

Олимпиада «Физтех» по физике, (

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.

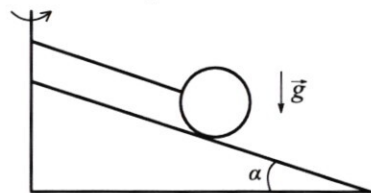
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в 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.

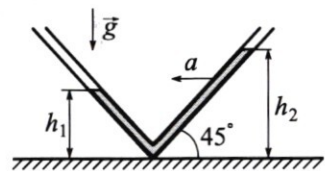
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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.

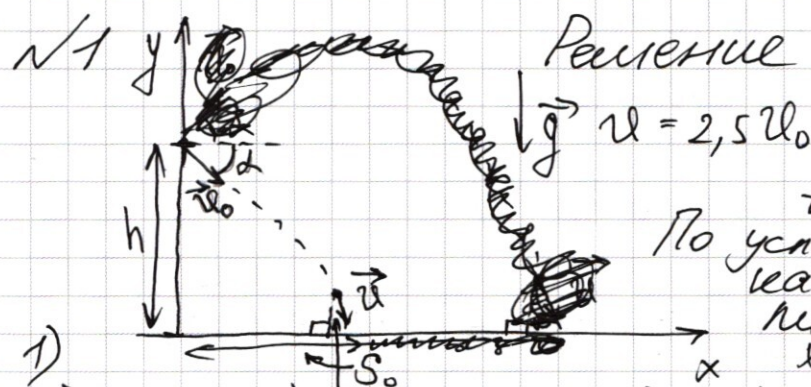


5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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



Решение

$$v = 2,5 v_0$$

t - время полёта
По условию сказано, что камень всё время приподнимается к гориз. поверхности. В начале его скорость v_0 направлена к земле и угол с горизонтом $= \alpha$. (условие).

$$\begin{cases} \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \\ \vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t \\ \vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2} \end{cases}$$

осв x $v \sin \beta = v_0 \cos \alpha$ (1)

$$S_0 = v_0 t \cos \alpha$$

осв y $-v \cos \beta = -v_0 \sin \alpha - gt$
 $h = -v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$

$$1) v \sin \beta = v_0 \cos \alpha$$

$$2,5 v_0 \sin \beta = v_0 \cos \alpha$$

$$\sin \beta = \frac{\cos \alpha}{2,5} = 0,4 \cos \alpha$$

$$\cos \beta = \pm \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \pm \sqrt{1 - 0,16 \cos^2 \alpha}$$

β - острый угол, т.к. камень падал, значит в конце падая его скорость направлена вниз (не по горизонтали и не вверх), зн. $0^\circ \leq \beta < 90^\circ$ - острый, т.е.

$$\cos \beta \geq 0 \quad \cos \beta = \sqrt{1 - 0,16 \cos^2 \alpha}$$

вертикальная компонента скорости при падении

$$v_y = v \cos \beta = 2,5 v_0 \sqrt{1 - 0,16 \cos^2 \alpha} =$$

$$= 2,5 \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{1 - 0,16 \cdot \cos^2 60^\circ} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{1 - 0,16 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{1 - 0,16 \cdot \frac{1}{4}} =$$

$$= 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{1 - 0,04} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{0,96} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{6 \cdot 16} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{6} \approx 8 \cdot 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 5,76 < 6 < 6,76 \quad 2,4 < \sqrt{6} < 2,6 \quad \sqrt{6} \approx 2,5$$

$$\approx 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \text{ гн. } u_y \approx 2,5 u_0, u_y \approx 20, \text{ гн. } \beta \approx 0^\circ$$

$$2.) - u \cos \beta = -u \sin \alpha - g t$$

$$g t = -u \sin \alpha + u \cos \beta = -u \sin \alpha + 2,5 u_0 \sqrt{1 - 0,16 \cos^2 \alpha} =$$

$$= u_0 (\sin \alpha + 2,5 \sqrt{1 - 0,16 \cos^2 \alpha})$$

$$t = \frac{u_0}{g} (\sin \alpha + 2,5 \sqrt{1 - 0,16 \cos^2 \alpha}) =$$

$$= \frac{8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} (\sin 60^\circ + 2,5 \sqrt{1 - 0,16 \cos^2 60^\circ}) =$$

$$= 0,8 \text{ с} \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} + 2,5 \sqrt{0,96} \right) = 0,4 \text{ с} (-\sqrt{3} + 5 \cdot 0,1 \sqrt{96}) =$$

$$= 0,4 \text{ с} (-\sqrt{3} + 0,5 \cdot 4 \sqrt{6}) = 0,4 \text{ с} \sqrt{3} (-1 + 2 \sqrt{2}) \approx$$

$$\approx 0,4 \text{ с} \cdot 1,73 (-1 + 2 \cdot 1,4) = 10^{-3} \cdot 4 \cdot 1,73 (-1 + 2,8) \text{ с} =$$

$$= (400 + 280 + 12) \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 692 \cdot 0,8 \cdot 10^{-4} =$$

$$= \cancel{12456} \cdot 10^{-4} \text{ с} \approx \cancel{1,25} \text{ с}$$

$$\begin{array}{r} \times 692 \\ 18 \\ \hline 5536 \\ 692 \\ \hline 12456 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 173 \\ 16 \\ \hline 1038 \\ 173 \\ \hline 2768 \end{array}$$

$$3) S_0 = u_0 t \cos \alpha = u_0 \frac{u_0}{g} (\sin \alpha + 2,5 \sqrt{1 - 0,16 \cos^2 \alpha}) \cos \alpha =$$

$$= \frac{u_0^2}{g} \cos \alpha (\sin \alpha + 2,5 \sqrt{1 - 0,16 \cos^2 \alpha}) = \frac{(8 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \cos 60^\circ (\sin 60^\circ +$$

$$+ 2,5 \sqrt{1 - 0,16 \cos^2 60^\circ}) = \frac{64 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \cdot \frac{1}{2} \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} + 2,5 \sqrt{0,96} \right) =$$

$$= 6,4 \text{ м} \cdot \frac{1}{4} (-\sqrt{3} + 5 \cdot 0,1 \sqrt{16 \cdot 6}) = 1,6 \text{ м} \sqrt{3} (-1 + 0,5 \cdot 4 \sqrt{2}) =$$

$$= 1,6 \text{ м} \sqrt{3} (-1 + 2 \sqrt{2}) \approx 1,6 \text{ м} \cdot 1,73 (-1 + 2 \cdot 1,4) \approx 16 \cdot 1,73 \text{ м} \cdot$$

$$0,8 \cdot 10^{-3} = 16 \cdot 0,8 \cdot 1,73 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 2768 \cdot 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ м} = \cancel{49824} \cdot 10^{-4} \text{ м} \approx$$

$$\begin{array}{r} \times 173 \\ 16 \\ \hline 1038 \\ 173 \\ \hline 2768 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 2768 \\ 188 \\ \hline 22144 \\ \hline 2768 \end{array}$$

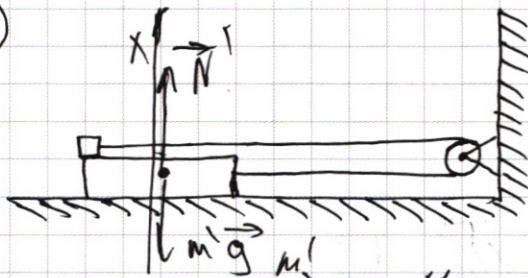
$$\approx \cancel{49824} \cdot 10^{-4} \text{ м} \approx 4,98 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: 1) } \approx 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad 2) \approx \cancel{1,25} \text{ с} \quad 3) \approx \cancel{16} \text{ м}$$

Ответ: 1.) $mg \sin \alpha$ 2.) $m(g \sin \alpha + \omega^2 \cos \alpha (L+R))$.

№2

1.)



Решение

Примем человека и обезьяну за одну систему (тело), тогда

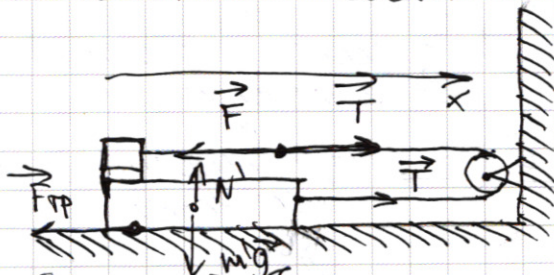
их общая масса $m+M = m+5m = 6m$, мы не рассматриваем силы между ними, т.к. примем их за одну систему. На нашу систему действует только сила тяжести и реакция опоры, запишем II-ой Закон Ньютона $\vec{N}' + m'\vec{g} = 0$

ось x: $N' - m'g = 0 \quad N' = m'g = 6mg$

N' - сила с которой пол действует на систему - сила противодействия силе, с которой система давит на пол, ~~они~~ они равны по модулю (III-ий Закон Ньютона), зн.

нужная нам сила $= 6mg$.

2.)



Чтобы найти мин силу возьмем момент за очень малое время до начала движения, когда $F = F_{\min}$ и тела покоятся.

человек действует с силой $F_{\min}$ на нить, а он оттягивается с силой T .

$\vec{F} + \vec{T} = 0$ ось x $-F + T = 0 \quad T = F$

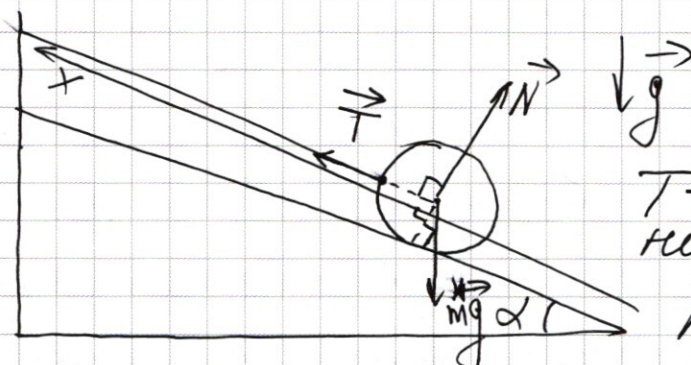
А далее сила $2T$ (нить) действует на систему из человека и обезьяны тянет её к стене.

$\vec{F}_{тр} + m'\vec{g} + \vec{N}' + \vec{T} = 0$

ось x: $-F_{тр} + m'g \cdot \cos 90^\circ + N' \cdot \cos 90^\circ + 2T = 0$
 $2T = F_{тр} = 2F_{\min} \quad F_{\min} = \frac{F_{тр}}{2} = \frac{mN'}{2} = \frac{6mg}{2} = 3mg$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3
1.)



T - сила натяжения
нити тела в
покое
 N - сила реакции
опоры в
покое.

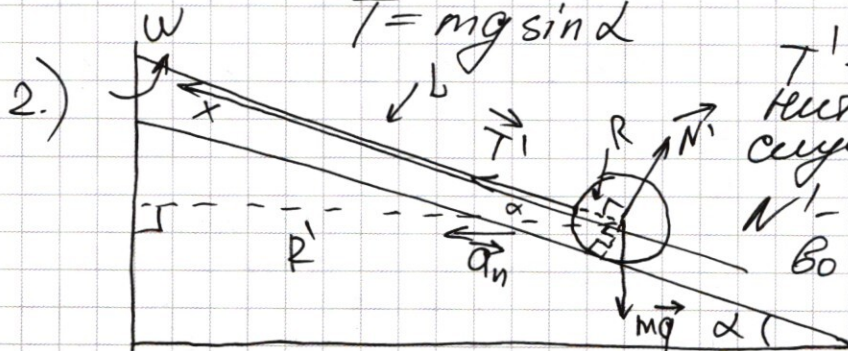
Система покоится, т.е. $v = 0 \frac{m}{c}$; $a = 0 \frac{m}{c^2}$.

Запишем II-ой закон Ньютона:

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

ось x : $-mg \sin \alpha + T + N \cdot \cos 90^\circ = 0$
 $-mg \sin \alpha + T = 0$

$$T = mg \sin \alpha$$



T' - сила натяжения
нити тела во 2-ом
случае (движении).
 N' - сила реакции опоры
во 2-ом случае.

a_n - нормальное
ускорение.

Запишем 2-ой закон Ньютона:

$$\vec{T}' + \vec{N}' + m\vec{g} = m\vec{a} \quad \text{ось } x: T' + N' \cdot \cos 90^\circ + mg \sin \alpha =$$

$= m a_n \cos \alpha$ - проекция ускорения на ось направленную
к центру движения системы $= a_n$.

$$T' = mg \sin \alpha + m a_n \cos \alpha = m (g \sin \alpha + a_n \cos \alpha)$$

$a_n = \omega^2 R'$ R' - радиус Опр. по которой движется шар.

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

$$a_n = \omega^2 \cos \alpha (L + R) \quad T' = m (g \sin \alpha + \omega^2 \cos \alpha (L + R))$$

ной массой. У воды и пара общая температура = $T_0 = \text{const}$ и общее давление p - давление в сосуде. Запишем Клайперона-Менделеева:

$$\begin{cases} p'V_6 = \nu_6 RT_0 \\ p'V_n = \nu_n RT_0 \end{cases} \quad \begin{cases} p'V_6 = \frac{m_6}{\mu_6} RT_0 \\ p'V_n = \frac{m_n}{\mu_n} RT_0 \end{cases} \quad \begin{cases} p'V_6 = \rho_6 RT_0 \\ p'V_n = \rho_n RT_0 \end{cases}$$

$\frac{\mu_6}{\mu_n} = \frac{\rho_6}{\rho_n}$; $\mu_6 = \mu_n$, т.к. пар насыщенный, он почти вода H_2O $\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Тогда его содержание 100%, т.е.

$\frac{\rho_6}{\rho_n} = 1$ $\rho_6 = \rho_n$ отношение 1:1.

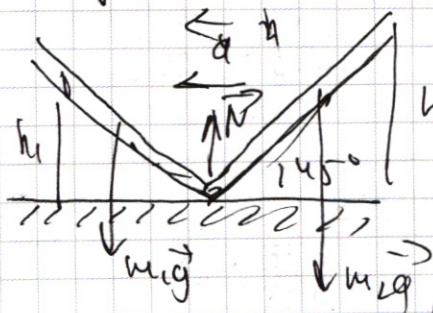
$pV_0 = \nu_0 RT$ V_0 ; V_0 - нач. знач. для пара.

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

$$\begin{aligned} p &= \frac{p\mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot (95 + 273) \text{ К}} = \\ &= \frac{180 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \cdot 368}{4,5 \cdot 368} \approx \frac{1}{2} \frac{\text{г}}{\text{м}^3} = 0,5 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \end{aligned}$$

Тогда $\frac{\rho_n}{\rho_6} = 0,5 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$

N/4.



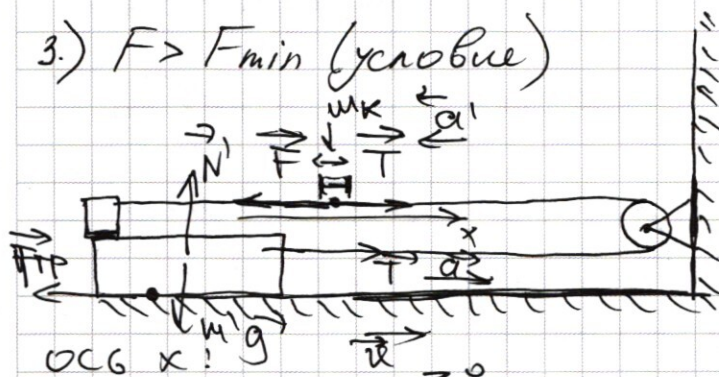
$$\begin{aligned} \sum M &= m_1 g \cdot \frac{h_1}{2} \cos 45^\circ = m_2 g \cdot \frac{h_2}{2} \cos 45^\circ = \\ &= \sum \gamma^2 = \sum \left(\frac{1}{3} h_1^2 m_1 + \frac{1}{3} h_2^2 m_2 \right) = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum R &= a \tau \quad R_{cp} = \frac{h_1 + h_2}{2} \\ \theta \sum &= \frac{2a}{h_1 + h_2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{g \cos 45^\circ}{2} (m_1 h_1 - m_2 h_2) = \\ &= \frac{2a}{h_1 + h_2} \frac{1}{3} (m_1 h_1^2 + m_2 h_2^2) \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.) $F > F_{\min}$ (условие)



Мы пренебрегаем массой каната, длиной, и трением в оси блока, тогда можно считать, что

$$\vec{F} + \vec{T} = m_k \vec{a}'$$

a' - ускорение с которым движется канат.

m_k - масса маленького цилиндра каната.
 $m_k \rightarrow 0, \text{ тогда } \approx 0$ (ус.)

$$T - F = -m_k a' \approx 0$$

$$T - F = 0 \quad T = F$$

На систему действуют.

$$\vec{N} + m' \vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{T} + \vec{T} = m' \vec{a} \quad a - \text{ускорение системы.}$$

$$\text{осв } x: N' \cdot \cos 90^\circ + m' g \cdot \sin 90^\circ - F_{\text{тр}} + 2T = m' a$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N' = \mu m' g = 6 \mu m g \quad T = F \quad -6 \mu m g + 2F = m a$$

Реш. Перемещение = S

$$a = \frac{F}{3m} - \mu g; \quad v_0 = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

нач. скорость.

$$F > F_{\min} > 3 \mu m g$$

t - время в пути.
v - кон. скорость.

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$$

$$\begin{cases} a t^2 = 2S \\ v = a t \end{cases}$$

$$\text{осв } x: S = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

$$v = v_0 + a t$$

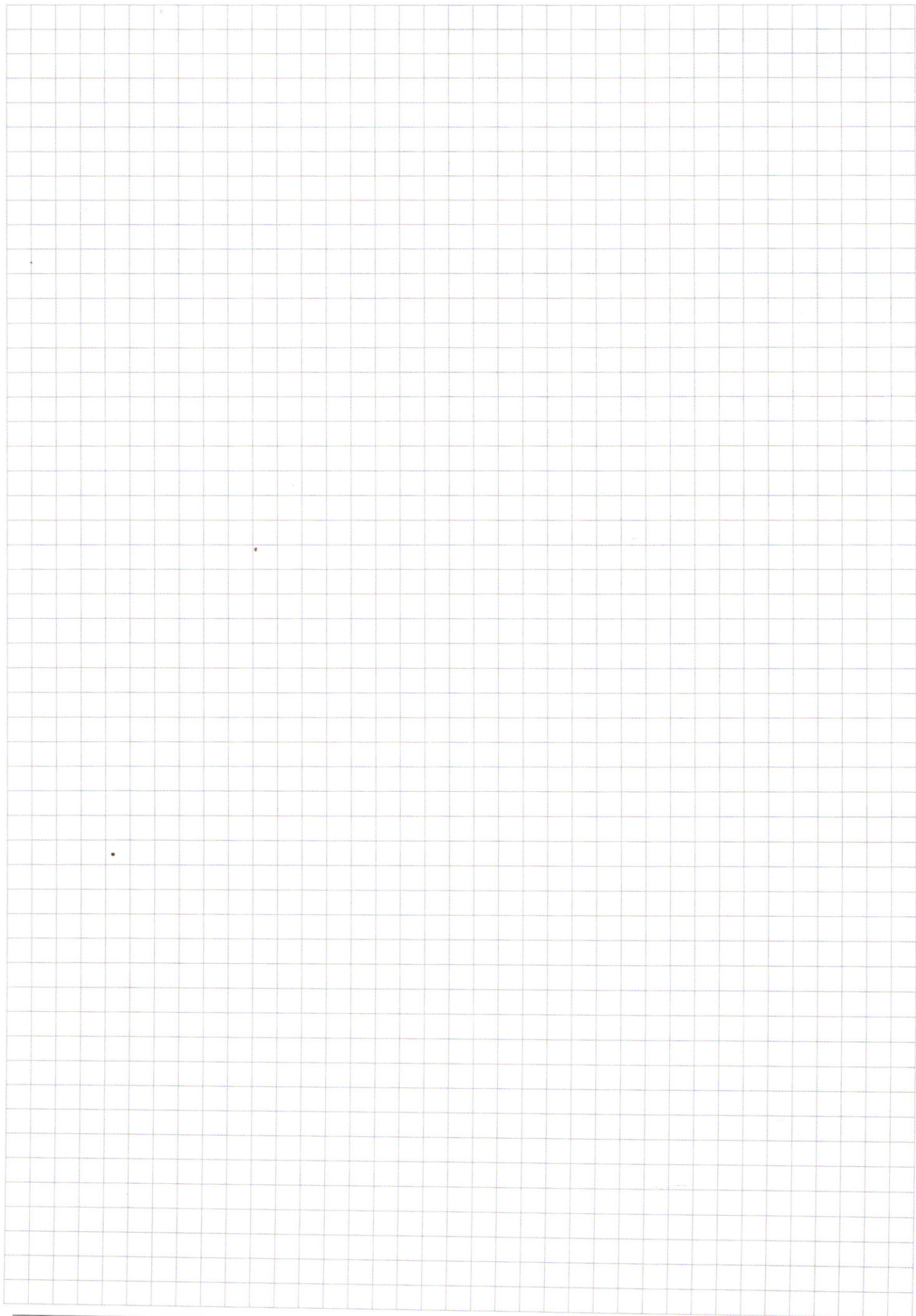
$$\begin{cases} t = \sqrt{\frac{2S}{a}} \\ v = a \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{2Sa} = \sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)} \end{cases}$$

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

№5 Возьмём произвольный момент в сосуде: объём попавшейся воды $V_в$; оставшаяся пара V_n . Аналогично с кон-вом вел. $v_в, v_n$ и показ-

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned} a &= \frac{3}{4} g \cos 45^\circ \frac{(m_1 h_1 - m_2 h_2) (h_1 + h_2)}{m_1 h_1^2 + m_2 h_2^2} \quad | : SP \\ &= \frac{3}{4} 10 \frac{m}{c^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{(h_1^2 - h_2^2) (h_1 + h_2)}{h_1^3 + h_2^3} = \\ &= \frac{15 \sqrt{2}}{4} \frac{h_1^2 - h_2^2}{h_1^2 + h_1 h_2 + h_2^2} = \end{aligned}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on grid paper:

Top Left: $\sqrt{1}$, $95 + 273 = 368$, $odol = \sqrt{V_0}$

Top Right: 566 , $\frac{24}{24} \times \frac{26}{26}$, $\frac{96}{48} = \frac{156}{32}$, $\frac{576}{6} = \frac{676}{6}$

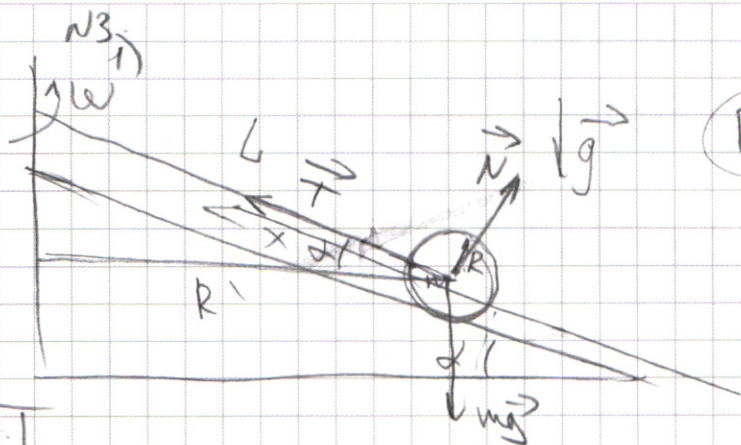
Middle Left: $2.5 \cdot 8 \cdot t = 8 \cdot \sqrt{2} - 10 \cdot 2.63$, $-20 = 4\sqrt{3} - 26.3$

Middle Right: $5.76 < 6 < 6.76$, $2.4 < \sqrt{6} < 2.6$

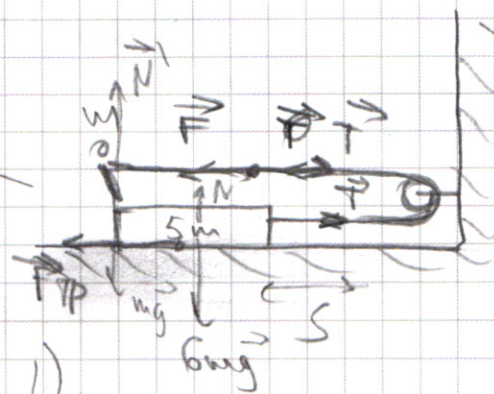
Bottom Left: $\frac{P_1 V_0}{P_2 V_2} = \frac{V_0 R T_0}{V_2 R T_2}$, $\frac{P_1 V_0}{P_2 V_2} = \frac{V_0 R T_0}{V_2 R T_2}$, $\frac{P_1 V_0}{P_2 V_2} = \frac{V_0 R T_0}{V_2 R T_2}$

Bottom Right: $\frac{P_1 V_0}{P_2 V_2} = \frac{V_0 R T_0}{V_2 R T_2}$, $\frac{P_1 V_0}{P_2 V_2} = \frac{V_0 R T_0}{V_2 R T_2}$

Diagrams: A diagram of a gas cylinder with a piston, showing pressure P and volume V changes. A graph of P vs V is also shown.

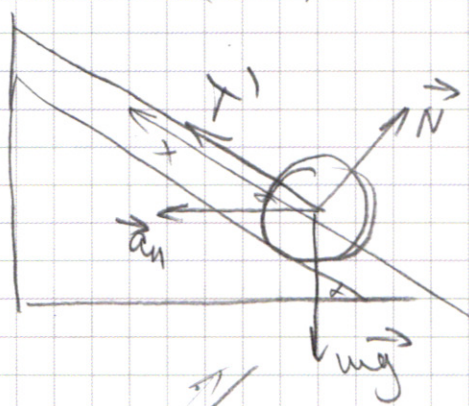


Гипотеза

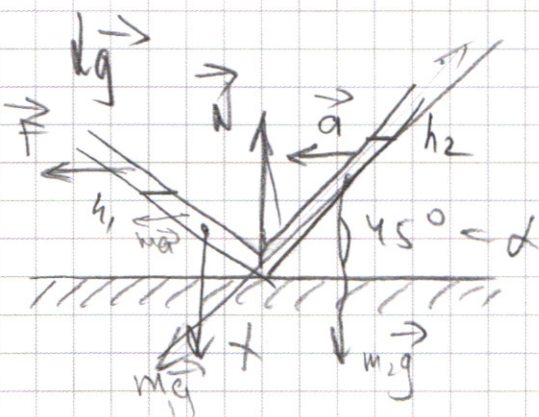


$F = T$
 $T = F_{TP} = 6\mu mg$
 $T - mg \sin \alpha = 0$
 $T = mg \sin \alpha =$

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



OCB X
 $T + m a_n \cos \alpha - mg$
 $\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}_n$



$m_1 \vec{g} + m_2 \vec{g} = (m_1 + m_2) \vec{a}$

$m_1 \quad m_2$
 $F = m \vec{a}$
 $a = \frac{F}{m_1 + m_2}$

$m_1 \vec{g} + \vec{F} + m_2 \vec{g} = (m_1 + m_2) \vec{a}$

$\vec{F} \sin \alpha - L$
 $\vec{F} \sin \alpha - L$

$m_1 g \cos 45 + m_2 g \cos 45 + F \cos 45 = (m_1 + m_2) a \cos 45$

$\frac{50}{12} = \frac{25}{6} \cdot \frac{8}{10} = \frac{100}{60} = \frac{50}{3}$
 $\frac{50}{3} = \frac{100}{6}$

$PV = DORT$

