

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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

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?

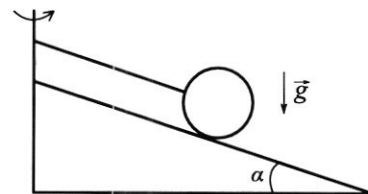
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

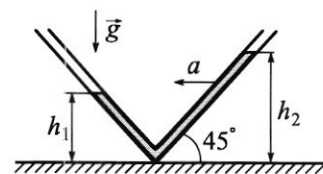


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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:

$$V_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

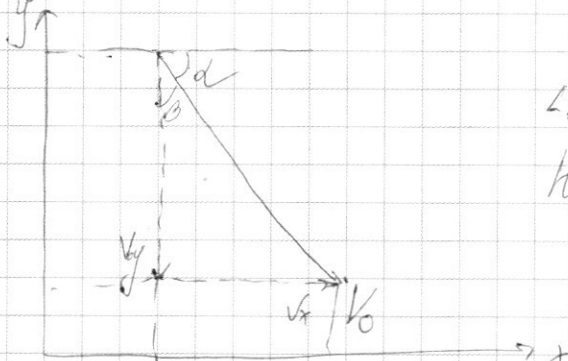
$$V_k = 2,5 V_0$$

$$V_{ky} = ?$$

$$t_n = ?$$

$$S_x = ?$$

Решение: V_k - конечная скорость перед ударом
образуем вектор начальной скорости и его проекции на ось



$$\alpha = 60^\circ \Rightarrow \beta = 30^\circ$$

Найдем проекции на ось:

$$V_x = V_0 \sin \beta = 4 \text{ м/с}$$

$$V_y = V_0 \cos \beta = 4\sqrt{3} \text{ м/с} \approx 6,8 \text{ м/с}$$

На протяжении падения V_x сохраняется (по оси OX тело движется равномерно)

$$V_k = 2,5 V_0 = 20 \text{ м/с}$$

образуем вектор конечной скорости и его проекции:



По т. Пифагора найдем $V_{ky} = \sqrt{V_x^2 + V_k^2} = \sqrt{4^2 + 20^2} = \sqrt{400 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 16 \text{ м}^2/\text{с}^2} = 8\sqrt{6} \text{ м/с} \approx 19,2 \text{ м/с}$

По оси Oy скорость меняется так: $V_y = V_{y0} + g t_n \Rightarrow t_n = \frac{V_{ky} - V_{y0}}{g} = \frac{19,2 \text{ м/с} - 6,8 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 1,24 \text{ с}$

По оси OX он прошел путь: $S_x = V_x \cdot t_n = 4 \text{ м/с} \cdot 1,24 \text{ с} = 4,96 \text{ м}$

Ответ: $V_{ky} = 19,2 \text{ м/с}$

$$t_n = 1,24 \text{ с}$$

$$S_x = 4,96 \text{ м}$$

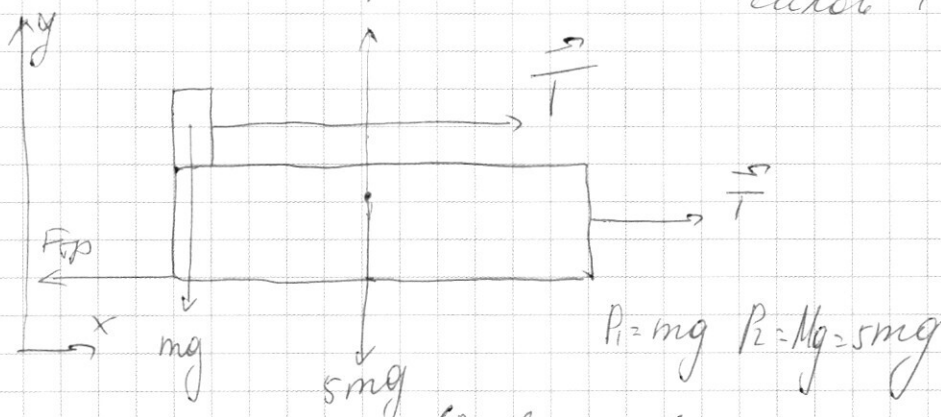
Дано:

S
 m
 $M = 5m$
 μ

$P = ?$
 $F = ?$
 $V_k = ?$

Решение:

нестационарный блок движется только наравление,
поэтому человек должен тянуть
силу T



$$P = P_1 + P_2 = mg + 5mg = 6mg \quad (P_1 - \text{вес человека}, P_2 - \text{вес груза})$$

Распишем силы по осям (при этом зафиксируем б.а. (F-мил))

$$OY: N - mg - 5mg = 0 \Rightarrow N = 6mg$$

$$OX: -F_{\text{тр}} + 2T = 0 \Rightarrow T = \frac{F_{\text{тр}}}{2} = 3\mu mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N = 6\mu mg$$

Человек должен тянуть с $F_0 = T = 3\mu mg$

Если $F > F_0$, то по II-ому закону $6mg + 2T + N + F_{\text{тр}} = 6ma$

$$OY: N = 6mg$$

$$OX: 2T - F_{\text{тр}} = 6ma \quad 1:2$$

$$T - 3\mu mg = 3ma \Rightarrow a = \frac{T - 3\mu mg}{3m}$$

$$S = \frac{V_k^2 - V_0^2}{2a}, \text{ т.к. } V_0 = 0, \text{ то } S = \frac{V_k^2}{2a} \Rightarrow V_k = \sqrt{2a \cdot S} = \sqrt{\left(\frac{2T - 6\mu mg}{3m}\right) \cdot S}$$

Ответ: $P = 6mg$

$$F_0 = 3\mu mg$$

$$V_k = \sqrt{\left(\frac{2T - 6\mu mg}{3m}\right) \cdot S}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

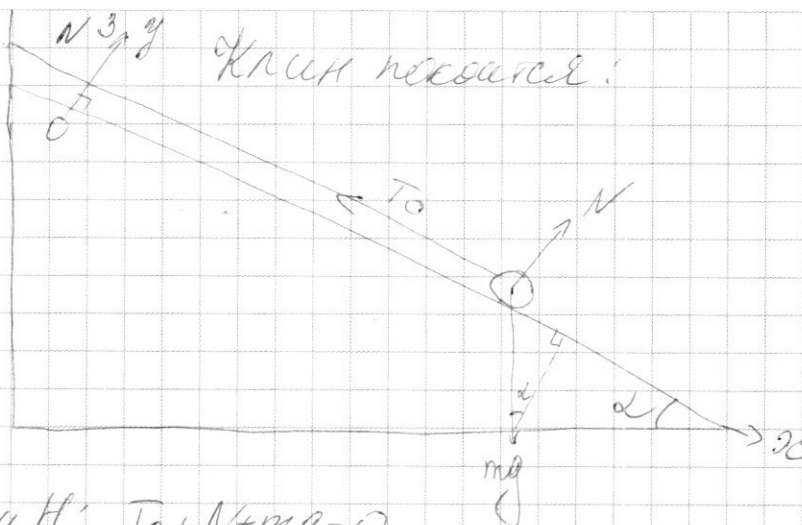
Дано:

m
 R
 ω
 L
 α

$T_0 = ?$

$T = ?$

Решение:

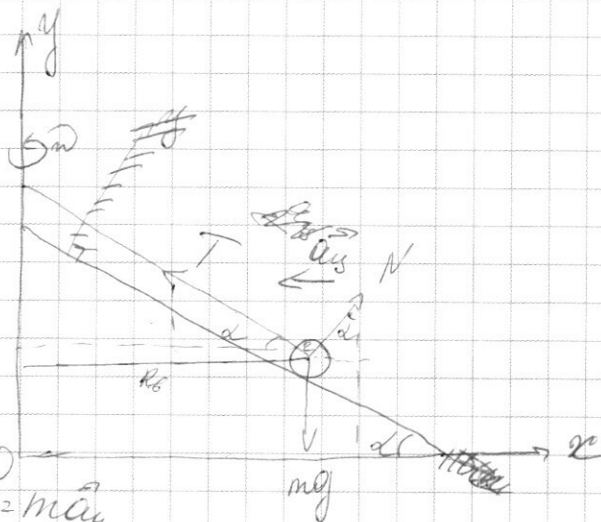


По II-ому закону Н: $T_0 + N + mg = 0$

OY: $N = mg \cos \alpha$

OX: $T_0 = mg \sin \alpha$

При вращении клина:



По II-ому закону Н: $\vec{T} + \vec{N} + \vec{mg} = m\vec{a}_y$

OX: $-T \cos \alpha + N \sin \alpha = ma_y$

OY: $T \sin \alpha - mg + N \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{mg}{\cos \alpha} - T \tan \alpha$

$-T \cos \alpha + mg \tan \alpha - T \sin \alpha \tan \alpha = ma_y$; $a_y = \omega^2 R_0$ (R_0 - радиус вращения).

Из рисунка видно, что $R_0 = (L + R) \cos \alpha$

$T \cos \alpha + T \sin \alpha \tan \alpha = mg \tan \alpha - ma_y$

$T = \frac{mg \tan \alpha - ma_y}{\cos \alpha + \sin \alpha \tan \alpha} = \frac{mg \tan \alpha - m \omega^2 (L + R) \cos \alpha}{\cos \alpha + \sin \alpha \tan \alpha} = \frac{m(g \tan \alpha - \omega^2 (L + R) \cos \alpha)}{\cos \alpha + \sin \alpha \tan \alpha}$

Ответ к N3: $T_0 = mg \cdot \sin \alpha$
 $T = \frac{m(g \sin \alpha - \omega^2(L+R) \cdot \cos \alpha)}{\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \tan \alpha}$
 N4

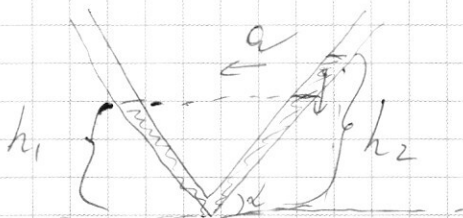
Дано:

$\angle \alpha = 45^\circ$

$h_1 = 80 \text{ см} = 0,08 \text{ м}$

$h_2 = 120 \text{ см} = 0,12 \text{ м}$

Решение:



$a = ?$

$V_m = ?$

Сила с которой действует внешняя изгибающаяся часть жидкости: $F_g = mg = \rho \cdot S \cdot sh \cdot g$. $sh = h_2 - h_1$

Она придает а жидкости $m = \rho \cdot S \cdot 2h_1 \cdot g$

По II-му закону Н.: $\rho \cdot S \cdot sh \cdot g = (\rho \cdot S \cdot 2h_1 \cdot g) \cdot a$

$a = \frac{sh \cdot g}{2h_1} = \frac{0,04 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{0,16 \text{ м}} = 2,5 \text{ м/с}^2$

Когда уровни жидкости сравняются в коленях, (после) то как трубка начнет двигаться равномерно) максимальная скорость жидкости в т. трубки будет достигнута

$sh = \frac{V_m^2 - V_0^2}{2g}$, $V_0 = 0 \Rightarrow V_m = \sqrt{2g \cdot sh} = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,04 \text{ м}} \approx 0,9 \text{ м/с}$

Ответ: $a = 2,5 \text{ м/с}^2$

$V_m = 0,9 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 5

Дано:

$$p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = \text{const} = 95^\circ\text{C} = 368 \text{ К}$$

$$\rho_0 = 12/\text{см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu = 18 \text{ г/моль} = 0,018 \text{ кг/моль}$$

$$\gamma = 4,7$$

$$\frac{p_n}{p_0} = ?$$

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

Решение:

По 3-му М-К:

$$pV = \nu \cdot R \cdot T, \quad \nu = \frac{m}{\mu}$$

$$pV = \frac{m \cdot R \cdot T}{\mu}, \quad \frac{m}{V} = \frac{\rho \cdot \mu \cdot p}{R \cdot T}$$

$$\frac{m}{V} = \rho \Rightarrow \rho_n = \frac{p_n \cdot \mu}{R \cdot T}$$

$$\rho_n = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 0,018 \text{ кг/моль}}{8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 368 \text{ К}} \approx 500 \text{ кг/м}^3$$

$$\frac{\rho_n}{\rho_0} = \frac{500 \text{ кг/м}^3}{1000 \text{ кг/м}^3} = 0,0005 \Rightarrow \rho_n = 0,0005 \rho_0$$

Т.к. пар насыщенным, то $p = \text{const}$

По 1-му М-К: $pV = \frac{m R T}{\mu} \Rightarrow m = \frac{pV \cdot \mu}{R T}$

m_1 - нач. масса пара V_1 - нач. об. пара
 m_2 - конеч. масса пара V_2 - конеч. об. пара: $\frac{V_2}{V_1}$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_1}{V_1 \cdot 4,7} = \frac{1}{4,7}$$

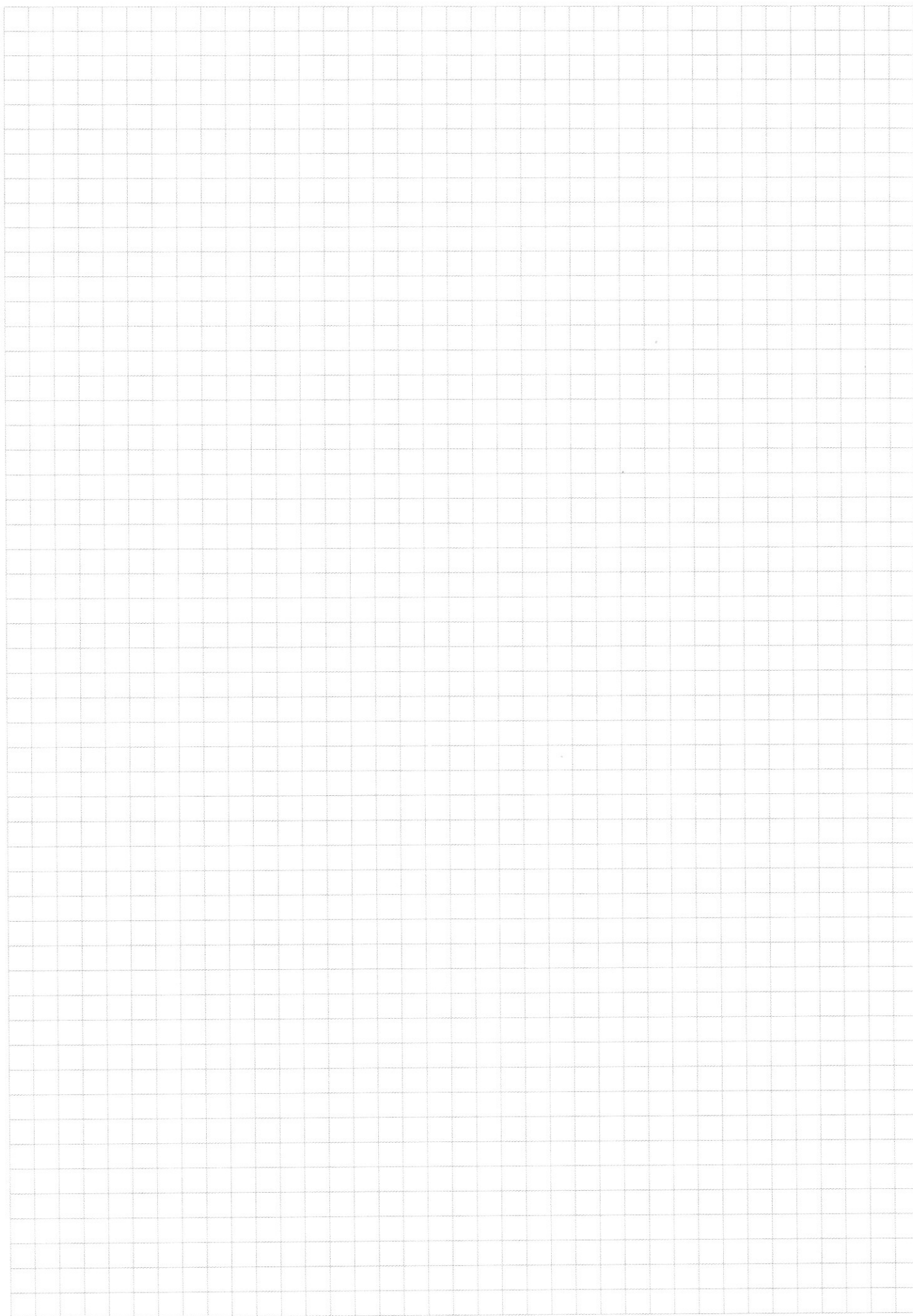
Всего пара: 4,7 частей. После испарения осталась 1 часть $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ воды стало 3,7 частей

Пусть вся та часть = M , тогда:

$$V_0 = \frac{3,7M}{\rho_0}, \quad V_n = \frac{M}{\rho_n}$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{M \cdot \rho_0}{\rho_n \cdot 3,7M} = \frac{\rho_0}{0,0005 \rho_0 \cdot 3,7} = \frac{1}{0,00185} \approx 540$$

Ответ: $\frac{\rho_n}{\rho_0} = 0,0005$; $\frac{V_n}{V_0} = 540$

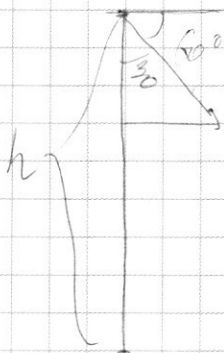


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{m(1.5v_0)^2}{2}$$

$$v_0^2 + 2gh = 2.25v_0^2$$

$$2gh = 1.25v_0^2$$

$$h = \frac{1.25v_0^2}{2 \cdot 9.8} = 16.8 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 2.5 \\ 2.5 \\ \hline 12.5 \\ 50 \\ \hline 62.5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3.7 \\ 0.0005 \\ \hline 0.00185 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ 1.55 \\ \hline 80 \\ 16 \\ \hline 16.8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16.8 \\ 20 \\ \hline 3360 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 243 \\ + 95 \\ \hline 338 \end{array}$$

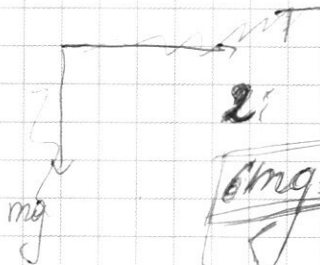
$$\begin{array}{r} 85.1883 \cdot 255 \\ \hline 568.831 \\ 184 \cdot 2.77 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 184 \\ \sqrt{2.77} \\ \hline 18.88 \\ 12.88 \\ 368 \\ \hline 509.68 \end{array}$$

$$\begin{aligned} 16.8 &= 8t + 5t^2 \\ 5t^2 + 8t - 16.8 &= 0 \\ D &= 64 + 20 \cdot 16.8 = 20^2 \\ t_1 &= \frac{-8 + 20}{10} = 1.2 \text{ с} \\ t_2 &= \frac{-8 - 20}{10} = -2.8 \text{ с} \end{aligned}$$

$$16.8 =$$

$$s = \frac{at^2}{2} + v_0 t + \frac{v_0^2}{2a}$$



$$6mg = D$$

$$\frac{p \cdot V_2 \cdot A \cdot R \cdot T}{R \cdot T} = \frac{p \cdot V_1 \cdot A}{R \cdot T} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$F_{\text{сп}} = F_0 = \frac{1}{2} \mu mg = 34 \text{ мН}$$

т.к. $F > F_0$, то $a > 0$

$$v = \frac{1}{2} at \quad a = \frac{F_{\text{сп}}}{m}$$

$$v = \frac{1}{2} at = \frac{1}{2} \frac{F_{\text{сп}}}{m} t = \frac{1}{2} \frac{(F - \frac{1}{2} \mu mg)}{m} t = \frac{1}{2} \frac{(2.8 \cdot m)}{m} t = 1.4t$$



$$\frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha} = N$$

$$\frac{10}{4} \approx 2,5$$

$$g \cdot g \cdot sh \cdot 3 \cdot ma$$

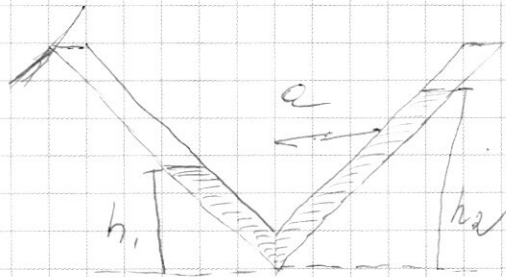
$$p = m - ?$$

0,8

0,8

$$\begin{array}{r} 0,8 \\ 0,8 \\ \hline 0,81 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0,8 \\ 0,8 \\ \hline 0,81 \end{array}$$

4



$$\begin{array}{r} 0,81 \\ 0,81 \\ \hline 0,81 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0,81 \\ 0,81 \\ \hline 0,81 \end{array}$$

Дано:

$$T = \text{const} = 368 \text{ Н}$$

$$p = 8,5 \cdot 10^5 \text{ Па} = \text{const}$$

Вд луга сдвигается

По 3-му М-К.

$$pV = \nu R T$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

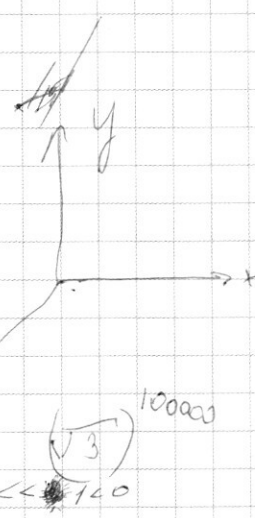
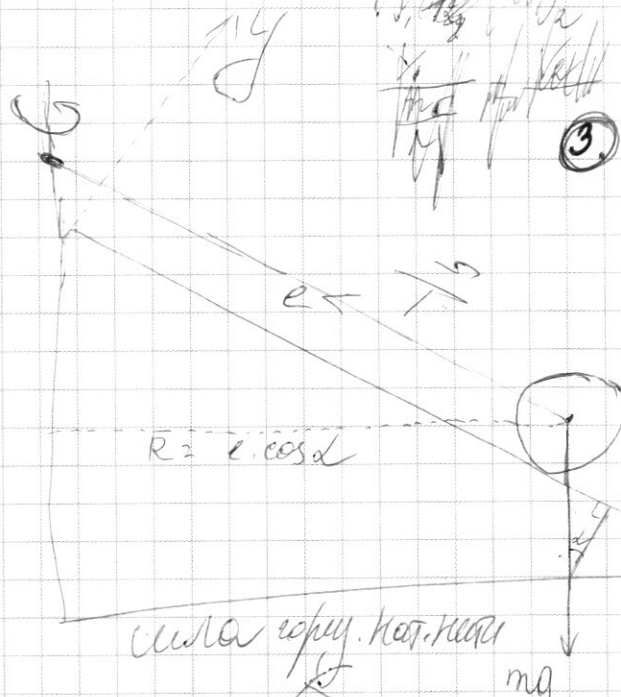
$$pV = \nu R T$$

$$\nu = \frac{pV}{RT}$$

$$p = \frac{F}{S}$$

$$F = p \cdot S$$

$$\frac{p_1}{p_2} = ?$$



$$mg \sin \alpha = T$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$F = m a$$

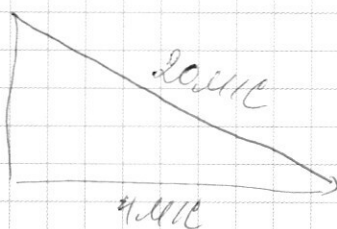
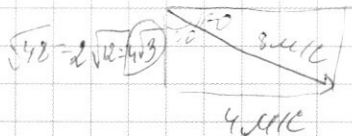
$$F = m a$$

$$F = m \omega^2 R$$

$$F = m \omega^2 R \cos \alpha$$

$$F = m \omega^2 R \cos \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$400 - 16 \approx 384 \approx 20.96 \approx 4.24 \approx 8.16 \text{ м/с}$$

$$V = V_0 + gt$$

$$t = \frac{V - V_0}{g} = \frac{8\sqrt{6} - 4\sqrt{3}}{10} \approx \frac{4\sqrt{3} \cdot \sqrt{2} - 2\sqrt{3}}{5} = \frac{2\sqrt{3}(\sqrt{2} - 1)}{5}$$

$$\frac{16}{56}$$

$$\begin{array}{r} \times 1.4 \\ 1.4 \\ \hline 1.96 \\ \times 2.38 \\ \hline 19.04 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1.4 \\ 1.4 \\ \hline 1.96 \\ \times 2.38 \\ \hline 19.04 \end{array}$$

$$\frac{2.17(2.8-1)}{5} \approx 1.224$$

$$\begin{array}{r} 4.24 \\ \times 2 \\ \hline 8.48 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 34.18 \\ \times 2.38 \\ \hline 272.22 \\ \times 34 \\ \hline 12,24 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ \times 6 \\ \hline 384 \end{array}$$

$$1.224 \text{ с} \cdot 4 \text{ м/с} \approx 4.896 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 19.2 \\ - 6.8 \\ \hline 12.4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1.4 \\ 1.4 \\ \hline 6.8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1.4 \\ 1.4 \\ \hline 9.8 \\ \times 2.38 \\ \hline 19.04 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2.4 \\ 2.4 \\ \hline 19.2 \\ \times 1.8 \\ \hline 3.6 \end{array}$$

$$m a = p \cdot g \cdot h \quad \text{or} \quad p \cdot g \cdot S \cdot h$$

$$m a =$$

$$V = \frac{p \cdot g \cdot S \cdot h \cdot S \cdot \sin \alpha}{2}$$

