

Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Вариант 10-01

Класс 10

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?

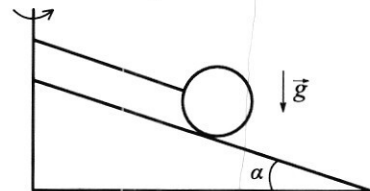
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

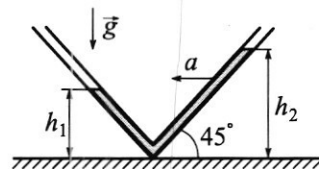


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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

1. Дано:

$$v_0 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$v = 2,5 v_0$$

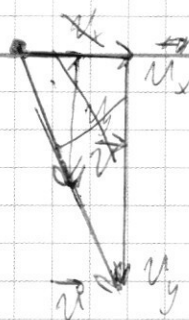
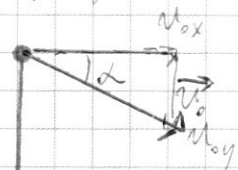
$$v_y = ?$$

$$t = ?$$

$$L = ?$$

Решение

Заметим, что камень бросили вниз, так как сказано, что за всё время камень постоянно приближался к горизонтальной поверхности Земли.



$$1) v^2 = v_x^2 + v_y^2$$

$$v_y = \sqrt{v^2 - v_x^2} = \sqrt{(2,5 v_0)^2 - v_0^2}$$

$$2) v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

т.к. горизонтальная
компонента постоянна

$$\begin{aligned} v_y &= \sqrt{6,25 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{\frac{25}{4} - \frac{1}{4}} = 9 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{24} = \\ &= 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{6} \approx 19,04 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 19 \frac{\text{м}}{\text{с}} \end{aligned}$$

14) Второй закон Ньютона для шара:

$$Qx: Ma = T + P_n - F_{mp}$$

$$Ma = F + F + 6\mu mg$$

$$6ma = 2F + 6\mu mg$$

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

$$15) v = \sqrt{\frac{2S}{3m} (F + 3\mu mg)}$$

$$\text{Ответ: } P = 6mg; F_0 = 3\mu mg; v = \sqrt{\frac{2S}{3m} (F + 3\mu mg)}$$

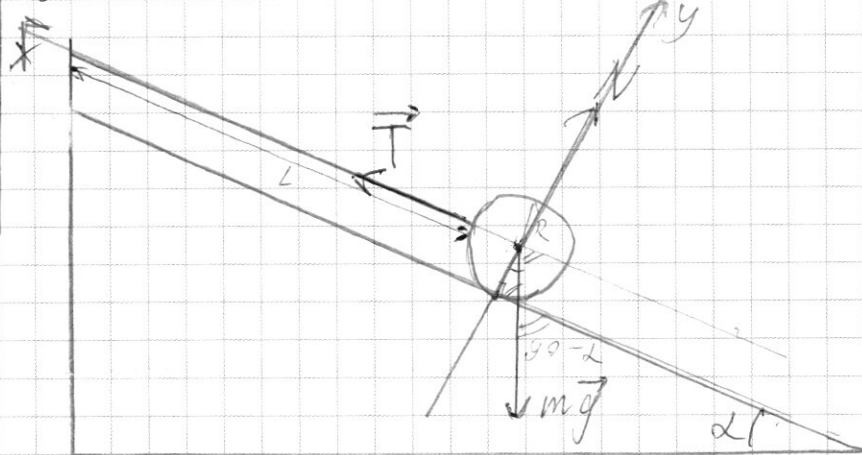
3. Дано:

m, R, L, α, w

$T_0 - ?$

$T_k - ?$

Решение:



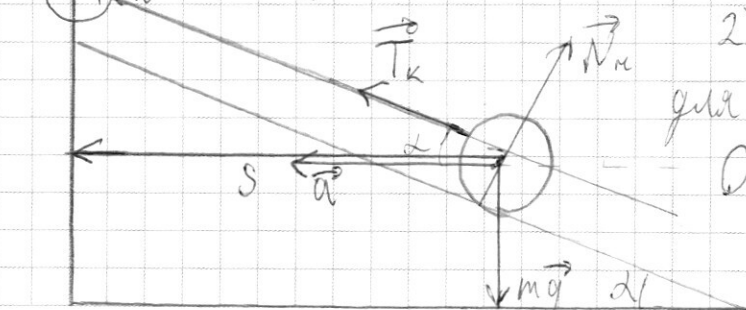
Случай, когда система покоится $T = T_0$

1) Второй закон Ньютона для шара:

$$Qx: 0 = T_0 - mg \sin \alpha$$

$$T_0 = mg \sin \alpha$$

Случай, когда систему раскручиваем;



2) Второй закон Ньютона для шара:

$$Qx: ma \cos \alpha = T_k - mg \sin \alpha$$

$$T_k = m(a \cos \alpha + g \sin \alpha)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) v_{0y} + gt = v_y$$

$$t = \frac{v_y - v_{0y}}{g} = \frac{19 - 8}{10} = 1$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

$$t = \frac{v_y - v_{0y}}{g} = \frac{v_y - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{19 - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} \approx 1,22 \text{ c}$$

$$4) L = v_x t = v_0 \cos \alpha t \approx \frac{1}{2} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 1,22 \text{ c} = 4,88 \text{ м}$$

Ответ: $v_y \approx 19 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $t \approx 1,22 \text{ c}$; $L \approx 4,88 \text{ м}$

2) Дано: Решение:

m

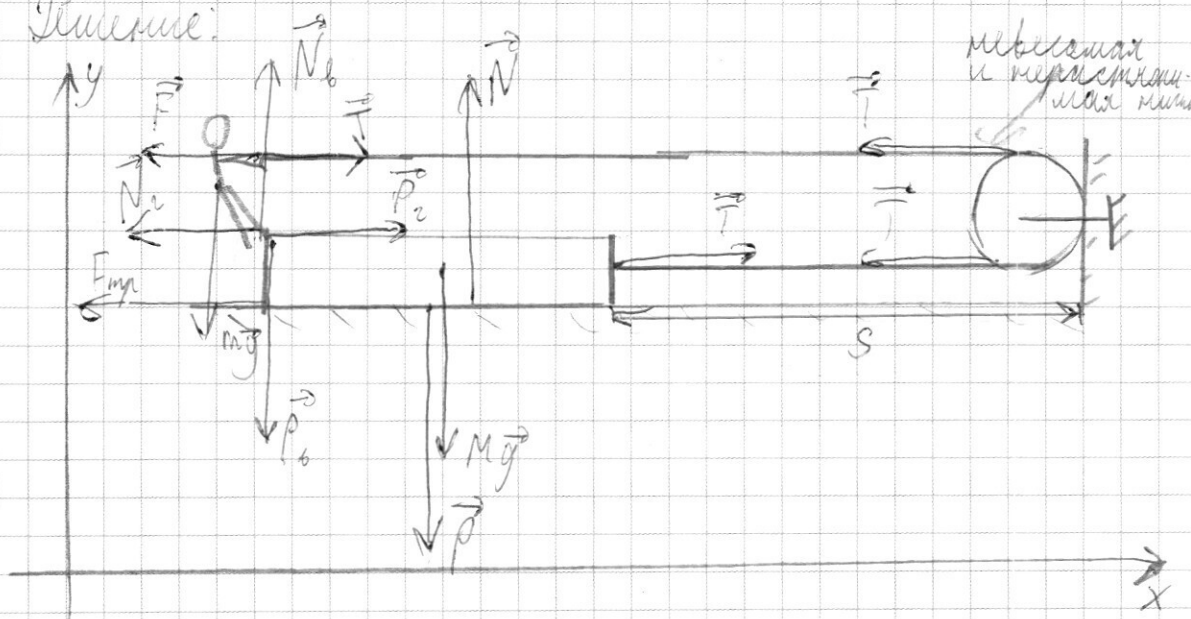
$M = 5 \text{ м}$

S, μ, F

$\vec{F} = ?$

$P = ?$

$v = ?$



1) Второй закон Ньютона для человека:

$$O_y: 0 = -mg + N_f$$

2) для шпика:

$$O_y: 0 = N - P_0 - Mg$$

По третьему закону Ньютона:

$$3) N_b = P_b$$

$$4) N = P$$

↓

$$5) P = P_b + Mg = N_b + 5mg = 6mg$$

$$\boxed{P = 6mg}$$

Рассмотрим случай, когда человек тянет с минимальной силой (F_0) и при этом язык движется. Так как сила минимальна, то язык движется с постоянной скоростью.

По третьему закону Ньютона:

$$6) F_0 = T$$

$$7) N_r = P_r$$

8) Второй закон Ньютона для человека:

$$0x: 0 = T - N_r \Rightarrow T = N_r = F_0$$

9) для языка:

$$0x: 0 = T + P_r - F_{\text{тр}} \Rightarrow F_{\text{тр}} = F_0 + F_0 \Rightarrow F_0 = \frac{F_{\text{тр}}}{2}$$

Так как сила трения скольжения, то: $F_{\text{тр}} = \mu N = 6mg$

$$11) \boxed{F_0 = \frac{6mg}{2} = 3mg}$$

Рассмотрим случай, когда человек прикладывает силу $F (F > F_0)$, тогда язык поедет с ускорением a ; По третьему закону Ньютона $T = F$

$$12) v = v_0 + at = at$$

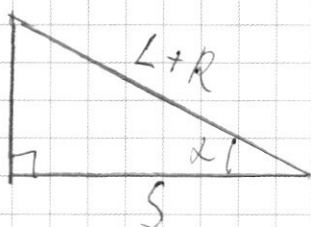
$\uparrow$
время движения

$$13) S = \cancel{v_0 t} + \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2S}{a}} \cdot a = \sqrt{2Sa}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) a = \frac{v^2}{S} = \frac{(vS)^2}{S} = v^2 S$$

4) Поскольку шар не отрывается от поверхности клина:



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

$$5) T_k = m(\omega^2 S \cos \alpha + g \sin \alpha) = m((\omega \cos \alpha)^2 (L+R) + g \sin \alpha)$$

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

Ответ: $T_o = mg \sin \alpha$; $T_k = m((\omega \cos \alpha)^2 (L+R) + g \sin \alpha)$

4. Дано: Решите:

$$h_1 = 8 \text{ см}$$

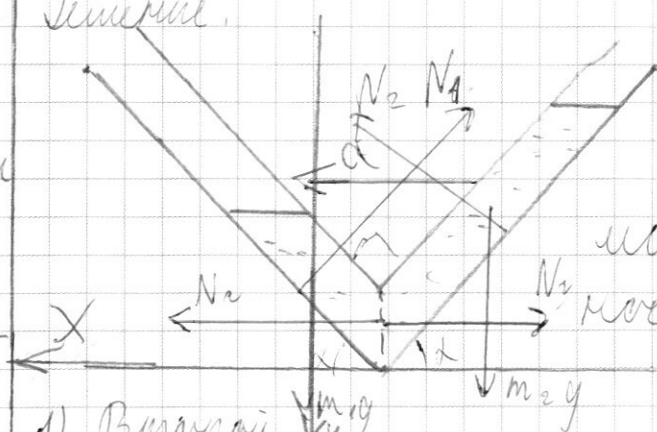
$$h_2 = 12 \text{ см}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$a = ?$$

$$v = ?$$



Рассмотрим
две части
массы по отдель-

ности;

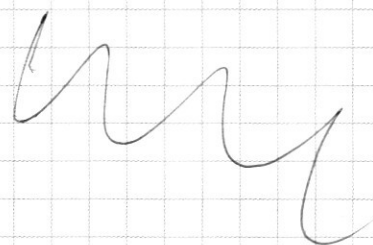
1) Вспомогательный закон Ньютона для 1 части:

$$Ox: m_1 a = N_2 - N_1 \cos 45^\circ$$

$$Oy: m_1 a = m_1 g - N_1 \sin 45^\circ \Rightarrow N_1 = \frac{m_1 g}{\sin 45^\circ}$$

$$m_1 a = N_2 - m_1 g \tan 45^\circ$$

2) для 2 части



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Diagram showing a projectile launched from height h with initial velocity v_0 at an angle α . The velocity vector at time t is $2,5v_0$ at an angle β .

Equations:

$$v_{0y} + gt = v_y$$

$$v_0^2 - v_x^2 = \sqrt{(2,5v_0)^2 - v_x^2}$$

$$h = v_{0y}t + \frac{gt^2}{2}$$

Trigonometric relations:

$$\cos$$

$$\sin \alpha$$

$$(2,5v_0)^2 = v_x^2 + (gt)^2 + 2v_0gt \cos(90^\circ + \alpha)$$

$$gt^2 - 2v_0g \cos(90^\circ + \alpha) + v_0^2(1 - 2,5^2) = 0$$

$$t = \frac{v_0g \cos 90^\circ \pm \sqrt{(v_0g \sin \alpha)^2 + g^2 v_0^2 \cdot 5,25}}{g^2}$$

$$= \frac{v_0g (\sin \alpha \pm \sqrt{\sin^2 \alpha + 5,25})}{g^2} = \frac{8 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \pm \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{21}{4}} \right)}{10}$$

$$= \frac{8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} (1 \pm \sqrt{1 + 7})}{5} = \frac{2\sqrt{3} (1 + 2\sqrt{2})}{5} \approx 2,6 \text{ c}$$

Calculations:

$$v_y = v_0 \sin \alpha + gt = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 10 \cdot 2,6 = 6,8 + 26 = 32,8$$

$$(2,5v_0)^2 = (v_y)^2 + (v_0 \cos \alpha)^2 \Rightarrow$$

$$Ox: m_2 a = N_2 \sin 45^\circ - N_2$$

$$Oy: 0 = m_2 g - N_2 \cos 45^\circ$$

$$m_2 a = \cancel{N_2} \sin 45^\circ - N_2$$

3) Сложим получившиеся уравнения

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

$$a = g \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}$$

$$4) m_1 = \rho \left(\frac{h_1 S}{\sin \alpha} - 2 \Delta V \right)$$

$$m_2 = \rho \left(\frac{h_2 S}{\sin \alpha} - 2 \Delta V \right)$$

$$5) a = g \frac{\frac{\rho S}{\sin \alpha} (h_2 - h_1)}{\rho \left(\frac{S}{\sin \alpha} (h_1 + h_2) + 4 \Delta V \right)}$$

$$4 \Delta V \ll \frac{S(h_1 + h_2)}{\sin \alpha}$$

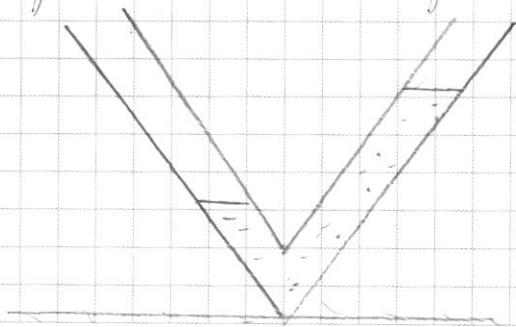
$$a = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}, \text{ где } h_1 + h_2 \neq 0$$

$$6) a = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{\frac{3}{12} \text{ см} - \frac{2}{8} \text{ см}}{\frac{3}{12} \text{ см} + \frac{2}{8} \text{ см}} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

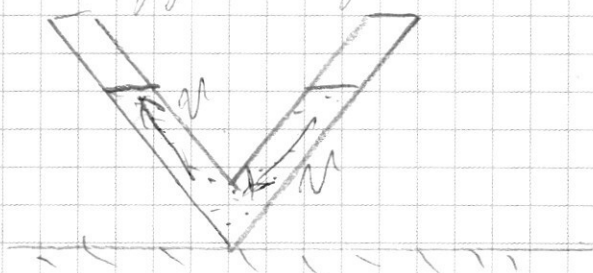


Когда сосуд движется равномерно; после движения с ускорением



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Максимальная скорость будет, когда уровни столбов сравняются, так как после этого никакая сила не будет действовать против движения.



Силы которые ускорят массу вызваны разностью давлений

~~Законом сохранения энергии:~~

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

~~Рассмотрим маленький слой массы dh такой что давление не меняется~~

4) Энергия в начале

$$E_0 = \rho g h_1 S \frac{h_1}{2} + \rho g h_2 S \frac{h_2}{2} = \frac{\rho g S}{2} (h_1^2 + h_2^2)$$

5) Энергия при максимальной v :

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

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

9) Законом сохранения энергии:

$$E_0 = E_k$$

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

$$\begin{aligned}
 10) \quad v &= \sqrt{g \frac{h_1^2 + h_2^2}{h_1 + h_2} - g(h_1 + h_2)} = \\
 &= \sqrt{g \frac{2h_1 h_2}{h_1 + h_2}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 9,12 \cdot 0,08}{0,2}} \frac{m}{c} = \\
 &= \sqrt{\frac{20 \cdot 12 \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-1}}} \frac{m}{c} = \sqrt{2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot \frac{1}{205}} \frac{m}{c} \\
 &= 12 \sqrt{\frac{3}{5}} \frac{m}{c} \approx \cancel{12} \cdot \frac{1,7}{11} \frac{m}{c} \approx 8,4 \frac{m}{c}
 \end{aligned}$$

ответ: $a = 2 \frac{m}{c^2}$; $v \approx 8,4 \frac{m}{c^2}$

5. Дано:

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

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

$$\rho = 1 \frac{kg}{m^3}$$

$$\gamma = 4,7$$

$$\mu = 18 \frac{g}{mole}$$

$$\frac{P_n}{P_0} = ?$$

$$\frac{V_n}{V_0} = ?$$

Решение:

$$pV = \nu RT$$

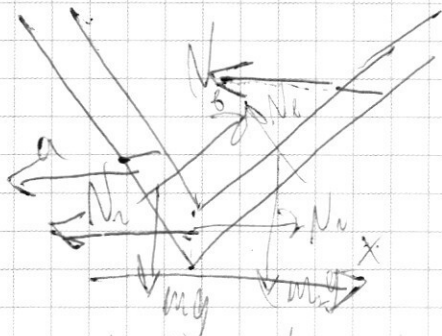
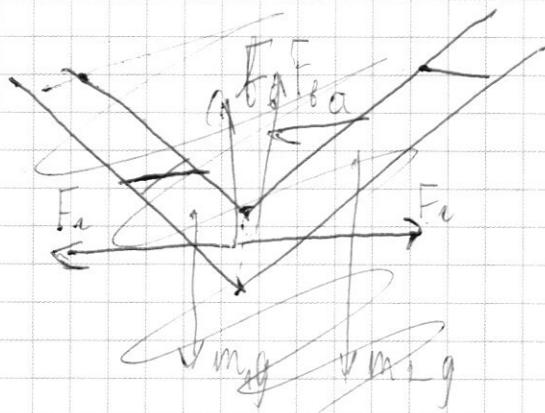
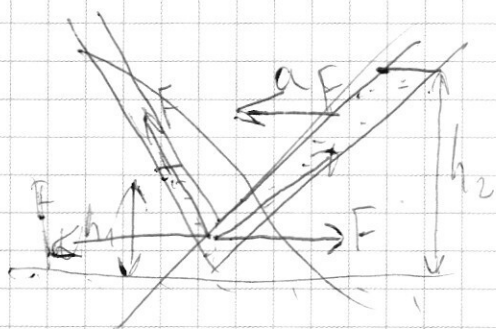
$$pV_n = \frac{m_n}{\mu} RT, \text{ т.к. процесс изотермический } T = \text{const}$$

$$P_n = \frac{RT}{\mu \rho} = \frac{8,31 \cdot 368 \text{ К}}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4}$$

$$\frac{P_n}{P_0} = \frac{8,31 \cdot 368}{18 \cdot 85}$$

$$\frac{V_n}{V_0} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

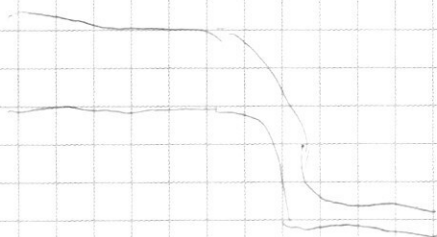


$$\rho g h_1 + \rho a h_1 = \rho g h_2 + \rho a h_2$$

$$a(\rho)$$

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

$$\frac{m_1 m_2}{2} + \rho m g h$$



$$m a = \rho g h m g$$

$$m_1 a = N_2 - N_1 \sin \alpha$$

$$m_2 a = N_1$$

$$m_1 g = N_1 \cos \alpha$$

$$m_1 a = N_2 - m_1 g \tan \alpha$$

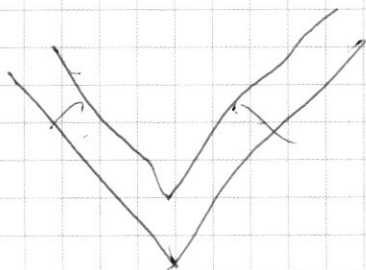
$$m_2 a = N_1 + m_2 g \tan \alpha$$

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

$$a = g \frac{m_2 + m_1}{m_2 - m_1}$$

$$= g \frac{h_2 \sin \alpha + h_1 \sin \alpha}{h_2 - h_1}$$

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



$$\begin{array}{r} 2,4 \\ \times 2,4 \\ \hline 96 \\ 48 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,40 \overline{) 22} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,42 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,4 \\ \times 2,4 \\ \hline 96 \\ 48 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ \times 23 \\ \hline 69 \\ 46 \\ \hline 529 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,2 \\ \times 2,2 \\ \hline 44 \\ 44 \\ \hline 4,84 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,40 \overline{) 22} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,40 \overline{) 11} \\ 11 \\ \hline 50 \\ 44 \\ \hline 60 \\ 55 \\ \hline 50 \\ 44 \\ \hline 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ 84 \\ \hline \end{array}$$

$$243 + 95 = 368$$