

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-01

Класс 10

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

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?

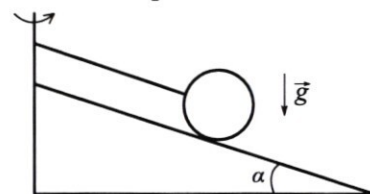
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

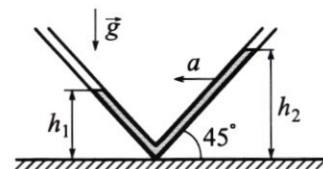


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.



$$|\vec{v}_k| = 2,5 v_0$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha \quad (1)$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha + gt \quad (2)$$

Если камень бросили $\vec{v}_0$
то некоторое время он находится
вверх от земли.

$$v_k = \sqrt{v_{xk}^2 + v_{yk}^2} \quad (3)$$

где t_k — время падения.

$$(1), (2) \rightarrow (3) \Rightarrow v_k = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha + gt_k)^2}$$

$$2,5 v_0 = \sqrt{v_0^2 + 2 v_0 g t_k \sin \alpha + g^2 t_k^2}$$

$$t_k^2 + \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} t_k - \frac{5,25 v_0^2}{g^2} = 0$$

$$t_k = -\frac{v_0 \sin \alpha}{g} + \sqrt{\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} + \frac{5,25 v_0^2}{g^2}}$$

$$t_k = +\frac{v_0}{g} (\sqrt{\sin^2 \alpha + 5,25} - \sin \alpha)$$

(выбираем положительный корень, т.к. $t_k > 0$)

$$t_k = \frac{g}{10} \left(\sqrt{\frac{3}{4} + 5,25} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$t_k = \frac{8\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1)}{20} = \frac{2\sqrt{3}(2\sqrt{2}-1)}{5} \approx \frac{2 \cdot 1,73 \cdot (2 \cdot 1,41 - 1)}{5} =$$

$$= 1,26 \text{ с.}$$

Соответственно теперь можем найти v_{yk}

$$v_{yk} = v_0 \sin \alpha + g t_k$$

$$v_{yk} = \frac{8\sqrt{3}}{2} + 12,6 = 19,52 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Горизонтальное смещение:

$$L = v_x t_k = v_0 \cos \alpha t_k$$

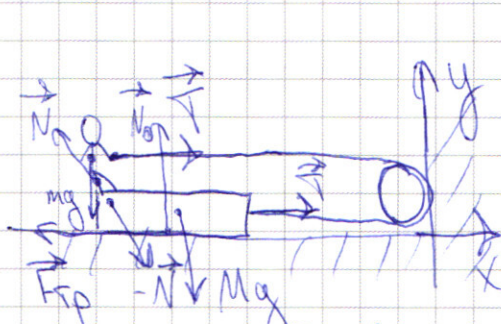
$$L = \frac{8}{2} \cdot 1,26 = 5,04 \text{ м.}$$

Итак

$$\text{Ответ: } 1) v_{yk} = 19,52 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) t_k = 1,26 \text{ с}$$

$$3) L = 5,04 \text{ м.}$$



№2.

Пусть человек и диск взаимодействуют с силой N . Она не вертикальна, т.к. человек

1) "упирается" в диск.

Условие равновесия ч-ка по y :

$$N_y - mg = 0 \quad (1)$$

Блока:

$$N_0 - N_y - Mg = 0 \quad (2)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$(1), (2) \Rightarrow N_{\text{пол}} = (m+M)g = 6 \text{ мН}$$

А сила, с которой ч-к с двигателями давит на пол, по модулю равна N_0 (3-й и 4-й з-ны Ньютона.)

2) Рассмотрим систему человек - двигатель. Требуемая мин. кин. энергия для нее:

$$\frac{(M+m)v_k^2}{2} = 0 = 2TS - \mu N_0 S, \text{ где } v_k - \text{скорость по трассе } S.$$

~~$$T = \frac{6 \text{ мН}}{2} = 3 \text{ мН}$$~~

$$T = \frac{(M+m)v_k^2}{4S} + \frac{\mu(M+m)g}{2} \quad (3)$$

Однако нам требуется найти $T_{\min}$. Для этого $v_k = 0$, $T_{\min} = \frac{\mu(M+m)g}{2} = 3 \text{ мН}$

По 3-му з-ну Ньютона $F_0 = T_{\min}$
 $F_0 = 3 \text{ мН}$

3) Вернемся к (3)

Если человек тянет с F , то T в (3) = F

$$F = \frac{(M+m)v_k^2}{4S} + \frac{\mu(M+m)g}{2}$$

$$v_k = \sqrt{\frac{4SF - 2\mu g(M+m)}{M+m}}$$

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

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

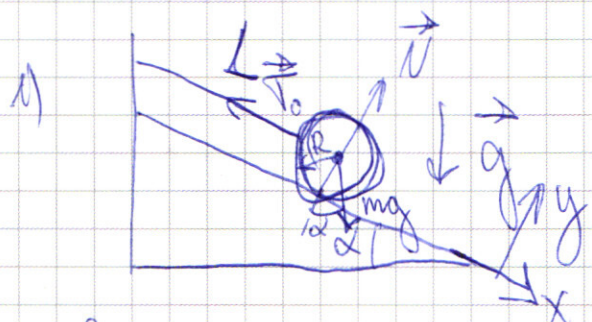
Ответ: 1) $N_0 = 6 \text{ mg}$

2) $F_0 = 3 \mu \text{ mg}$

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

№3.

Если система покоится.



$$\vec{T}_0 + \vec{N} + m\vec{g} = 0$$

где T_0 - сила натяжения нити

в данном случае.

2-е условие равновесия выполняется, т.к. все силы пересекаются в центре шара, и, таким образом, их моменты отн. этой точки = 0.

$$\text{Ох: } -T_0 + mg \sin \alpha = 0$$

$$T_0 = mg \sin \alpha$$

2) Теперь сила натяжения нити обозначим T_0 . Встречаем еще раз. равн-е все еще выполняется, но там же причинами



$$\text{Ох: } mg \sin \alpha = T_0 \cos \alpha - N \sin \alpha$$

$$\text{Оу: } 0 = T_0 \sin \alpha + N \cos \alpha - mg$$

$$(1) N \cos \alpha = mg - T_0 \sin \alpha$$

$$(2) N \sin \alpha = T_0 \cos \alpha - m \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

т.к. расстояние по оси вращения от

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

В упр-е (2) мы имеем $L+R\cos\alpha$, т.к. в данной ситуации мы можем заменить шар по центру масс со всей массой.

центр шара от вера $= (L+R\cos\alpha)$



$$2: (1) \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{T_0 \cos \alpha - m \omega^2 (L+R \cos \alpha)}{mg - T_0 \sin \alpha}$$

$$mg \operatorname{tg} \alpha - T_0 \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha = T_0 \cos \alpha - m \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

умножим на $\cos \alpha$

$$T_0 = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha$$

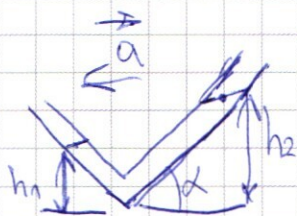
$$T_0 = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha)$$

Ответ: 1) $T_0 = mg \sin \alpha$

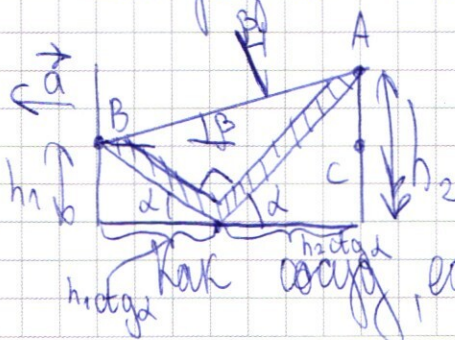
2) $T_0 = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha)$

н/ч.

н

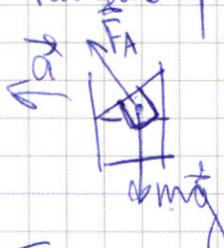


Можно представить данную ситуацию так:



как ось, если α мало,

но в котором рассматривается лишь затопленная часть (т.к. F_A в этих случаях будет одинаковой) т.к. условия для всех участков воды в бассейне одинаковы) рассматриваем курс скорости на по-м.



$$\begin{cases} F_A \sin \beta = ma \\ F_A \cos \beta = mg \end{cases} \Rightarrow \tan \beta = \frac{a}{g}$$

$$a = g \tan \beta$$

из $\triangle ABC$: $\tan \beta = \frac{h_2 - h_1}{\sigma g x (h_1 + h_2)}$

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

$$a = \frac{10 \cdot 4}{20} \cdot 1 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2) Если $a=0$, то $\tan \beta=0$ и уровень установится на 1 высоте.



условие сохр-а объема:

$$\frac{h_1}{\sin \alpha} \cdot S + \frac{h_2}{\sin \alpha} \cdot S = \frac{h}{\sin \alpha} \cdot S + \frac{h}{\sin \alpha} \cdot S$$

где S - пл. пер. от-а трубы.

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

Также при $a=0$, а значит скорости все уровни скорости станут горизонтальными,

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

затем начнется перетекание.

~~Рассмотрим курс воды~~

Запишем урав-е Бернулли для левого
канала:

$$\frac{\rho v_i^2}{2} + \rho g h_i + p_0 = p_0 + \rho g h$$

где p_0 — атм. давл.,

h_i — i -тая высота

v_i — скорость ^{в воде} на h_i , h — конечн. высота

$$v_i = \sqrt{2g(h - h_i)}$$

Соответственно

$v_{\max}$ при $h_{\min}$, то

это в самом начале при $h_i = h_1$.

$$v_{\max} = \sqrt{2g(h - h_1)} = \sqrt{g(h_2 - h_1)}$$

$$v_{\max} = \sqrt{10 \cdot 1} = 2\sqrt{10} \approx 6,26 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

$$2) v_{\max} = 6,26 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

№5.

1)

$$\begin{matrix} p, T \\ \hline \mu, V \end{matrix}$$

$$pV = \nu RT$$

$$\downarrow \quad \quad \quad \downarrow$$

$$p = \frac{p_n RT}{\mu} \Rightarrow p_n = \frac{\mu p}{RT}$$

где p_n — плотность пара.

Таким образом

$$\frac{p_n}{p} = \frac{\mu p}{pRT}$$

$$\frac{p_n}{p} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^3}{10^3 \cdot 8,31 \cdot (273 + 95)} = \frac{1,8 \cdot 8,5}{10 \cdot 8,31 \cdot 3,68 \cdot 10^2} =$$

$$= 5 \cdot 10^{-4}$$

2) $\frac{pV}{x} = \frac{m_1}{\mu} RT$ (1), где m_1 — масса пара в этой камере.

$pV = \frac{m}{\mu} RT$ (2), где m — масса всего пара.

$m = m_1 + m_b$, где m_b — масса сконденс. воды.

$$V_b = \frac{m_b}{\rho}$$

$$(2) - (1) \Rightarrow pV \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{\rho} \right) = \frac{m_b}{\mu} RT$$

$$m_b = \frac{\mu p V (x - 1)}{x RT}$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{V}{x V_b} = \frac{pV}{x m_b} = \frac{pV \cdot x RT}{x \cdot \mu p V (x - 1)} =$$

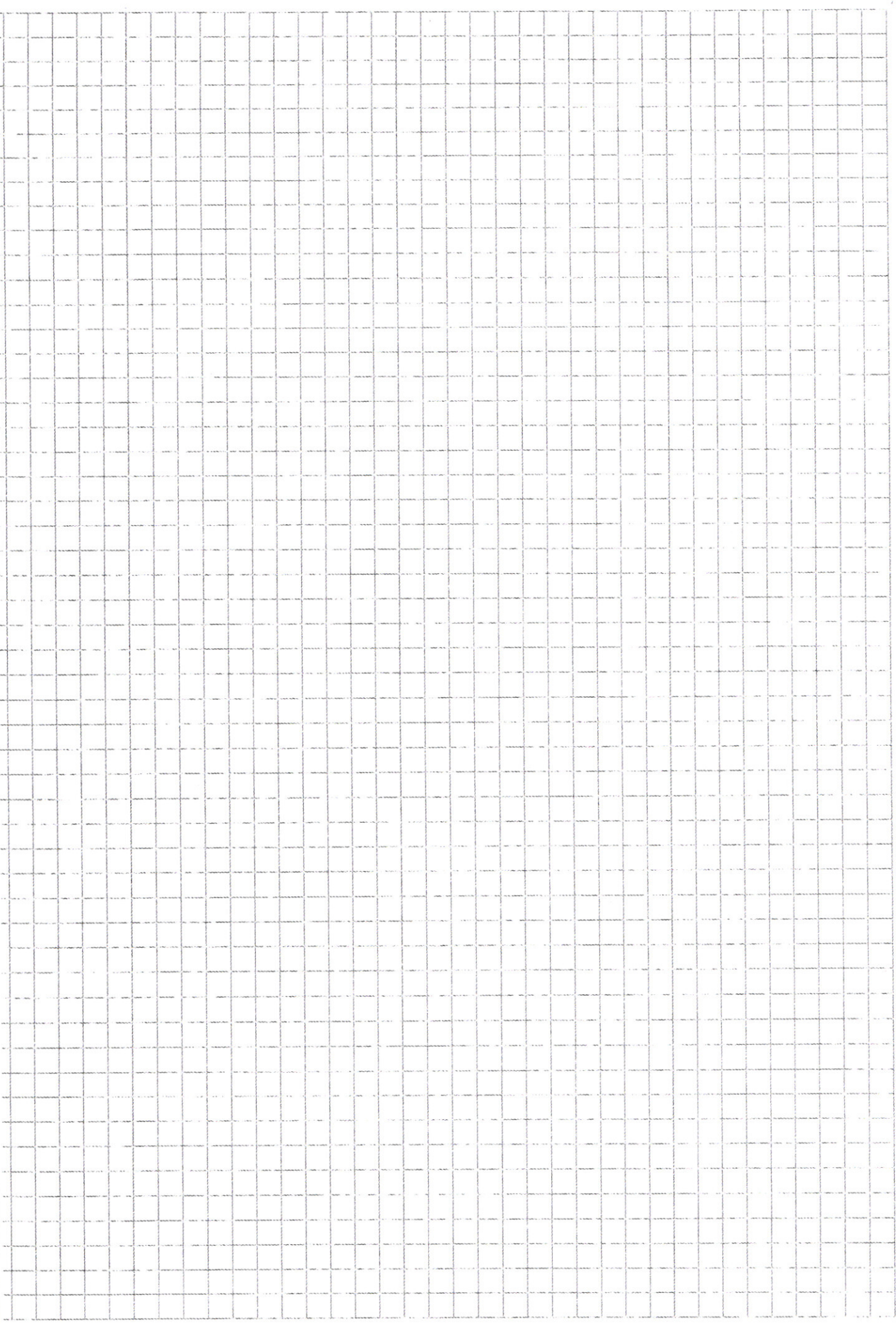
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \frac{pRT}{\mu R(\gamma-1)}$$

$$\frac{V_{\Gamma}}{V_0} = \frac{10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 3,68 \cdot 10^2}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,5 \cdot 10^4 \cdot 3,7} = 10^{-3} \cdot 2 \cdot \frac{1}{3,7} = 5,4 \cdot 10^{-2}$$

Ответ: 1) $\frac{p_{\Gamma}}{p} = 5 \cdot 10^{-4}$

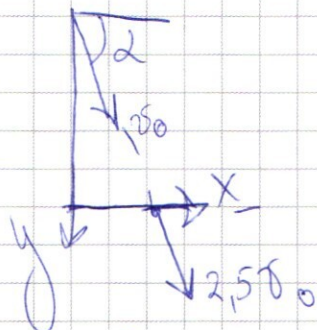
2) $\frac{V_{\Gamma}}{V_0} = 5,4 \cdot 10^{-2}$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_0 \cos \alpha = v_x$$

$$v_0 \sin \alpha + gt = v_y$$

~~W~~

$$\sqrt{v_x^2 + v_{yк}^2} = 2,5 v_0$$

$$\sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha + g^2 t^2 + 2 v_0 g t \sin \alpha} = 2,5 v_0$$

$$6,25 v_0^2 = v_0^2 + (gt)^2 + 2 v_0 g t \sin \alpha$$

$$t^2 + \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} t - \frac{5,25 v_0^2}{g^2} = 0$$

$$t = \frac{-v_0 \sin \alpha}{g} \pm \sqrt{\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} + \frac{5,25 v_0^2}{g^2}}$$

$$= \pm \frac{v_0}{g} (-\sin \alpha \pm \sqrt{\sin^2 \alpha + 5,25})$$

$$\frac{v_0}{g} \sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{2\sqrt{6} - \sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{2}$$

$$-3,00 = 1,73$$

$$\begin{array}{r} 24 \overline{) 200} \\ \underline{168} \\ 320 \\ \underline{300} \\ 20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 141 \\ \times 141 \\ \hline 141 \\ 564 \\ \hline 19881 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 173 \\ \times 173 \\ \hline 519 \\ 1211 \\ \hline 29929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 173 \\ \times 173 \\ \hline 692 \\ + 12110 \\ \hline 19521 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 182 \\ \times 143 \\ \hline 546 \\ 1274 \\ 182 \\ \hline 31486 \end{array}$$

$$\frac{3,15 \cdot 2}{5} = \frac{6,3}{5} = 1,26$$

$$\begin{array}{r} 63 \overline{) 126} \\ 5 \overline{) 126} \\ \underline{13} \\ -10 \\ \hline 30 \end{array}$$

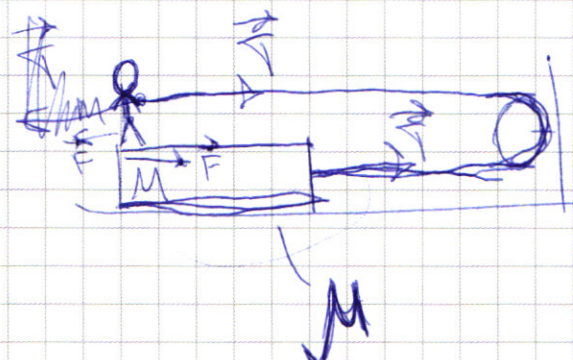
$$\begin{array}{r} 1,26 \\ \times 1,26 \\ \hline 6,30 \\ 15,30 \\ \hline 1,5936 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,26 \\ \times 4 \\ \hline 5,04 \end{array}$$

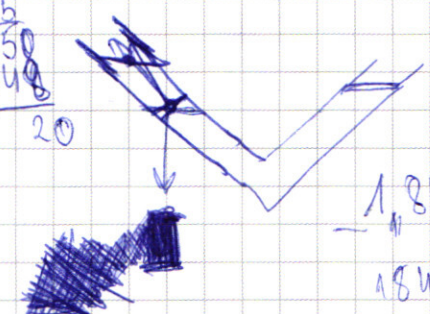
$$\begin{array}{r} 1,26 \\ \times 4 \\ \hline 5,04 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,8 \\ \times 8,5 \\ \hline 9,0 \\ 14,4 \\ \hline 15,30 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{1000} = 31,3 \\ 61 \overline{) 1000} \\ \underline{123} \\ 1223 \\ \hline 3900 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 20 \overline{) 37} \\ \underline{0} \\ 200 \\ \underline{185} \\ 158 \\ \underline{148} \\ 10 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 1,84 \overline{) 368} \\ \underline{184} \\ 0 \end{array}$$

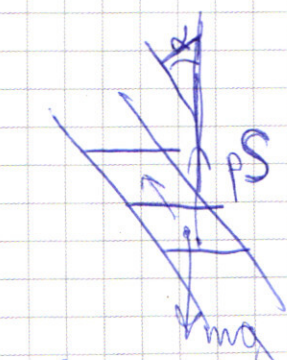
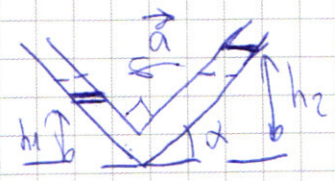
$$\begin{aligned} 2T - \mu(M+m)g &= (M+m)a \\ -F + T &= ma \\ F + T - \mu(M+m)g &= Ma \end{aligned}$$

$$F \sin \beta = 0$$

$$2TS - \mu(M+m)gS = 0$$

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

$$\frac{H}{M^2} = \frac{K}{M \cdot c^2}$$



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

$$\frac{\rho g \omega^2}{2} \neq \rho g h_0 = \rho g h$$

$$\rho S \cos \alpha - m g \cos \alpha = m a$$