

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-01

Класс 10

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

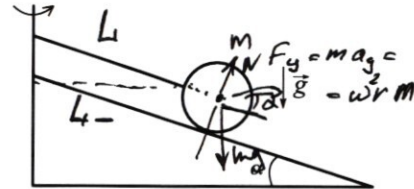
- 1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.
 - 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
 - 2) Найти время полета 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 .



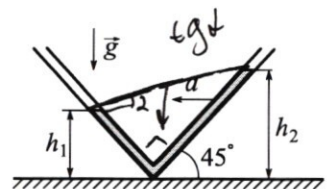
- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

- 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»)?

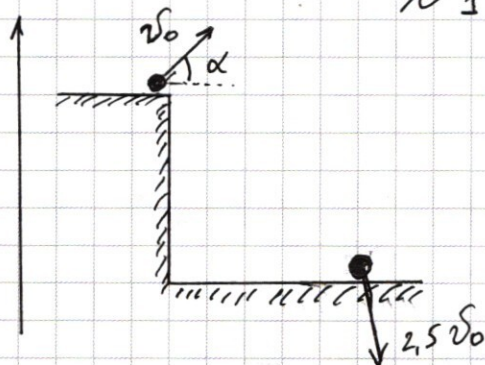
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

- 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.

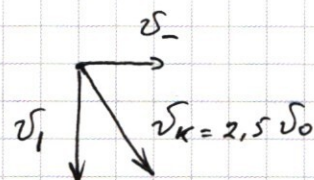
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1.



v_1 - вертикальная компонент. скорости
 v_- - горизонтальная компонента скорости

$$v_- = v_0 \cos \alpha$$



$$1) \quad v_- = v_0 \cdot \cos \alpha = 8 \cdot \frac{1}{2} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_1 = \sqrt{v_k^2 - v_-^2} = \sqrt{(2.5v_0)^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = \sqrt{(2.5 \cdot 8)^2 - 4^2} = \sqrt{400 - 16} = \sqrt{384} = \sqrt{19^2 + 23} \approx 19.3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) \quad T = t_{\text{вв}} + t_{\text{вн}}, \text{ где } T - \text{ время всего полета камня,}$$

$t_{\text{вв}}$ - время, которое камень летит вверх,

$t_{\text{вн}}$ - время, которое камень летит вниз.

$$t_{\text{вв}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{2 \cdot \sqrt{3}}{5} \approx 1.7 \cdot 0.4 = 0.68 \text{ с.}$$

~~мы~~ $v_k = v_{1.0} - g t_{\text{вн}}$, где $v_{1.0}$ - скорость в наивысшей точке полета и $v_{1.0} = 0$

$$v_k = -g t_{\text{вн}} = -v_1 \Rightarrow t_{\text{вн}} = \frac{v_1}{g} = \frac{19.3}{10} = 1.93 \text{ с.}$$

$$T = t_{\text{вв}} + t_{\text{вн}} = 0.68 + 1.93 = 2.61 \text{ с.}$$

3) S_- - горизонтальное смещение.

$$S_- = v_- \cdot T = 4 \cdot 2.61 = 10.44 \text{ м.}$$

Ответ: $v_1 \approx 19.3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $T = 2.61 \text{ с}$; $S_- = 10.44 \text{ м}$.

NS.

Запишем закон Менделеева - Клапейрона, представив, что водяной пар на данный момент еще идеальный газ (т.е. еще не начал конденсироваться).

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad p_0 = \frac{m}{V} \Rightarrow$$

$$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$1) \frac{m}{V} = \frac{p\mu}{RT} = \frac{8,5 \cdot 0,018 \cdot 10^4}{8,31 \cdot 368} = \frac{850 \cdot 18 \cdot 10}{831 \cdot 368} \approx$$

$$\approx 0,0497 \cdot 10 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,497 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,000495 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$\alpha = \frac{p_0}{p} = \frac{0,497}{1000} = 0,497 \cdot 10^{-3} \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$$

Пусть на момент, когда V уменьшился в γ раз масса пара - m_2 , а масса воды m_1 , при этом $m = m_2 + m_1 \Rightarrow$ запишем КМ для пара в "начальный" момент и конечный.

$$pV_0 = \frac{m}{\mu} RT$$

$$pV_2 = \frac{m_2}{\mu} RT = \frac{pV_0}{\gamma} = \frac{m_2}{\mu} RT \Rightarrow \frac{m}{\gamma} = m_2 \Rightarrow m_1 = m \frac{\gamma-1}{\gamma} \Rightarrow$$

V_2 - объем пара, а V_1 - объем воды

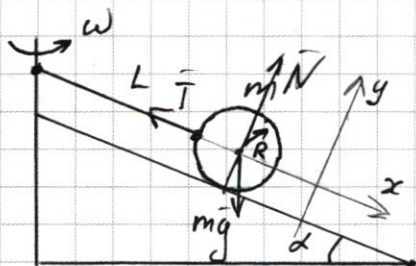
$$\beta = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{m_2}{p_0}}{\frac{m_1}{p}} = \frac{m \cdot \frac{1}{\gamma p_0}}{m \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma p}} = \frac{p}{p_0} \cdot \frac{1}{\gamma-1} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{1}{\gamma-1} = 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{3,7} =$$

$$= 10^3 \cdot \frac{20}{37} = 10^3 \cdot 0,540 \approx 541$$

$$\text{Ответ: } \frac{p_0}{p} = \alpha \approx 0,5 \cdot 10^{-3}; \quad \frac{V_2}{V_1} = \beta \approx 541$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3



1) запишем силы действующие на шар.

$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{N}$, т.к. система покоится, то.

$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{N} = 0$, при этом $N = mg \cos \alpha$
по оси $Oy \Rightarrow$

$T_0 = mg \sin \alpha$ - натяжение нити в первом случае.

2) Во втором случае на шар будет действовать $F_{\text{цн}}$ сила ~~цн~~ инерции (мы перешли в СО связанную с шаром). $\Rightarrow$.

т.к. система в нашей СО покоится $\Rightarrow$

$$\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{цн}} = 0$$

По оси Oy $N + mg \sin \alpha + F_{\text{цн}} \cdot \cos \alpha = 0 \Rightarrow$

$$T + mg \sin \alpha + F_{\text{цн}} \cdot \cos \alpha = 0 \Rightarrow$$

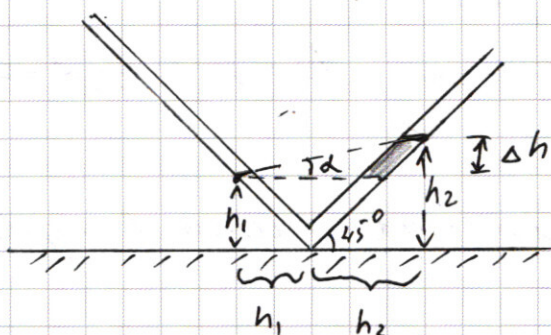
$T = mg \sin \alpha + F_{\text{цн}} \cdot \cos \alpha = mg \sin \alpha + \omega^2 r \cdot m \cos \alpha$
где r - расстояние от оси вращения до центра шара (его центра масс). $r = (L + R) \cdot \cos \alpha$.

$T = m(g \sin \alpha + \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha)$ - сила натяжения во втором случае

14.

При ^{горизонтальном} равноускоренном движении сосуда с жидкостью вода "наклоняется" на угол α , при этом $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g}$, где a - горизонтальное ускорение

- 1) П.к. мы пренебрегаем капиллярными эффектами, и трубка на рисунке достаточно тонкая.



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{12 - 8}{12 + 8} = \frac{4}{20} = \frac{1}{5}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{5} = \frac{a}{g} \Rightarrow a = \frac{g}{5} = 2 \frac{M}{C^2}$$

- 2) После "исчезновения" ускорения причина по которой Δh будет двигаться вода, будет "стремление" выровнять уровни воды в обоих концах трубки.

Возьмем точкой "о" высоту h_1 , т.е.

в левой трубке на жидкость давит только $p_{\text{атм}}$ - атмосферное давление, а в правой еще

столбик $\Delta h = (h_2 - h_1)$ Δh_{max} будет в момент

когда Δh спустится на $\frac{\Delta h}{2}$, после "ускорение" действующее на этот участок станет

~~против~~ отрицательным (вода будет засасываться)

ЗСЭ. $mg(h_2 - \frac{\Delta h}{2}) = mg(h_2 - \Delta h) + \frac{mv^2}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$mg(h_2 - \frac{\Delta h}{2}) - mg(h_1 - \frac{\Delta h}{2}) = \frac{mv^2}{2}$$

$$g \frac{\Delta h}{2} = \frac{v^2}{2}$$

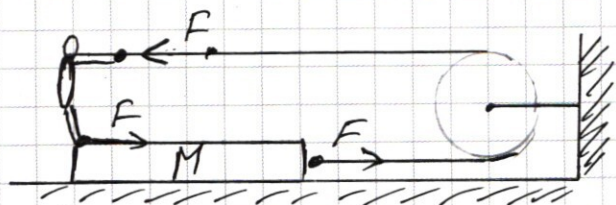
$$v = \sqrt{g\Delta h} = \sqrt{10 \cdot 0,04} = 2\sqrt{0,1} \approx 2 \cdot 0,32 = \underline{0,64 \frac{m}{c}}$$

Ответ: $a = 2 \frac{m}{c}$; $v_{max} = 0,64 \frac{m}{c}$.

N 2.

1-2) Если бы человек тянул за канат, стоя на земле, то чтобы тянуть его с силой F , и ~~и~~ стоя на одном месте он бы "унырал" в землю, т.е.

$F = F_{тр}$, но т.к. человек стоит на лужке, то на канат и лужа он будет действовать следующим образом:



Т.к. на лужу человек оказывает силу равную $2F$, тогда чтобы

сдвинуть лужу вместе с человеком надо преодолеть $F_{тр} = (M+m)g\mu$ -

$$F_{тр} = 2F_0$$

$$F_0 = 3mg\mu$$

сила с которой действует лужа с человеком на пол

$$3) \quad a(M+m) = F - F_{\text{тр}} = F_p = F - 6mg\mu$$

$$F_p \cdot S = E_k - E_{k0} = \frac{(M+m)v^2}{2}$$

$$(F - 6mg\mu) \cdot S = \frac{6mv^2}{2} = 3mv^2$$

$$(F - 6mg\mu) \cdot \frac{S}{3m} = v^2$$

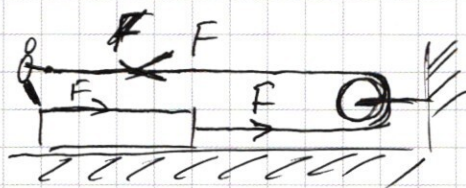
$$v = \sqrt{\left(\frac{F}{3m} - 2g\mu\right) \cdot S}$$

Ответ: 1) $N = (M+m)g = 6mg$

2) $F_0 = 3mg\mu$

3) $v = \sqrt{\left(\frac{F}{3m} - 2g\mu\right) S}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$2F = (M + m)g\mu$$

Если бы человек стоял
на земле, то ~~на~~
никакая сила F_k
канату от приложен
~~бы~~.



$$F = F_{Tp}$$

$$2F = 6mg\mu$$

$$F_0 = 3mg\mu.$$

$$F - 6mg\mu = a \cdot 6m$$

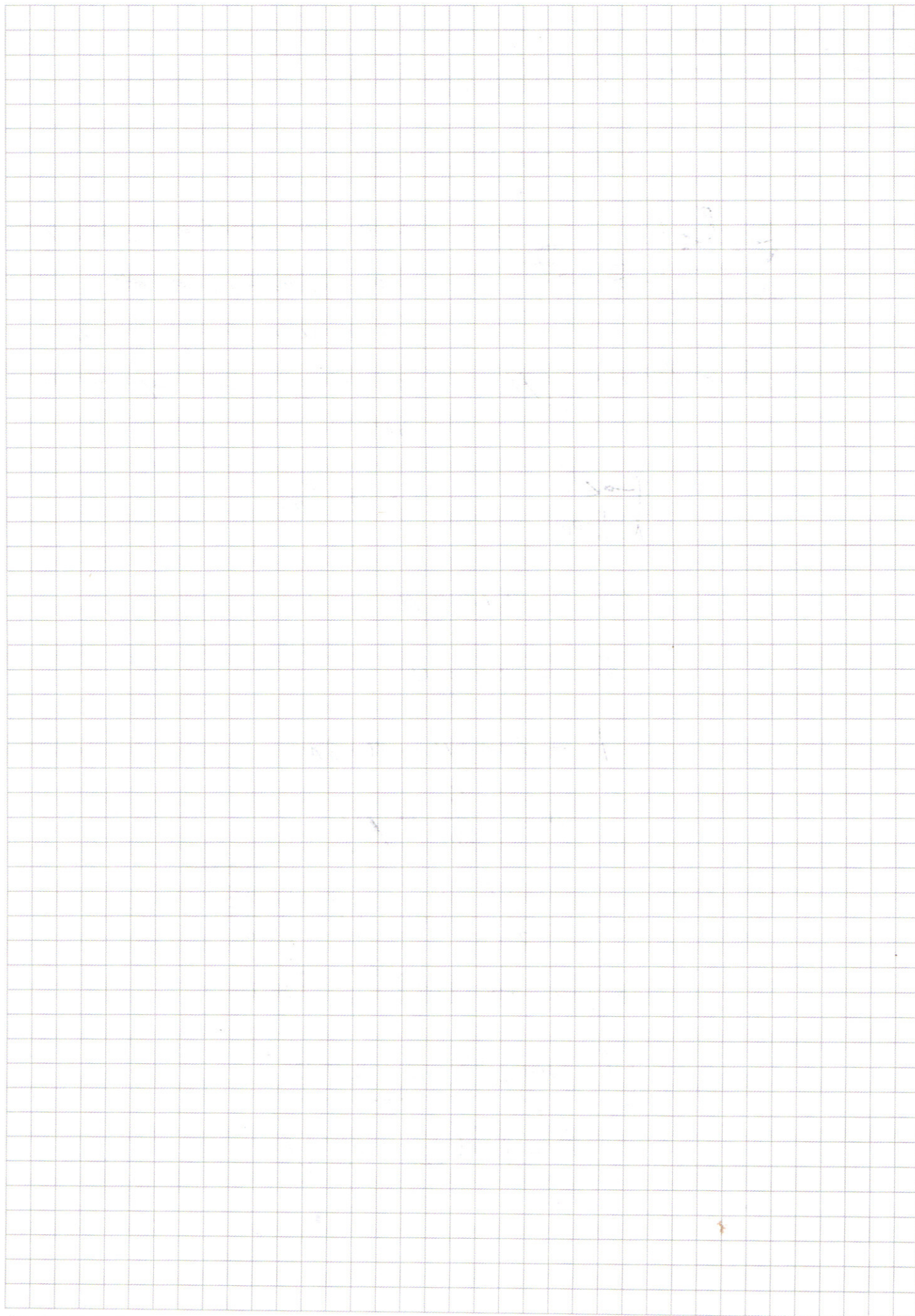
$$a = \frac{F}{6m} - \mu g$$

$$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$\Delta F S = \frac{6m v^2}{2} = 3m v^2$$

$$(F - 6mg\mu)S = 3m v^2$$

$$v = \sqrt{S \left(\frac{F}{3m} - 2\mu g \right)}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} \times 2,5 \\ 8 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8 \\ 22 \\ \times 19,3 \\ \times 19,3 \\ \hline 1737 \\ 193 \\ \hline 372,49 \end{array}$$

$$400 - 16 = 384$$

$$\begin{array}{r} 383 \\ 23 \\ \times 19,4 \\ \times 19,4 \\ \hline 1776 \\ 194 \\ \hline 386,38 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 17 \\ 17 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ 18 \\ \hline 144 \\ 18 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 19 \\ 19 \\ \hline 171 \\ 19 \\ \hline 361 \end{array}$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{2}$$

$$\frac{3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} = \frac{2 \cdot \sqrt{3}}{5} =$$

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$= \frac{1,7 \cdot 2}{5} = 1,7 \cdot 0,4 = 0,68$$

$$\begin{array}{r} \times 2,61 \\ 4 \\ \hline 10,44 \end{array}$$

• №5.

$$T = 273 + 95 = 373 - 5 = 368 \text{ K}$$

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

$$\frac{m}{V} = \frac{\rho \mu}{RT} = \frac{8,5018}{8,31 \cdot 368} \times 10^4$$

$$\begin{array}{r} 41,304 \\ - 33,241 \\ \hline 8,063 \\ - 7,479 \\ \hline 5850 \\ - 5317 \\ \hline 533 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 850 \\ 18 \\ \hline 680 \\ 85 \\ \hline 15300 \\ - 1472 \\ \hline 580 \\ - 368 \\ \hline 1120 \\ - 1104 \\ \hline 1600 \end{array}$$

$$0,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$1,25$$

$$pV_0 = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow \frac{pV_0}{\gamma} = \frac{m_2}{\mu} RT \Rightarrow \frac{m_2}{\gamma} = \frac{m_2}{\mu} RT$$

m

$$m_1 = m - m_2 = m \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

$$\frac{m}{\gamma} = m_2 \Rightarrow$$

$$m_2 = \frac{m}{\delta}$$

$$m_1 = m \left(1 - \frac{1}{\delta}\right) = m \frac{\delta - 1}{\delta}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{m}{\delta \rho n}}{\frac{m \frac{\delta - 1}{\delta}}{\delta \rho n}} = \frac{1}{\delta - 1}$$

~ 3

$$\frac{1}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 10^3 \cdot 2 \cdot \frac{1}{3,7}$$

$$\begin{array}{r} 20 \overline{) 37} \\ \underline{0} 10 540 \\ \underline{200} 185 \\ \underline{150} 148 \\ \underline{148} 200 \end{array}$$

$$T_0 = mg \sin \alpha$$

$$T = mg + F_y \cdot \cos \alpha, \text{ м.к.} \quad N + F_y \cdot \sin \alpha = mg \cos \alpha$$

$$= mg + \omega_r^2 \cdot m \cos \alpha = m (g + \omega^2 \cdot (L + R) \cdot \cos^2 \alpha)$$

~ 4

$$\tan \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} = \frac{4}{20} = \frac{1}{5} = \frac{a}{g}$$

$$a = \frac{g}{5} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$m a = F \Delta t = m v$$

$$v = a \Delta t$$

~ 4.

$$\begin{array}{r} \times 0,99 \\ 0,99 \\ \hline 0,99 \\ \hline 0,99 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8 \\ \times 0,99 \\ 0,99 \\ \hline 891 \\ + 881 \\ \hline 881 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,32 \\ 0,32 \\ \hline 0,32 \\ \hline 64 \\ 96 \\ \hline 0,1024 \end{array}$$

$$\times 0,11$$

$$\begin{array}{r} \times 0,5 \\ 0,5 \\ \hline 0,25 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 0,33 \\ 0,33 \\ \hline 99 \\ 99 \\ \hline 0,1089 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,31 \\ 0,31 \\ \hline 31 \\ 13 \end{array}$$