

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 10

Вариант 10-01

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

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 .

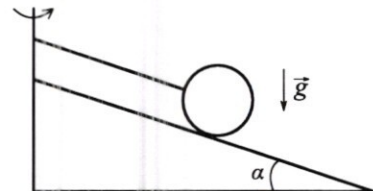


1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

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?

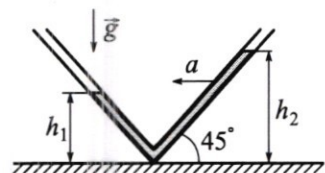
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



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 коленах 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.

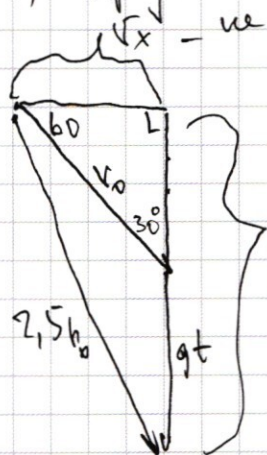
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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

П1. 1) Треугольник скоростей:



V_x - не меняется, поэтому является горизонтальной составляющей и конечной и начальной скорости.

Видно, ~~что~~ что $V_x = V_0 \cos 60$ (из треугольника скоростей)
тогда из прямоугольного Δ (по т. Пифагора)

$$V_x^2 + \frac{25}{4} V_0^2 = V_y^2$$

$$V_y = \sqrt{\frac{V_0^2}{4} + \frac{25}{4} V_0^2} = \underline{\underline{16 V_0 = 8\sqrt{6} \frac{m}{c}}}$$

2) Часть V_y приходится на увеличение скорости, поэтому (как видно из рисунка)

$$V_y = gt + V_{y0}$$

$$V_{y0} = V_0 \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0$$

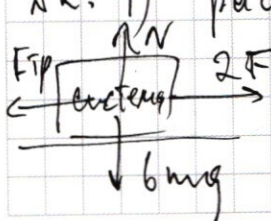
начальная
вертикальная составляющая

$$t = \frac{V_y - V_{y0}}{g} = \frac{8\sqrt{6} - \sqrt{3}}{2g} V_0 = 0,4 (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) = \underline{\underline{0,8\sqrt{6} - 0,4\sqrt{3} \text{ c.}}}$$

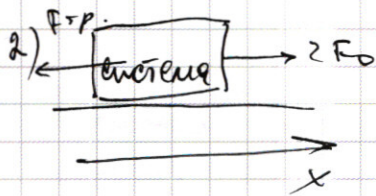
$$3) L = V_x t = 2,2g (V_y - V_{y0}) = 0,2 (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) = \underline{\underline{0,4\sqrt{6} - 0,2\sqrt{3} \text{ м.}}}$$

Ответ: 1) $8\sqrt{6} \frac{m}{c}$ 2) $0,8\sqrt{6} - 0,4\sqrt{3} \text{ c}$ 3) $0,4\sqrt{6} - 0,2\sqrt{3} \text{ м.}$

П2. 1) рассмотрим систему "шарик + человек" (шарик относительно земли, человек относительно шарика)
по 2-му и 3-му закону Ньютона ось y:



$$N - 6mg = 0 \Rightarrow \underline{\underline{N = 6mg}}$$



во 2-м и 3-м координатах по ось x. (где система)

$$2F_0 - F_{\text{тр}} = 0$$

$$2F_0 - 6\mu mg = 0$$

$$F_0 = 3\mu mg$$

во 3-м координатах по ось x: (где система)

$$2F - F_{\text{тр}} = 6ma$$

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

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

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

, так как выразил скорости не было.

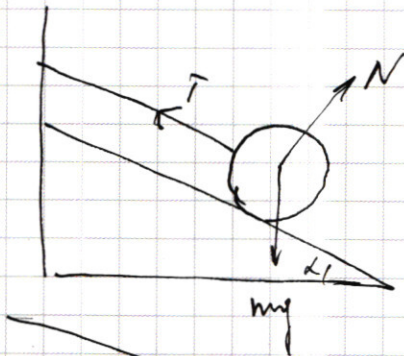
$$V_k = at \Rightarrow t = \frac{V}{a}$$

$$S = \frac{V_0^2}{2a}$$

$$\Rightarrow V_k = \sqrt{2aS} = \sqrt{2\left(\frac{F}{3m} - \mu g\right)S}$$

Ответ: 1) $N = 6\mu mg$ 2) $F_0 = 3\mu mg$ 3) $V_k = \sqrt{2\left(\frac{F}{3m} - \mu g\right)S}$.

З. 1) покой.

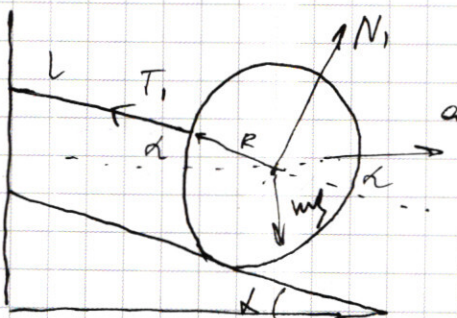


во 3-й координате где покой по ось z.

$$T - mg \sin \alpha = 0$$

$$T = mg \sin \alpha$$

2) вращение:



при вращении шар получает

горизонтальное ускорение

$a_z = \omega^2 S$, где $S = (l + R) \cos \alpha$ - расстояние от оси до центра шара,

второй 3-й координате по ось z.

- $T_1 + mg \sin \alpha = ma_z$

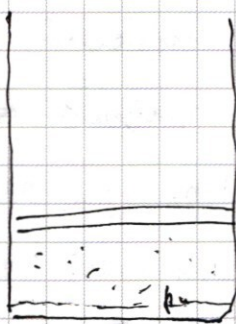
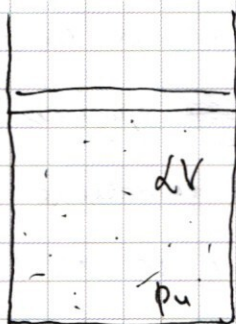
$$-T_1 + mg \sin \alpha = ma_z$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T_1 = m(g \sin \alpha - \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha)$$

Ответ: 1) $T = mg \sin \alpha$ 2) $T_1 = m(g \sin \alpha - \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha)$

25.



$L = 4,7$

1) Уравнение Менделеева-Клапейрона для начального состояния.

$$p_n V_n = \frac{m_n}{\mu} RT; \quad \frac{m_n}{V_n} = \rho_n$$

плотность пара.

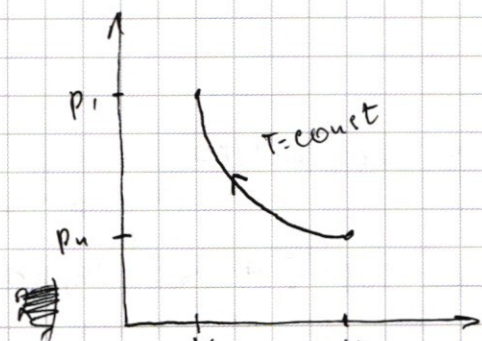
начальный объем

$$p_n = \frac{\rho_n}{\mu} RT \Rightarrow \rho_n = \frac{p_n \mu}{RT} = \frac{85 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368}$$

$$\approx \frac{4,1}{8,31} \approx 0,5$$

$$\frac{p_n}{p_6} \approx \frac{0,5}{1} = \frac{1}{2}$$

$$\begin{array}{r} \times 85 \\ 85 \\ \hline 765 \end{array} \quad \begin{array}{r} 765 \\ 730 \\ \hline 25 \end{array} \quad \begin{array}{r} 18 \\ 4,1 \\ \hline \end{array}$$



конечный объем.

начальный объем

2) 3-й Менделеев-Клапейрона для начального (1) и конечного (2) состояний

$$(1) p_n \Delta V = \frac{m_2}{\mu} RT$$

масса пара после сжатия

$$(2) p_n V = \frac{m_1}{\mu} RT$$

масса воды

$$\frac{m_2}{m_1} = d \quad m_2 = d m_1$$

$$m_2 = m_b + m_n, \quad (\text{по 3-му сохранению массы})$$

$$m_2 = m_b + \frac{m_2}{d}$$

$$d m_n = m_b + m_n$$

$$m_2 \left(1 - \frac{1}{d}\right) = m_b$$

$$m_n (d - 1) = m_b$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

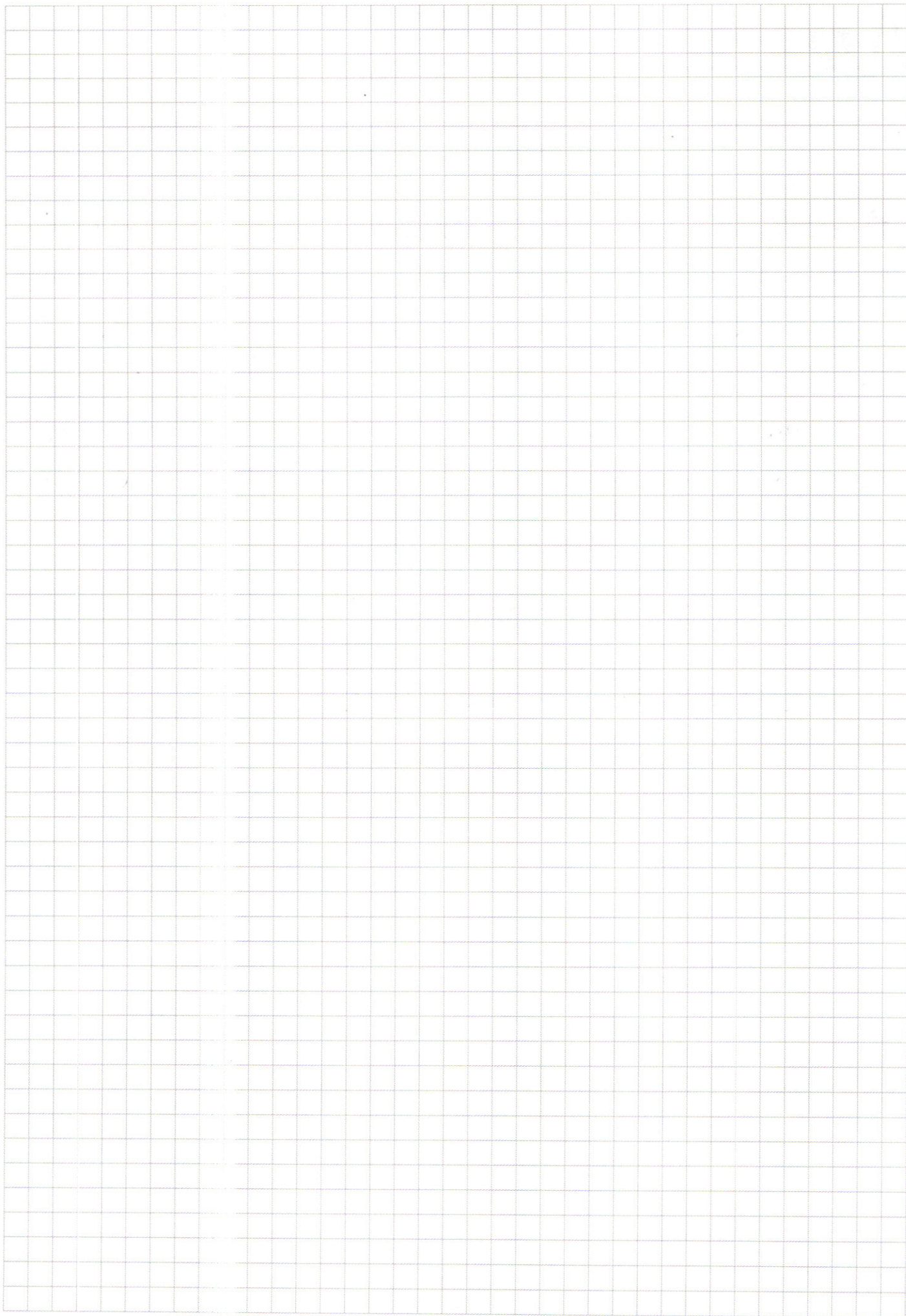
2) очевидно, что максимальная скорость достигается в положении равновесия (без трения) борта. Т.е. когда $h'_1 = h'_2$ (вместо борта опущено) и $h'_1 = h'_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{8 + 12}{2} = 10 \text{ см}$

Закон сохранения энергии для масс борта при переходе с максимальной высоты в положение $h'_1 = 10 \text{ см}$.

$$m g h_2 = m g h'_1 + \frac{m v^2}{2}$$
$$g(h_2 - h'_1) = \frac{v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2g(h_2 - h'_1)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot (12 - 10)} = \underline{\underline{2\sqrt{10} \frac{\text{м}}{\text{с}}}}$$

Ответ: 1) $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ 2) $v_{\text{max}} = 2\sqrt{10} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

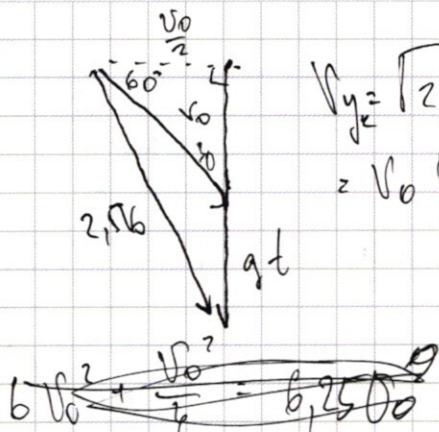
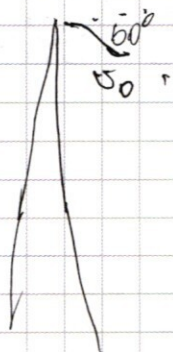


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_0 = 8 \text{ м/с.}$$



$$v_y = \sqrt{2,56 - 0,5^2 v_0^2} = v_0 \sqrt{\frac{25}{4} - \frac{1}{4}} = \frac{2\sqrt{6}}{2} v_0 = \sqrt{6} v_0 = 8\sqrt{6} \approx 8 \cdot 2,4 \approx 19,2 \text{ м/с}$$

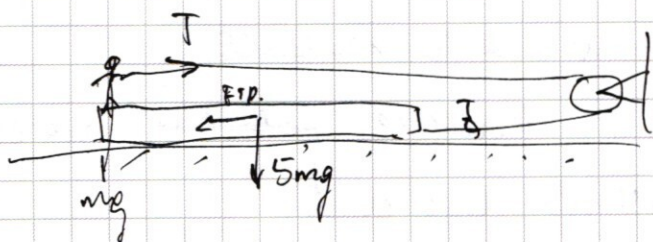
$$\begin{array}{r} \times 2,4 \\ 1,24 \\ \hline 9,6 \\ \times 1,7 \\ 1,7 \\ \hline 11,9 \\ \times 1,7 \\ 1,7 \\ \hline 2,89 \end{array}$$

$$2) \frac{v_{yH}}{v_0} = \cos 30^\circ \Rightarrow v_{yH} = v_0 \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0$$

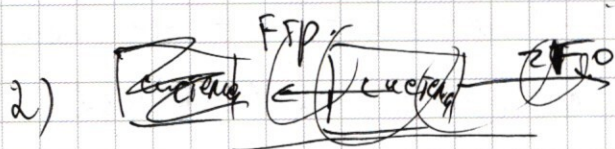
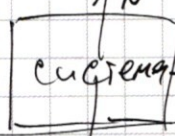
$$g t = v_y - v_{yH} = \sqrt{6} v_0 - \frac{\sqrt{3}}{2} v_0$$

$$t = \frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{2g} v_0 = \frac{8}{20} (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) = 0,4 (2\sqrt{6} - \sqrt{3}) = 0,4 (4,8 - 1,7) = 1,24 \text{ с}$$

$$3) L = v_{xH} t = \frac{v_0}{2} t = \frac{8}{2} \cdot 1,24 = 4,96 \text{ м.}$$



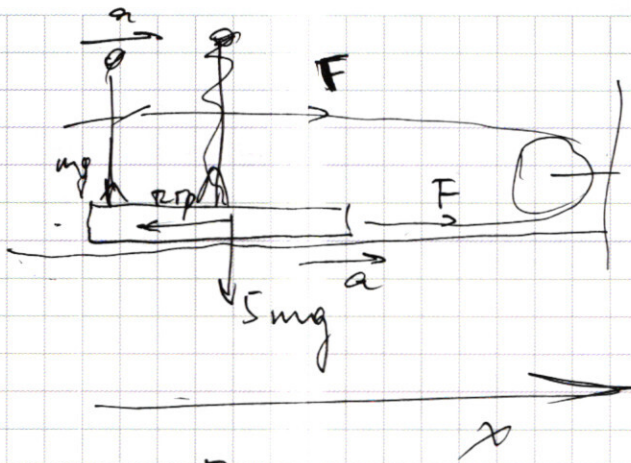
1) рассмотрим систему "шарик"
шарик? так как шарик
покоится то можно
сделать $N = 6 \text{ мН}$



$$2F_0 = F_{1p} = \mu N = \mu 6 \text{ мН}$$

$$F_0 = 3 \text{ мН}$$

(шарик не создает
горизонтальных сил пошлю)



2й з-н Ньютона для шнурка

$$5ma = F - F_{тр.}$$

$$5ma = F - 5mg$$

2й з-н Ньютона для колеса
 $ma = F$ (ускорение $\frac{F}{m}$ — это ускорение центра масс, а не колеса)
 (ускорение центра масс равно ускорению колеса)

6ma = F

$$6ma = 2F - 6mg$$

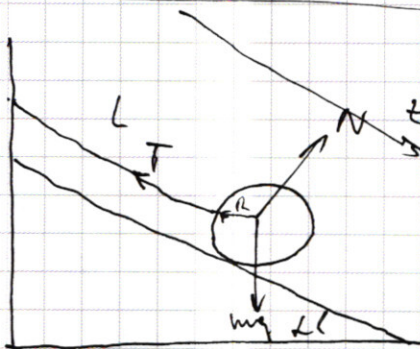
$$3ma = F - 3mg$$

$$F = \frac{F}{3m} - mg$$

$$a = \frac{F - 5mg}{5m} = \frac{F}{5m} - mg$$

$$S = \frac{at^2}{2} = \frac{v_k^2}{2a}$$

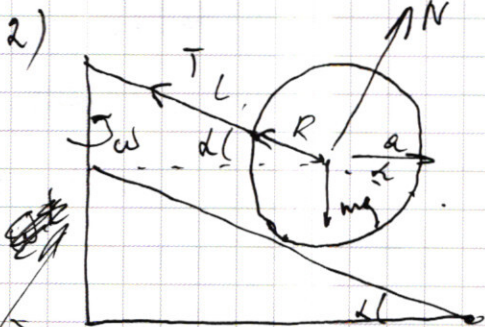
$$v_k = at \quad t = \frac{v}{a}$$



2й з-н Ньютона для шнурка
 покал: на ось z:

$$T - mg \sin \alpha = 0$$

$$T = mg \sin \alpha$$



при вращении сферы посылает
 ускорение параллельное

2й з-н Ньютона для шнурка на ось z:

$$-T + mg \sin \alpha = m a \cos \alpha$$

2й з-н Ньютона на ось k:

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

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

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

$$\frac{L + R}{L + R} = \cos \alpha$$

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

слева.

$$P_n = P_0 + \rho g h_1$$

$$P_n = P_0 + \rho g h_2$$

$$P_n S + P_n S = m a$$

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

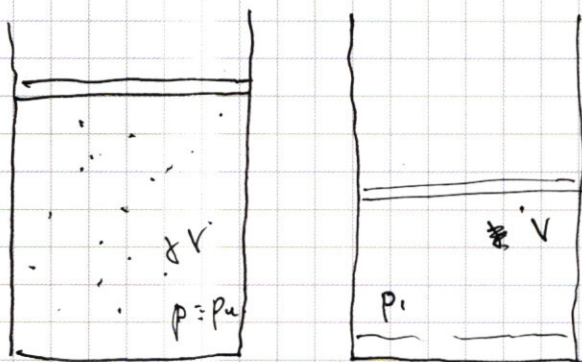
$$- P_n S + P_n S = m g \sin 45^\circ$$

$$P = \rho g (h_2 - h_1) + P_0$$

$$\frac{H_2}{L} = \sin 45^\circ$$

$$T = 95^\circ\text{C} = 95 + 273\text{K}$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 95 \\ \hline 368 \end{array}$$



$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

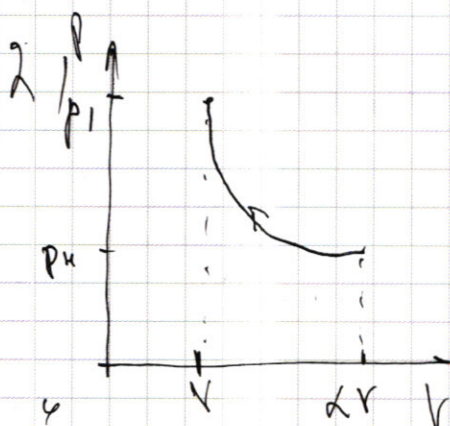
$$\frac{m_2}{V} = \rho_n \quad p = \frac{p_n}{\mu} RT$$

$$p_n = \frac{p \mu}{RT} = \frac{85000 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368} =$$

$$\approx \frac{1530}{3058} \approx \frac{1530}{8,3 \cdot 368} = \frac{4,1}{8,3} \approx 0,5$$

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

$$\begin{array}{r} 1530 \quad 368 \\ - 1472 \quad 4,1 \\ \hline 580 \end{array} \quad \delta = 4,7$$



$$p_n dV = \frac{m_2}{\mu} RT$$

$$p_1 V = \frac{m_{n1}}{\mu} RT$$

$$\frac{m_2}{m_{n1}} = \frac{p_n dV}{p_1 V} = \delta$$

$$1) pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$p = \frac{p_2}{\mu} RT \Rightarrow p_2 = \frac{p \mu}{RT} = \frac{85 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} =$$

$$\approx \frac{3,2}{3058} \approx \frac{4,1}{8,31} \approx 0,5 \text{ ат}$$

$$= 0,5 \text{ ат}$$

$$\frac{p_n}{p_b} \approx \frac{0,5}{1} \approx \frac{1}{2}$$

$$\begin{array}{r} 3709,4 \\ - 2820,9 \\ \hline 888,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ + 9 \\ \hline 605 \\ - 368 \\ \hline 237 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 184 \\ - 10,4 \\ \hline 173,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20037 \\ - 18500,5 \\ \hline 1536,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,200 \\ - 8,31 \\ \hline 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ + 9 \\ \hline 765 \\ + 730 \\ \hline 1495 \end{array}$$

$$2) p_n dV = \frac{m_2}{\mu} RT$$

$$p_n V = \frac{m_{n1}}{\mu} RT$$

$$\alpha = \frac{m_2}{m_{n1}} \quad m_{n1} = \frac{m_2}{\alpha}$$

$$m_2 = m_{n1} + m_b$$

$$m_b = m_2 - m_{n1}$$

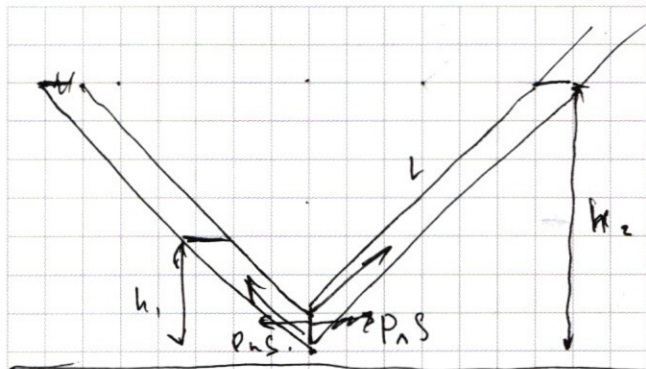
$$m_b = m_2 - \frac{m_2}{\alpha}$$

$$\frac{m_b}{m_{n1}} = 1 - \frac{1}{\alpha}$$

$$\frac{V_b}{V_n} = \frac{\alpha - 1}{2\alpha} = \frac{4,7 - 1}{9,4} = 0,39$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{2}{\alpha - 1} = \frac{2}{3,7}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$p_n = p_0 + \rho g h_2$$

$$p_1 = p_0 + \rho g h_1$$

$$m = \rho L b$$

$$L = h \sin 45^\circ$$

$$-p_0 s - m_1 g + p_1 s = m_1 a$$

$$p_0 s + m_2 g - p_2 s = m_2 a$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} < 1.$$

$$-p_0 s - \rho m_1 \sin 45^\circ s g + (p_0 + \rho g h_2) s = \rho m_1 \sin 45^\circ s a$$

$$-p_0 - \rho h_1 \sin 45^\circ g + p_0 + \rho g h_2 = \rho h_2 \sin 45^\circ a$$

$$+ \left\{ p_0 + \rho g h_1 \sin 45^\circ g - p_0 - \rho g h_1 = \rho h_1 \sin 45^\circ a \right.$$

$$- \rho g \sin 45^\circ (h_2 - h_1) + \rho g (h_2 - h_1) = \rho \sin 45^\circ a (h_2 - h_1)$$

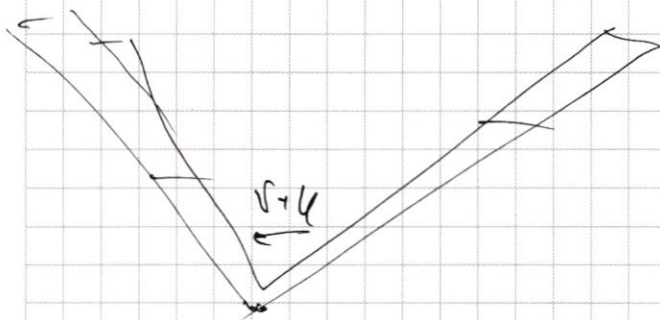
$$-g \sin 45^\circ + g = a \sin 45^\circ$$

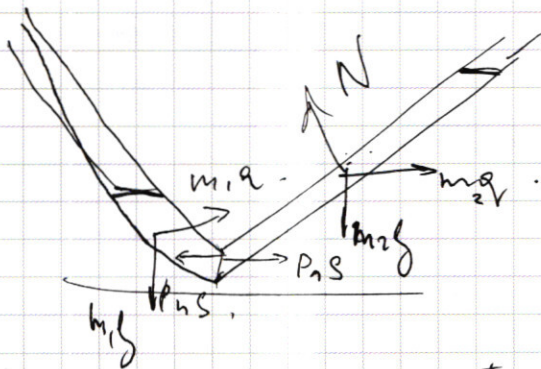
$$a = \frac{1 - \sin 45^\circ}{\sin 45^\circ} g = \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{2}}}{\frac{1}{\sqrt{2}}} g = (\sqrt{2} - 1)g \approx (1.41 - 1)g \approx 0.41g.$$

$$-p_1 s + p_2 s = m_2 a$$

$$p_2 s - p_1 s = m_1 a$$

$$a = 0.41g.$$



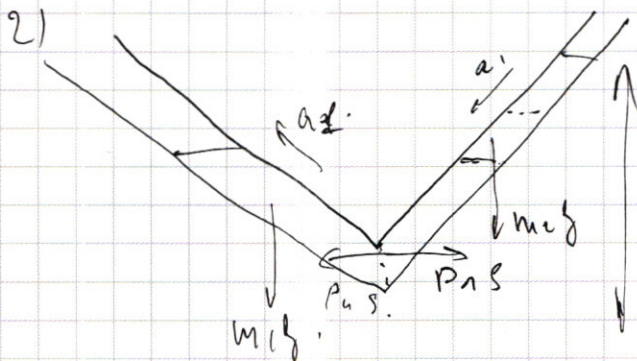


$$\begin{aligned}
 m_1 a &= P \sin 45^\circ - m_2 g \cos 45^\circ + P \sin 45^\circ - P \cos 45^\circ \\
 m_2 a &= P \sin 45^\circ - m_2 g \sin 45^\circ + P \cos 45^\circ - P \sin 45^\circ
 \end{aligned}$$

$$m_2 = \rho h \sin 45^\circ$$

$$\begin{aligned}
 m_2 a &= -m_2 g + P \sin 45^\circ \\
 m_1 a &= +m_1 g + P \sin 45^\circ \\
 -(m_1 + m_2) a &= (m_1 - m_2) g
 \end{aligned}$$

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} g = \frac{4}{20} g = 2 \frac{m}{c^2}$$



$$\begin{aligned}
 P \sin 45^\circ + m_2 g \sin 45^\circ &= P \cos 45^\circ \\
 &= m_2 a, \\
 -P \sin 45^\circ + m_1 g \sin 45^\circ + P \cos 45^\circ &= m_1 a,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p_0 + \rho h_2 g \sin 45^\circ - (p_0 + \rho g h_1) &= \rho h_2 \sin 45^\circ a \\
 -p_0 - \rho h_1 g \sin 45^\circ + (p_0 + \rho g h_2) &= \rho h_1 \sin 45^\circ a \\
 \rho g \sin 45^\circ (h_2 - h_1) - \rho g (h_2 - h_1) &= \rho g (h_2 - h_1) a \sin 45^\circ \quad h_2 - h_1 \neq 0 \\
 g \sin 45^\circ - g &= a \sin 45^\circ \\
 a &= \frac{\sin 45^\circ - 1}{\sin 45^\circ} g \approx 0,41 g
 \end{aligned}$$