

Олимпиада «Физтех» по физике, 4

Класс 10

Вариант 10-01

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

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
- 2) Найти время полета камня.
- 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

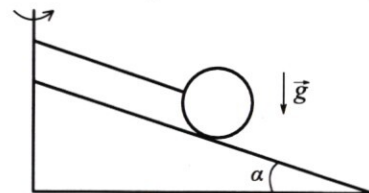
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 $M = 5m$. 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) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

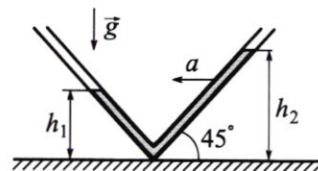
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, 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 уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

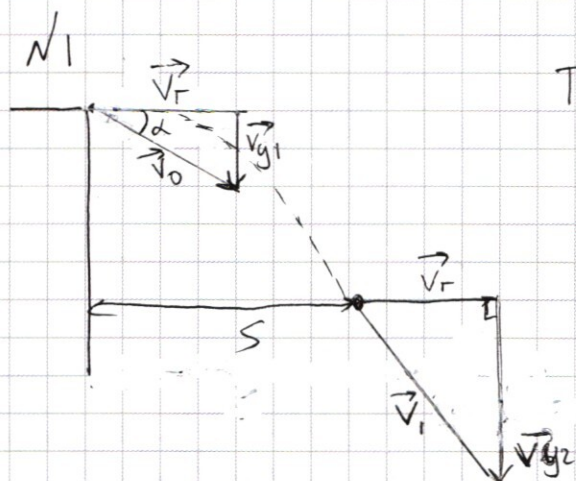


Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ 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 $\gamma = 4,7$ раза.
- Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Т.к. камень всё время приближается, то вектор скорости был направлен к земле.

Дано:

$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v_1 = 2,5 v_0$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_{y2} = ?$$

$$S = ?$$

$$t = ?$$

$$v_r = v_0 \cdot \cos \alpha = 4 \text{ м/с}$$

$$v_{y1} = v_0 \cdot \sin \alpha = 4\sqrt{3} \approx 6,9 \text{ м/с}$$

$$v_1^2 = v_r^2 + v_{y2}^2 \Rightarrow v_{y2} = \sqrt{v_1^2 - v_r^2} =$$

$$= \sqrt{v_1^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = \sqrt{400 - 64 \cdot \frac{1}{4}} = \sqrt{400 - 16} = \sqrt{384} =$$

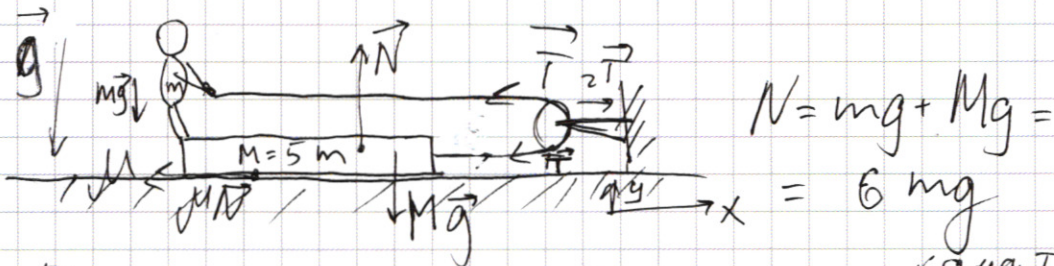
$$v_{y2} = 8\sqrt{6} \text{ м/с} \approx 19,92 \text{ м/с}$$

$$t = \frac{v_{y2} - v_{y1}}{g} = \frac{19,9 - 6,9}{10} = 1,3 \text{ с}$$

$$S = v_r \cdot t = 5,2 \text{ м}$$

Ответ: $v_{y2} = 19,9 \text{ м/с}$; $t = 1,3 \text{ с}$; $S = 5,2 \text{ м}$

N2



$$N = mg + Mg = 6mg$$

Дано:
 m
 $M = 5m$
 μ
 S

 $N - ?$
 $F_0 - ?$
 $v - ?$

Рассмотрим человека, блок, ~~и канат~~ и блок как единую систему, тогда на неё действуют N , $F_{тр}$, $F_{тяг}$ и сила со стороны опоры блока $F_x = 2T$, где T — сила натяжения веревки. Запишем 3 закон Ньютона ~~в~~ в граничном состоянии покоя и движения.
 в пр. направлении: $\mu N = F_x \Rightarrow T = 3\mu mg$

Сила T равна силе, с которой человек тянет канат, тогда $F_0 = 3\mu mg$

~~Когда человек тянет с F , то $T = F$~~

Запишем ЗСЭ для ситуации, когда $T = F$:

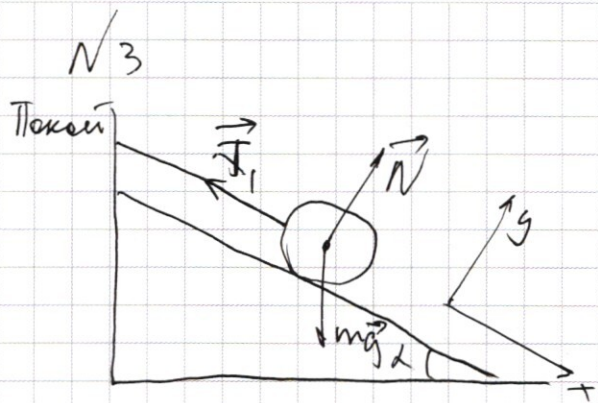
$$\Delta E_{мех} = A_{внеш} = A_{Fx} + A_{тр}$$

$$\frac{(M+m)v^2}{2} = 2T \cdot S - 6\mu mgs$$

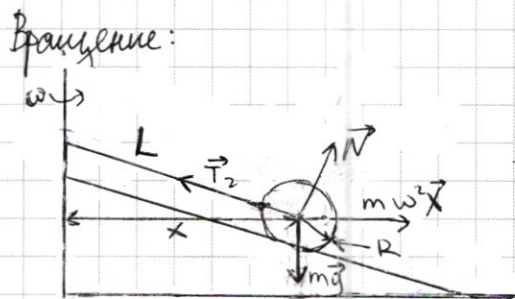
$$v = \sqrt{\frac{2TS}{3m} - 2\mu gs}$$

Ответ: $N = 6mg$; $F_0 = 3\mu mg$; $v = \sqrt{\left(\frac{2T}{3m} - 2\mu g\right)S}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



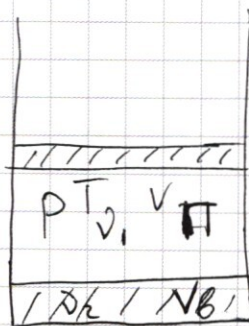
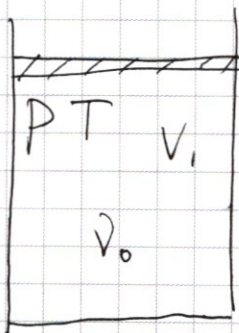
по ОХ: $T_1 = mg \cdot \sin \alpha$



по ОХ $T_2 = mg \cdot \sin \alpha +$
 $+ m\omega^2 x \cdot \cos \alpha$
 $T_2 = mgsin\alpha + m\omega^2(L+R) \cdot \cos^2 \alpha$

Ответ: $T_1 = mg \sin \alpha$; $T_2 = mg \sin \alpha + m\omega^2(L+R) \cdot \cos^2 \alpha$

N 5



Дано:

$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$

$T = 95^\circ \text{C}$

$\gamma = 4,7$

$\mu = 18 \text{ г/моль}$

$\rho = 1 \text{ г/см}^3$

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона

$P V_1 = \frac{m}{M} R T$

$P = \frac{P_1 M}{V_1} R T$ $P_n = \frac{P_1 M}{R T} \approx 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$\frac{P_n}{\rho} = \frac{P_1 M}{R T} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368 \cdot 10^3} = \frac{85 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$

$\frac{P_n}{\rho} - ?$

$\frac{V_n}{V_1} - ?$

$$p V_1 = \nu_0 R T$$

$$p V_{II} = \nu_1 R T$$

$$\frac{V_1}{V_{II}} = \gamma = \frac{\nu_0}{\nu_1} \quad \nu_1 = \frac{\nu_0}{\gamma}$$

$$\nu_2 = \nu_0 - \nu_1 = \nu_0 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) = \nu_0 \left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right)$$

$$V_{II} = \frac{\nu_1 R T}{p} = \frac{\nu_0 R T}{p \gamma}$$

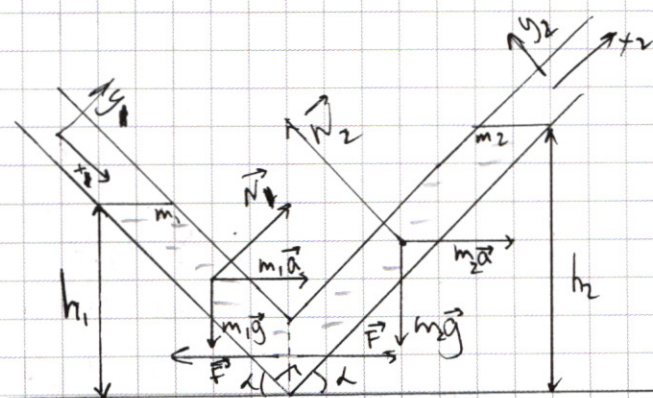
$$V_B = \frac{\nu_2 \cdot M}{p} = \frac{\nu_0 \cdot M}{p} \left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right)$$

$$\frac{V_{II}}{V_B} = \frac{R T}{p M} \cdot (\gamma-1) = \frac{p}{p_{II}} \cdot \frac{1}{(\gamma-1)} =$$

$$= \frac{1}{3,7 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} = \frac{2 \cdot 10^3}{3,7} = 540$$

Ответ: $\frac{p_{II}}{p} = 5 \cdot 10^{-4}$; $\frac{V_{II}}{V_B} = 540$

N4



Разделим жидкость на 2 части.
Пусть эти части взаимодействуют друг с другом с силой F

Дано:

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$h_1 = 8 \text{ см}$$

$$h_2 = 12 \text{ см}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

Запишем 3 Закон Ньютона для обеих частей.

Для 1 тела на Ox_1 , $-F \cdot \cos \alpha + m_1 g \cdot \sin \alpha + m_1 a \cos \alpha = 0$

Для 2 тела на Ox_2 , $F \cdot \cos \alpha + m_2 a \cdot \cos \alpha - m_2 g \sin \alpha = 0$

С учетом того, что $\cos \alpha = \sin \alpha$ в нашем случае

$$F = m_1 (a + g)$$

$$F = m_2 (g - a) \Rightarrow$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m_1(a+g) = m_2(g-a) \quad \Rightarrow \quad h_1 a + h_1 g = h_2 g - h_2 a$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

$$a = \frac{g(h_2 - h_1)}{h_1 + h_2} = \frac{10 \cdot 4}{20} = 2 \text{ м/с}^2$$

когда "путь" ускорение системы трубок становится инерциальна, т.е. в ней будет работать ЗСЭ.

$$E_k = 0$$

$$E_n = (m_1 + m_2) g h_{\text{с.м.}} = \left(m_1 \cdot \frac{h_1}{2} + m_2 \cdot \frac{h_2}{2} \right) g$$

$$h_{\text{с.м.}} = \frac{m_1 \cdot \frac{h_1}{2} + m_2 \cdot \frac{h_2}{2}}{m_1 + m_2}$$

Т.к. $E_k + E_n = \text{const}$, то E_k макс, когда E_n минимальна.

E_n минимальна, когда уровень воды в краях трубки одинаков, т.е. $h_{\text{с.м.}} = \frac{h_1 + h_2}{4}$ $E_{n2} = (m_1 + m_2) g \cdot \frac{(h_1 + h_2)}{4}$
Затем ЗСЭ

$$\frac{(m_1 + m_2) v^2}{2} + \frac{(m_1 + m_2)(h_1 + h_2)g}{4} = \frac{(m_1 h_1 + m_2 h_2)g}{2}$$

$$\frac{\left(m_1 + \frac{h_2}{h_1} m_2 \right) \cdot v^2}{2} + \frac{m_1 \left(1 + \frac{h_2}{h_1} \right) (h_1 + h_2) g}{4} = \frac{m_1 \left(h_1 + \frac{h_2}{h_1} h_2 \right) g}{2}$$

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

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

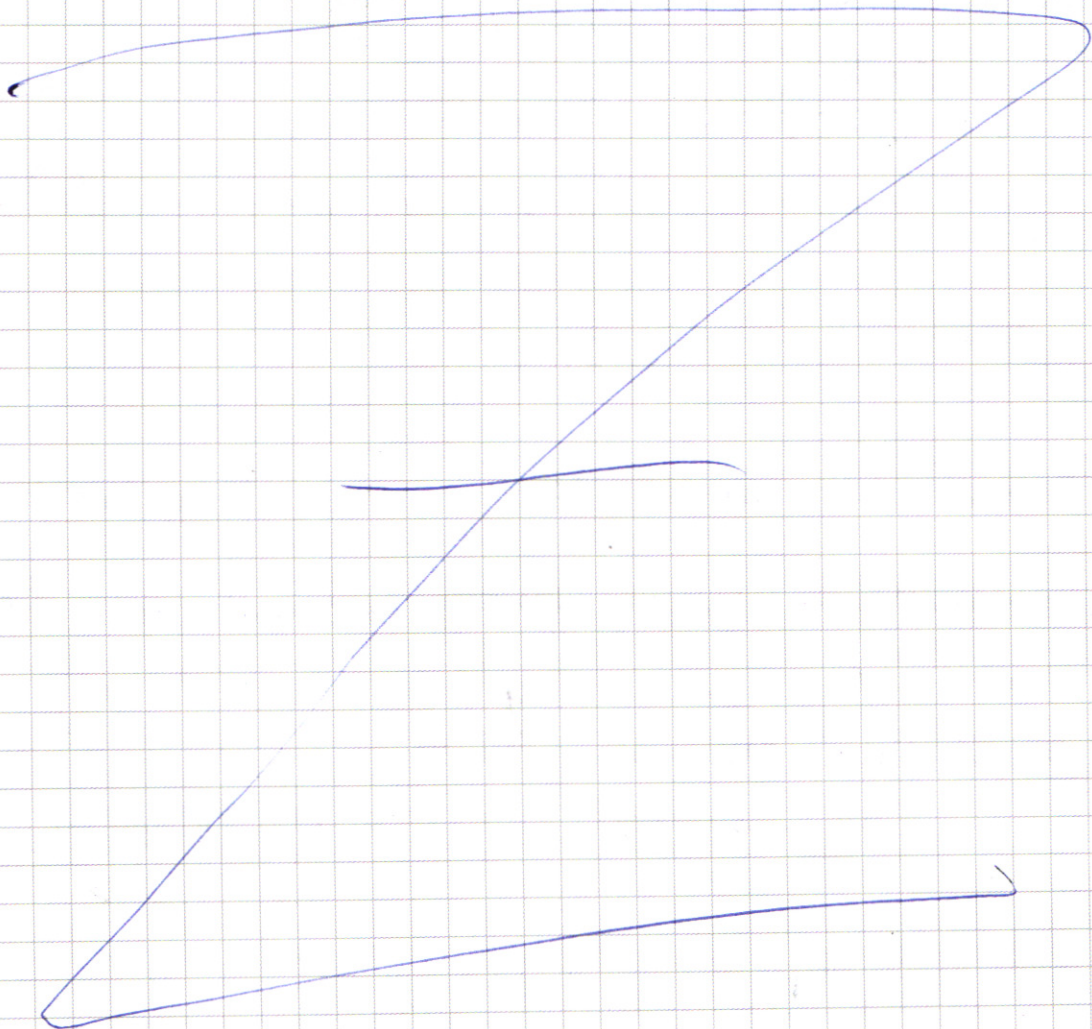
$$v^2 = \frac{g(2h_1^2 + 2h_2^2 - h_1^2 - 2h_1h_2 - h_2^2)}{2(h_1 + h_2)}$$

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

$$v = \sqrt{\frac{(h_2 - h_1)^2 g}{2(h_1 + h_2)}} = \sqrt{\frac{0,1^2 \cdot 10}{2 \cdot 0,2}} = \sqrt{0,04}$$

$$v = 0,2 \text{ м/с}$$

Ответ: $a = 2 \text{ м/с}^2$; $0,2 \text{ м/с}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_0 = \sqrt{6,25 v_0^2 - 0,5^2 v_0^2} = \sqrt{6} v_0$$

$$= \sqrt{2,25} v_0 = 1,5 v_0$$

$$5 = v_0 \sqrt{6}$$

$$t = \frac{v_0 \sqrt{6}}{g} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) = \frac{1,5 v_0 \sqrt{6}}{9,8} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right)$$

$$= 0,8173 \cdot 0,9$$

$$s = \frac{v_0}{2} \cdot t = \frac{1,5 v_0}{2} \cdot 0,8173 \cdot 0,9$$

$$= 0,54 \text{ m}$$

$$N = 6 \text{ mg}$$

$$F_{TP} = 6 \mu \text{ mg}$$

$$2 F_0 = F_{TP} \quad F_0 = 3 \mu \text{ mg}$$

$$2 F_0 S - 6 \mu \text{ mg} S = \frac{6 m v^2}{2}$$

$$\sqrt{\frac{2 F_0 S - 6 \mu \text{ mg} S}{3 m}} = v$$

$$5h'2 \approx 9$$

√3



$$\begin{array}{r} 392 \overline{) 1962} \\ 196 \\ \hline 98 \\ 98 \\ \hline 497 \\ 497 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$T = mg \sin \alpha$$

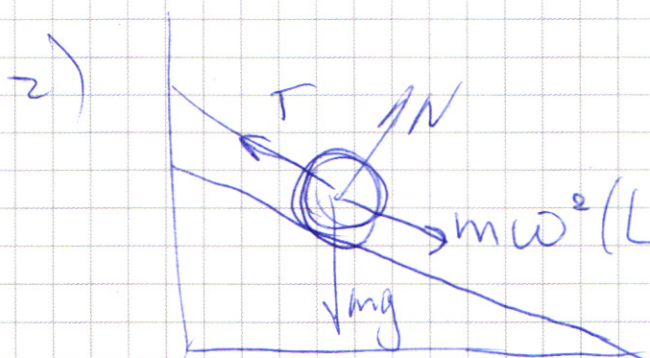
$$14 \sqrt{2}$$

$$\begin{array}{r} 14 \overline{) 196} \\ 14 \\ \hline 56 \\ 56 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \overline{) 196} \\ 14 \\ \hline 56 \\ 56 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$2 \cdot \frac{5}{2} \cdot 8 = 20 \text{ m/c}$$

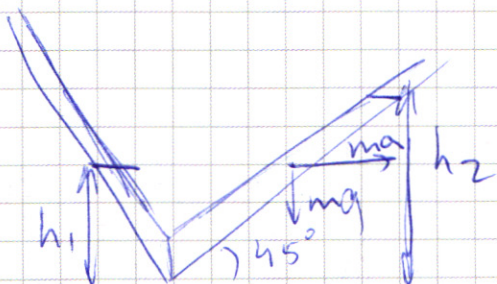
$$\begin{array}{r} 19,6 \overline{) 196} \\ 19,6 \\ \hline 0 \end{array}$$



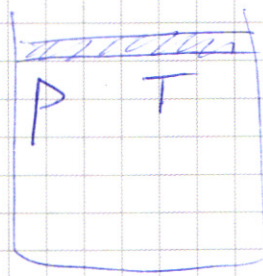
$$T = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L + R)$$

$$\frac{2}{2} = \left(\frac{2}{2} + \frac{2}{2} \right) \cdot 2 = 2$$

√4



$$\begin{array}{r} 102 \overline{) 811} \\ 811 \\ \hline 0 \end{array}$$



$$P = 8,5 \cdot 10^4$$

$$T = 95^\circ \text{C}$$

$$P = \frac{p \cdot R \cdot T}{V}$$

$$p = \frac{P}{V \cdot R \cdot T}$$

$$\frac{p}{p} = \frac{P}{V \cdot R \cdot T}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R \cdot T \cdot p}{P \cdot (x-1)}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_0}{V_2}$$

$$V_2 = \frac{V_0}{x}$$

$$V_1 = V_0 - \frac{V_0}{x} = V_0 \left(\frac{x-1}{x} \right)$$

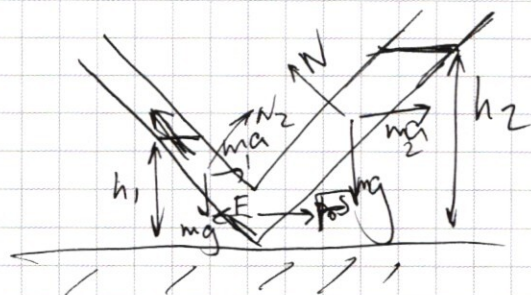
$$V_1 = \frac{V_2 \cdot R \cdot T}{P}$$

$$V_2 = \frac{V_1 \cdot P}{R \cdot T} = \frac{V_0 \cdot P}{R \cdot T} \left(\frac{x-1}{x} \right)$$

$$\begin{array}{r} 21 \overline{) 384} \\ 21 \\ \hline 192 \\ 192 \\ \hline 96 \\ 96 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\frac{10}{10 \cdot 10 \cdot 10}$$

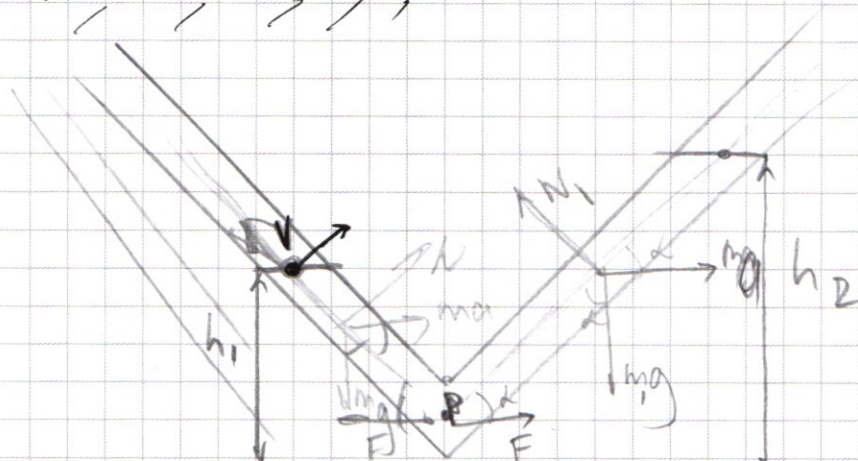
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{(0,04)^2 \cdot 10}{2 \cdot 0,2} =$$

$$= \frac{4 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 10}{4 \cdot 10^{-1}} =$$

$$= 4 \cdot 10^{-2}$$



$$F_2 = mg(h_2 - h_1)$$

$$\frac{Fv^2}{2} + mgh_1 = mg\left(\frac{h_1 + h_2}{2}\right)$$

$$v^2 = g(h_2 - h_1)$$

$$m_1 a \cos \alpha + F \cos \alpha = m_1 g \cos \alpha$$

$$m_1 a + F = m_1 g$$

$$F = m_2 + m_2 g$$

$$m_2 (a + g) = m_1 (g - a)$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{h_2}{h_1}$$

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

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

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

$$F = m_1$$

$$F = m_2(g - a)$$

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

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

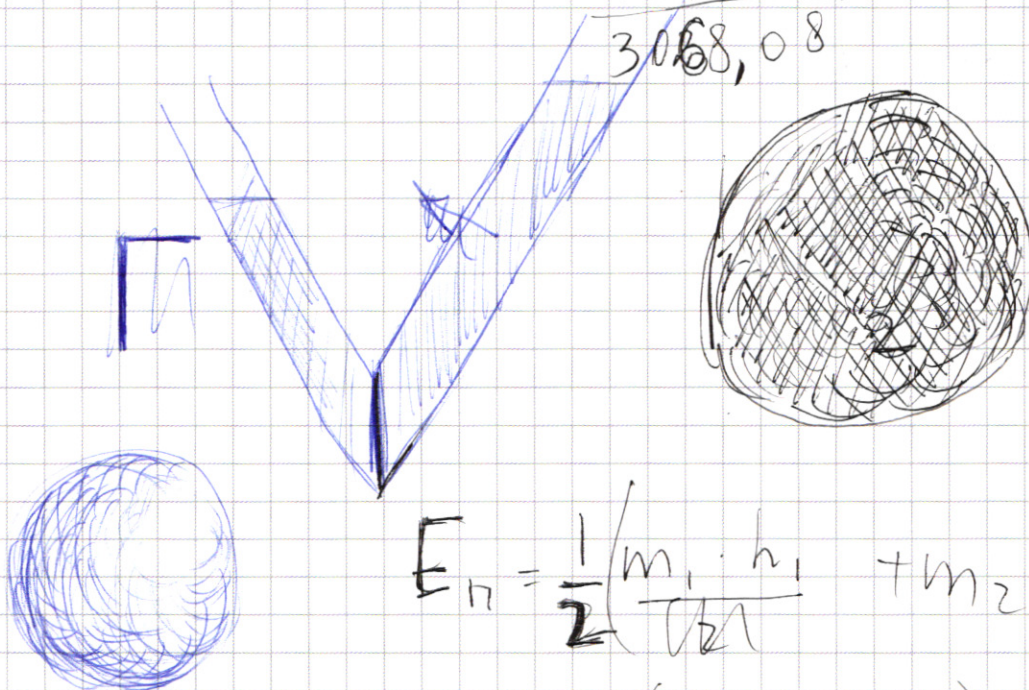
$$a = \frac{g(h_2 - h_1)}{(h_1 + h_2)}$$

$$\frac{pM}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^{+4} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot (273 + 95)} = \frac{85 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} = 0,5 \text{ кг/м}^3$$

$$\begin{array}{r} 85 \cdot 18 \\ \times 18 \\ \hline 680 \\ + 85 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 368 \\ \wedge 831 \\ \hline 368 \\ 1104 \\ + 2944 \\ \hline 3068,08 \end{array}$$

6
5



$$E_n = \frac{1}{2} \left(\frac{m_1 \cdot h_1}{T_{21}} + m_2 h_2 \right) =$$

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

$$= \frac{k}{2} ((l - h_2)^2 + h_2^2) =$$

$$= \frac{k}{2} (l^2 - 2lh_2 + 2h_2^2) = 0$$

$$-2l + 4h_2 = 0$$

$$h_2 = \frac{l}{2}$$