

Олимпиада «Физтех» по физике, Вариант 10-01

Класс 10

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

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?

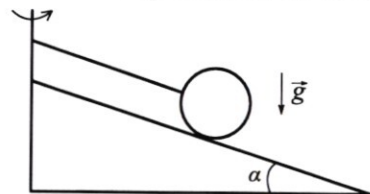
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

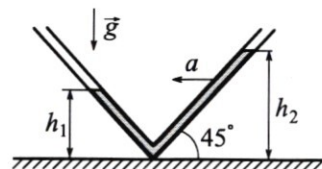


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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.



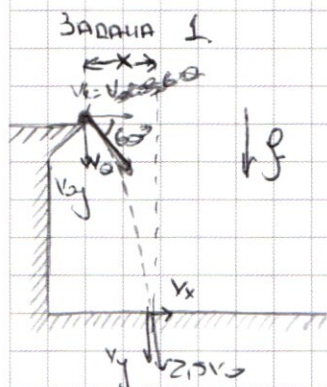
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

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



$$\begin{aligned} v_x &= v_0 \cos 60^\circ \\ v_y &= v_0 \sin 60^\circ \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{ВЕРТИКАЛЬНЫЕ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ} \\ \text{КОМПОНЕНТЫ НАЧАЛЬНОЙ} \\ \text{СКОРОСТИ } v_0. \end{array} \right\}$$

ТАКИ КАК КАМЕНЬ ВСЕ ВРЕМЯ ПРИБЛИЖАЕТСЯ К ЗЕМЛЕ
КРАЙНЯЯ СКОРОСТЬ НАПРАВЛЕНА ВНИЗ НА 60°

- 1) ВЕРТИКАЛЬНАЯ КОМПОНЕНТА КОНЕЧНОЙ СКОРОСТИ ИВНО НАЙТИ
С ПОМОЩЬЮ ТЕОРЕМЫ ПИФАГОРА, ТАК КАК ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ И
ВЕРТИКАЛЬНАЯ КОМПОНЕНТЫ КОНЕЧНОЙ СКОРОСТИ $2,5v_0$ ПЕРПЕНДИКУЛЯР-
НЫ ДРУГ К ДРУГУ

$$v_x^2 + v_y^2 = (2,5v_0)^2$$

ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ v_x НЕ ИЗМЕНЯЕТСЯ С ВРЕМЕНЕМ,
ОНА ОСТАЕТСЯ ПОСТОЯННОЙ, ТАК КАК ПО ГОРИЗОНТАЛИ НЕТ УСКОРЕНИЯ

$$v_x = v_0 \cos 60^\circ = \text{const.}$$

ЗНАЧИТ

$$v_y = \sqrt{(2,5v_0)^2 - (v_0 \cos 60^\circ)^2} = v_0 \sqrt{6} = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{сек}} = 1984 \frac{\text{м}}{\text{сек}}. \quad \text{[ОТВЕТ I]}$$

- 2) ИЗ ФОРМУЛЫ КИНЕМАТИКИ

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

$$t = \frac{v_y - v_{y0}}{g}$$

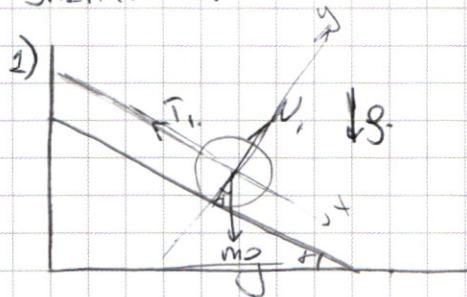
$$v_{y0} = v_0 \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0$$

$$t = \frac{v_0 \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)}{g} = \frac{8 \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)}{10} = 1,072 \text{ сек.} \quad \text{[ОТВЕТ]}$$

3) - $x = v_0 \cos 60^\circ t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,072 = 4,288 \text{ м.} \quad \text{[ОТВЕТ]}$

$\left(t = \frac{x}{v_0 \cos 60^\circ} \right) \quad (\text{из формулы кинематики})$

ЗАДАЧА 3.



РАСЧИСЛОВА ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}. \quad \text{ТАК КАК СИСТЕМА В РАВНОВЕСИИ, } a = 0,$$

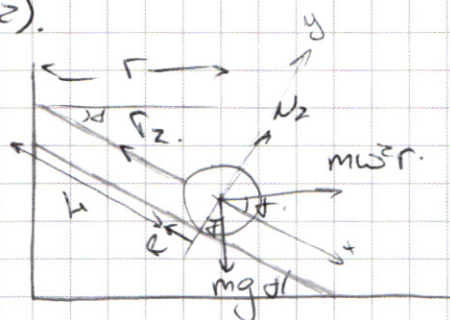
ПОЛУЧАЕМ, ЧТО

$$T_1 = mg \sin \alpha \quad (\text{ПО ОСИ } x)$$

$$N_1 = mg \cos \alpha \quad (\text{ПО ОСИ } y)$$

$$T_1 = mg \sin \alpha \quad [\text{ОТВЕТ}]$$

2).



ЗАПИСЫВАЕМ ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$a = 0 \quad (\text{СИСТЕМА В РАВНОВЕСИИ})$$

ПО ОСИ x

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

r — РАСТОЯНИЕ ОТ ОСИ ВРАЩЕНИЯ ДО ЦЕНТРА ШАРА.

ПО ОСИ y

$$N_2 + m\omega^2 r \sin \alpha - mg \cos \alpha = 0$$

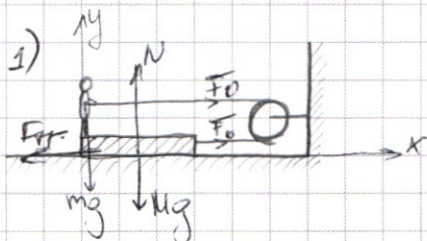
$$T_2 = mg \sin \alpha + m\omega^2 r \cos \alpha$$

$$r = (L + R) \cos \alpha$$

$$T_2 = mg \sin \alpha + m\omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha \quad [\text{ОТВЕТ}]$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЗАДАЧА 2.



ТАК КАК ЧЕЛОВЕК СТОИТ НА ЗЕМЛЕ, И СЛОЖИ НАПРАВЛЕНИЯ ШТЕЙ
ПОРЯДОЧТАБЛИКИ, МОЖЕМО ЗАПИСАТЬ ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

ПО ОСИ Y.

$$N - mg - Mg = 0.$$

$$N = mg + Mg \quad \text{т.к. } M = 5m$$

$$N = mg + 5mg = 6mg \quad \text{[ОТВЕТ]}$$

2) МИНИМАЛЬНАЯ СИЛА, ЧТОБЫ ЛУЧШЕ ДВИЖУСЬ, $2F_0 \geq F_{тр}$.
МИН. СИЛА ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ СИЛУ ТРЕНИЯ СЛЕД ТРЕНИЯ.

$$F_{тр} = \mu N = 6\mu mg$$

ПО РИСУНКАМ ВИДНО, ЧТО

$$2F_0 = F_{тр}$$

$$F_0 = \frac{F_{тр}}{2} = 3\mu mg \quad \text{[ОТВЕТ]}$$

3). $v^2 = 2as$

$$v = \sqrt{2as}$$

$$\sum F = ma.$$

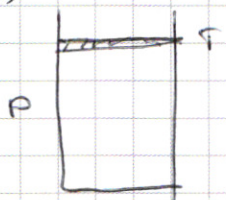
$$2F - F_{тр} = ma$$

$$a = \frac{2F - T}{m}$$

$$v = \sqrt{2 \frac{2F - F_{тр}}{m} s} = \sqrt{2 \frac{2F - 6\mu mg}{m} s} \quad \text{[ОТВЕТ]}$$

ЗАДАЧА 5.

1)



В начальной момент, плотность пара, определяется с уравнением Менделеева - Клапейрона,

$$PV = \nu RT.$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\rho_0 V}{V}$$

$$\rho V = \frac{\rho_0 V}{\rho_0} RT$$

$$\rho_0 = \frac{\rho P}{RT}.$$

$$\eta = \frac{\rho_0}{\rho} = \frac{\frac{18}{1000} \cdot 8,5 \cdot 10000}{8,3 \cdot (273 + 55)}$$

$$T = (273 + 55) = 368 \text{ K}.$$

$$\eta \approx 5 \cdot 10^{-4}$$

[ответ]

2) $PV = P'V'$ (процесс изотермический)

$$\frac{V}{V'} = \gamma$$

$$P\gamma = P'$$

из первого пункта

$$\rho_0' = \frac{\rho P'}{RT}.$$

и

$$\eta' = \gamma \eta = 235 \cdot 10^{-4}.$$

[ответ]

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m_1 g h_1 + m_2 g h_2 + (m_1 + m_2) v^2 = (m_1 + m_2) g (h_1 + h_2)$$

$$\cancel{m_1 g h_1} + \cancel{m_2 g h_2} + (m_1 + m_2) v^2 = \cancel{m_1 g h_1} + \cancel{m_2 g h_2} + m_1 g h_2 + m_2 g h_1$$

$$(m_1 + m_2) v^2 = m_1 g h_2 + m_2 g h_1$$

$$m_1 = \rho s h_1 \Gamma_2$$

$$m_2 = \rho s h_2 \Gamma_2$$

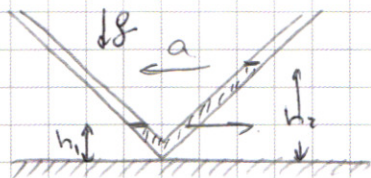
$$\rho s \Gamma_2 (h_1 + h_2) v^2 = (\rho s h_1 h_2 \Gamma_2 + \rho s h_1 h_2 \Gamma_2) g$$

$$v = \sqrt{\frac{2 h_1 h_2}{h_1 + h_2} g}$$

$$(\rho s h_1 \Gamma_2 + \rho s h_2 \Gamma_2) h_1 + h_2$$

$$\frac{\rho s (h_1 + h_2)^2 \Gamma_2}{2}$$

ЗАДАЧА 4.



1) В СЕРЕДИНЕ ТРУБЫ СОЗДАЕТСЯ РАЗЛОСТЬ ДАВЛЕНИЯ

ЭТО ДАВЛЕНИЕ БАЛАНСИРУЕТ СИЛУ УПРУГОСТИ, КОТОРАЯ ДЕЙСТВУЕТ ПРОТИВ РАЗЛОСТИ ДАВЛЕНИЯ.

$$\Delta P S = F.$$

$$F = m a.$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$P_2 = \rho g h_2 \quad P_1 = \rho g h_1$$

$$\Delta P = \rho g (h_2 - h_1)$$

$$\rho g (h_2 - h_1) = \rho (h_1 + h_2) a$$

$$a = g \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} \quad \text{[ОТВЕТ]}$$

2) ИЗ ЗАКОНА СОХР ЖЕЛТИ

$$E_1 + E_{p1} = E_{p2}$$

$$\frac{m_1 + m_2}{2} v^2 + m_1 g \frac{h_1}{2} + m_2 g \frac{h_2}{2} = (m_1 + m_2) g \frac{h_1 + h_2}{2}$$

$$E_{p1} = \rho g h_1 \frac{V}{2} + \rho g h_2 \frac{V}{2}$$

$$m_1 = \rho S h_1 \frac{V}{2}$$

$$E_{p2} = \rho g \frac{h_1 + h_2}{2} V$$

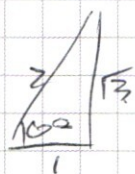
$$m_2 = \rho S h_2 \frac{V}{2}$$

$$E_1 = \rho S (h_1 + h_2) \frac{V}{2} \frac{v^2}{2}$$

ИЗ ЭТИХ УРАВНЕНИЙ СЛЕДУЕТ ЧТО

$$v = \sqrt{\frac{2 h_1 h_2}{h_1 + h_2} g} \quad \text{[ОТВЕТ]}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\cos 60 = \frac{1}{2}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 2,5 \\ \hline 12,5 \\ 50 \end{array}$$

$$6,25 - \frac{1}{4} = 6,25 - 0,25 = 6$$

$$\sin 60 = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,072 \\ 4 \\ \hline 4,288 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 2,5 \\ \hline 12,5 \\ 50 \\ \hline 62,5 \end{array}$$

$$8 \cdot \sqrt{6}$$

$$4,15$$

$$\sqrt{3 \cdot 2}$$

$$1,73 \cdot 1,41$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 1,6 \\ \hline 10,4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 1,73 \\ \hline 1,41 \\ \hline 6,8 \\ \hline 17 \\ \hline 238 \\ \hline 1,73 \cdot 1,41 \\ \hline 2,44 \\ \hline 1804 \\ \hline 18 \end{array}$$

$$\sqrt{6} = \sqrt{3 \cdot 2} = 1,73 \cdot 1,41$$

$$\sqrt{3} / \sqrt{2} = \frac{1}{2}$$

$$\begin{array}{r} \sqrt{6} \\ \times 1,73 \cdot (1,41 - \frac{1}{2}) \\ \hline 1,73 \cdot 0,91 \end{array}$$

$$2,4 - 0,06$$

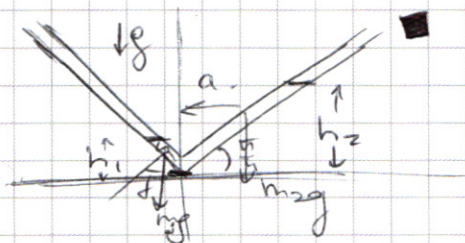
$$4,34$$

$$\frac{8}{10} = \frac{4}{5}$$

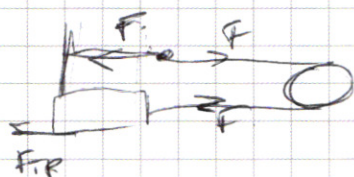
$$4,9072$$

$$4,288$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ \times 9134 \\ \hline 1,072 \end{array}$$



$$mg \sin \alpha \cos \alpha$$



$$P_1 = \rho g h_1$$

$$dp = \rho g (h_2 - h_1)$$

$$\Delta p \cdot S = F$$

$$F = m a \cos \alpha$$

$$v_{\text{из}}$$

$$m = \rho g (h_1 + h_2) F_2$$

$$\rho g (h_2 - h_1) = \rho g (h_1 + h_2) \alpha$$

$$\int \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} dh_1$$

$$mg \left(\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \right) = \frac{mv^2}{2} + \frac{mg(h_1 + h_2)}{2}$$

$$m_1 g \frac{h_1}{2} + m_2 g \frac{h_2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} + \frac{(m_1 + m_2)(h_1 + h_2)g}{2}$$

$$m_1 = \rho g h_1^2 \sqrt{2}$$

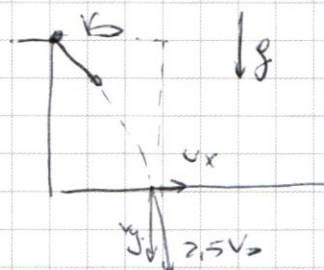
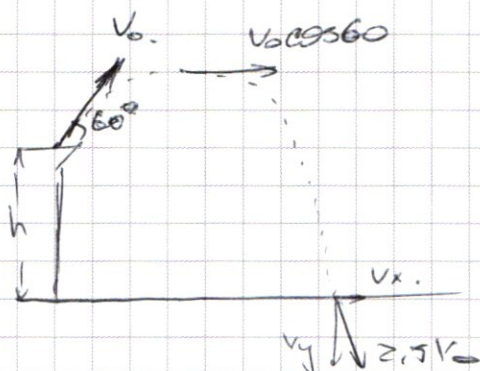
$$m_2 = \rho g h_2^2 \sqrt{2}$$

$$\rho g h_1^2 \sqrt{2} + \rho g h_2^2 \sqrt{2} = (\rho g h_1 + \rho g h_2) \sqrt{2} v^2 + \rho (h_1 + h_2)^2 \sqrt{2} g$$

$$\rho g \sqrt{2} (h_1^2 + h_2^2) = \rho g \sqrt{2} (h_1 + h_2) v^2 + \rho g \sqrt{2} (h_1^2 + h_2^2 + 2h_1 h_2)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. ЗАДАЧА.



- 1) $V_x = V_0 \cos 60$ (горизонтальная составляющая скорости во времени не меняется, т.к. по горизонтали ускорения нет)

ТАК КАК V_x и V_y перпендикулярны друг к другу.

ЧЕРЕЗ ТЕОРЕМУ ПИФАГОРА.

$$V_x^2 + V_y^2 = V_k^2$$

$$V_k = 2.5 V_0$$

$$V_y = \sqrt{(2.5 V_0)^2 - (V_0 \cos 60)^2}$$

$$V_y = V_0 \sqrt{(2.5)^2 - (\cos 60)^2} = V_0 \sqrt{6.25 - 0.25} = V_0 \sqrt{6} \quad [\text{ОТВЕТ}] \quad V_y = 120 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) $V_y = V_{0y} + gt$

V_{0y} — ВЕРТИКАЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ИСХОДНОЙ СКОРОСТИ.

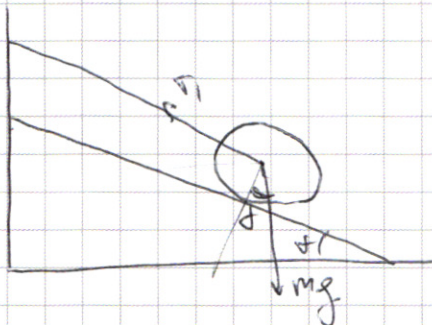
$$t = \frac{V_y - V_{0y}}{g}$$

$$V_{0y} = V_0 \sin 60$$

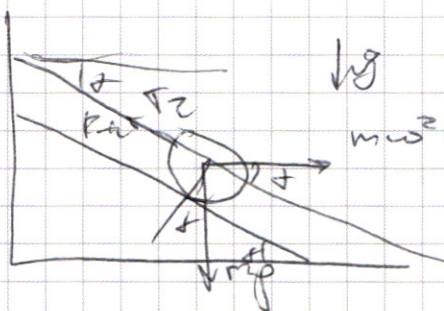
$$t = \frac{V_0 \sqrt{6} - V_0 \sin 60}{g} = \frac{V_0 \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)}{g} = \frac{8}{10} \cdot 1.34 = 1.072 \text{ сек.}$$

$$3) \quad x = v_0 \cos 60^\circ \cdot t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,072 = 4,288 \text{ м.}$$

ЗАДАЧА 3.



$$F_1 = mg \sin \alpha$$



$$F_2 = mg \sin \alpha + m \omega^2 r \cos \alpha$$

$$r = (R+L) \cos \alpha$$

$$F_2 = mg \sin \alpha + m \omega^2 (R+L) \cos^2 \alpha$$

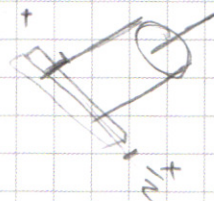
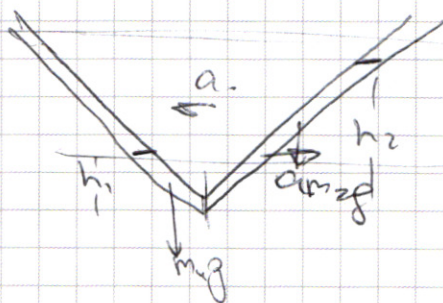
4.

$$\rho g (h_1 + h_2)$$

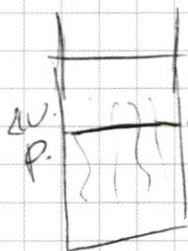
$$\rho g (h_2 - h_1) S = m a$$

$$\rho g (h_2 - h_1) S = \rho g (h_1 + h_2) S$$

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$t = 35^\circ\text{C} \quad \Delta T = 0$$

$$Q = A \cdot$$

$$PV = (P + \Delta P)(V - \Delta V)$$

$$PV = \frac{1}{\mu} \frac{P}{RT}$$

$$P = \frac{1}{\mu} \frac{P}{RT}$$

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

$$\frac{0,018 \cdot 8,5 \cdot 10^7}{8,31 \cdot (273 + 35)}$$

$$\begin{array}{r} + 273 \\ 95 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$0,018 \cdot 10000$$

$$\frac{18 \cdot 8,5 \cdot 10000}{1000 \cdot 8,31 \cdot 368}$$

$$\frac{9 \cdot 18 \cdot 85}{368 \cdot 8,31} = \frac{765}{184 \cdot 8,31}$$

$$P = \frac{1}{\mu} \frac{P}{RT}$$

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

$$P = \frac{1}{\mu} \frac{P}{RT}$$

$$= \frac{18 \cdot 8,5 \cdot 10^7}{8,31 \cdot 368 \cdot 184}$$

$$\begin{array}{r} 1527 \overline{) 765} \\ 12 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \cdot 85 \\ \times 3 \\ \hline 765 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 63 \cdot 184 \\ \times 83 \\ \hline 552 \end{array}$$

$$\frac{765}{15272} \approx \frac{1}{2}$$

$$\frac{0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{1000} = 0,0005$$

$$5 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{765 \cdot 10^7}{83184}$$

$$\begin{array}{r} 2 \cdot 184 \\ \times 5 \\ \hline 730 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 184 \\ \times 83 \\ \hline 552 \end{array}$$

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

$$P = \frac{MP}{RT} = \frac{18 \cdot 8,5 \cdot 10000}{8,3 (273 + 95)}$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 95 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 85 \\ \times 9 \\ \hline 765 \end{array}$$

$$\frac{18 \cdot 8,5 \cdot 10000}{8,3 \cdot 368} = \frac{9 \cdot 8,5 \cdot 10000}{8,3 \cdot 184} = \frac{9 \cdot 85 \cdot 10000}{83 \cdot 184} = \frac{765 \cdot 10000}{83 \cdot 184}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 184 \\ \times 4 \\ \hline 736 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 184 \\ \times 83 \\ \hline 552 \\ 1472 \\ \hline 15372 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 83 \\ \times 184 \\ \times 83 \\ \hline 552 \\ 1472 \\ \hline 1472 \end{array}$$

$$\frac{765 \cdot 10000}{15372}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 8,5 \\ \hline 90 \\ 144 \\ \hline 153,0 \end{array}$$

$$\frac{10}{16,6} = \frac{1}{1,66}$$

$$\frac{5}{3} = \frac{5}{3}$$

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

$$P = \frac{MP}{RT} = \frac{18 \cdot 10000 \cdot 8,5}{8,3 \cdot 368} = \frac{1530000}{8,3 \cdot 368} = \frac{10000}{8,3 \cdot 7} = \frac{3}{5} = 0,6$$

0,0006

$$\frac{18}{1000} \cdot 4,7 \cdot 8,5 \cdot 10^4$$

$$\frac{8,3 \cdot 38}{1000}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 4,7 \\ \hline 73,5 \end{array}$$