

Олимпиада «Физтех» по физике, 6

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.

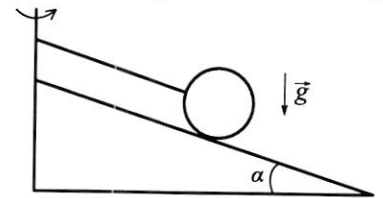
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 .



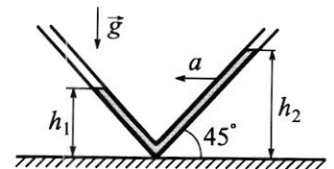
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

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

$v_0 = 8 \text{ м/с}$
 $\alpha = 60^\circ$

v_y - вертик. ~~компонента~~ ~~скорости~~ ~~при падении~~
 t - время полета; $\vec{x}$ - горизонт. смещение

1) v_y - ? 1) по определению $v = v_0 + \vec{g}t$.
2) t - ? из векторного треугольника
3) x - ? скоростей видно, что по

Th. Theoparop a $V_y^2 = (2.5 V_0)^2 - (V_0 \sin \alpha)^2$

$$v_g^2 = 6,25 v_0^2 - 0,75 v_0^2 = 5,5 v_0^2$$

$$V_g = V_0 \cdot \sqrt{5,5} \approx 2,35 V_0 = 18,8 \mu\text{V/c}$$

2) из вект. триуг. скоростей

видно, что $gt = v_y - v_0 \cos \alpha$

$$t = \frac{2,35 \text{ m} - 0,5 \text{ m}}{g} = \frac{1,85 \text{ m}}{g} = \frac{1,85 \cdot 8}{10} = 1,48 \text{ s}$$

3) по опр. $\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{g t^2}{2}$; построим векторный м-к.

из тр-ра видно, что $x = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin t$

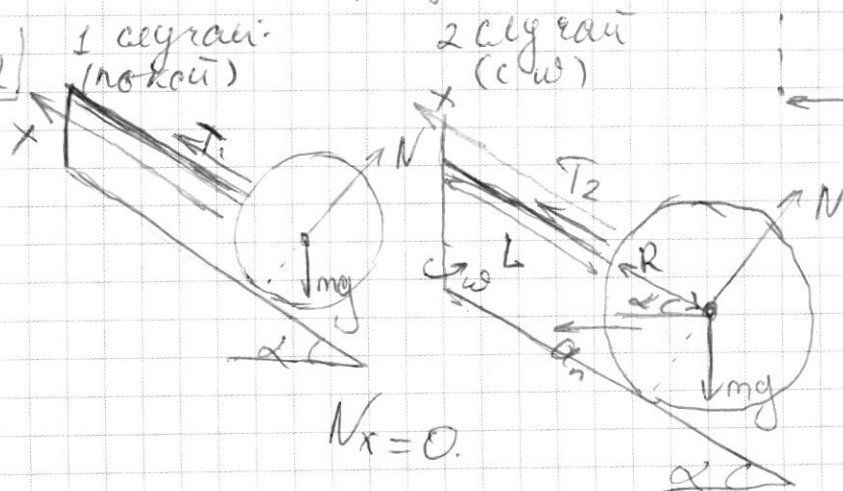
$$x = 8 \cdot 1,48 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 5,92 \cdot \sqrt{3} \approx 10,2 \text{ m}$$

Problem: $x = 10 \text{ cm}$; $t = 1,48 \text{ ps}$; $v_g = 18,8 \text{ m/c}$

✓ 3
m, R, L, w, d

$T_1 - ?$

$T_2 = ?$



1) запишем 2 ЗК на осях, параллельную кривой

$$T_1 = mg \sin \alpha$$

2) т.к. система будет вращаться с постоянной углов. скоростью, значит $a_c = 0$ и $a = a_n$

$a_n = \omega^2 r$, где r - радиус, по которому вращается шар. $r = (R+L) \cos \alpha$; $a_n = \omega^2 (R+L) \cos \alpha$

2 ЗК по ОХ: $T_2 - mg \sin \alpha = m \omega^2 (L+R) \cos \alpha \cdot \cos \alpha$

$$T_2 = m(\omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + g \sin \alpha)$$

Ответ: $T_1 = mg \sin \alpha$; $T_2 = m(\omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + g \sin \alpha)$

№5.

$t = 95^\circ \text{C} = 368 \text{ K}$ $\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ 1) т.к. процесс медленный $\Rightarrow$ квазистатический.

$$p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}; \beta_e = 1 \frac{\text{см}^3}{\text{г}}$$

β_n - плотность пара

1) запишем уравн. Менг.-Клан для

пара:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT; \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow p = \frac{RT}{\mu} \rho$$

1) $\frac{\beta_n}{\beta_e} = ?$

2) $\frac{V_n^*}{V_e^*} = ?$

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

$$\frac{\beta_n}{\beta_e} = \frac{\mu p}{RT \beta_e} = \frac{\mu p}{8,31 \cdot 368 \cdot 8,5 \cdot 10^4} \approx 0,0503 \cdot 10^{-2} = 5,03 \cdot 10^{-4}$$

2) $\beta = 4,7$ 1) $\beta_n = \beta_n^* + \beta_e^*$, т.к. вещество кипит и испаряется.

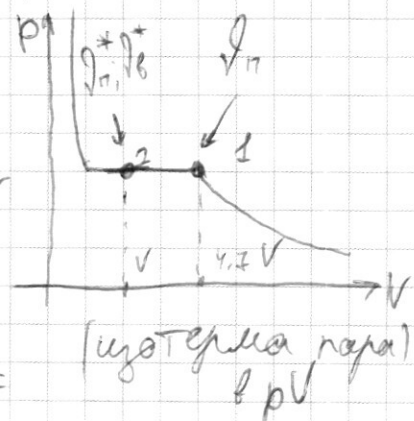
2) ур.-е Менг.-Клан для пара в обеих сосудах:

$$pV \cdot 4,7 = \beta_n RT$$

$$pV = \beta_n^* RT$$

$$\Rightarrow 4,7 \beta_n^* = \beta_n$$

$$\beta_n^* = \frac{\beta_n}{4,7}; \beta_e^* = \beta_n - \beta_n^* = \beta_n \left(1 - \frac{1}{4,7}\right)$$



$$V_n^* = \frac{m_n^*}{\beta_n^* \mu} = \frac{\beta_n^* \mu}{\beta_n^*}$$

$$V_e^* = \frac{m_e^*}{\beta_e^* \mu} = \frac{\beta_e^* \mu}{\beta_e^*}$$

$$\frac{V_n^*}{V_e^*} = \frac{\beta_n^*}{\beta_e^*} \cdot \frac{\beta_e}{\beta_n} = \frac{1}{3,7} \cdot \frac{10^4}{5,03} \approx 5,4 \cdot 10^2$$

Ответ: $\frac{\beta_n}{\beta_e} = 5,03 \cdot 10^{-4}$; $\frac{V_n^*}{V_e^*} = 5,4 \cdot 10^2$

V_n^* и V_e^* - объемы пара и воды в сосудах

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

✓2
m, 5m | 1) рассмотрим
человека и лебедь
в системе.

1) N - ? 2) 2 ЗН для системы
"лебедь + человек"

2) $F_{\min} - ?$

3) $V - ?$

а) $N = 6mg$
б) $2T - 6mg = 0$
 $2T = 6mg$; $T = 3mg$

человек прилагает
к канату силу F, за счет чего возникает T и
 $F = T$; $F_{\min} = 3mg$; чтобы осуществить
задуманное, нужно тянуть с $F \geq 3mg$

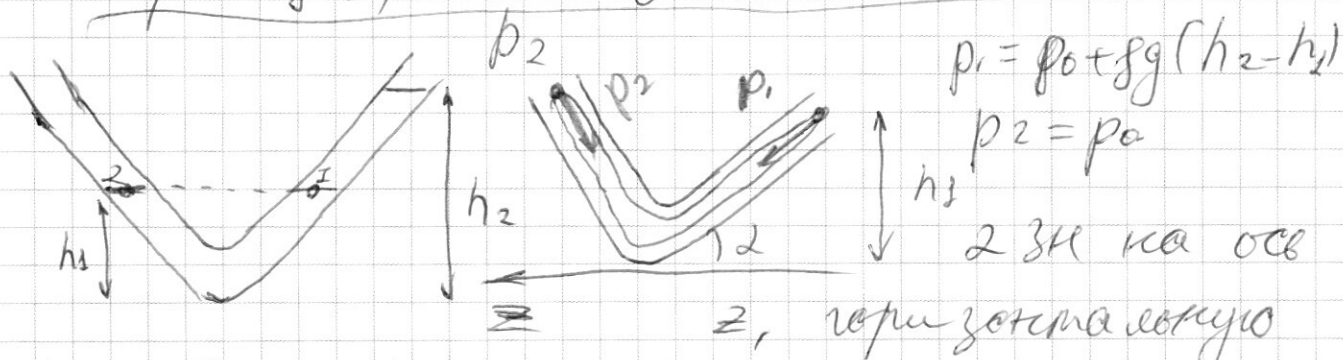
3) человек тянет с F; $T = F$
2 ЗН для системы: $6ma = 2F - 6mg$; $a = \frac{F}{3m} - g$

из кинематики:
 $S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$; $V = at = \sqrt{2aS} = \sqrt{2S(\frac{F}{3m} - g)}$

Ответ: 1) $N = 6mg$; 2) $F_{\min} = 3mg$; 3) $V = \sqrt{2S(\frac{F}{3m} - g)}$

✓4
1) рассмотрим этот ограниченный
давление в точке 2:
 $p_2 = p_0$; $p_1 = p_0 + \rho g(h_2 - h_1)$

~~2) Записать 2 ЗН для этого фрагмента на в проекции на ось z, параллельную стержню сосуда (для того чтобы силы реакции имели нулевую проекцию) $m a \cos \alpha =$~~



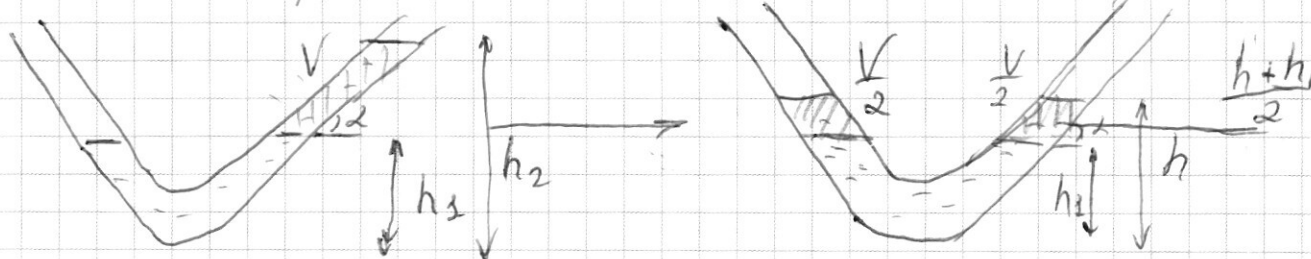
(чтобы избавиться от сил тяжести и реакций опоры) $\rho g (h_2 - h_1) S \cos \alpha = m a = S \cdot 2 h_1 \rho g \frac{1}{\sin \alpha}$

$$m = S \cdot 2 h_1 \cdot \rho \frac{1}{\sin \alpha}$$

$$\alpha = \frac{g \cos \alpha}{\sin \alpha} \frac{h_2 - h_1}{h_1} \quad \left| \alpha = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right.$$

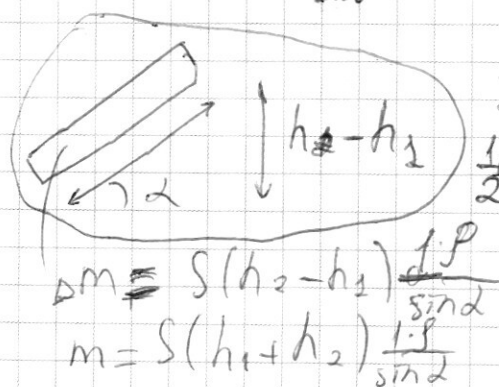
~~$\alpha = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$~~

2) скорость будет в миллиметрах в секунду.
 ответ: 2,5 м/с



$$V = (h_2 - h_1) \frac{S \cdot \rho}{2 \sin \alpha} ; \frac{V}{2} = \frac{(h_2 - h_1) S}{2 \sin \alpha} ; h = \frac{V}{2} \sin \alpha$$

$$h = h_2 - h_1$$



Закон сохранения энергии;
 $\frac{1}{2} m g (h_2 + h_1) = \frac{m V^2}{2} + \frac{1}{2} m g$

ответ: $a = 2,5 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

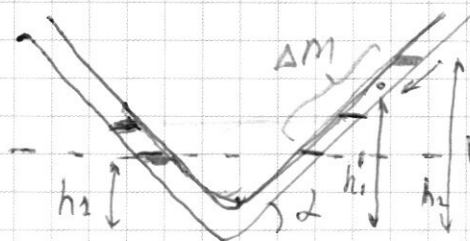
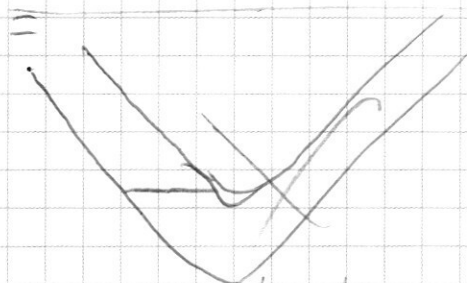
$$\frac{\gamma}{2} \Delta m g (h_2 - h_1) = \frac{m v^2}{2} + 2 \Delta m g (h_1 + h_2) \frac{\gamma}{2}$$

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

$$(h_2 - h_1)^2 g = (h_1 + h_2) v^2 + 2 (h_2 - h_1) (h_1 + h_2) g$$

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

$$v = \sqrt{\frac{2 h_1^2 - 2 h_1 h_2}{h_1 + h_2} g} = \sqrt{\frac{64 \cdot 2 - 2 \cdot 12 \cdot 8}{12 + 8} \cdot 10} =$$



$$\cos^2 \alpha = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{1}{2}$$

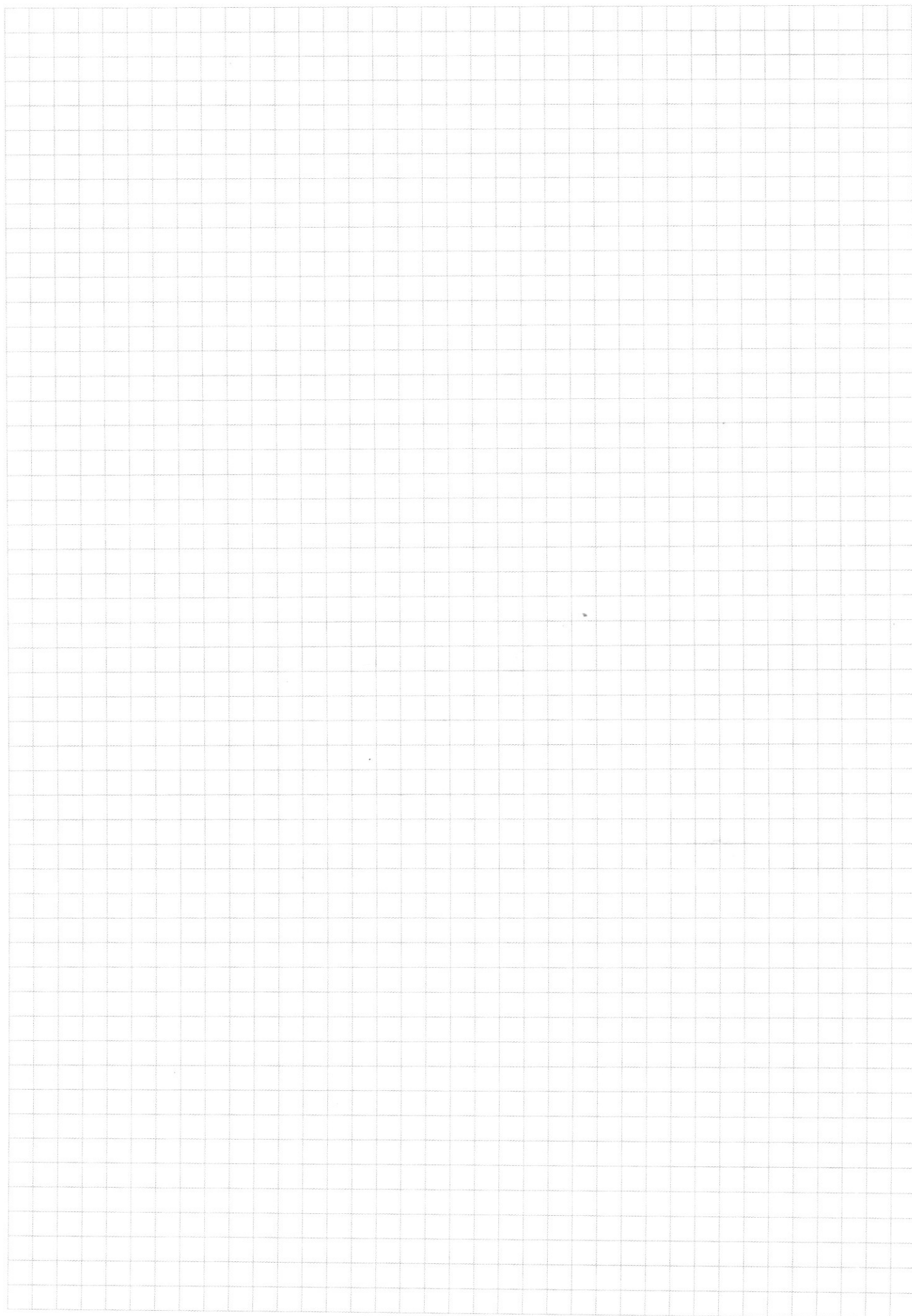
$$\Delta m = \gamma S \frac{(h_2 - h_1)}{\sin \alpha} - \text{масса}$$

$$m = \gamma S \frac{h_1 + h_2}{\sin \alpha} - \text{масса}$$

$$\frac{\Delta m g}{h_1} = \frac{m g}{h_1 + h_2} +$$

Ответ: $a = 5 \text{ м/с}$

Это черновик



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sqrt{3}$
 m, R, L, ω, α / 1) записав 2 ШГ
 $\alpha: T_1 = mg \sin \alpha$
 $T_1 = ?$ 2) $a_n = \omega^2 R' \cos \alpha$ где $R' = (L+R) \cos \alpha$
 $T_2 = ?$ $a_n = \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha$
 2 ШГ на ОЗ: $T_2 - mg \sin \alpha = m \omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha$
 $T_2 = m(\omega^2 (L+R) \cos^2 \alpha + g \sin \alpha)$

$\sqrt{5}$
 $t = 95^\circ C = 368K$
 $p = 8.5 \cdot 10^4 Pa$
 масса газа
 без учета нар.
 $T = const$
 изог. процесс $\Rightarrow$ Клаузиусат.
 $\frac{p_1}{p_2} = ?$ $m = \rho \cdot V$

$\frac{p_1}{p_2} = ?$ $\frac{V_1}{V_2} = ?$
 $pV = \frac{m}{\mu} RT$
 $\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{m}{\mu} \frac{RT_1}{RT_2}$
 $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1}$
 $\frac{p_1}{p_2} = \frac{368}{273} = 1.348$
 $p_2 = \frac{8.5 \cdot 10^4}{1.348} = 6.31 \cdot 10^4 Pa$

$\frac{V_1}{V_2} = ?$
 $p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2}$
 $V_2 = \frac{8.5 \cdot 10^4 \cdot 0.001}{6.31 \cdot 10^4} = 0.01348 m^3$
 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{0.001}{0.01348} = 0.0742$

$\sqrt{6}$
 $\frac{p_1}{p_2} = ?$ $\frac{V_1}{V_2} = ?$
 $p_1 V_1 = p_2 V_2$
 $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$
 $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}$
 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{273}{368} = 0.742$
 $V_2 = 0.742 \cdot 0.001 = 0.000742 m^3$

$\frac{p_1}{p_2} = ?$ $\frac{V_1}{V_2} = ?$
 $p_1 V_1 = p_2 V_2$
 $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$
 $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}$
 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{273}{368} = 0.742$
 $V_2 = 0.742 \cdot 0.001 = 0.000742 m^3$

$$k = \frac{I_n^* f_e}{I_n \cdot f_n} = \frac{I_n}{4,7 \cdot I_n (1 - \frac{1}{4,7})}$$

$$\frac{V_n}{V_e} = \frac{I_n^* f_e}{I_n \cdot V_e} = \frac{I_n}{4,7 \cdot I_n (1 - \frac{1}{4,7})} \cdot z =$$

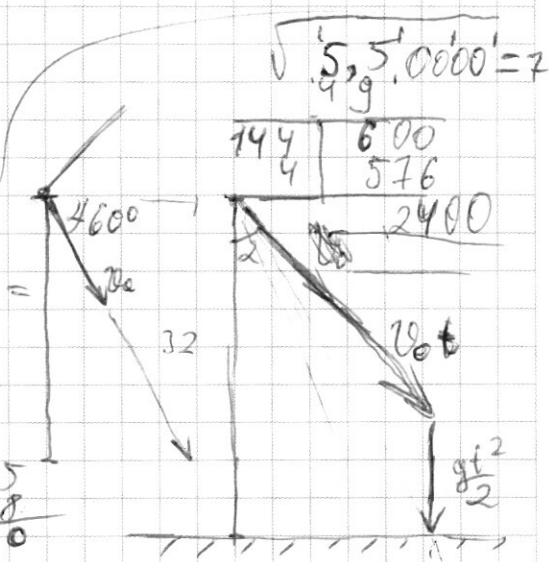
$$\frac{V_n}{V_e} = \frac{1 \cdot 10^4}{(4,7 - 1) \cdot 5,03} = 5,4 \cdot 10^2$$

$$I_n^* = \frac{I_n}{4,7}$$

$$I_e = I_n - \frac{I_n}{4,7}$$

$$\frac{f_e}{f_n} = \frac{1}{4,7}$$

$$\frac{100}{18} \quad \frac{100 \cdot 18,5}{5,5} \quad \frac{1000 \cdot 18,5}{325 \cdot 5,4}$$



- 1) $V_y = ?$
 2) $t = ?$
 3) $x - z = V_0 t \sin \alpha$

$$\sin \alpha = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 = \frac{3}{4} = 0,75$$

$$\frac{2,345}{0,500} = 4,69$$

$$1,845 \cdot 0,1845 = 0,338$$

из векторного треугольника находим, что $(2,5 V_0)^2 = V_0^2 \sin^2 \alpha + V_y^2$

$$V_y^2 = 6,25 V_0^2 - 0,75 V_0^2; V_y^2 = 5,5 V_0^2$$

$$V_y = \sqrt{5,5} V_0 = \sqrt{5,5 \cdot 100 \cdot 100} = 7$$

$$= 2,345 V_0$$

$$2) g t = V_0 \cos \alpha + V_y$$

$$t = \frac{2,345 - 0,5 V_0}{10} =$$

$$= 1,476$$

$$3) x = 2 \cdot 1,476 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} =$$

$$= 2,35$$

$$128 = 192$$

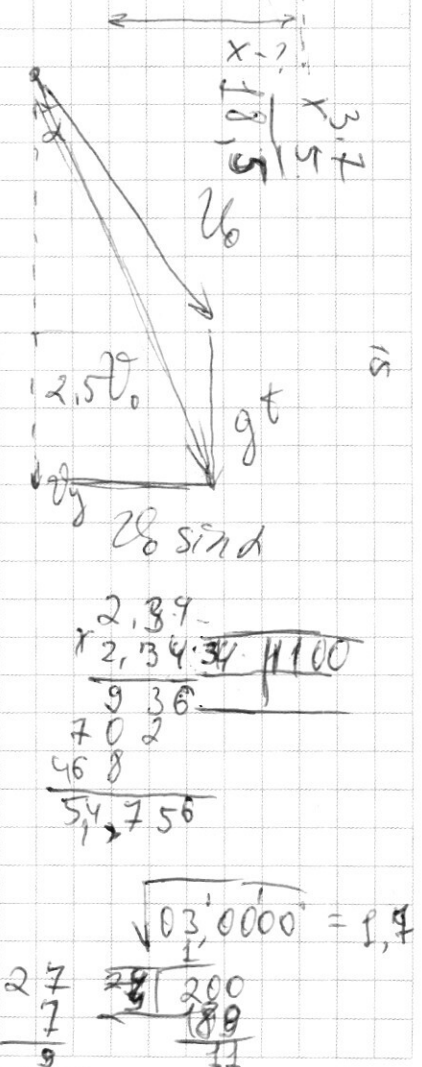
$$\frac{144}{4} \frac{600}{576} = 2400$$

$$\frac{43}{3} \frac{150}{129} = 464$$

$$\frac{468}{5} \frac{2400}{23425} = 5,92$$

$$\sqrt{3,0000} = 1,73$$

$$\frac{5,9}{4,7} = 1,25$$

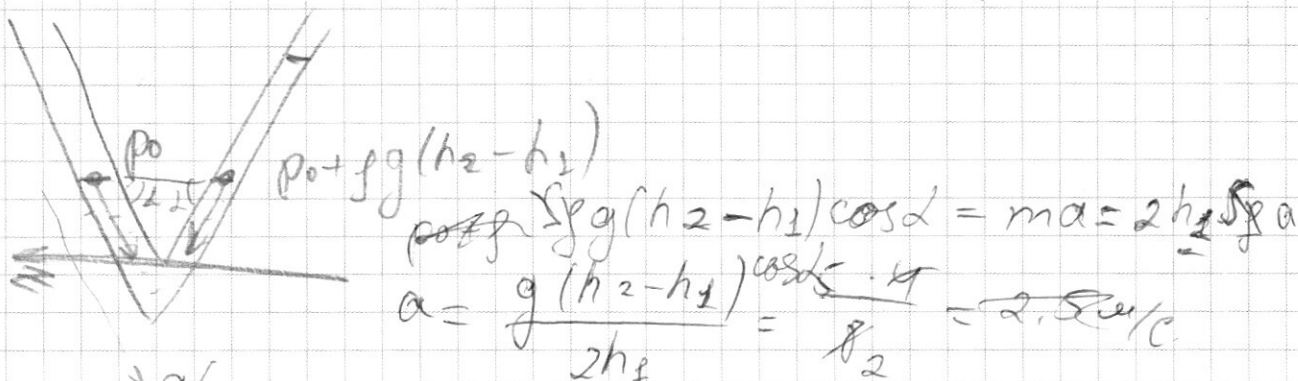
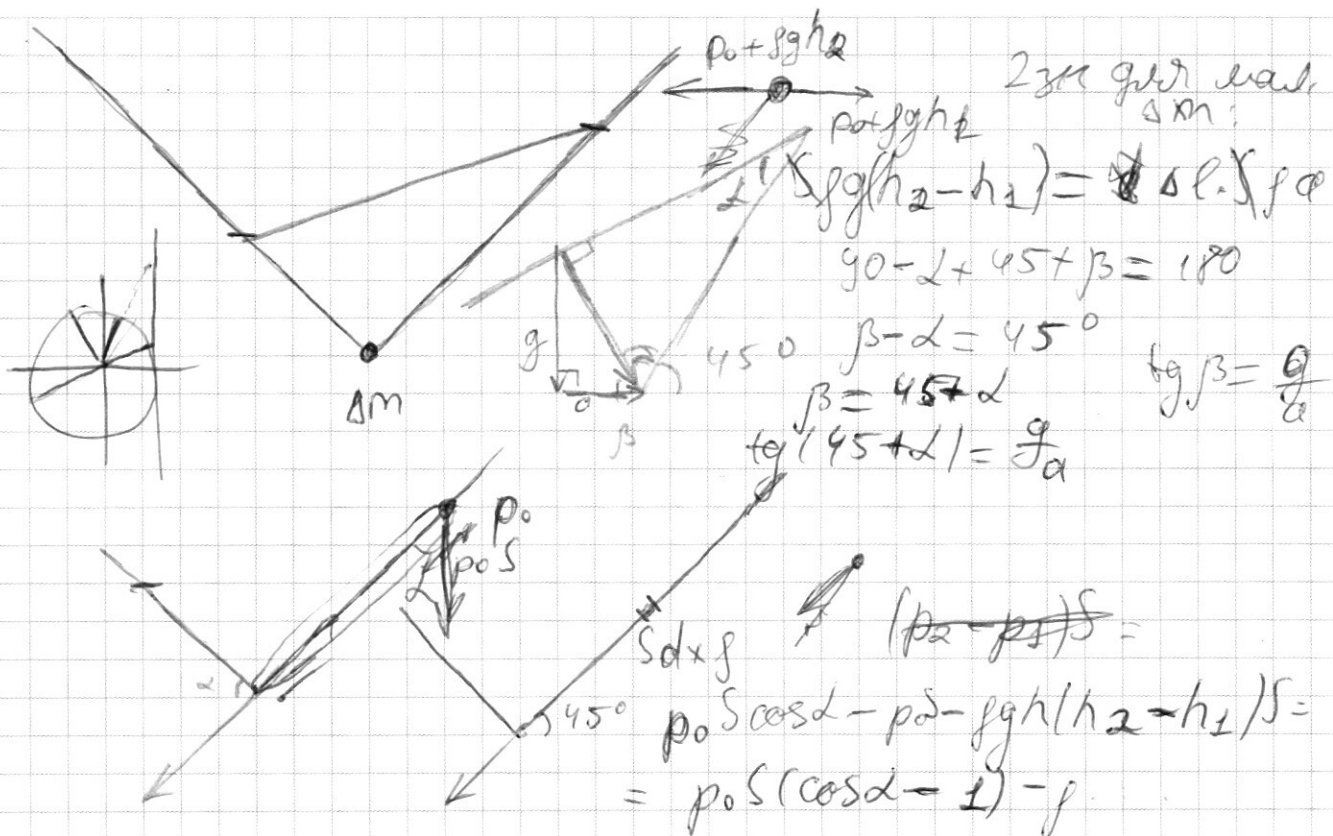


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

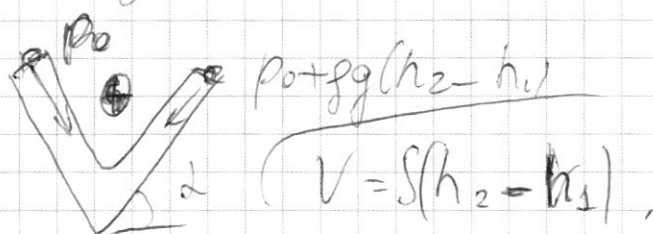
$F = T$
 $ma = 2F - 6\mu mg$
 $S =$
 $\mu = \frac{\eta}{c^2}$
 $2 \text{ шт } g \text{ и } 1-2$
 $p_1 = p_0 + \rho g h_1$
 $p_2 = p_0 + \rho g h_2$
 $(p_0 - p_1) \cos \alpha = a \cdot \frac{h_2}{\sqrt{2}} \rho =$
 $\alpha: m a \cos \alpha =$
 $p_0 + \rho g (h_2 - h_1)$

1) $a = ?$
 2) $v_{\max} = ?$

1) приближенно изобразить картину упр-тия
 вогнутой трубки. $p_0 S \cos \alpha - p_1 S \cos \alpha = m_1 a = \frac{h_2 S \rho a}{\sqrt{2}}$
 $(p_0 - p_1) \cos \alpha = a \cdot \frac{h_2}{\sqrt{2}} \rho =$



$$a = g/2$$



$$\Delta m g h =$$

НТБ эрхован