

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

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?

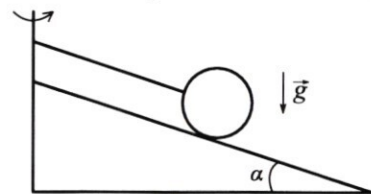
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

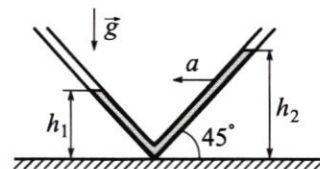


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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

$V_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\alpha = 30^\circ$

$V_{ky} = ?$
 $t = ?$
 $h_0 = ?$

$\vec{V}_k = \vec{V}_{kx} + \vec{V}_{ky}$
 $V_{kx} = V_{0x} = V_0 \cos \alpha$, и.к.

$V_{0x} = V_0 \cos \alpha$
 $V_{0y} = V_0 \sin \alpha = 10 \cdot \frac{1}{2} = 5 \text{ м/с}$

$\sqrt{V_{ky}^2 + V_{kx}^2} = 2V_0$
(по Т. Пифагора)

горизонтальная составляющая скорости не изменяется

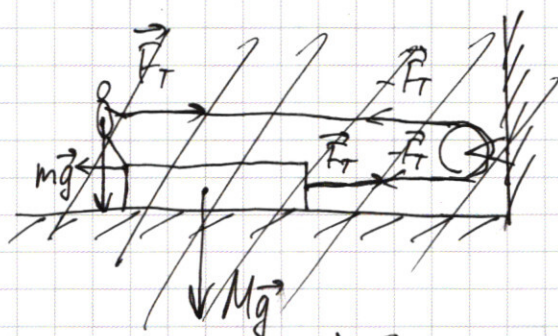
$V_{ky}^2 = 4V_0^2 - V_{kx}^2 = 4V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha$
 $V_{ky} = V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha} = 10 \cdot \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = \frac{10 \sqrt{13}}{2} \approx \frac{10 \cdot 3.6}{2} = 18 \text{ м/с}$

Oy: $-V_{ky} = V_{0y} - gt$
 $gt = V_{0y} + V_{ky}$
 $t = \frac{V_{0y} + V_{ky}}{g} = \frac{V_0 \sin \alpha + V_{ky}}{g} = \frac{10 \cdot \frac{1}{2} + 18}{10} = 2.3 \text{ с}$

$h_0 = \frac{V_{ky}^2 - V_{0y}^2}{2g} = \frac{(V_{ky} - V_{0y})(V_{ky} + V_{0y})}{2g} = \frac{(18 - 10 \cdot \frac{1}{2})(18 + 5)}{2 \cdot 10} =$
 $= \frac{13 \cdot 23}{20} = \frac{299}{20} \approx 15 \text{ м}$

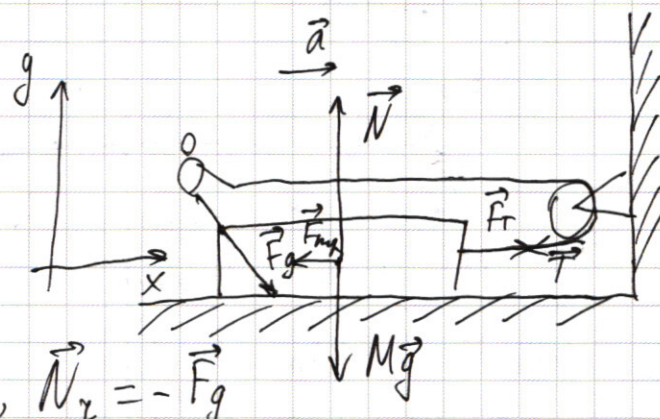
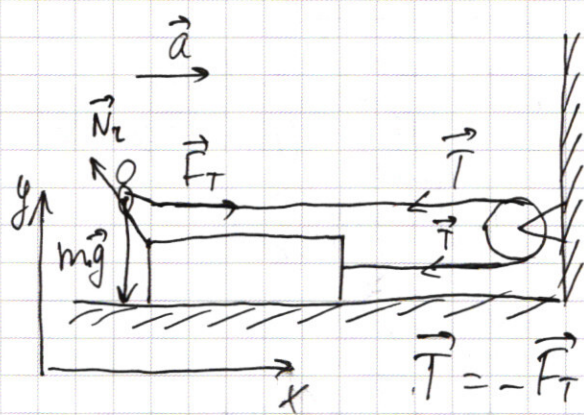
Ответ: 18 м/с, 2.3 с, 15 м.

№2 F
S, m, M=2m, μ
~~g~~ N-?
F_T-?
t-?



1) Для человека:

2) Для языка:



$$\vec{T} = -\vec{F}_T, \quad \vec{N}_z = -\vec{F}_g$$

II 3-й Ньютон:

$$m\vec{a} = \vec{F}_T + m\vec{g} + \vec{N}_z$$

$$Ox: ma = F_T - N_{zx}$$

$$Oy: 0 = N_{zy} - mg$$

$$N_{zx} = F_{gx}$$

$$N_{zy} = F_{gy}$$

$$N_{zy} = mg$$

$$N = Mg + F_{gy} = Mg + N_{zy} = Mg + mg = (M+m)g = 3mg$$

~~$$N_{zx} = F_T - ma = F_{gx} = Ma = F_T$$~~

$$N_{zx} = F_T - ma$$

$$F_{gx} = Ma + F_{fr} - F_T$$

$$N_{zx} = F_{gx} \Rightarrow F_T - ma = Ma + F_{fr} - F_T$$

$$2F_T = (M+m)a + \mu N = (M+m)a + \mu \cdot 3mg = 3m(a+g\mu)$$

II 3-й Ньютон:

$$M\vec{a} = \vec{F}_g + M\vec{g} + \vec{F}_T + \vec{N} + \vec{F}_{fr}$$

$$Ox: Ma = F_T + F_{gx} - F_{fr}$$

$$Oy: 0 = N - Mg - F_{gy}$$

При движении языка $F_{fr} = \mu N$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$F_T = \frac{3}{2} m g (\mu g + a)$$

F_T минимальна, когда $a = 0$, т.е. брусок движется равномерно

$$F_T = \frac{3}{2} \mu m g$$

Теперь возьмем $F_T = F > F_0$

$$F = \frac{3}{2} m g (\mu g + a)$$

$$\frac{2F}{3m} = \mu g + a$$

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

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

$$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3\mu m g}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu m g}} =$$

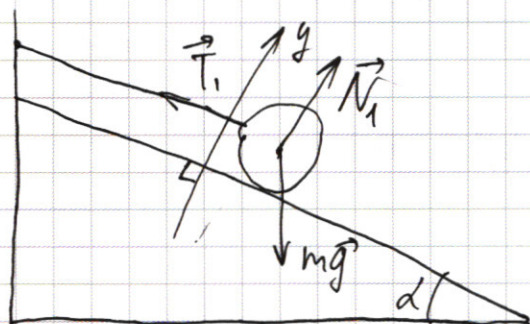
$$= \sqrt{\frac{2S}{\frac{2F}{3m} - \mu g}} = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3\mu m g}} = \sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu m g}}$$

Ответ: $3m g$, $\frac{3}{2} \mu m g$, $\sqrt{\frac{6Sm}{2F - 3\mu m g}}$

N3

m, R, α, L, W
$F_{g1}, F_{g2} - ?$

1) Система покоится



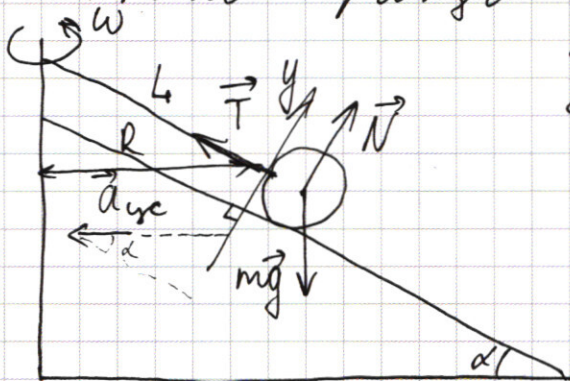
2 3-и Ньютона:

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

$$Oy: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha = F_{g1}$$

2) Система вращается:



II 3-и Ньютона:

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

$$a_{uc} = \omega^2 R = \omega^2 L \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{R}{L}, R = L \cos \alpha$$

$$Oy: N - mg \cos \alpha = m a_{uc} \sin \alpha$$

$$N = m(g \cos \alpha + a_{uc} \sin \alpha) = m(g \cos \alpha + \omega^2 L \cos \alpha \sin \alpha) =$$

$$= F_{g2} = m(g \cos \alpha + \frac{\omega^2 L \sin 2\alpha}{2})$$

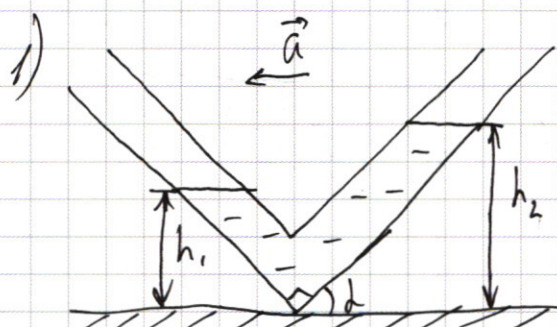
Ответ: $mg \cos \alpha, m(g \cos \alpha + \frac{\omega^2 L \sin 2\alpha}{2})$

№ 4

$\alpha = 45^\circ$
 $a = 4 \text{ м/с}^2$
 $h_1 = 10 \text{ м}$

$h_2 = ?$

$v = ?$

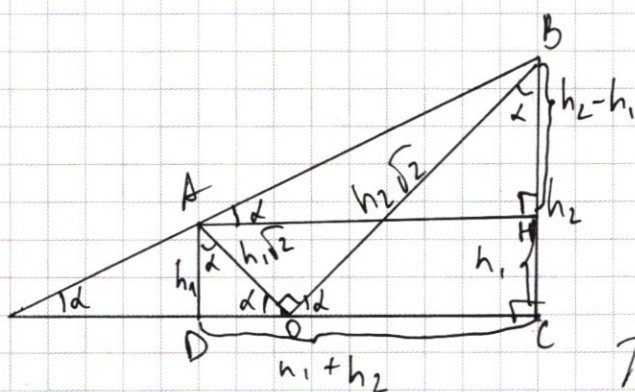
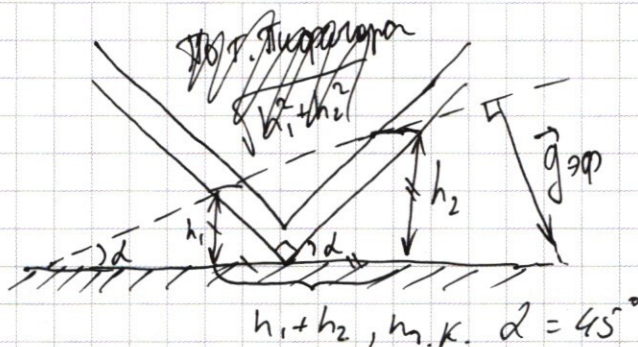
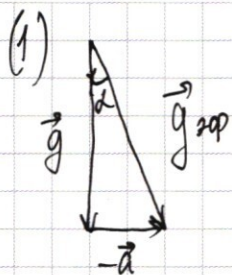


найдем, что $\vec{g}_{\text{эф}} = \vec{g} + \vec{a}_{\text{пер}} = \vec{g} - \vec{a}$
 ($\vec{a}_{\text{пер}} = -\vec{a}$, т.к. мы в СО, движущейся с ускорением $\vec{a}$)

~~Пусть $\vec{g}_{\text{эф}} = \vec{g}$~~

Перейдем в СО трубки. Тогда

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\triangle AOD$ и $\triangle BOC$ - равноб.
основанными AO и BO
соотв. $\Rightarrow AD = DO = h_1, BC = CO = h_2$
 $DC = DO + OC = h_1 + h_2$

По т. Пифагора: $AO = \sqrt{AD^2 + DO^2} =$
 $= \sqrt{h_1^2 + h_1^2} = h_1 \sqrt{2}$

Аналогично, $BO = h_2 \sqrt{2}$

Проведём $AN \perp BC$. $AN = DC = h_1 + h_2$ как противоп.
стороны в прямоугольнике.

$BN = BC - NC = h_2 - h_1$

$\angle BAN = \alpha$ как соотв. т.к. $AN \parallel CD$ и секущая AB .

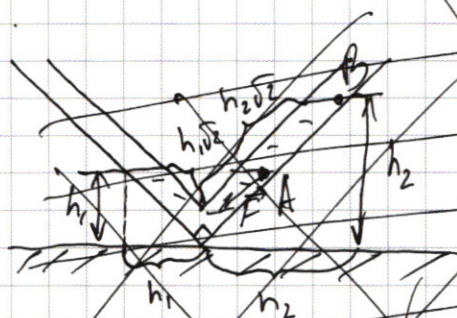
$\tan BAN = \tan \alpha = \frac{BN}{AN} = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = \frac{a}{g}$ (из $\triangle (1)$)

$h_2 - h_1 = \frac{a}{g} (h_1 + h_2)$

$h_2 (1 - \frac{a}{g}) = h_1 (1 + \frac{a}{g})$

$h_2 = h_1 \frac{g+a}{g-a} = 10 \cdot \frac{10+4}{10-4} = 10 \cdot \frac{14}{6} = \frac{70}{3} \approx 23,3 \text{ см}$

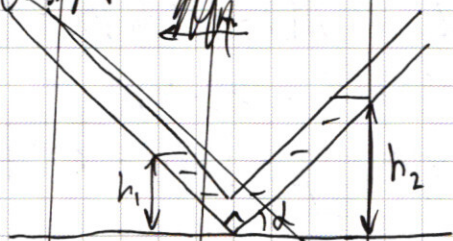
2) В начальный момент (как только ускорение началось)



~~Давление левого столба
неизвестно $P_u = \rho g h_1$,
правого - $P_n = \rho g h_2$
 $P_n > P_u$~~

~~Разность давлений $\Delta P = P_n - P_u = \rho g (h_2 - h_1)$
в Т.А действует сила $\Delta P \cdot S = F$~~

~~Пусть масса в масле в трубке m .
в С.О. трубки:~~



~~Тогда в левои
части масса масла
 $m_u = m \frac{h_1}{h_1 + h_2}$, в правом $m_n = m \frac{h_2}{h_1 + h_2}$~~

~~$E_{p1} = E_{p1u} + E_{p1n} = m_u g \cdot \frac{h_1}{2} + m_n g \frac{h_2}{2} =$~~

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

~~$E_{k1} = 0$, т.к. масло движется вместе с трубкой~~

~~в С.О. трубки~~



~~$E_{p2} = m g \frac{h_1 + h_2}{2}$~~

~~$E_{k2} = \frac{m v^2}{2}$, т.к. масло~~

~~начало двигаться по всей
трубке.~~

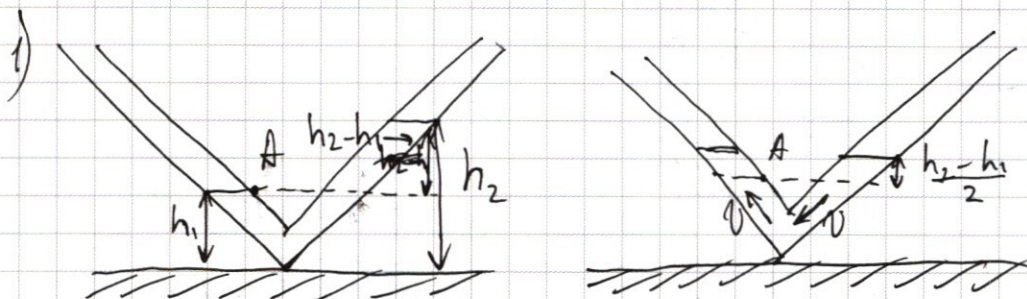
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Delta E_k + \Delta E_p = 0 \quad (3.7)$$

$$\frac{mV^2}{2} - 0 + mg \frac{h_1 + h_2}{2} - mg \frac{h_1^2 + h_2^2}{2(h_1 + h_2)} = 0$$

$$V^2 = g \frac{(h_1 + h_2)^2 - h_1^2 - h_2^2}{2(h_1 + h_2)} = g \frac{h_1 h_2}{h_1 + h_2} = g \cdot \frac{10 \cdot \frac{40}{3}}{10 + \frac{40}{3}} =$$

$$= 10 \cdot \frac{400}{3(10 + \frac{40}{3})} = 10 \cdot \frac{400}{100} = 40$$



Пусть масса тела — m . Пусть
3.7 ~~масса~~:

$$\Delta E_p + \Delta E_k = 0$$

$$\Delta E_p = - \frac{m(h_2 - h_1)}{(h_2 + h_1)} \cdot \frac{h_2 - h_1}{2} g + \frac{mg(h_2 - h_1)}{h_2 + h_1} \cdot \frac{h_2 - h_1}{4} =$$

$$= - \frac{mg(h_2 - h_1)^2}{h_2 + h_1} \cdot \frac{1}{4}$$

$$\Delta E_k = \frac{mV^2}{2}$$

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{mg(h_2 - h_1)^2}{h_2 + h_1} \cdot \frac{1}{4}$$

$$V^2 = \frac{(h_2 - h_1)^2 g}{(h_2 + h_1) \cdot 2}$$

$$V = (h_2 - h_1) \sqrt{\frac{g}{2(h_2 + h_1)}} = (0,233 - 0,1) \sqrt{\frac{10}{2(0,233 + 0,1)}} =$$

$$= 0,133 \cdot \sqrt{15} = 0,133 \cdot 3,9 \approx 5,2 \text{ м/с}$$

Ответ: 23,3 см, 5,2 м/с.

AS

$$T = 24^\circ\text{C}$$

$$P = 3,55 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\gamma = 816$$

$$\rho = 12 / \text{см}^3$$

$$\mu = 182 / \text{ммоль}$$

$$\frac{P_n}{P_0} = ? \quad \frac{V_n}{V_0} = ?$$

1) З-н Менделеева - Клапейрона:

$$PV = \nu RT$$

$$P = \frac{m}{\mu \nu} RT$$

$$P = \frac{P_n}{\mu} RT$$

$$P_n = \frac{\mu P}{RT}$$

$$\frac{P_n}{P_0} = \frac{\mu P}{P_0 RT} = \frac{0,018 \cdot 3,55 \cdot 10^3}{1000 \cdot 8,31 \cdot 300} \approx$$

$$\approx 0,000025$$

2) $PV = \nu RT$ (в начале)

$$P \frac{V}{\gamma} = \nu_{\text{осн}} RT \quad (\text{после конденсации}) \quad \nu_{\text{осн}} = \frac{\nu}{\gamma}$$

$$\nu_0 = \nu - \nu_{\text{осн}} = \nu - \frac{\nu}{\gamma} = \frac{\nu(\gamma - 1)}{\gamma}$$

$$V_0 = \frac{m_0}{\rho_0} = \frac{\nu_0 \cdot \mu_0}{\rho_0} = \frac{\nu(\gamma - 1) \mu_0}{\rho_0 \gamma}$$

$$V_n = \frac{V}{\gamma} = \frac{\nu RT}{\gamma P}$$

$P = \text{const}$, т.к. $P = P_{\text{н.н.}}$,
а $P_{\text{н.н.}}$ зависит
только от T , а $T = \text{const}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 3,6 \\ \times 3,6 \\ \hline 216 \\ 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 23 \\ \hline 39 \\ 26 \\ \hline 299 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \overline{) 13} \\ 6 \\ \hline 10 \\ 9 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 133 \\ \times 3,9 \\ \hline 1197 \\ 399 \\ \hline 5187 \end{array}$$

$$\frac{m(h_2 - h_1)g}{2} \cdot \frac{h_2 - h_1}{2} = \frac{mV^2}{2} + m(h_2 - h_1)g \frac{h_2 - h_1}{4}$$

$$\frac{m(h_2 - h_1)g^2}{4} = \frac{mV^2}{2}$$

$$V = \frac{g(h_2 - h_1)}{\sqrt{2}} = \frac{10(23,3 - 10)}{\sqrt{2}} = \frac{10 \cdot 13,3}{1,4} =$$

$$\begin{array}{r} 3,8 \\ \times 3,8 \\ \hline 304 \\ 84 \\ \hline 1444 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,9 \\ \times 3,9 \\ \hline 351 \\ 117 \\ \hline 1521 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,55 \\ \times 0,018 \\ \hline 2840 \\ 355 \\ \hline 0,06390 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,0639 \overline{) 300} \\ 0,0639 \overline{) 0,000213} \\ 600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,000213 \overline{) 300} \\ 0,0639 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \cdot ? \\ \times 300 \\ \hline 2493,00 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,000213 \overline{) 8,31} \\ 0,0002130 \\ 16,62 \\ 4,68 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 2 \\ \hline 16,62 \\ 2500 \overline{) 103} \\ 24 \\ \hline 18980 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,55 \\ \times 4,6 \\ \hline 2130 \\ 1420 \\ \hline 16330 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16,33 \\ \times 0,018 \\ \hline 13064 \\ 1633 \\ \hline 29394 \end{array}$$

$$\frac{V_n}{V_0} = \frac{JRT}{rP} \cdot \frac{p_0 \gamma}{\gamma(\gamma-1) \mu_0} = \frac{RT p_0}{P(\gamma-1) \mu_0} =$$

$$= \frac{8,31 \cdot 300 \cdot 1000}{3,55 \cdot 10^5 \cdot (5,6-1) \cdot 0,018} \approx 8330$$

Ответ: 00000~~125~~, 8330