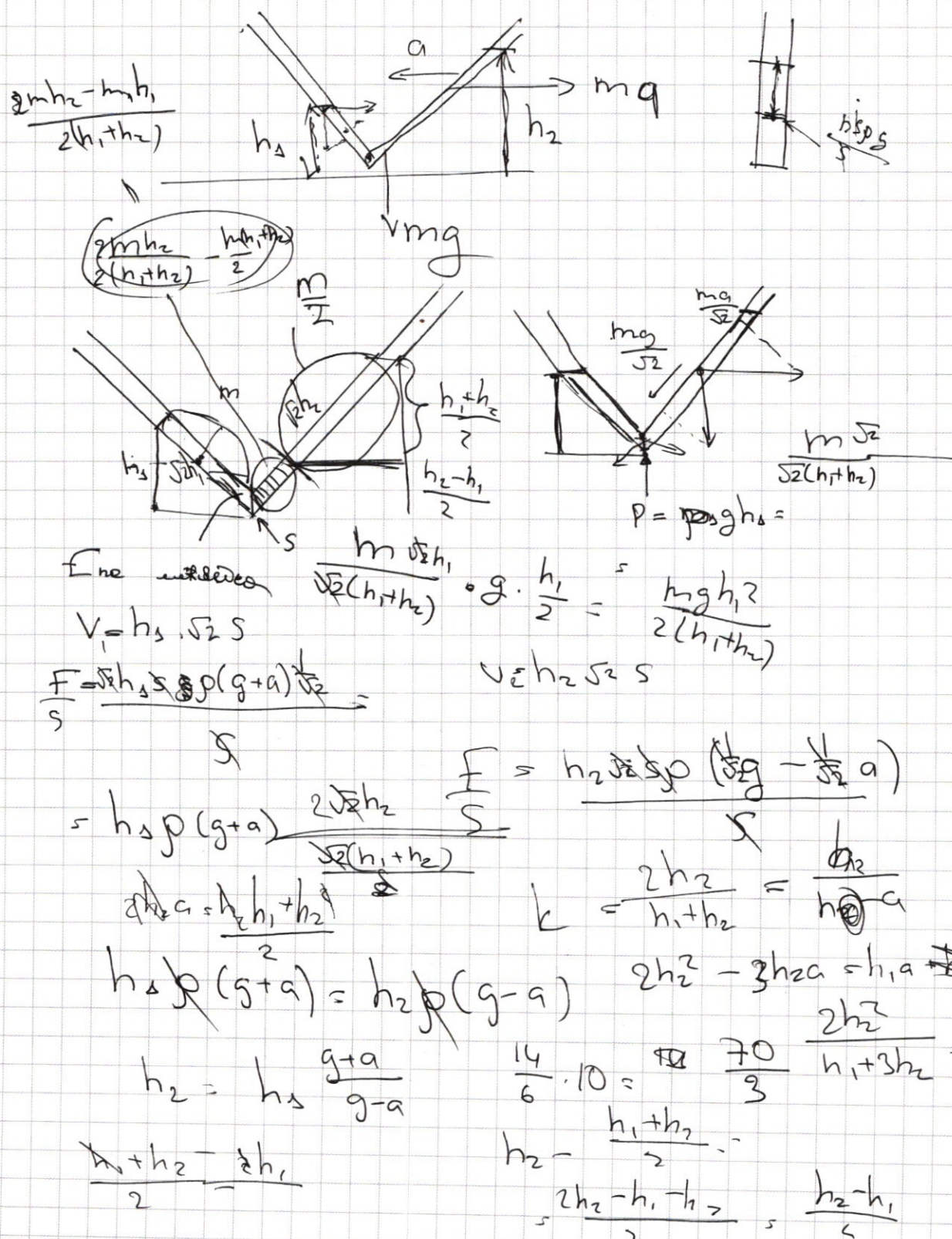


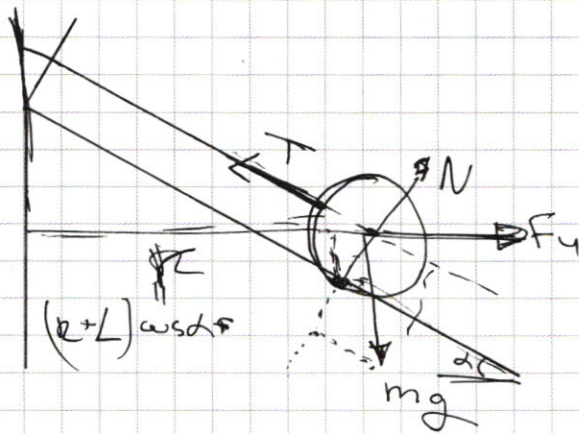
$$\sqrt[3]{80}$$

$$\sqrt[3]{8 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10}$$

$$\sqrt[3]{10 \cdot 10 \cdot 10}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$$N = mg \cos \alpha$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

$$\omega^2 R = a$$

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

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

$$TR = F_H R \cos \alpha + mg R \sin \alpha$$

$$\frac{kF}{\omega^2} = \frac{1000^2 \cdot 8.3 \cdot 30}{3550 \cdot 18 \cdot 4.6} =$$

$$= \frac{1000^2 \cdot 249}{6390 \cdot 4.6}$$

$$\begin{array}{r} \times 355 \\ 18 \\ \hline + 2840 \\ 355 \\ \hline \times 6390 \\ 46 \\ \hline 3834 \\ + 2556 \\ \hline 29394 \end{array} \begin{array}{l} 4 \\ 4 \\ 5 \\ 2 \\ 3 \\ 1 \end{array}$$

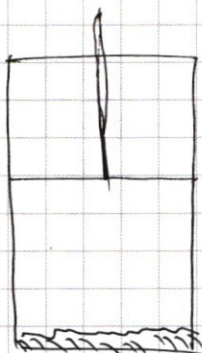
$$\begin{array}{r} 249000 \\ - 23394 \\ \hline 235152 \\ \hline 138480 \\ \times 29394 \\ 8 \\ \hline - 235152 \\ \hline \end{array} \begin{array}{l} 29394 \\ 8459 \\ 3 \\ 7 \\ 3 \\ 2 \\ 2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 29394 \\ 5 \\ \hline - 146990 \\ 29394 \\ \hline 175960 \\ - 146990 \\ \hline 289700 \\ - 264546 \\ \hline 25154 \end{array} \begin{array}{l} 4 \\ 4 \\ 1 \\ 4 \\ 4 \\ 4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 146990 \\ 29394 \\ \hline 176374 \\ - 293940 \\ 29394 \\ \hline 264546 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

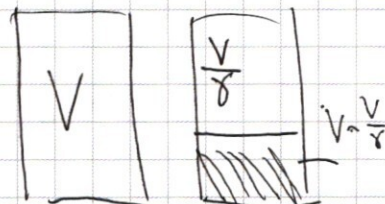
$T = 273$



$$t = 27 \Rightarrow T = 300 \text{ K}$$

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$T = \text{const}$$



$$\frac{\frac{V}{\gamma}}{\frac{V(\gamma-1)}{\gamma}} = \frac{\frac{V}{\gamma}}{\frac{V(\gamma-1)}{\gamma}} = \frac{1}{\gamma-1}$$

$$PV_1 = \frac{m_e + m_n}{\mu} \cdot RT$$

$$PV_2 = \frac{m_n}{\mu} \cdot RT$$

$$m_e + m_n = \frac{PV_1}{RT}$$

$$p_n = \frac{m_n}{V_2} = \frac{PM}{RT}$$

$$[p_n] = \left[\frac{H}{m^2} \right] = \left[\frac{kg}{m \cdot s^2} \right]$$

$$[H] = \left[\frac{kg \cdot m}{s^2} \right] \quad [A_{\text{max}}] = \left[\frac{kg \cdot m^2}{s^2} \right]$$

$$\mu = 18 \frac{g}{\text{mole}} = 18000 \frac{kg}{\text{mole}}$$

$$\frac{PV}{\gamma} = \frac{m_n}{\mu} RT$$

$$\frac{PV_1}{\gamma RT p_0} = \frac{m_n}{\mu} \cdot V_n$$

$$n = \frac{p_n}{p_0} = \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T \cdot p_0} = \frac{3550 \cdot 18000}{8,3 \cdot 300 \cdot 100000}$$

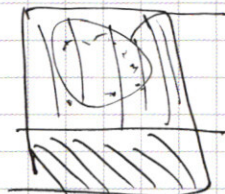
$$\begin{array}{r} \times 355 \\ 18 \quad 4 \\ + 2840 \quad 9 \\ \hline 355 \\ \hline 6390 \quad 1245 \\ - 498 \quad 125,6 \\ \hline 4410 \\ - 1245 \\ \hline 1650 \\ - 1494 \\ \hline 156 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 8,3 \\ 3 \\ \hline 249 \\ \times 2 \\ \hline 498 \\ \times 3 \\ \hline 996 \\ - 1494 \\ \hline 249 \\ \times 2 \\ \hline 1245 \end{array}$$

$$\frac{PVM}{\gamma RT}$$

$$\begin{array}{r} + 1494 \\ 249 \\ \hline 1743 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3550 \cdot 18 \\ \hline 8,3 \cdot 300 \cdot 100000 \\ \hline 6390 \\ \hline 245 \cdot 100000 \end{array}$$



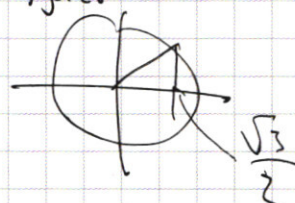
$$P \cdot V = \frac{m_n + m_e}{\mu} \cdot R T$$

$$P \cdot \frac{V}{\gamma} = \frac{m_n}{\mu} R T$$

$$V_e = \frac{m_e}{\rho_e}$$

$$m_e = \frac{P V \mu}{R T} - \frac{P V \mu}{\gamma R T} = \frac{P V \mu (\gamma - 1)}{\gamma R T}$$

$$\frac{V \rho_e}{\gamma m_e} = \frac{\cancel{P} \rho_e \gamma R T}{\gamma \cancel{P} \mu (\gamma - 1)} = \frac{\rho_e R T}{\mu (\gamma - 1)}$$



10.

$$10 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}}$$

$$10 \cdot \sqrt{\frac{16-3}{4}} = 10 \cdot \frac{\sqrt{13}}{2} = 5\sqrt{13}$$

$$\frac{5\sqrt{13} - 5}{10} = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{10}$$

$$= 2\sqrt{13} - 2$$

$$4 \cdot 13 - 2 \cdot 2 \cdot \sqrt{13} \cdot 2 + 4$$

$$(2V_0)^2 = (V_0 \cos \alpha)^2 + V_y^2$$

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

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

$$V_y = V_0 \sin \alpha + g t$$

$$V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = V_0 \sin \alpha + g t$$

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

$$H = V_0 \sin \alpha t + \frac{g t^2}{2}$$

$$= V_0 \sin \alpha t + \frac{g}{2} \cdot \frac{V_0^2}{g^2} (\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)^2 = 56 - 8\sqrt{13}$$

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

$$5 \cdot (2\sqrt{13} - 2) + \frac{10}{2} \cdot (2\sqrt{13} - 2)^2$$

$$= 10\sqrt{13} - 10 + 280 - 40\sqrt{13} = 270 - 30\sqrt{13}$$