

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.

2) Найти время полета гайки.

3) С какой высоты была брошена гайка?

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 $M = 2m$. 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?

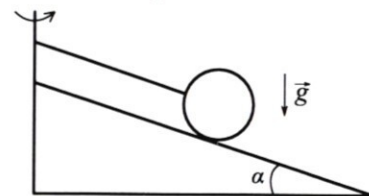
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) За какое время 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 давления шара на клин, если система покоится.

2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

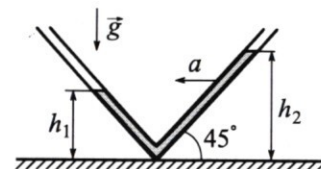


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?

2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



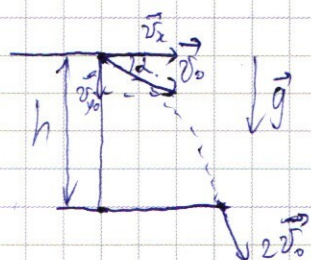
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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 $\gamma = 5,6$ раза.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№1

Пл. по движению шарика в момент
применения к шарика
Велич. то шарик в момент
под 30° к горизонту.

$$v_x = v_0 \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10 = 5\sqrt{3} \left(\frac{м}{с}\right)$$

$$v_{y0} = v_0 \sin \alpha = \frac{1}{2} \cdot 10 = 5 \left(\frac{м}{с}\right)$$

$$v_1 = \sqrt{v_{y1}^2 + v_x^2} = 2v_0 = 20 \left(\frac{м}{с}\right)$$

$$4v_0^2 = v_{y1}^2 + v_x^2 \Rightarrow v_{y1}^2 = 4v_0^2 - v_x^2 \Rightarrow v_{y1} = \sqrt{4v_0^2 - v_x^2} = \sqrt{400 - 75} = \sqrt{325} = 5\sqrt{13} \left(\frac{м}{с}\right)$$

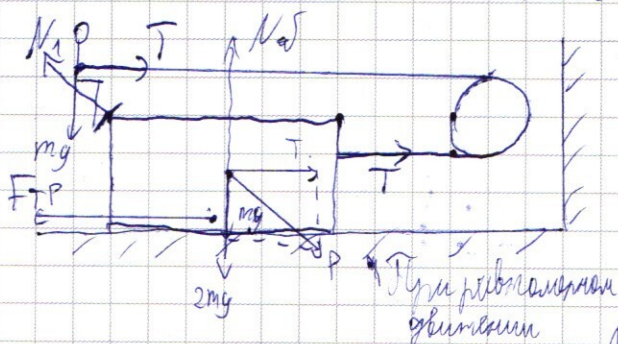
Вертикальная составляющая скорости шарика при падении; $v_{y1} = 5\sqrt{13} \left(\frac{м}{с}\right) \approx 18 \left(\frac{м}{с}\right)$

$$v_{y1} = v_{y0} + gt \Rightarrow t = \frac{v_{y1} - v_{y0}}{g} = \frac{5\sqrt{13} - 5}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} (с) \approx \frac{3,6 - 1}{2} = \frac{2,6}{2} = 1,3 (с)$$

Из ур-ия кинематики: $h = v_{y0}t + \frac{gt^2}{2} \approx 5 \cdot \frac{13}{10} + \frac{10}{2} \cdot \frac{13^2}{10^2} = 6,5 + \frac{169}{20} = 6,5 + 8,45 = 14,95 \approx 15 (м)$

Ответ: 1) $v_{y1} \approx 18 \left(\frac{м}{с}\right)$ 2) $t \approx 1,3 (с)$ 3) $h \approx 15 (м)$

№2



1) Поскольку центр масс системы человек-шарик находится в центре, то сила давления шарика постоянна ^{применяется} равна силе тяжести к шарику.

$$P_{шарик} = N_{ш} = 3mg$$

2) При минимальной силе трения равномерное. Рассмотрим все силы действующие на шарик в горизонтальной плоскости: T от каната и T от веса человека на шарик (горизонтальная составляющая). $F_{тр} = 2T$, т.к. $a=0$. $T = \frac{3mg}{2} = 1,5mg$. $F_0 = T = 1,5mg$

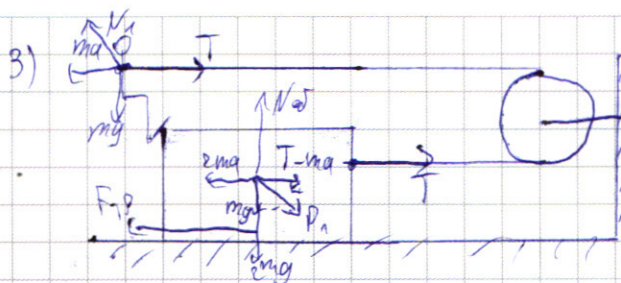


чертёж для ускоренного движения,
в СО движущейся с движением.
Рассмотрим горизонтальные силы
действующие на ящик

T - сила натяжения каната; $T - mg$ - горизонтальная компонента веса
ящика на канат, $2mg$ - сила трения из-за перескока в не инерциальную
СО; F_{TP} . Но не изменяется $\Rightarrow F_{TP}$ не изменяется.

Поск. в СО движущейся, ящик покоится, то сумма горизонтальных сил равна 0.
 $F_{TP} + 2mg = T + T - mg \Rightarrow 3mg = 2T - F_{TP} = 2T - 3mg$ (так $F = T$)

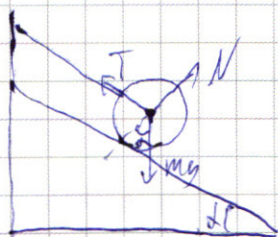
$$a = \frac{2F - 3mg}{3m}$$

Ускорение постоянны, $(v_0 = 0)$ ~~найдем~~ ^{найдем} ~~знаем~~ ^{знаем} $s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$

$$t = \sqrt{\frac{2s \cdot 3m}{2F - 3mg}}$$

Ответ: 1) $F_{\text{натяж}} = 3mg$ 2) $F_0 = 15mg$ 3) $t = \sqrt{\frac{6ms}{2F - 3mg}}$

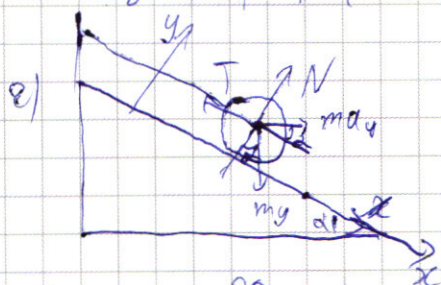
№3



1) когда система покоится ~~действием только~~
силы на шарик: сила натяжения нити; ~~составляющей~~
силы N , ~~и составляющей~~ mg .

$$N > mg \cos \alpha, \text{ так } a < 0$$

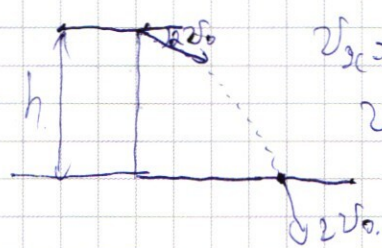
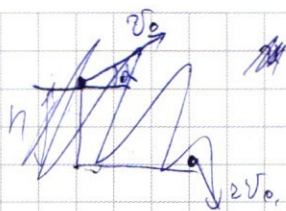
$$|P_{\parallel} N| = mg \cos \alpha$$



перейдём в СО шарика. На шарик будет действо-
вать сила инерции (вращением ~~смысл~~ ^{смысл} ~~инерциальной~~
 $a_y = \omega^2 R = \omega^2 (L + R) \cos \alpha$

В данной СО шарик покоится $\Rightarrow$ вращение ~~на ось y~~
Но $ma_y^{\text{ин}} = mg \cos \alpha$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_{x0} = v_0 \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10 = 5\sqrt{3} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$v_{y0} = v_0 \sin \alpha = 5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$v_{y1} = v_{y0} + gt$$

$$v_1 = \sqrt{v_{y1}^2 + v_{x0}^2} = \sqrt{2} v_0$$

$$400 = v_{y1}^2 + 25 \cdot 3$$

$$v_{y1}^2 = 400 - 75 = 325$$

$$v_{y1} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

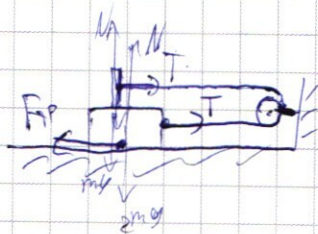
$$t = \frac{v_{y1} - v_{y0}}{g} = \frac{5(\sqrt{13} - 1)}{10} = \frac{\sqrt{13} - 1}{2} \text{ с}$$

$$h = 5 \cdot t + \frac{10 t^2}{2}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,6 \\ 5 \\ \hline 12,0 \end{array}$$

$$\Sigma m a = 2F = 3 \text{ мкг}$$

$$a = \frac{F}{m} = 1,5 \text{ мкг}$$



$$s = \frac{at^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$$

$$\begin{array}{r} 325 \quad 25 \\ \hline 25 \quad 13 \\ \hline 25 \cdot 13 \\ \hline 280,25 \end{array}$$

$$v_1 = \sqrt{v_{y1}^2 + v_{x0}^2} = \sqrt{2} \sqrt{v_{y0}^2 + v_{x0}^2}$$

$$v_{y1}^2 + v_{x0}^2 = 4 v_{y0}^2 + 4 v_{x0}^2$$

$$v_{y1}^2 = 4 \cdot 25 + 4 \cdot 25 \cdot 3 = 100 + 300 = 400$$

$$v_{y1} = 20 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$\sqrt{25 \cdot 13 + 25 \cdot 3} = \sqrt{280,25} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

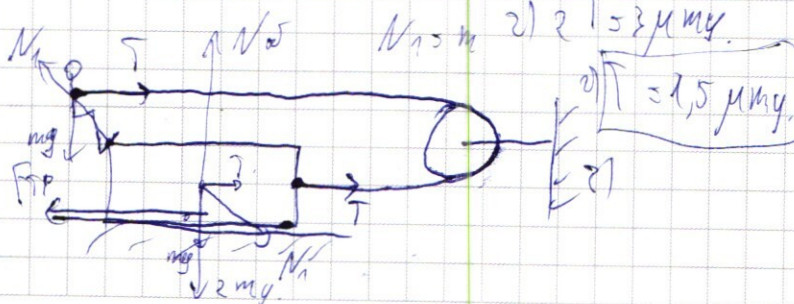
$$\begin{array}{r} 35 \\ \times 3,6 \\ \hline 216 \\ 105 \\ \hline 12,25 \end{array}$$

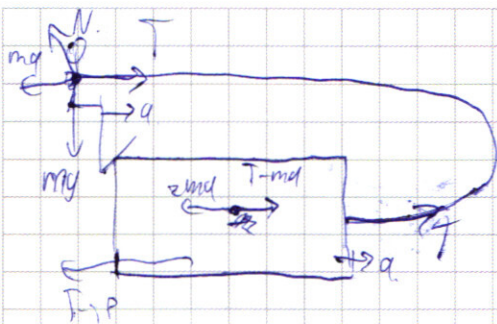
$$\frac{13}{10} \cdot 5 = \frac{13}{2}$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ \times 13 \\ \hline 217 \\ 108 \\ \hline 12,96 \end{array}$$

$$\frac{10}{2} \cdot \frac{13^2}{10^2} = \frac{13^2}{20} = \frac{169}{20}$$

$$\frac{169}{20} = 8,45$$





Реш

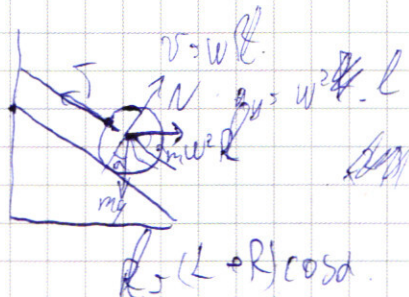
$$2\mu mg \quad 3\mu mg \quad F_{\text{тр}} = 2T = 2F.$$

$$a = \frac{2F - 3\mu mg}{3m} = \frac{2}{3} \frac{F}{m} - \mu g.$$

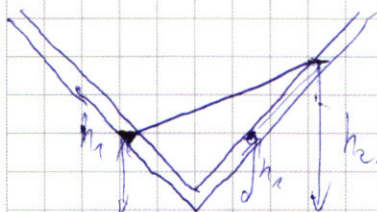
$$S = \frac{at^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3 \cdot 4}{2F - 3\mu mg}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 5}{2F - 3\mu mg}}$$



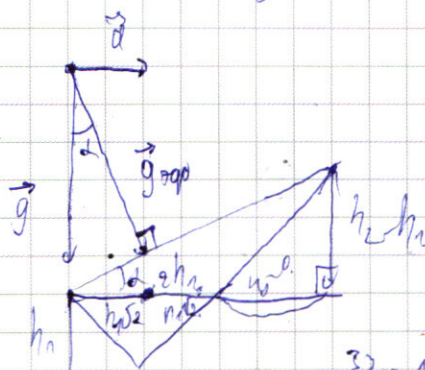
$$T = mg \sin \alpha \\ N = mg \cos \alpha \\ P = N = mg \cos \alpha$$



$$P = N = mg \cos \alpha + m \omega^2 R \sin \alpha \\ m \cdot g \cos \alpha - m \omega^2 R \sin \alpha \cos \alpha (L + R).$$



$$\tan \alpha = \frac{h_2}{h_1} = \frac{2}{5}$$



$$\tan \alpha = \frac{2}{5} = \frac{h_2 - h_1}{2h_1 + h_2 - h_1}$$

$$2h_1 + h_2 - h_1 = h_2 - h_1$$

$$3h_2 = 7h_1$$

$$\frac{3}{2} = 1.65 \text{ (cm)} \quad 1) h_2 = \frac{7}{3} h_1 \approx 2.33 \text{ (cm)}$$

$$h_2 = 2.33 \text{ cm}$$

$$T = 300 \text{ K} \quad P = 3.55 \cdot 10^3 \text{ Pa} \quad \text{Реш}$$

Реш

$$P_n V = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow P_n = \frac{3\mu}{\mu} RT$$

$$\mu_m = \frac{P_n \mu}{RT} = \frac{3.55 \cdot 18}{831 \cdot 300}$$

$$\frac{\mu_m}{\mu_0} = \frac{3.55 \cdot 18}{831 \cdot 300 \cdot 1000}$$

$$P_n V_1 = \mu_1 RT \\ P_n V_0 = \mu_0 RT$$



$$\rho = \frac{V_0}{V_0} = 5.6 \quad \frac{V_1}{V_0} = ?$$

$$V_0 = \frac{\mu V_2}{g} = 18 V_2 \text{ (cm}^3\text{)} \\ V_2 = V_1 + V_2 = 18$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

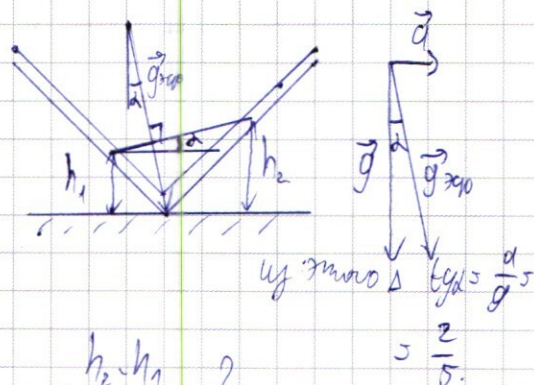
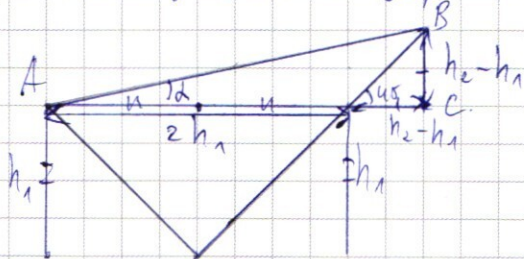
$$P = W \mp m(g \cos \alpha - \omega^2(L+R) \cos \alpha \cdot \sin \alpha)$$

Ответ: 1) $P_0 \leq mg \cos \alpha$ 2) $P_1 = m(g \cos \alpha - \omega^2(L+R) \cos \alpha \sin \alpha)$.

Или

1) При равноускоренном движении изменяется две направленные векторы
эллиптического ускорения: $\vec{g}_{\text{эф}} = \vec{a} + \vec{g}$

Можно расположить таким образом, что линия ее поверхности
будет перпендикулярна $\vec{g}_{\text{эф}}$



Таким образом в $\triangle ABC$. $\tan \alpha = \frac{h_2 - h_1}{2h_1} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{2}{5}$

$$5h_2 - 5h_1 = 2h_2 + 2h_1$$

$$3h_2 = 7h_1 \Rightarrow h_2 = \frac{7}{3} h_1 \approx 23 \text{ (см)}$$

2) Так, по этому ~~условию~~ может возникнуть ситуация в трубке быстрое
и, то и при мгновенном ускорении в этот момент скорость тигров
будет равна 0.

Чтобы найти скорость тигров в трубке когда уровни равны
выполним ЗСЭ.

Введем ρ - линейную плотность тигров по высоте. Очевидно
она для обеих трубок одинакова (м. ед. параметра трубки равна
безразл.)

E_0 - энергия системы в момент исчезновения σ ; v_0 - скорость убывания кривизны

$$\rho_0 \frac{v_0^2}{2} h_1 \cdot g \cdot g \cdot \frac{h_1}{2} + h_2 \cdot g \cdot g \cdot \frac{h_2}{2} = \frac{g g}{2} (h_1^2 + h_2^2) + \frac{m v_0^2}{2}$$

E_1 - энергия системы после удара равна.

$$E_1 = \frac{m v^2}{2} + 2 h_m \cdot g \cdot g \cdot \frac{h_m}{2} + \frac{g g}{2} h_m^2 + \frac{m v^2}{2} = g g h_m + \frac{m v_0^2}{2} + \frac{g (h_1 + h_2) v^2}{2}$$

h_m - высота минимального пика и ширина пика $h_m = \frac{h_1 + h_2}{2} = 16,5 \text{ (см)}$

$E_1 = E_0$, так $E_{\text{разл}} = 0$ (по условию)

$$\frac{v_0^2}{2} + \frac{g g}{2} (h_1^2 + h_2^2) = \frac{m v^2}{2} + g g \frac{(h_1 + h_2)^2}{2} + \frac{g}{2} v^2 (h_1 + h_2)$$

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

$$v^2 = \frac{g (h_1^2 + h_2^2 - (h_1 + h_2)^2)}{h_1 + h_2} = \frac{10 (100 + 529 - 272,85) \cdot 10^{-4}}{33 \cdot 10^{-2}} = \frac{356,75}{330} \approx 1,08$$

$$v \approx \sqrt{1,08} \approx 1,04 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

Ответ: 1) $h_m \approx 16,5 \text{ (см)}$ 2) $v_{\text{выск}} = 0 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$ $v_{h_1+h_2} \approx 1,04 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$

№ 5.

$$T = 300 \text{ K} \quad P_H = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \quad g = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad \mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Заметим, что раз процесс изотермический, то давление насыщенного пара не изменится. Так как минимальное давление насыщенного пара не изменится, то в процессе его давление не изменится. Значит изотермический процесс для пара.

$$1) P_H V = \frac{m_H}{\mu} R T \Rightarrow P_H = \frac{g_H}{\mu} R T \Rightarrow g_H = \frac{\mu P_H}{R T}$$

$$\frac{g_H}{g_B} = \frac{\mu P_H}{R T \cdot g_B} = \frac{18 \cdot 3,55}{9,31 \cdot 300 \cdot 1000} = \frac{63,9}{2493 \cdot 10^3} = \frac{6390}{2493 \cdot 10^5} \approx 2,5 \cdot 10^{-5}$$

$$2) P_H V_0 = \mu_0 R T - \text{вначале} \quad \text{по условию} \quad \frac{V_0}{V_1} = 5,6$$

$$P_H V_1 = \mu_1 R T - \text{в конце}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\left. \begin{aligned} p_H V_1 \cdot 5,6 \cdot 10^{-6} R T \\ p_H V_1 = J_1 R T \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_1 R T \cdot 5,6 \cdot 10^{-6} = J_1 R T \quad J_1 = 5,6 \cdot 10^{-6} V_1$$

$V_0 = V_1 + V_2$, где V_2 - кол-во в-ва в шприце составили.
 V_1 - кол-во в-ва в шприце.

$$5,6 \cdot 10^{-6} V_1 = V_1 + V_2 \Rightarrow V_2 = 4,6 \cdot 10^{-6} V_1$$

V_B - объем воды в шприце составили.

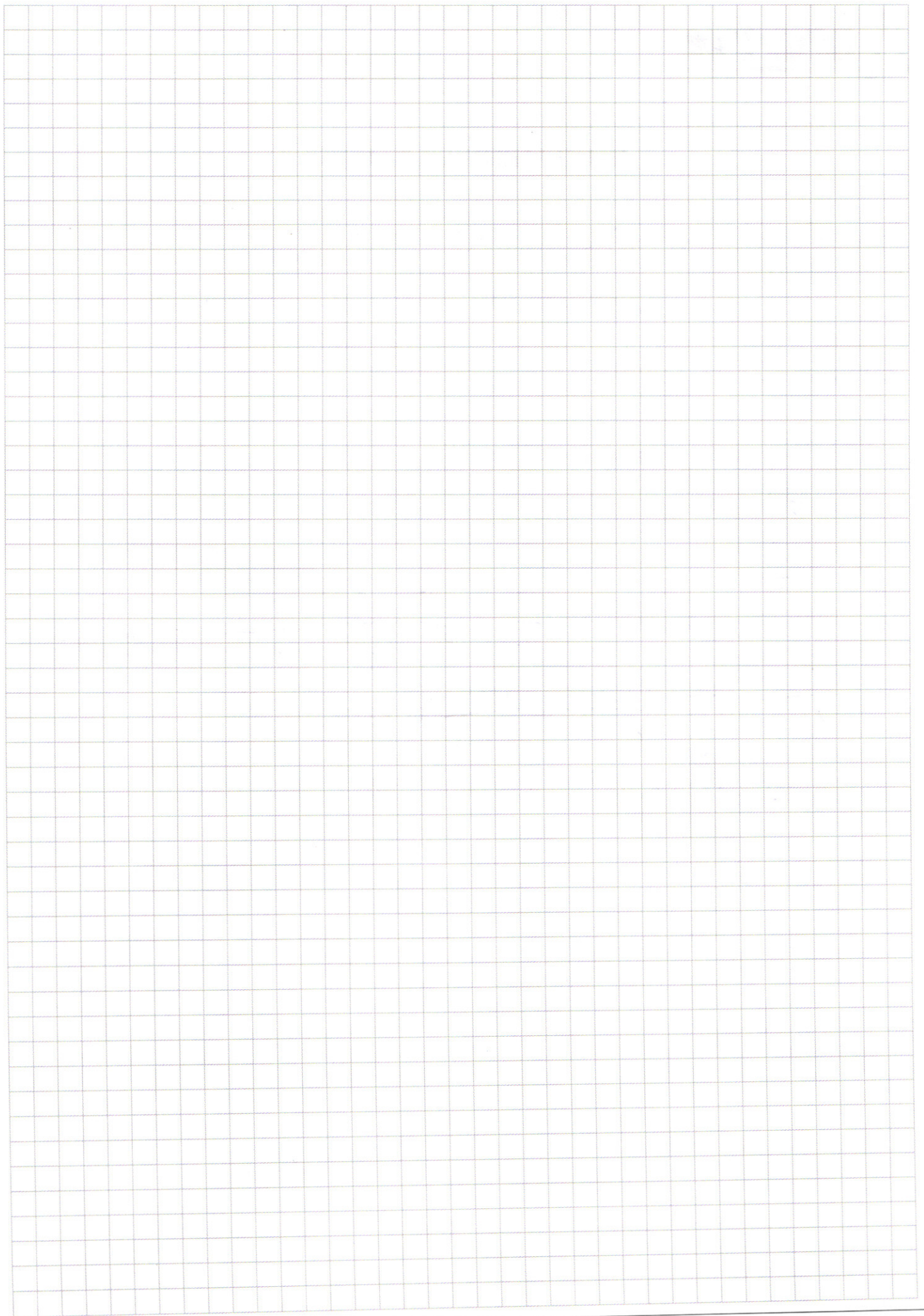
$$V_B = \frac{m_B}{\rho} = \frac{J_2 \cdot \mu}{\rho}$$

$$V_1 = \frac{J_1 R T}{p_H}$$

κ - искомое отношение: $\kappa = \frac{V_1}{V_B} = \frac{J_1 R T}{p_H} \cdot \frac{\rho}{J_2 \mu} = \frac{R T \rho}{p_H \mu} \cdot \frac{J_1}{J_2} = \frac{R T \rho}{p_H \mu} \cdot \frac{1}{4,6}$

$$\kappa = \frac{8,31 \cdot 300 \cdot 10^3}{1303,55 \cdot 4,6} = \frac{2493 \cdot 10^3}{293,24} \approx \frac{2493 \cdot 10^3}{294} \approx 8,5 \cdot 10^3 = 8500$$

Ответ: а) $\frac{V_1}{V_B} \approx 8,5 \cdot 10^{-5}$ б) $\frac{V_1}{V_B} \approx 8500$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T_{300\text{K}} \cdot \rho \approx \frac{V_0}{V_1} \cdot 15,6$$

$$\rho_m V_0 = J_0 R T$$

$$\rho_m V_1 = J_1 R T$$

$$V_1 = 5,6$$

$$\rho_m V_1 = J_1 R T$$

$$5,6 = \frac{V_0}{V_1}$$

$$2493 \cdot 10^3$$

$$\times 294$$

$$\hline 2352$$

$$+ 1470$$

$$\hline 24930$$

$$V_B = \frac{J_1}{\rho}$$

$$\frac{V_1}{V_B} = \frac{J_1 R T \rho}{\rho_m J_2}$$

$$5,6 V_1 = V_0 = J_1 + J_2 \Rightarrow J_2 = 46$$

$$\frac{V_1}{V_B} = \frac{R T \rho}{\rho_m} \cdot \frac{1}{4,6} = \frac{8,31 \cdot 300 \cdot 1000}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3} \cdot \frac{1}{4,6} = \frac{8,31 \cdot 3 \cdot 10^5}{18 \cdot 355 \cdot 4,6} \approx 834$$

$$\times 834$$

$$\hline 2493$$

$$2493 \cdot 10^3$$

$$\times 355$$

$$\hline 2840$$

$$+ 355$$

$$\hline 63,90$$

$$\times 63,9$$

$$\hline 4,6$$

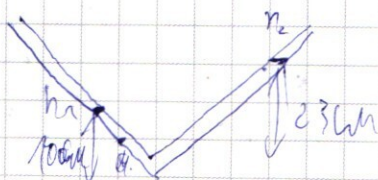
$$+ 3874$$

$$\hline 293,94$$

$$V_B = \frac{J_1 \cdot 10^3}{1000}$$

$$\frac{2493}{1000} = 2,493$$

$$\frac{2493 \cdot 10^3}{293,94} = \frac{2493 \cdot 10^3}{294} \approx 834$$



$$2493 \cdot 10^3$$

$$\times 834$$

$$\hline 2493$$

$$\times 165$$

$$\hline 165$$

$$+ 825$$

$$\hline 990$$

$$+ 165$$

$$\hline 272,25$$

$$g \frac{h_1}{2} \cdot \rho \cdot g \frac{h_2}{2} \cdot \rho = g \frac{\rho}{2} (h_1^2 + h_2^2) = 50$$

$$50 = \frac{g \rho}{2} (h_1^2 + h_2^2) = \frac{9,8 \cdot 1000}{2} (h_1^2 + h_2^2)$$

$$h_1^2 + h_2^2 = \frac{50 \cdot 2}{9,8 \cdot 1000} = 0,0102$$

$$16,5^2 < 23^2 \cdot 10^2$$

$$272,25 < 529$$

$$\times 355$$

$$\hline 118$$

$$+ 2840$$

$$\hline 355$$

$$+ 355$$

$$\hline 63,90$$

$$\times 63,9$$

$$\hline 4,6$$

$$+ 3874$$

$$\hline 293,94$$

$$\frac{\rho g}{2} (h_1^2 + h_2^2) = \frac{\rho g}{2} h_{cp}^2 + \rho (h_1 + h_2) \cdot \frac{v^2}{2}$$

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

$$v = \sqrt{\frac{g(h_1^2 + h_2^2 - h_{cp}^2)}{h_1 + h_2}} = \sqrt{19,625}$$

$$v = \sqrt{\frac{10 \cdot 356,25}{10^4 \cdot 0,33}} = \sqrt{\frac{356,25}{330}} \approx \sqrt{1,08} \approx 1,04 \text{ (м/с)}$$

$$\begin{array}{r} 104 \\ \times 9,04 \\ \hline 416 \\ 104 \\ \hline 1,0316 \end{array}$$

$$v \approx 1,04 \text{ (м/с)}$$

$$\begin{array}{r} 1803,55 \\ \times 8,21300 \cdot 1000 \\ \hline 148000 \\ 148000 \\ \hline 148000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100 \\ \times 33 \\ \hline 3300 \\ 3300 \\ \hline 3300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10,6 \\ \times 33 \\ \hline 318 \\ 318 \\ \hline 349,8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6390 \\ \times 2493 \cdot 10^5 \\ \hline 15825000000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6390 \\ \times 2493 \\ \hline 15825000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2493 \\ \times 26 \\ \hline 14958 \\ 4986 \\ \hline 64818 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2493 \\ \times 25 \\ \hline 12465 \\ 4986 \\ \hline 62325 \end{array}$$