

Олимпиада «Физтех» по физике, с

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?

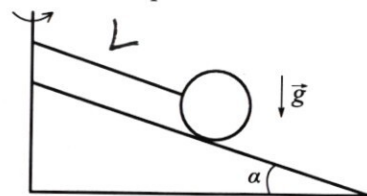
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

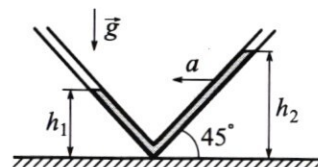


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.

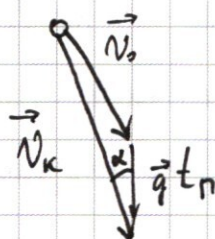
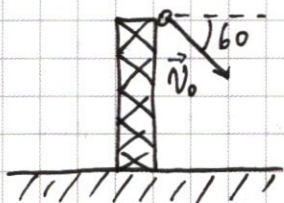
2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

П.к. сказано, что камень все время падала сблизался
с землей $\Rightarrow$ его вертик. состав. скорости направ. вниз $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$



треугольник скоростей

1) Рассм. угол α : $\sin \alpha = \frac{v_{0 \text{ гориз.}}}{v_k} = \frac{v_0 \cos 60^\circ}{v_k} = \boxed{\frac{1}{5}}$

по основному тригонометрич. тождеству $\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{1}{25}} = \boxed{\frac{2\sqrt{6}}{5}}$

но $v_k \cdot \cos \alpha$ это и есть вертик. состав. скор. конеч. $\Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{v_{\text{верт.}}} = v_k \cdot \cos \alpha = 20 \cdot \frac{2\sqrt{6}}{5} = 8\sqrt{6} \approx \boxed{19 \text{ (м/с)}}$

2) Заметим, что $v_{\text{вертик.}} = v_{0 \text{ верт.}} + g t_n \Rightarrow t_n = \frac{v_{\text{верт.}} - v_{0 \text{ верт.}}}{g}$

$\boxed{t_n} = \frac{19 - 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{v_{\text{верт.}} - v_0 \cdot \sin(60^\circ)}{g} \approx \boxed{1,22 \text{ (с)}}$

3) Горизонтальное смещение камня $S = v_{0 \text{ гориз.}} \cdot t_n = v_0 \cdot \cos(60^\circ) t_n$
т.к. на протяжении всего движ. не было гор. сил $\Rightarrow v_{0 \text{ гориз.}} = \text{const}$

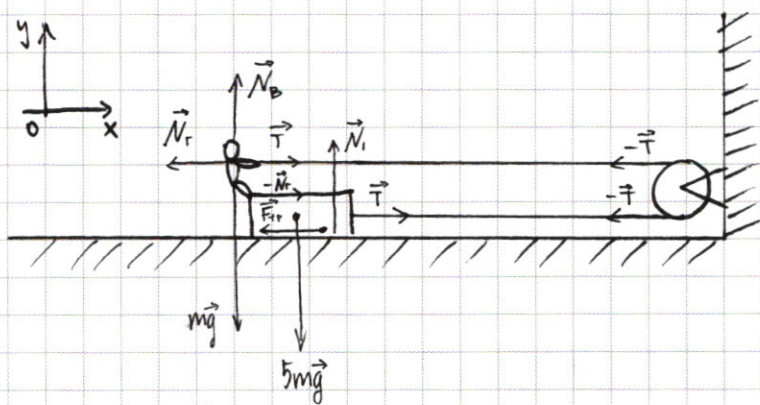
$\Rightarrow \boxed{S} = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,22 = \boxed{4,88 \text{ (м)}}$

Ответ: 1) $v_{\text{вертик. кон.}} = 19 \text{ (м/с)}$

2) $t_{\text{полета}} = 1,22 \text{ (с)}$

3) $S = 4,88 \approx 4,9 \text{ (м)}$ (гориз. смещ.)

√2



1) Расставим все силы действующие на человека и ящик.

Рассмотрим сис-му человек + ящик, а точнее внешние

силы действующие) / дающие проекцию на ось Oy:

II ЗН: ~~N_1~~ $N_1 = mg + 5mg = 6mg$; но N_1 это сила реакции со стороны земли $\Rightarrow$ при движении ящика, ящик с человеком давит на пол с силой по модулю равной $N_1 \Rightarrow$

1) $\boxed{F_{\text{на пол}} = |N_1| = 6mg}$

2) Запишем II ЗН для сис-ы (человек + ящик) в проекции на OX:

$2T - F_{\text{тр}} = 6ma$ (I); где T = сила с которой тянет человек.

$\Rightarrow$ при достижении минимальной силы F_0 ящик с человеком будет двигаться без ускорения $\Rightarrow 2F_0 = F_{\text{тр}}$; будет движен.

$\Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu N_1 = \mu \cdot 6mg \Rightarrow \boxed{F_0 = 3\mu mg}$

3) Если человек прикладывает $F > F_0$ к канату; то $2T > F_{\text{тр}}$

$\Rightarrow$ ящик с человеком начинает ехать с ускорением

это ускорение из ур-ния (I): $\boxed{a = \frac{2F - F_{\text{тр}}}{6m} = \frac{2F - 6\mu mg}{6m}}$

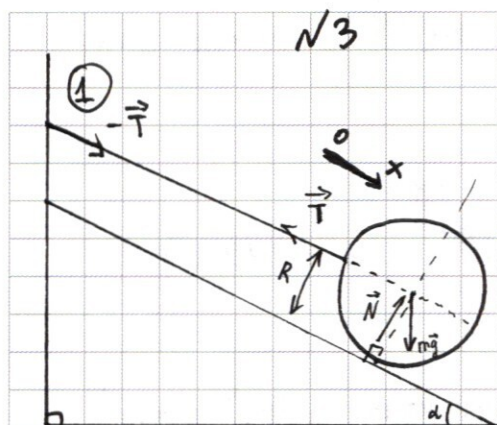
(т.к. движение) $\Rightarrow$ когда он сдвинет ящик на расстояние S то тот окажется с нулевой нач. скор. и $a = \text{const} \Rightarrow$

$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} \Rightarrow \boxed{v_{\text{ящика кон}} = at = a\sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{2Sa}}$

$v_{\text{ящика кон}} = \sqrt{2 \cdot S \cdot \frac{F - 3\mu mg}{3m}}$

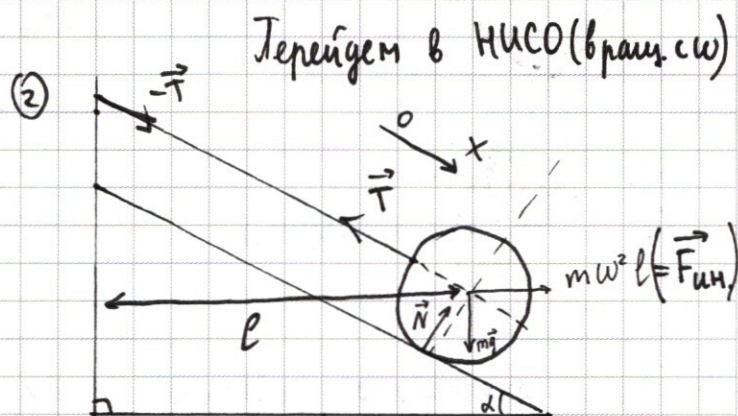
Ответ: 1) $F_{\text{на пол}} = 6mg$; 2) $F_0 = 3\mu mg$; 3) $v_{\text{ящика кон}} = \sqrt{\frac{2S}{3m} (F - 3\mu mg)}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Запишем Π ЗН (OX):

$$mg \sin \alpha = T_1$$



2) Π ЗН (OX): (в НКО шар в покое)

$$m \omega^2 l \cdot \cos \alpha + mg \sin \alpha - T_2 = 0$$

l = расстояние от оси вращ. до центра шара

$$\Rightarrow l = (L + R) \cdot \cos \alpha$$

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

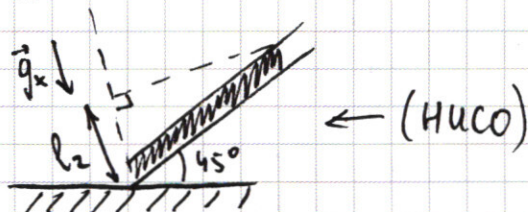
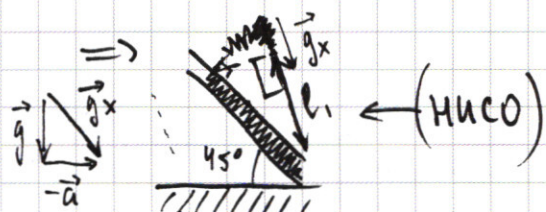
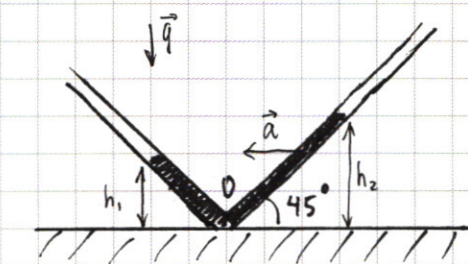
Ответ: 1) $T_1 = mg \sin \alpha$

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

№4

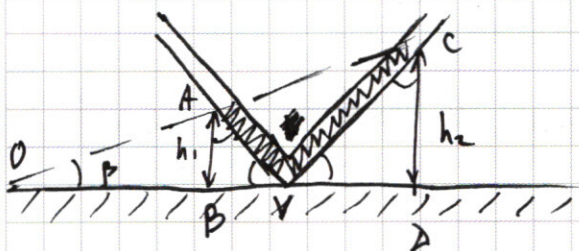
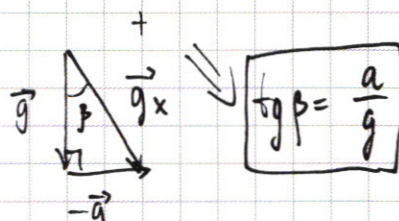
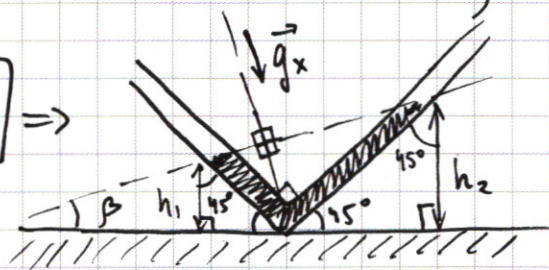
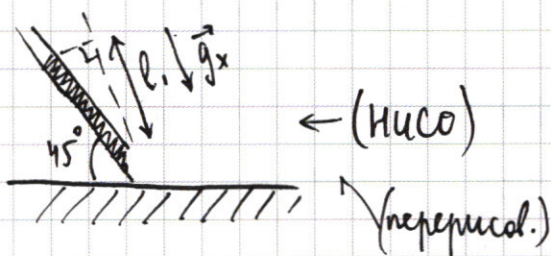
Решение

- 1) Установление нулевых уровней жидкости говорит о том, что давления в точке O с обеих сторон равны



(где $\vec{g}_x$ - эквивалентная гравитация - то, какая "по мнению трубки" ускор.)
свободного падения в ее с.о.)

$$P_{02} = P_{01} = \rho_m \cdot g_x \cdot l_1 = \rho_m \cdot g_x \cdot l_2 \Rightarrow \boxed{l_1 = l_2} \Rightarrow$$



Заметим, что $\triangle OAB \sim \triangle OCD$ (по трем || сторонам) $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{h_1}{h_2} = \frac{OB}{OB+BD}; \text{ но т.к. } \triangle ABV \text{ и } \triangle VCD - \text{прямоуг. и равновед.}$$

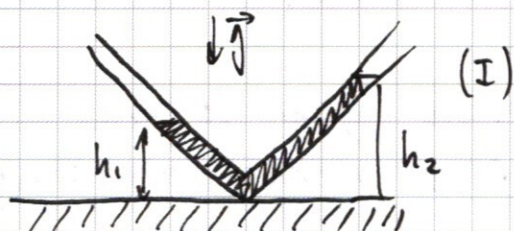
$$\Rightarrow \underline{AB = BV = VD = CD} \Rightarrow \frac{AB}{CD} = \frac{h_1}{h_2} = \frac{8}{12} = \frac{OB}{OB+h_1+h_2} \Rightarrow \frac{8}{12} = \frac{OB}{OB+20}$$

$$\Rightarrow \boxed{OB = 40(\text{см})} \Rightarrow \boxed{\text{tg } \beta = \frac{h_1}{OB} = \frac{8}{40} = \frac{1}{5}} \Rightarrow \boxed{a = g \text{tg } \beta = 2(\text{м/с}^2)}$$

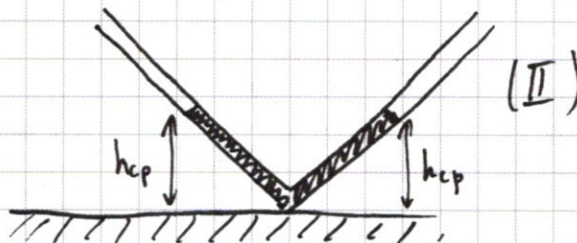
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 (продолжение)

2) Вода в трубке начнет колебаться;



(1й момент как только
ускорение а прошло:)



(момент наибольшей скорости,
будет достигаться в положении
минимальной потенциальной
энергии (т.к. ~~тогда~~ она
кинетич.))

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2}{2} \quad (\text{т.к. трубка тонкая; кол-во масла не меняется})$$

$$E_{n(I)} = g \left(m \cdot \frac{h_1}{h_1 + h_2} \cdot \frac{h_1}{2} + m \frac{h_2}{h_1 + h_2} \cdot \frac{h_2}{2} \right) = \frac{m(h_1^2 + h_2^2)}{2(h_1 + h_2)} \cdot g$$

$$E_{n(II)} = g m \frac{h_{cp}}{2} = g m \frac{h_1 + h_2}{2 \cdot 2}$$

$$\Delta E_n = E_{n(I)} - E_{n(II)} = \frac{mg}{2} \left(\frac{h_1^2 + h_2^2}{h_1 + h_2} - \frac{h_1 + h_2}{2} \right) = \frac{mg}{2} \cdot 0,004 = 0,002 \cdot mg$$

размер. (м)

$$= E_k = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow v^2 = 0,04 \text{ (м}^2/\text{с}^2) \Rightarrow \boxed{v_{max} = 0,2 \text{ (м/с)}}$$

Ответ: 1) $a = 2 \text{ (м/с}^2)$
2) $v_{max} = 0,2 \text{ (м/с)}$

N5

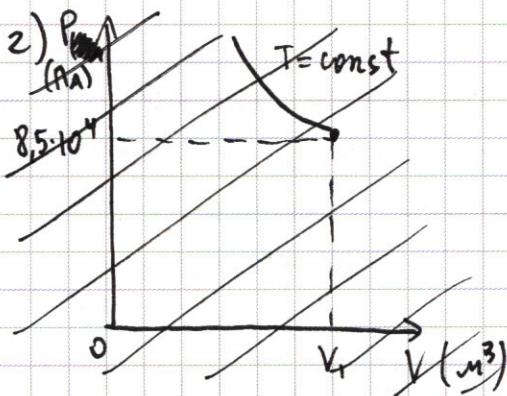
1) В начальный момент времени справедливо ур-ние Менделеева - Клапейрона:

$$PV = \nu RT \Rightarrow PV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow P = \frac{\rho}{\mu} RT \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\rho_n} = \frac{P_m}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,018}{8,31 \cdot 368} \approx \boxed{\frac{1}{2} \text{ (кг/м}^3\text{)}}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{\rho_n}{\rho_e}} = \frac{\frac{1}{2}}{1000} = \boxed{\frac{1}{2000}}$$

такое отнош. будет все время, т.к. $P = \text{const}$ по тому, что $T = \text{const}$



$$\text{т.к. } T = \text{const} \Rightarrow P \cdot V = \text{const} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{если } V_2 = \frac{V_1}{4,7} = \frac{V_1}{8};$$

$$\text{то } P_2 = P_1 \cdot 8$$

$$\Rightarrow P_2 = 8 \cdot P_1 = 4,7 \cdot 8,5 \cdot 10^4 \text{ (Па)}$$

$$\Rightarrow (P_2 = 399500 \text{ (Па)}) \Rightarrow \text{подставим в ур-ние (I):}$$

$$P_2 = \frac{\rho}{\mu}$$

$$\text{т.к. } T = \text{const} \Rightarrow \frac{PV}{m} = \text{const} \Rightarrow \text{если } V_2 = V_1/8 \Rightarrow \boxed{\frac{P_2}{m_2} = \frac{P_1}{m_1} \cdot 8}$$

но т.к. температура не меняется $\Rightarrow P_{\text{настич. пар}} = \text{const}$

$$\Rightarrow P \text{ тоже не меняется} \Rightarrow \frac{P_2}{m_2} = \frac{P_1}{m_1} \cdot 8 = \frac{P_1}{m_2} \Rightarrow \boxed{m_2 = \frac{m_1}{8}}$$

$$\Rightarrow \frac{m_2}{\rho_n \cdot \rho_e} = \frac{m_1}{8 \cdot \rho_n \cdot \rho_e} \Rightarrow \boxed{\frac{V_n}{\rho_e} = \frac{V_e}{8 \cdot \rho_n}} \Rightarrow \boxed{\frac{V_n}{V_e} = \frac{\rho_e}{\rho_n \cdot 8} = 425,5}$$

$$\text{ответ: } 1) \frac{\rho_n}{\rho_e} = \frac{1}{2000} \quad 2) \frac{V_n}{V_e} = 425,5.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

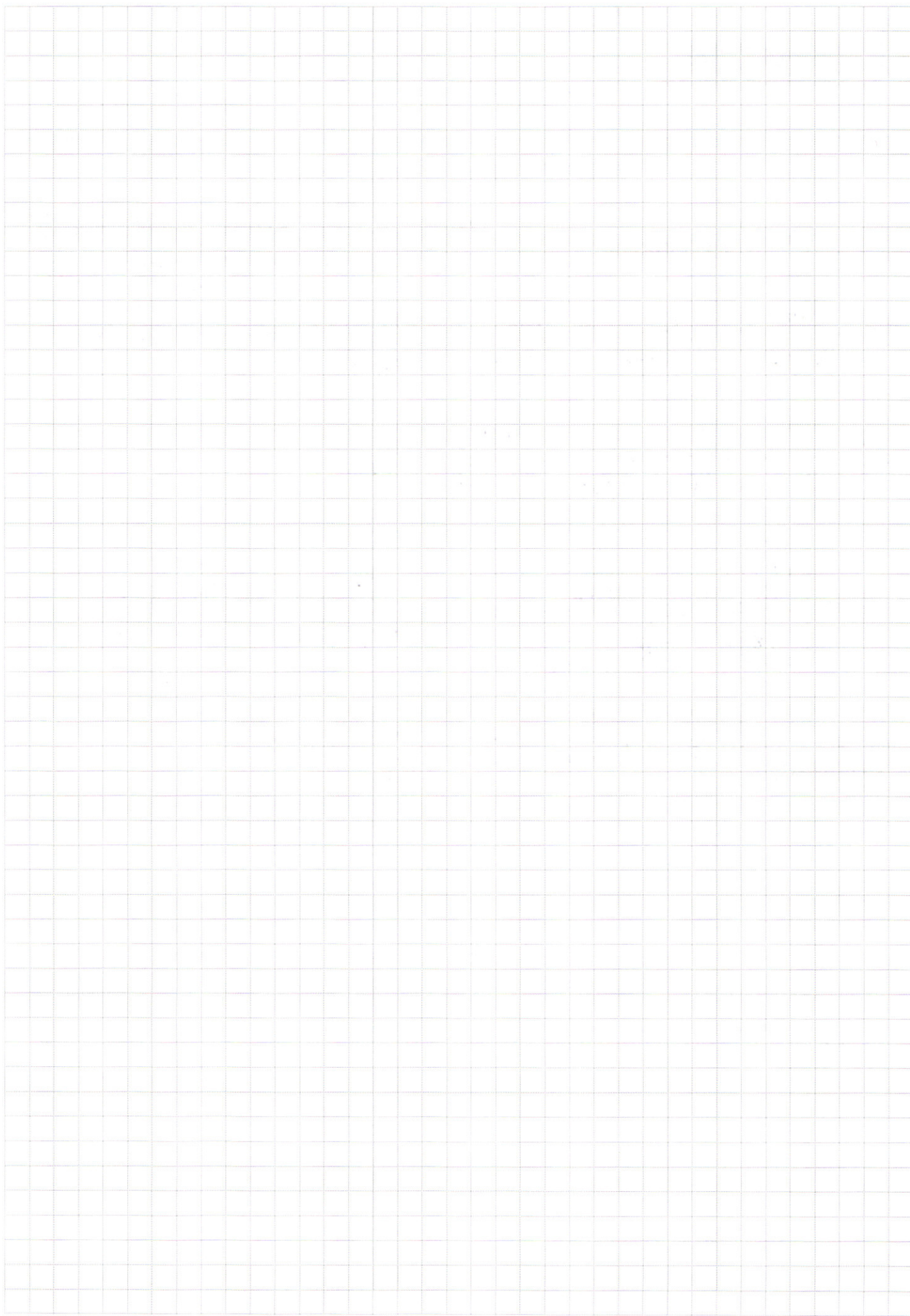
№5 (продолжение) / m_2 - масса пара после умен. V
 m_1 - изнач. масса пара
($m_1 = m_2 + m_6$)
(ЗСМ)

$$\Rightarrow \frac{m_2}{\rho_n \cdot \rho_6} = \frac{m_1}{8 \cdot \rho_n \cdot \rho_6} \Rightarrow \frac{m_2}{\rho_n \cdot \rho_6} = \frac{m_2 + m_6}{8 \rho_n \cdot \rho_6} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{m_2}{\rho_n} \left(\frac{1}{\rho_6} - \frac{1}{8 \rho_6} \right) = \frac{m_6}{\rho_6} \cdot \left(\frac{1}{8 \rho_n} \right)$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{V_n}{V_6}} = \frac{\frac{1}{8 \rho_n}}{\frac{1}{\rho_6} - \frac{1}{8 \rho_6}} = \frac{\rho_6}{\rho_n (8 - 1)} = \boxed{540,5}$$

Ответ: 1) $\frac{\rho_n}{\rho_6} = \frac{1}{2000}$; 2) $\frac{V_n}{V_6} = 540,5$



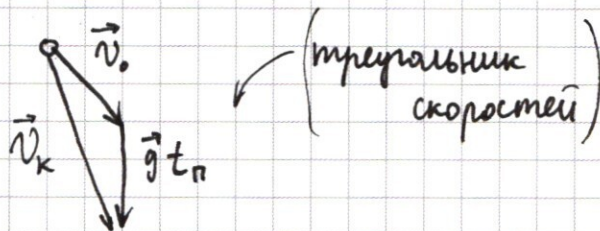
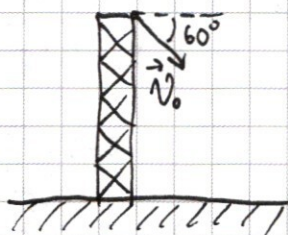
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

П.к. сказано, что камень все время приближался $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ его бросили с вертик. составляющей скорости направ
вниз $\Rightarrow$



Затем по косинусов для Δ скоростей $(\vec{v}_0)(\vec{g}t_n) = 90^\circ + 60^\circ = 150^\circ$

$$\Rightarrow v_k^2 = v_0^2 + g^2 t_n^2 - 2 v_0 g t_n \cos(150^\circ)$$

$$v_k^2 = v_0^2 + g^2 t_n^2 + 2 v_0 g t_n \cos(30^\circ) \quad / \text{подставим числа} /$$

$$100 t_n^2 + 80\sqrt{3} \cdot t_n - 400 = 0 \quad / \text{с учетом размерности} /$$

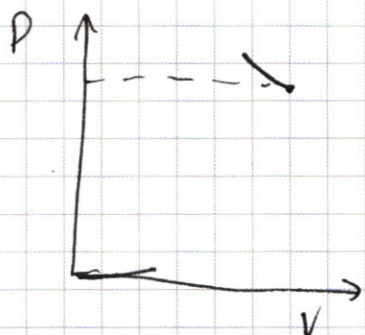
$$\Delta = 3.6400 + 160000$$

$$t_n = \frac{-80\sqrt{3} + \sqrt{1600 \cdot 112}}{200} \quad (+\sqrt{\Delta} \text{ т.к. } t_n > 0)$$

$$2) \quad \underline{\underline{t_n = \frac{40\sqrt{112} - 80\sqrt{3}}{200} \approx 1,5 \text{ (с)}}}$$

$$1) \text{ } U_z \Delta \text{ скоростей: } v_{\text{вертик.кон}} = v_0 \cdot \sin(60^\circ) + g t_n =$$

$$95(^{\circ}\text{C}) - P_{\text{н.п.}} = 8,5 \cdot 10^4 (\text{Па})$$



$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$P = \frac{\rho}{\mu_{(M)}} RT$$

$$\rho_n = \frac{P \cdot M_{\text{н.п.}}}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 0,0018}{8,31 \cdot 368} =$$

$$\begin{array}{r} 0,92 \\ 522 \\ 0,92 \\ 0,21 \\ \hline 5'52h \\ 44100mm \end{array}$$

$$223 + 95 = 368$$

$$= \frac{8,5 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} = \frac{1}{2} \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$$

$$\begin{array}{r} 95 \\ -22 \\ \hline 68 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 85 \\ 18 \\ \hline 680 \\ 85 \\ \hline 1530 \end{array}$$

$$1530 \overline{) 368}$$

$$\frac{4,18}{8,31} = \frac{1}{2}$$

$$\begin{array}{r} 1200 \\ + 240 \\ 32 \\ \hline 1472 \\ + 73,6 \\ \hline 1545,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5'52h \\ 522 \overline{) 000001} \end{array}$$

$$44 \ 1508,8$$

$$\begin{array}{r} 4,5 \times 0 \\ \hline 000001 \end{array}$$

$$\frac{\rho_{\text{н.п.}}}{\rho_{\text{н.п.}}} = \frac{\rho_{\text{н.п.}}}{\rho_{\text{н.п.}}}$$

$$\begin{array}{r} 005666 \\ 0,6 \\ \hline 565 \\ 462 \\ 58 \\ 22 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 180 \\ 368 \\ \hline 180 \\ 368 \\ \hline 180 \\ 368 \end{array}$$

$$\left(\frac{1}{1} - 1 \right) \frac{1}{1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

$v_0 = 8 \text{ (м/с)}$
 60°
 20

v_k
 $g t_n$

no Th кос.

$$v_0^2 + g^2 t_n^2 + 2 \cdot v_0 \cdot g \cdot t_n \cos 30^\circ =$$

$$= v_k^2 \rightarrow t_n$$

$$v_0 \sin 60 + g t_n = v_{\text{вер.}}$$

$$v_0 \cdot \cos 60^\circ \cdot t_n = S.$$

$1 = 4$
 $5 = 20$

$50 \text{ мм} = 20$
 $49 \text{ мм} = \lambda$

8
 $\frac{98}{5} = 19$

$\sin = \frac{1}{5}$
 $\cos = \sqrt{1 - \frac{1}{25}} = \frac{\sqrt{24}}{5}$

$19 - 6,8 = 12,2$
 $\frac{12,2}{10} = 1,22$

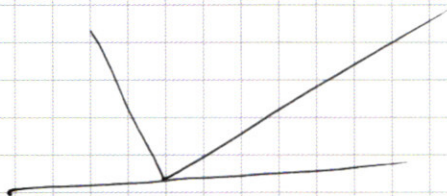
$19 - 6,8 = 12,2$
 $\frac{12,2}{10} = 1,22$

$8\sqrt{6}$
 $8 \cdot 1,4 \cdot 1,7$
 $4,88$
 $1 \frac{2,5}{5}$
 $10,5 - 2 \cdot 1,7$
 $3,4$
 $40 \cdot \sqrt{112}$
 $7,1$
 $7,1$
 7
 $\frac{40}{5} \cdot \frac{1}{5} \cdot 7,1$

$15,04$
 $19,04 = 4 + g t_0$
 $t_n = 1,5 \text{ (с)}$

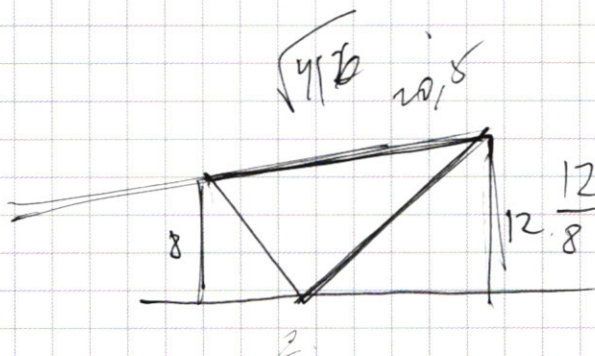
$4\sqrt{3} + 15$
 $6,8 + 15$
 $4\sqrt{3} + 10$

160000
 19200
 179200
 112
 16
 16
 32
 32



$$\frac{h_1}{h_1+h_2} \cdot m \cdot \frac{h_1}{2} + \frac{h_2 \cdot h_2}{h_2+h_1}$$

$$\frac{m(h_1^2 + h_2^2)}{2(h_1+h_2)} - \frac{m(h_1+h_2)}{4}$$



$$8\sqrt{2}$$

$$\frac{12}{8} = \frac{20.5}{x}$$

$$288$$

$$128$$

$$346$$

$$20.5$$

$$m \left(\frac{64 + 144}{20} - \frac{5}{10} \right)$$

$$5.4m = m \frac{v^2}{2}$$

$$\sqrt{10.8}$$

$$12x = 160 + 8x$$

$$4x = 160$$

$$x =$$

$$10.4 - 5$$

$$0.4$$

$$\begin{array}{r} 0.2 \\ 20.2 \\ \hline 1004 \\ 14 \end{array}$$

$$\frac{208}{20} - \frac{100}{20}$$

$$\frac{8}{20} = \frac{1}{10}$$

$$v^2 = 9 \cdot 0.04$$

$$0.02$$

$$0.01$$

$$5.045$$

$$7.5$$

$$13.7$$

$$0.02$$

$$u$$

$$\frac{u \cdot g \cdot l}{g} = \frac{g \cdot g \cdot l}{u} - \frac{g \cdot l}{u}$$

$$\frac{u \cdot g \cdot l}{g} = \frac{g \cdot g \cdot l}{u} = \frac{g \cdot u \cdot l}{u^2}$$

$$g u + 2 u = l \cdot u = m$$