

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

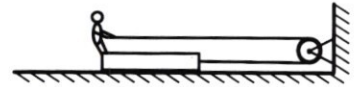
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло

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.

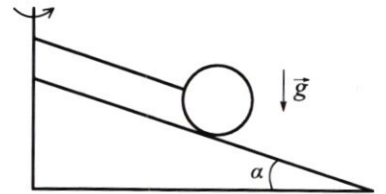
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

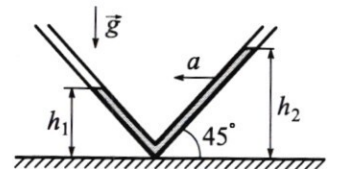
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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:
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $v_0 = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $v_k = 2.5 v_0$

$v_{ky} - ?$
 $t - ?$
 $S - ?$

Решение: (Кроме того, что указано в „Дано“, в условиях скачено, что можно не учитывать сопротивление воздуха и что на протяжении всего полета „камень“ все время приближается к гор. поверхности)

Из последнего следует, что камень кидали так, что изначально его скорость была направлена не так $\nearrow$, а так $\searrow$ (см. рис. 1)

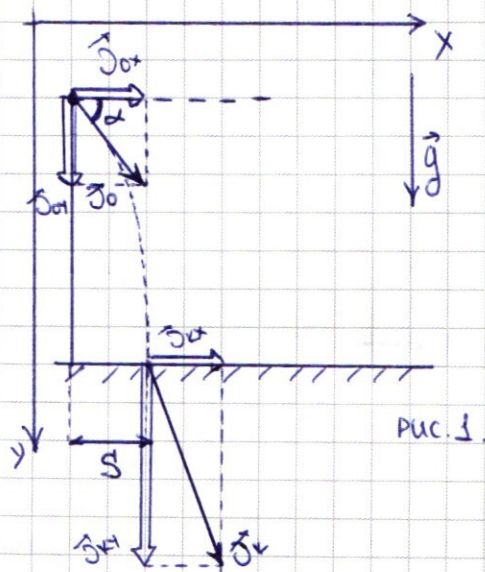


Рис. 1.

• $v_{0x} = v_{0y}$, т.к. $g_x = 0$

• $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$

• $v_{ky} = v_{0y} + g t$ ($\leftarrow$ уже с учетом знаков по O_y)

• $v_{kx}^2 + v_{ky}^2 = v_k^2$ (по т. Пифагора)
 $v_k = 2.5 v_0$

$v_{kx} = v_0 \cos \alpha$
 $v_{ky}^2 = 6.25 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha \Rightarrow v_{ky} = v_0 \sqrt{6.25 - \cos^2 \alpha}$

• $t = \frac{v_{ky} - v_{0y}}{g} = \frac{v_0 (\sqrt{6.25 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)}{g} = t$

• $S = t v_{0x} = t v_0 \cos \alpha = S$ или $t = \frac{v_{ky} - v_0 \sin \alpha}{g}$

• $v_{ky} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{6.25 - 0.25} = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$t = \frac{8\sqrt{6} - 8 \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{8\sqrt{3}(\sqrt{2} - \frac{1}{2})}{10} = \frac{2\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{5} = 0.4\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)$ $[t] = \left[\frac{\frac{\text{м}}{\text{с}} - \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \right] = \left[\frac{\text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{м} \cdot \text{с}} \right] = [\text{с}]$

$S = 0.4 \cdot \sqrt{3} (2\sqrt{2} - 1) \cdot 8 \cdot \frac{1}{2} = 1.6\sqrt{3} (2\sqrt{2} - 1)$ $[S] = \left[\text{с} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} \right] = [\text{м}]$

ОТВЕТ: $v_{ky} = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$t = 0.4\sqrt{3} (2\sqrt{2} - 1) \text{ с}$

$S = 1.6\sqrt{3} (2\sqrt{2} - 1) \text{ м}$

№3.

Дано:

m, R, L
 $\mu=0, \alpha$
 $AB \parallel CD$
 ω, g

$T_0 - ?$
 $T - ?$

Решение: (также по усл. шар однороден, т.е. ц.м. в ц. шара)

1) Шар находится в состоянии покоя $\Rightarrow$ по II ЗН: (см. рис. 2)

$$\sum \vec{F} = 0$$

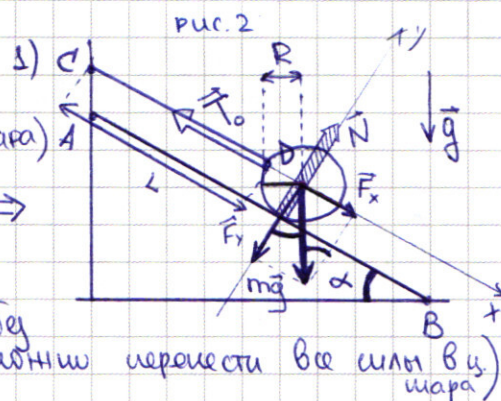
$$\vec{T}_0 + m\vec{g} + \vec{N} = 0$$

$$O_x: F_x - T_0 = 0$$

$$O_y: -F_y + N = 0$$

(В данный момент, без потери общности можно перенести все силы в ц. шара)

$$F_x = mgsin\alpha \Rightarrow T_0 = mgsin\alpha$$



2) $R_{ш} = (L+R)\cos\alpha$

$$a_y = \omega R_{ш} = \omega(L+R)\cos\alpha$$

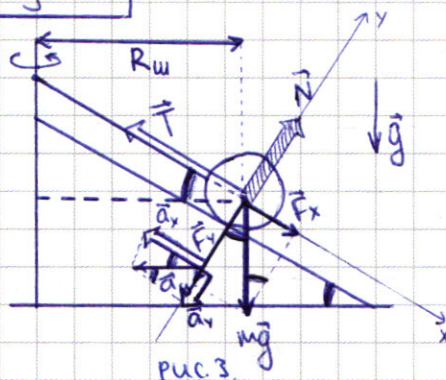
Тогда по II ЗН: (см. рис. 3)

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}_y$$

$$O_y: N - mg\cos\alpha = ma_y\sin\alpha$$

$$O_x: mg\sin\alpha - T = ma_y\cos\alpha$$

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



ОТВЕТ: $T_0 = mgsin\alpha$
 $T = mgsin\alpha + m\omega(L+R)\cos^2\alpha$

№5.

Дано:

$\delta = 4.7$
 $\varphi = 100\%$
 $t = 95^\circ C$
 $P = 8.5 \cdot 10^4 \text{ Па}$

$T = \text{const}$
 $V \downarrow$

$\rho_p = 3 \text{ г/см}^3$
 $\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$

$\frac{\rho_n}{\rho_p} - ?$
 $\frac{V_{ог}}{V_{ог}} - ?$

Решение: $T = 95 + 273 = 368 \text{ (K)}$

В самом начале (по усл.) $\varphi = 100\%$, т.е. пар насыщенный, в ходе эксперимента он будет оставаться таковым (по кра. линей мере тот пар, что не конденсировался, будет насыщенным)

Т.к. процесс идет медленно $T_{кв} = T_{ог}$ (конд. воды, ост. пара)

Т.к. температура пара и его насыщенность — параметры неизменные в процессе, значит, давление со стороны пара на поршень не меняется (т.к. давление насыщенного пара при t в любом объеме постоянно) и плотность пара соответственно

На момент начала опыта справедливо $P = \frac{\rho_n}{\mu} RT \Rightarrow \rho_n = \frac{P \mu}{RT}$

$$\frac{\rho_n}{\rho_p} = \frac{P \mu}{RT \rho_p} = \frac{8.5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8.31 \cdot 368 \cdot 1000 \cdot 100} = \frac{8.5 \cdot 18}{831 \cdot 368} = \frac{85}{8310} \cdot \frac{9}{184} \approx \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{20} = \frac{1}{2000} = 0.5 \cdot 10^{-3}$$

$$\left[\frac{\rho_n}{\rho_p} \right] = \left[\frac{\frac{\text{Па} \cdot \text{кг}}{\text{моль}}}{\frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \right] = \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{моль} \cdot \text{кг}} \right] = [1]$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4

Дано:

Решение:

$$\begin{aligned} \beta &= 90^\circ \\ \alpha &= 45^\circ \\ a &= \text{const} \\ h_1 &= 8 \text{ cm} \\ h_2 &= 32 \text{ cm} \\ g &= 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ \mu &= 0 \end{aligned}$$

Пока трубка движется с ускорением, вода относительно нее неподвижна, значит Σ_0 (отн. трубки) = 0. Остановив резко трубку, вода приобретет ускорение a , и начнет свое движение от трубки.

↑
всн, ливн
ускоренн

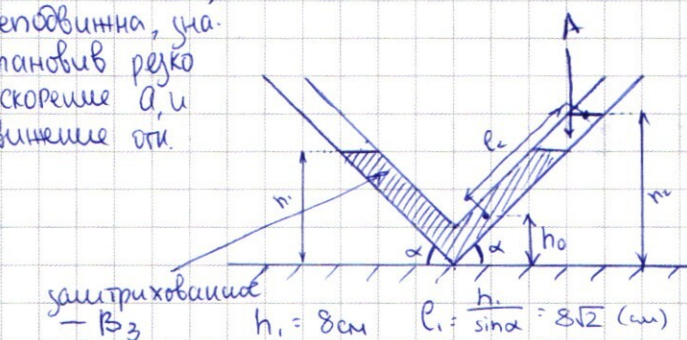
a - ?
o - ?

Взвешивается с А
и на чаше делительных

$$M_{B_3} = 2.8\sqrt{2} \cdot 5p = 16\sqrt{2}sp$$

$$M_{B3}a = 16\sqrt{2} \text{ psc} = f_A \cos \alpha =$$

$$= \underbrace{4 \cancel{\sqrt{2}} \text{ spg}}_{m_A} \underbrace{\frac{\sqrt{2}}{2}}_{m_B} = 4 \text{ spg}$$



$$h_1 = 8 \text{ cm} \quad l_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha} = 8\sqrt{2} \text{ (cm)}$$

$$h_2 = 32 \text{ cm} \quad \ell_2 = 32\sqrt{2} \text{ (cm)}$$

Пренебрежем S (площадь сечения), тогда
 $L = l_1 + l_2 = 20\sqrt{2} \Rightarrow l_c = 10\sqrt{2}$

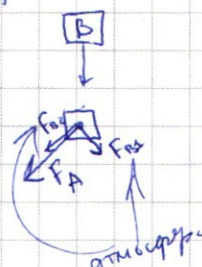
$$2\sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = h_0 = 2(\text{cm})$$

$$E_{ny} = mgh_0 = 0,2m$$

$$E_{\text{kin, r}} = \frac{m\omega^2}{2} = E_{\text{hy}} = 0,2 \text{ m}$$

$$v = \sqrt{0,4} \left(\frac{m}{c} \right)$$

ОТВЕТ: $\lambda = \sqrt{0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{с}} \approx 0,64 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



$$4\sqrt{2}a = g$$
$$\Downarrow$$
$$a = \frac{g\sqrt{2}}{8} \cdot \frac{10^{12.5}}{100} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

OTBET: $a = 1,25 \sqrt{2} \frac{m}{c^2}$

(продолжение №5)

$$V_{nr} \gamma = V_{no} \cdot \rho_n \quad m_{nr} + m_{br} = M = m_{no} \quad \leftarrow \text{сумма масс воды и пара} - \text{const}$$

$$m_{nr} \gamma = m_{no} = M = m_{nr} + m_{br}$$

↓

$$m_{nr}(\gamma - 1) = m_{br}$$

$$V_{nr} \rho_n (\gamma - 1) = V_{br} \rho_b$$

$$\frac{V_{nr}}{V_{br}} = \frac{\rho_b}{\rho_n(\gamma - 1)}$$

$$\left[\frac{V_{nr}}{V_{br}} \right] = \left[\frac{\frac{кг}{м^3}}{\frac{кг}{м^3}} \right] = [1] \quad \frac{V_{nr}}{V_{br}} \approx \frac{1}{0,5 \cdot 10^{-3} (4,7 - 1)} = \frac{2000}{3,7} = \frac{20000}{37} \approx 540,5$$

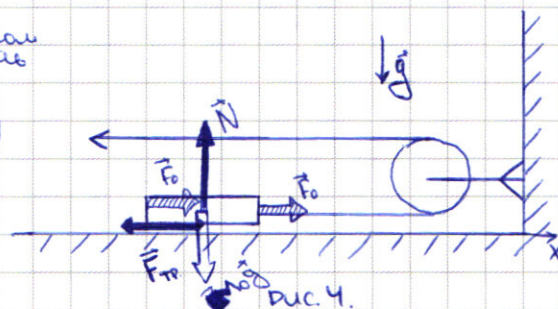
$$\begin{array}{r|l} 20000 & 37 \\ -185 & 540, (540) \approx 540,5 \\ \hline 150 & \\ -148 & \\ \hline 200 & \\ -185 & \\ \hline 15 & \end{array}$$

ОТВЕТ: $\frac{\rho_n}{\rho_b} \approx 0,5 \cdot 10^{-3} \quad \frac{V_{nr}}{V_{br}} \approx 540,5$

и др. это можно считать

* Если тело с $F > F_0$, то по 2ЗН:
 $Ox: 2F - \mu N = 6ma \Rightarrow a = \frac{2F}{6m} - g = \frac{F}{3m} - g$
 $S = \frac{a^2}{2a} \quad (m.k. \dot{\phi}_0 = 0) \Rightarrow \dot{\phi} = \sqrt{2aS} = \sqrt{2S(\frac{F}{3m} - g)}$

$$\dot{\phi} = \sqrt{2S(\frac{F}{3m} - g)}$$



Дано:

Решение:

$m_1 = m$
 $M_2 = 6m$
 S, μ
 $M_{ос} = 0$
 $m_k = m_6 = 0$
 $F (F > F_0)$

После пояснения можно
 убрать телика, оставив лишь
 силы.
 Изобразим (пока что) только
 горизонтальные силы, что дей-
 ствуют на лежик (см. рис. 4)

$F_0 - ?$
 $\dot{\phi} - ?$

F_0 - мин сила, с которой тянет
 канат наш человек, чтобы
 передвинуть лежик, значит, гранич-
 ное ускорение ($\dot{\phi} = \text{const}, a = 0$)

по II ЗН: $\Sigma \vec{F} = 0$

$Ox: 2F_0 - \mu N = 0$

По сути наша цель: сдвинуть систему
 массой $m_1 + M_2 = 6m$ с места, грубо говоря,
 толкая с F_0 , тяня с F_0 , не забывая о F_{fr} .
 И если так думать, то $N = 6mg = F_2$

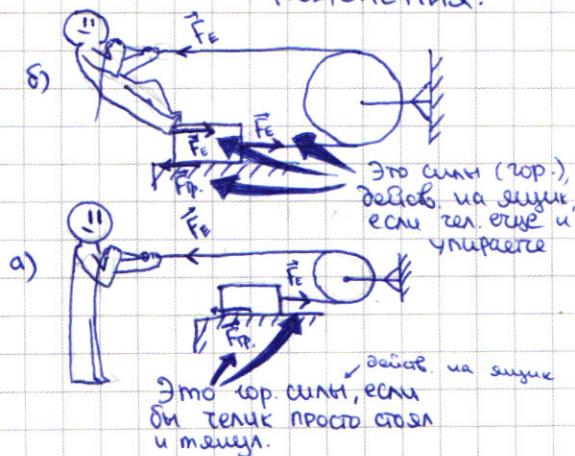
Тогда $F_0 = \mu 3mg$

(продолжение см выше*)

ОТВЕТ: $F_2 = 6mg$
 $F_0 = 3\mu mg$
 $\dot{\phi} = \sqrt{2S(\frac{F}{3m} - g)}$

и др. это можно считать

ПОЯСНЕНИЯ:



По сути, это телика можно
 заменить с этаким лопастью, выте-
 живающей канат:



Вот так примерно, только шты не тянет
 ее, а вытягивается и 0 закреплена на лежике.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$\beta = 90^\circ$
 $\alpha = 45^\circ$
 $a = \text{const}$
 $h_1 = 8 \text{ см}$
 $h_2 = 12 \text{ см}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $\mu = 0$

Решение:

(т.к. $\alpha = 45^\circ$, то $\gamma = 45^\circ = \alpha$)

- Рассмотрим т.О
- В момент движения она испытывает силы давления со стороны масла в части А и в части В.
- т.О как и все точки трубки движется с ускорением a .

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

$$F_B \cos \alpha + F_A \cos \alpha = ma$$

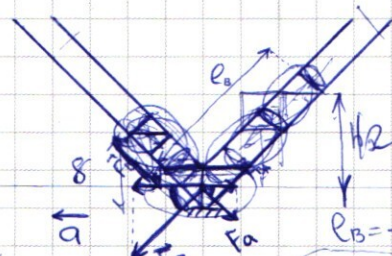
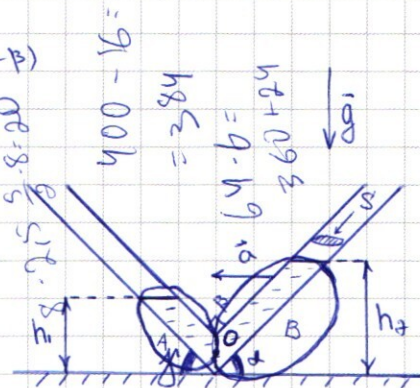
$$\rho g \cos \alpha (V_B - V_A) = \rho V_0 a$$

$$\rho g \sin \alpha (h_2 - h_1) = a V_0$$

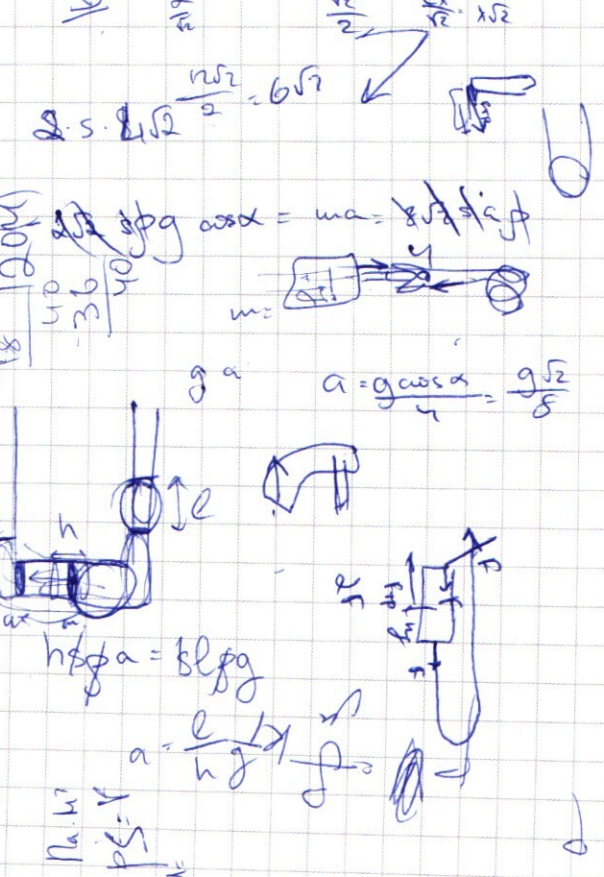
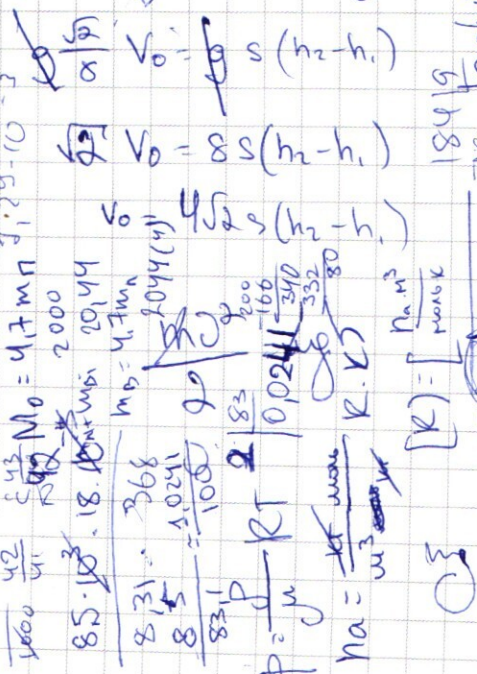
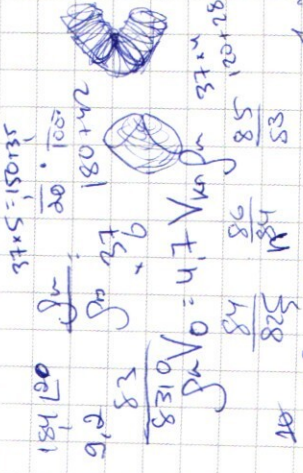
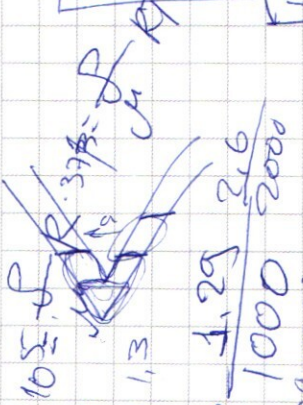
$$V_B = S \left(\frac{h_2}{\sin \alpha} \right)$$

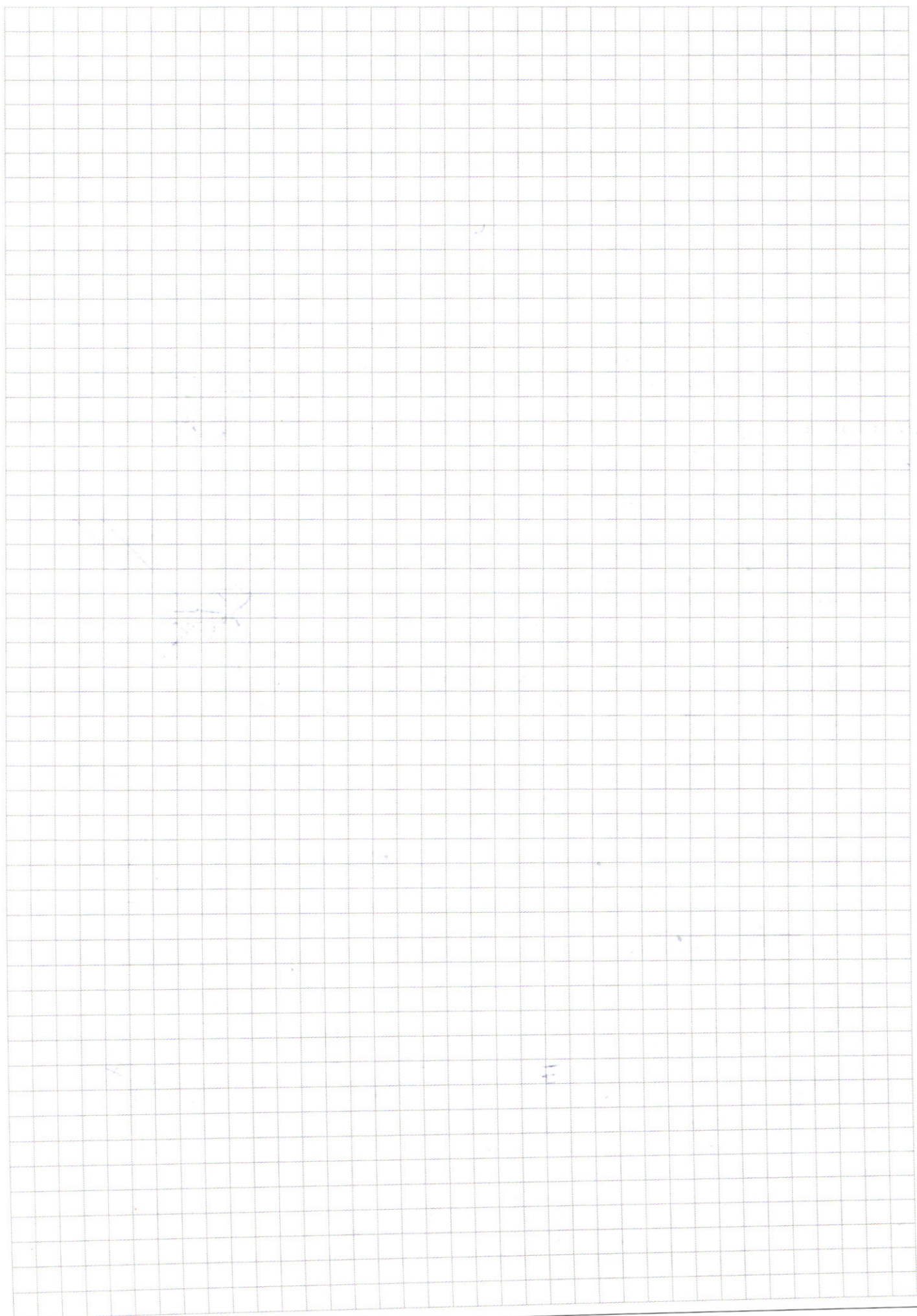
$$V_A = S \left(\frac{h_1}{\sin \alpha} \right)$$

Также, если тестно, не очень понимаю



Аналогично с h_1 и h_2





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

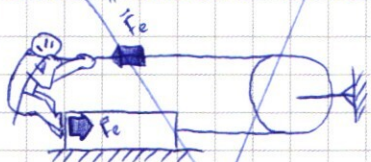
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

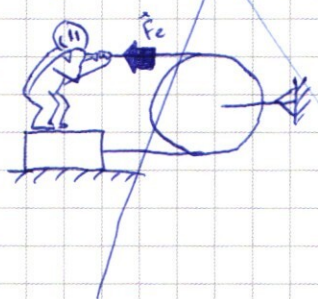
(продолжение №2)

РАЗЪЯСНЕНИЯ:

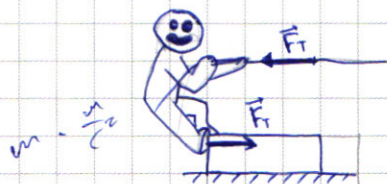
Наш телек может тянуть
канат, просто «повиснув» на нем.



А может за счет силы трения:



(продолжение №2)



0,02

Горизонтальная составляющая
силы давления равна F_T

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten solutions on graph paper for a physics problem involving projectile motion and fluid dynamics.

Top Left: Diagram of a projectile launched at an angle. Equations: $p = \frac{p_0}{\rho_0} RT$, $\rho_0 = \frac{4MP}{RT}$. A velocity vector is shown at 60° with components $v \cos \alpha$ and $v \sin \alpha$.

Top Right: Equations for pressure and density: $PV = \frac{m}{M} RT$, $P = \frac{m}{M} \frac{RT}{V}$, $\rho = \frac{P}{RT}$. A diagram shows a rectangular block of height h and width l with pressure P acting on its top surface.

Middle Left: Calculations for time and velocity. $\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$. $v_0 = \frac{\sqrt{3}}{2} v$. $v_k = v_0 + gt$. $t = \frac{v_0 \sqrt{3} - \frac{v_0 \sqrt{3}}{2}}{g}$.

Middle Right: Kinematic equations. $(v \cos \alpha)^2 + v_k^2 = \frac{25}{4} v^2$. $\frac{v^2}{4} + v_k^2 = \frac{25}{4} v^2$. $v^2 + 4v_k^2 = 25v^2$. $v_k^2 = 6v^2$. $v_k = v\sqrt{6}$.

Bottom Left: Diagram of a block on an inclined plane. Forces R and N are shown. Calculations: 5.29 , $5.09 = 5.29 \cdot 5.6$.

Bottom Center: Diagram of a block on a horizontal surface. Forces $P \sin \alpha$ and $P \cos \alpha$ are shown. Calculations: 5.29 , 5.09 .

Bottom Right: Diagram of a rectangular block. Calculations: $10^5 = \frac{p_0}{\rho_0} RT$, $373 \cdot 8.31 \cdot 1000 \cdot 1000$, 18 , 10^5 , 10^6 , $8.31(1 - 516)$.

