

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 10-01

Класс 10

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 $2,5V_0$.

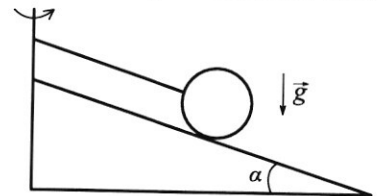
- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
 - 2) Найти время полета камня.
 - 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.
- Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



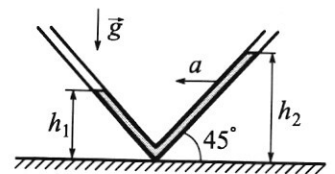
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой F_0 надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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.



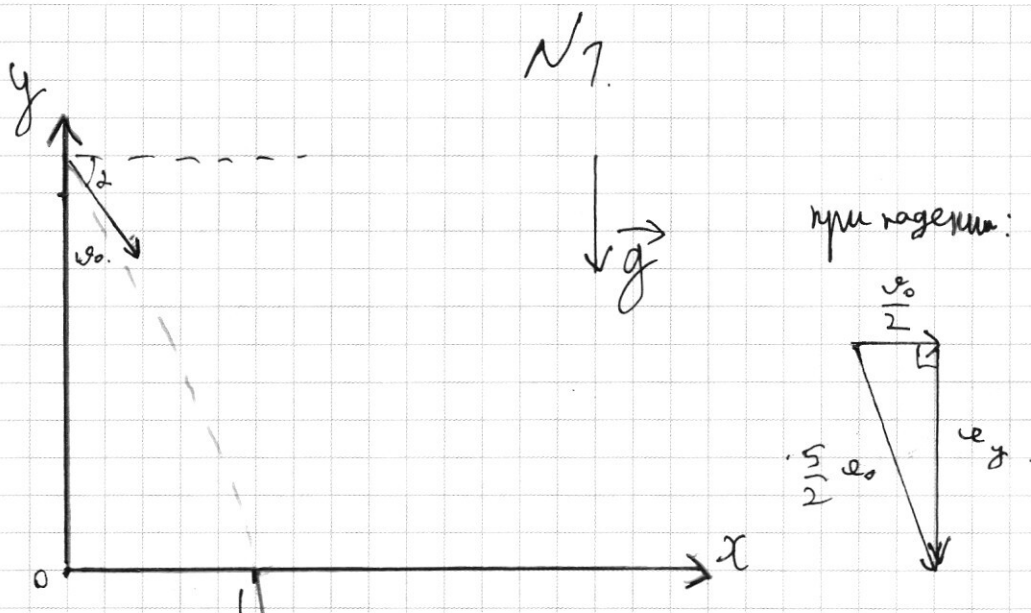
- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

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



Поскольку камень всё время приближался к земле, у него в процессе не может быть поворота. проекции на ось $y \Rightarrow$ его движется "вниз". проекция ускорения $\vec{g}$ на ось x нулевая $\Rightarrow$ по оси x его скорость не меняется. она равна $v_0 \cos \alpha = \frac{v_0}{2}$.

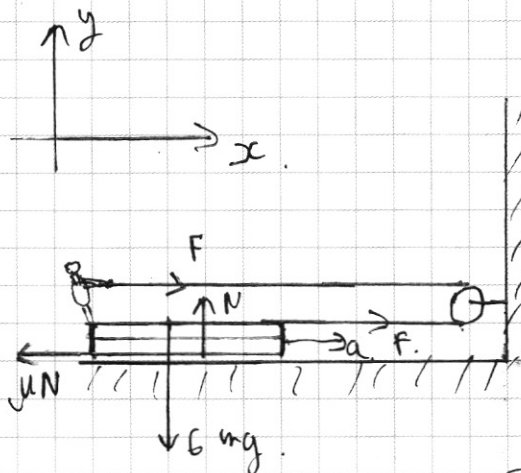
Потому при падении (см. рисунок) из теоремы Пифагора: $v = \sqrt{\left(\frac{5}{2} v_0\right)^2 - \frac{v_0^2}{4}} = v_0 \sqrt{6} = v_0 \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \approx 8,77 \cdot 1,41 \approx 12,4 \frac{м}{с}$

Запишем $\vec{v}_1 + \vec{a}t = \vec{v}_2$ в проекции на ось y :
 $-v_0 \sin \alpha - g t = -v$. (между броском и падением)
 $t = \frac{v_0}{g} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \approx \frac{8}{10} (2,4 - 0,87) \approx 1,2 \text{ с.}$

Горизонтальное смещение лапы $L = v_{x0} t = \cancel{v_0} v_0 \cos \alpha t =$
 $= 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,2 \text{ м} = \underline{4,8 \text{ м}}$.

$\sqrt{2}$.

При движении ящика:



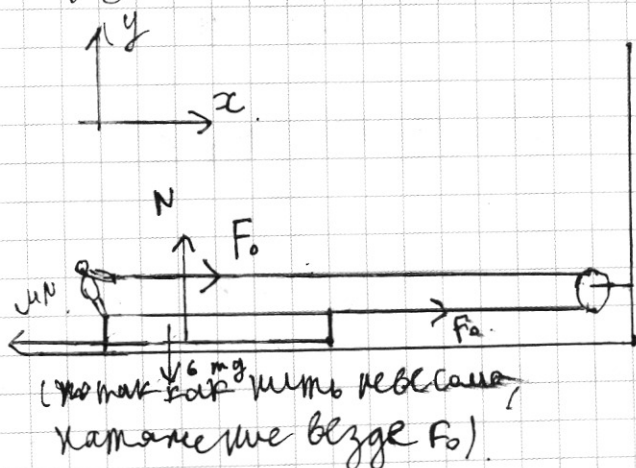
проекции Рассмотрим
 систему (ящик + человек);
 проекция на ускорение на оу
 нулевая $\Rightarrow N = 6mg$.

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

Тогда полная реакция опоры

$Q = \sqrt{N^2 + F_{тр}^2} = N \sqrt{1 + \mu^2} = 6mg \sqrt{1 + \mu^2}$, которая по
 III з. Уолтона равна силе, с которой ящик давит
 на лад. Тогда $P = \underline{6mg \sqrt{1 + \mu^2}}$.

В предельном (минимальном) случае сила трения
 будет равна μN , а ускорение тел равно нулю:



опять же рассмотрим
 систему (ящик + человек).

уск. равн.: по у: $N = 6mg$.

по x: $\mu N = 2F_0$

$\mu \cdot 6mg = 2F_0 \Rightarrow$

$F_0 = \underline{3\mu mg}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Для нашей системы запишем закон изменения энергии в между началом движения и прохождения ей расстояния S :

$$2FS - \mu NS = \frac{mv^2}{2}$$

$$2FS - 6\mu mgS = \frac{mv^2}{2}$$

$$mv^2 = 4FS - 12\mu mgS$$

$$v^2 = \frac{4FS}{m} - 12\mu gS$$

~~$$v = \sqrt{\frac{4FS}{m} - 12\mu gS}$$~~

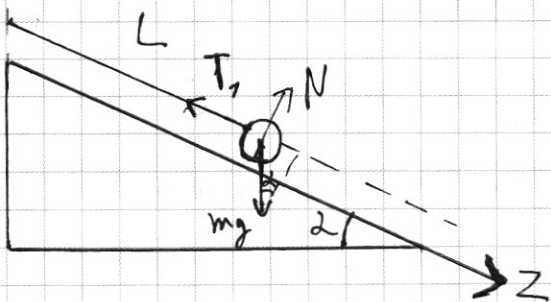
$$v = \sqrt{\frac{4FS}{m} - 12\mu gS}$$

№3.

В покое:

Запишем ур. равновесия:

$$\text{от: } T_1 = mg \sin \alpha$$

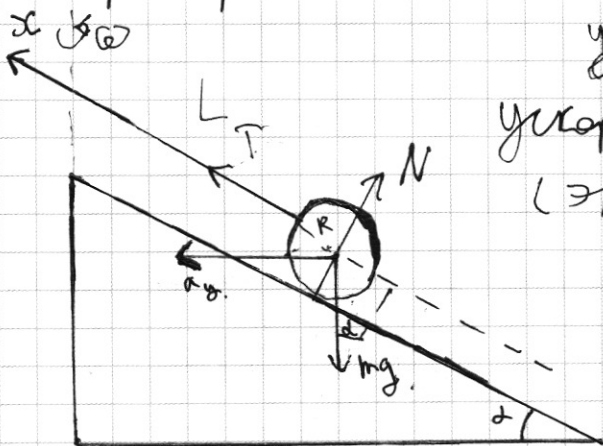


При вращении:

у него появляется центростремительн.

$$\text{ускорение } a_z = \omega^2 R_{\text{от}} = \omega^2 (L+R) \cos \alpha.$$

(это центра масс шара).



Запишем теорему о движении центра масс:

$$\sum \vec{F}_{\text{на систему}} = M_{\text{системы}} \vec{a}_{\text{центра масс системы}},$$

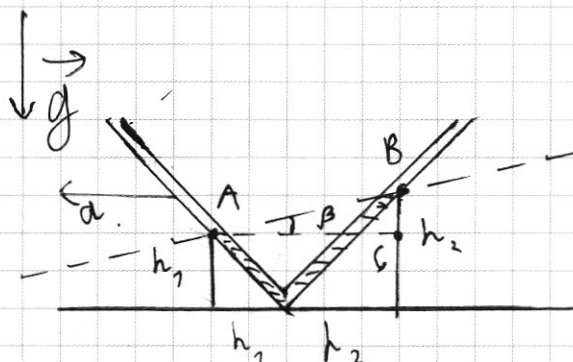
для шара в проекции на ось x:

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4.



Поскольку угол с горизонтальной равен 45° , получаем 2 равнов. треугольника.

Угол наклона плоскости равен β . Из треугольника

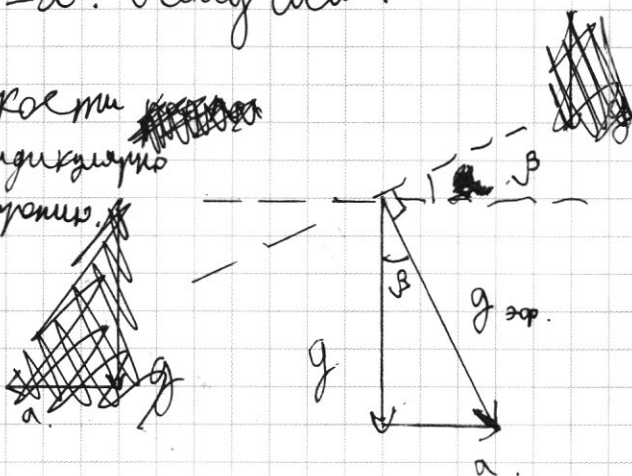
$$\triangle ABC \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{4}{20} = \frac{1}{5}.$$

перейдем в центральный систему

отсчета движущуюся с ускорением $\vec{a}$ равным ускорению трубки. Для этого нам нужно добавить эффект к ускорению $\vec{g}$ ~~эффект~~ ускорение $-\vec{a}$. Получим:

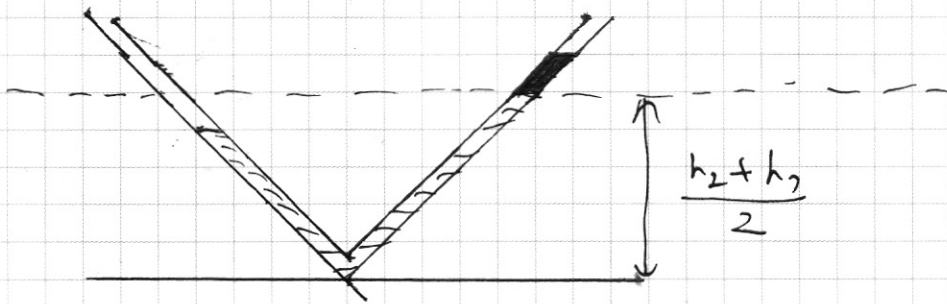
Плоскость клинко ~~плоскости~~ ~~расположена~~ перпендикулярно эффективному ускорению.

$$\text{тогда } \operatorname{tg} \beta = \frac{a}{g}.$$



$$\operatorname{tg} \beta = \frac{a}{g} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} \Rightarrow a = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{g}{5} = 2 \frac{m}{c^2}.$$

Перед тем как остановиться, когда пробка движется равномерно, перейдем в со трубки (она перпендикулярна!):



Максимум скорости соответствует максимуму кинетической энергии воды $\Rightarrow$ минимуму потенциальной энергии. Минимум потенциальной энергии достигается, когда поверхность жидкости горизонтальна, (так как в любом другом случае часть жидкости будет выше проведенной вертикали, см. рисунок, и ее потенциальная энергия больше, чем если бы она была в пучоте, которая при этом образовалась в другом месте).

Пусть площадь попер. сечения трубки S . Вне зоны турбулентности энергия заштрихованного участка не меняется, а черным сплошным участком опускается на $\frac{h_2 - h_1}{2}$.

Запишем это для воды (в со трубки):

$$E_{\text{турб.}} + \rho \left(\frac{h_2 - h_1}{2} \right)^2 S \cos^2 45^\circ = \frac{\rho (h_2 + h_1) \cos^2 45^\circ v^2 S}{2} + E_{\text{турб.}}$$

$E_{\text{турб.}}$ — потенциальная энергия заштрихованного участка.

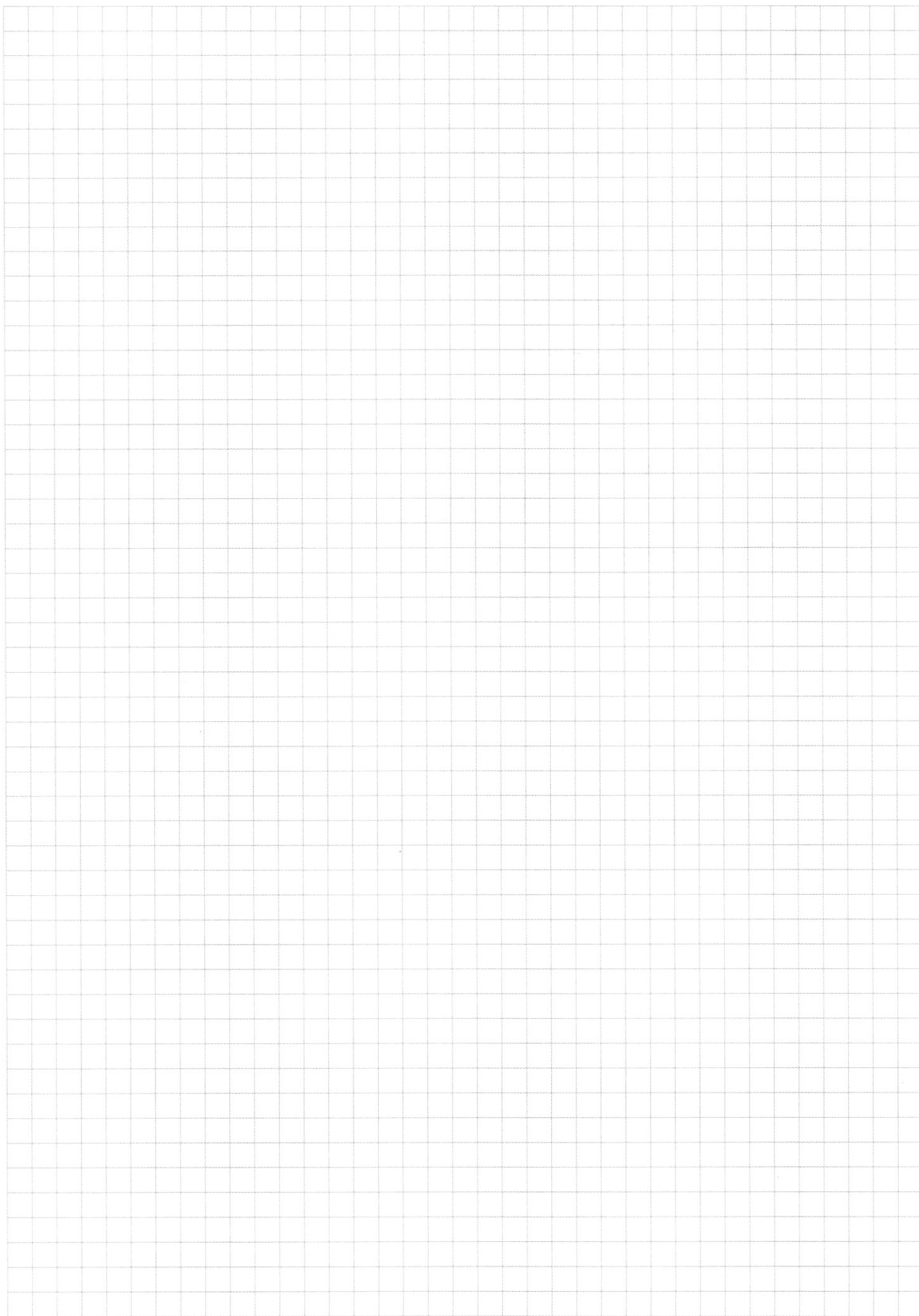
$$\rho \frac{h_2 - h_1}{2} \cos^2 45^\circ \rho \frac{h_2 - h_1}{2} g = \frac{\rho (h_2 + h_1) \cos^2 45^\circ v^2 \rho}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

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

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



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для пара:

$$pV = \nu RT = \frac{m}{M} RT.$$

$$p = \frac{\rho_n RT}{M} \Rightarrow \rho_n = \frac{pM}{RT}$$

Искомое отношение $\alpha_1 = \frac{\rho_n}{\rho} = \frac{pM}{RT\rho} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 368 \cdot 10^3} =$

Перевод единиц в СИ:

T	95°C	368 K
p	8,5 $\frac{\text{н}}{\text{мм}^2}$	10 ³ $\frac{\text{кн}}{\text{м}^2}$
M	18 $\frac{\text{г}}{\text{моль}}$	18 · 10 ⁻³ $\frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$$= \frac{8,5 \cdot 18}{8,3 \cdot 368 \cdot 10^2} \approx$$

$$\approx \frac{8,5 \cdot 18}{8,3 \cdot 368 \cdot 10^2} = \frac{18}{36000} =$$

$$= \frac{1}{2000} = 0,5 \cdot 10^{-3}$$

Поскольку пар насыщенный и процесс изотермический, его плотность не меняется. Тогда.

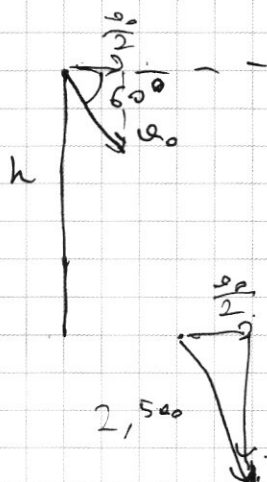
при увеличении объема в γ раз его масса уменьшится в γ раз $\Rightarrow$ в воду превратится $1 - \frac{1}{\gamma}$ его часть.

Пусть изначальный объем пара V . тогда он станет $\frac{V}{\gamma}$, а объем воды — $\frac{V(\frac{\gamma-1}{\gamma}) \rho_n}{\rho_0} \cdot \left(\frac{\rho_n}{\rho_0} \right) = \frac{V(\gamma-1) \rho_n}{\rho_0 \gamma}$

Тогда отношение объёмов $L_2 = \frac{P}{P_n(\gamma-1)} = \frac{2000}{3,7} \approx 540$

$$\left(L_2 = \frac{RT P}{PM(\gamma-1)} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{array}{r} 8 \times 14 \\ 168 \\ 74 \\ \hline 238 \\ 1904 \end{array}$$

$$1,7 \cdot 1,4 = 2,4$$

$$v_y = \sqrt{6,25 \cdot 2} = v_0 \sqrt{6} = v_0 \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} = 8 \cdot 1,7 \cdot 1,4 = 19,04 \approx 19 \frac{m}{c}$$

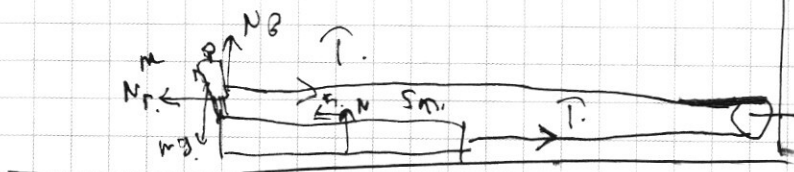
$$v_0 \frac{\sqrt{3}}{2} + g t = v_0 \sqrt{6}$$

$$g t = v_0 \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$t = \frac{v_0}{g} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{8}{10} (2,4 - 0,87) = \frac{8}{10} \cdot 1,53 = 1,224 \approx 1,2 c$$

$$s = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{64}{20} = 3,2 m$$

$$L = v_x t = 4 \cdot 1,2 = 4,8 m$$



$$2T = \mu \cdot 3mg$$

$$T = 1,5 \mu mg$$

$$N = 6mg$$

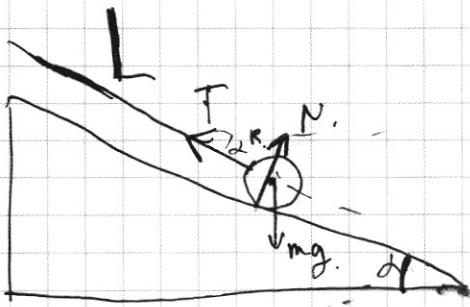
$$F_f = \mu N = \mu 6mg$$

$$Q = \sqrt{N^2 + F_f^2} = \sqrt{(6mg)^2 + (\mu 6mg)^2}$$

$$= \sqrt{N^2 + \mu^2 N^2} = N \sqrt{1 + \mu^2}$$

$$= 6mg \sqrt{1 + \mu^2}$$

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



$$T = mg \sin \alpha$$

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

$$\begin{array}{r} 2. \\ 54 \\ + 37 \\ \hline 91 \\ 378 \\ + 262 \\ \hline 640 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2 \\ 54 \\ + 37 \\ \hline 91 \\ 378 \\ + 262 \\ \hline 640 \end{array}$$

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

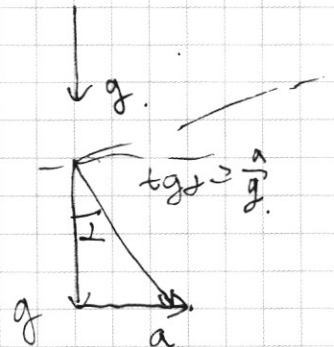
$$T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$$

~~$$T \sin \alpha = mg - N \cos \alpha$$~~

$$\begin{array}{r} 2000 \\ 185 \\ \hline 1750 \\ - 149 \\ \hline 200 \end{array} \quad \begin{array}{r} 37 \\ 1540 \\ \hline 1577 \end{array}$$

$$N \cos \alpha = mg - T \sin \alpha$$

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



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

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

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

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

~~Черновик~~