

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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?

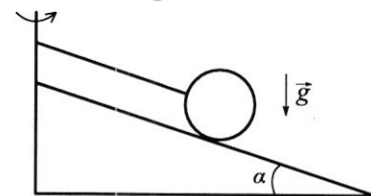
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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.

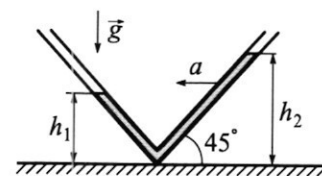


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

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

N 1
т.к. камень все время приближается к горизонтальной поверхности Земли, то закончим его под углом вниз

$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{a}t$

оx: $V_0 \cos \alpha = 2,5V_0 \cos \beta + 0$

оy: $-V_0 \sin \alpha = -2,5V_0 \sin \beta$ $\neq$ время полета

$\Rightarrow \cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2,5} = \frac{\frac{1}{2}}{5/2} = \frac{1}{5} = 0,2$

$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{\sqrt{24}}{5} = \frac{2\sqrt{6}}{5}$

Вертикальная компонента скорости камня при падении:

$$V_y = 2,5V_0 \cdot \sin \beta = \frac{5}{2}V_0 \cdot \frac{2\sqrt{6}}{5} = \sqrt{6}V_0 \approx 2,45 \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 19,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

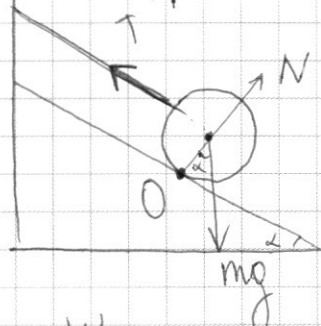
$$t = \frac{2,5V_0 \sin \beta - V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{V_0}{g} (2,5 \sin \beta - \sin \alpha) = \frac{V_0}{g} \left(\sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \approx$$

$$\approx \frac{V_0}{g} \left(2,45 - \frac{1,73}{2} \right) = 1,585 \frac{V_0}{g} = 1,268 \text{ с} \approx 1,3 \text{ с}$$

$$L = V_0 \cos \alpha t = 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,3 \text{ м} = 5,2 \text{ м}$$

N3

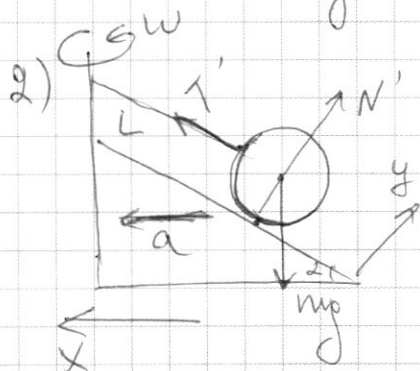
1) расставим силы на шар



запишем урав моментов относительно O

$$\sum M_O = \sum M_O$$

$$T \cdot R = mg \cdot R \sin \alpha \Rightarrow T = mg \sin \alpha$$



2) 3-й Ньютона

оx:

$$ma_y = T' \cos \alpha - N' \sin \alpha$$

$$oy: N' - mg \cos \alpha = 0$$

$$N' = mg \cos \alpha$$

$$a_y = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R' = \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

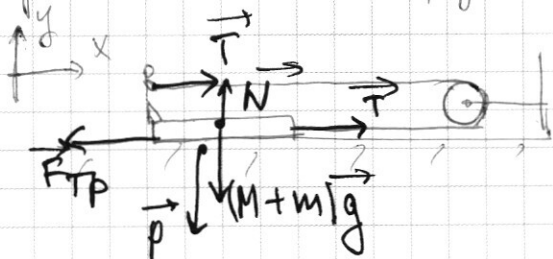
$$m \omega^2 (L+R) \cos \alpha = T' \cos \alpha - mg \cos \alpha \sin \alpha$$

$$T' = m (\omega^2 (L+R) + g \sin \alpha)$$

$$\text{Ответ: } 1) T = mg \sin \alpha \quad 2) T' = m (\omega^2 (L+R) + g \sin \alpha)$$

N2

расставим силы, действующие на систему "человек + лифт"



(когда человек тянет канат на себя действует такая же сила со стороны каната и также он действует с такой же силой на лифт)

$$1) \text{ человек тянет канат на себя с силой } |\vec{P}| = |\vec{N}| = (M+m)g = 6 \text{ мН}$$

$$2) \text{ сила } T - \text{ сила натяжения каната, такая же сила, с которой тянет человек}$$

Сила T минимальна, когда система равномерно движется т.е. $a=0$

2-й закон Ньютона на ох:

$$2T - F_{тр} = 0 \quad ; \quad F_{тр} = \mu N = \mu \cdot 6 \text{ мН} \Rightarrow T = 3 \text{ мН}$$

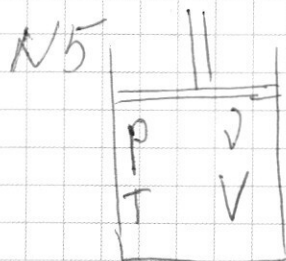
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

если человек прикладывает силу F , то
3) $(M+m)a = 2F - F_{тр} = 2F - 6 \text{ мН}$

$$S = \frac{v_k^2 - v_n^2}{2a} = \frac{v_k^2}{2a} \Rightarrow v_k = \sqrt{S \cdot 2a}$$

$$v_k = \sqrt{S \cdot 2 \cdot \frac{2F - 6 \text{ мН}}{M+m}} = \sqrt{2S \cdot \frac{F - 3 \text{ мН}}{3 \text{ м}}}$$

Ответ: 1) 6 мН
2) 3 мН
3) $\sqrt{2S \cdot \frac{F - 3 \text{ мН}}{3 \text{ м}}}$



$$pV = \nu RT$$

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

$$p = \frac{\rho_{в.н}}{M} RT$$

$$\rho_{в.н} = \frac{p \cdot M}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\frac{\rho_{в.н}}{\rho_{возд}} = \frac{0,503 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 0,503 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho_{в.н} = 0,503 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\nu = \frac{\nu}{8}; m = \frac{m}{8}$$

$$p \cdot \frac{1}{8} V = \frac{1}{8} \nu RT$$

$$pV = \nu RT$$

$$m_{возд} = \left(1 - \frac{1}{8}\right) m_n$$

$$\rho_{в.н} \cdot V_{в.н} = \left(1 - \frac{1}{8}\right) \rho_{н.н} \cdot V_n$$

$$\frac{V_n}{V_{в.н}} = \frac{\rho_{в.н}}{\rho_{н.н}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{8}} \quad \Rightarrow$$

$$m_n = \frac{p \cdot \frac{1}{8} V \cdot M}{RT}$$

$$= \frac{1}{8} V \cdot \rho_{в.н} \cdot M$$

$$= 10^3 \cdot \frac{1}{0,503} \cdot \frac{8}{8-1} \approx$$

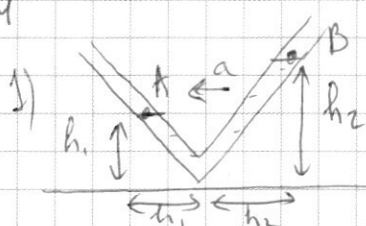
$\approx 239,7$

Ответ: 1) $0,503 \cdot 10^3$

2) $239,7$

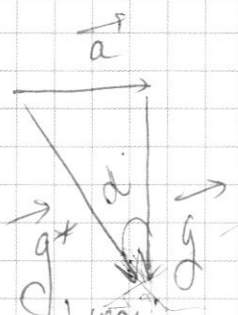
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



ра. перейдем в инерциальную СО
связанную с движущимся с $\vec{a}$
в этой СО трубка неподвижна

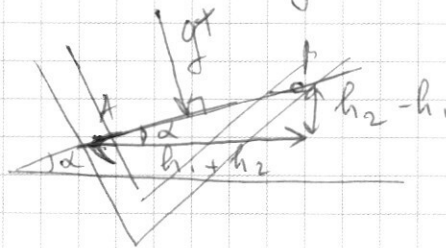
и на нее действует сила инерции вправо



поверхности широкости
будут находиться на прямой,
перпендикулярной $\vec{g}^*$

в Т.А и Т.В давление одинаково

поиск ускорения
в этой СО



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = \frac{a}{g} \Rightarrow a = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} g = \frac{4}{20} g = 2 \frac{m}{c^2}$$

2) скорость будет максимальной, когда $a_z = 0$

a_z - ускорение, вызванное разностью высот широкости
в трубке (когда из более наклоненного колена
широкость перетекает в менее наклоненное)

значит, когда $v_{\max}$, разности высот в коленах нет
затем $g \sin \alpha$ где α - начального положения
и положение равновесия

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

масса широкости в левом колене

$$\rho \cdot S \frac{h_1}{\sin 45} g \frac{h_1}{2} + \rho S \frac{h_2}{\sin 45} g \frac{h_2}{2} = \rho S \frac{h_1 + h_2}{2 \sin 45} g \frac{h_1 + h_2}{2 \cdot 2} \cdot 2 +$$

$$+ \rho S \frac{h_1 + h_2}{2 \sin 45} \frac{v^2}{2}$$

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

$$\frac{1}{2} g (2 h_1^2 + 2 h_2^2 - h_1^2 - 2 h_1 h_2 - h_2^2) = (h_1 + h_2) v^2$$

$$\frac{1}{2} g (h_1^2 - 2 h_1 h_2 + h_2^2) = (h_1 + h_2) v^2$$

$$v^2 = \frac{(h_1 - h_2)^2}{h_1 + h_2} \cdot \frac{g}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{(h_2 - h_1)^2}{h_1 + h_2} \cdot \frac{g}{2}} = 2 \frac{m}{c}$$

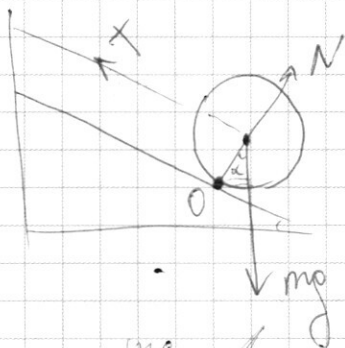
ответ: 1) $a = 2 \frac{m}{c^2}$

2) $V = 2 \frac{m}{c}$

~~22/22~~

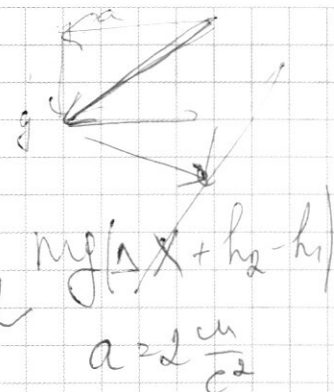
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]



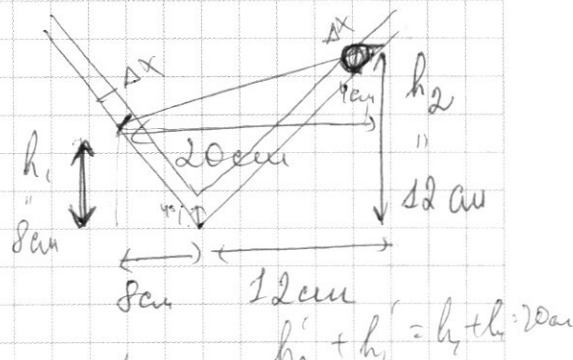
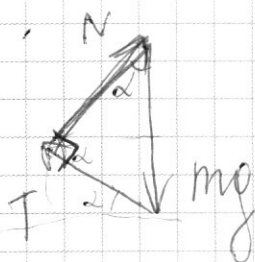
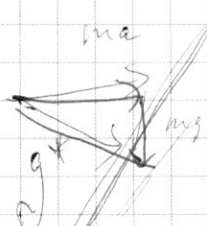
$$mg \cos \alpha = T$$

$$T = mg \cos \alpha$$



$$\frac{T}{mg} = \sin \alpha$$

$$a = 2 \frac{v}{t}$$



$$mgh_2 = mgh_1 + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{a}{g} = \frac{4}{20}$$

$$a = \frac{4}{5}g$$

$$2T = \mu \cdot 6mg$$

$$T = 3\mu mg$$

$$6ma = 2F - \mu 6mg$$

$$S = \frac{v_k^2 - v_n^2}{2a} = 0$$

$$v_k = \sqrt{2aS} =$$

$$2g(h_2' - h_1') = v^2$$

$$2g(h - 2h_1) = v^2$$

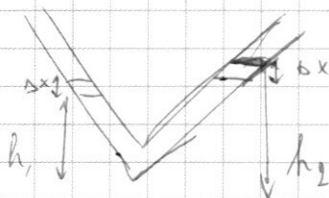
$$h_1' = 0$$

$$= \sqrt{2S \cdot \frac{2F - \mu 6mg}{6m}} =$$

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

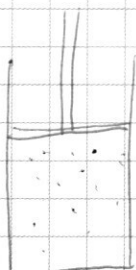
$$\sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



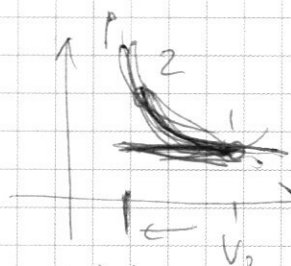
$$\Delta m g h_2 = \Delta m g h_1$$

$$\rho S \Delta x g h_2 = \rho S \Delta x g h_1 + \frac{\rho S \Delta x v^2}{2}$$



$$T = 95 + 273 \text{ K}$$

$$p_{\text{н.н.}} = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$



$$T = \text{const} + \frac{273}{95}$$

$$368$$

$$pV = \nu RT$$

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

$$p = \frac{\rho \mu}{\mu} RT$$

$$pV = \nu RT$$

$$R = \frac{8,31 \cdot 368}{29}$$

$$101,3$$

$$8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}$$

$$153$$

$$8,31$$

$$p \cdot \Delta V = \frac{m}{\mu} RT$$

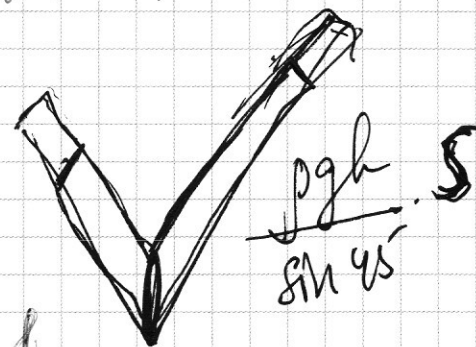
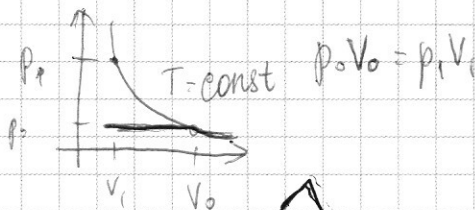
$$p(1-\alpha)V = \nu_1 RT$$

$$p = \frac{\rho \mu_{\text{н.н.}}}{\mu} RT$$

p	V
V	T

$$pV = \nu RT$$

$$\frac{V}{\gamma} = \frac{1}{\gamma} V$$



$$p = \frac{p_{\text{atm}}}{M_{\text{m.b.n.}}} RT$$

$$\Delta U + A = 0$$

$$p = p_{\text{atm}}$$

$$p \frac{1}{\gamma} = \nu RT$$

$$\frac{1}{2} \rho S (h_2 - h_1) g \cdot \frac{(h_2 - h_1) \cdot \frac{1}{2}}{\sin 45}$$

$$= \rho S \frac{(h_2 - h_1) \cdot \frac{1}{2}}{\sin 45} g \frac{(h_2 - h_1) \cdot \frac{1}{2}}{\sin 45} +$$

$$\frac{1}{2} \rho S \frac{(h_1 + h_2)}{\sin 45} g \frac{(h_1 + h_2)}{4} + \frac{1}{2} \rho S \frac{(h_1 + h_2)}{\sin 45} \frac{v^2}{2} = \frac{1}{2} \rho S \frac{g(h_2 - h_1)}{\sin 45}$$

$$\frac{1}{2} \rho S \frac{(h_1 + h_2)}{\sin 45} g \frac{(h_1 + h_2)}{4} + \frac{1}{2} \rho S \frac{(h_1 + h_2)}{\sin 45} \frac{v^2}{2}$$

$$gh_1^2 + gh_2^2 = \frac{1}{2} (h_1 + h_2)^2 g + (h_1 + h_2) v^2$$

$$gh_1^2 + gh_2^2 - \frac{1}{2} gh_1^2 - \frac{1}{2} gh_2^2 - gh_1 h_2 = (h_1 + h_2) v^2$$

$$\left(\frac{1}{2} gh_1^2 + \frac{1}{2} gh_2^2 - gh_1 h_2 \right) \frac{1}{h_1 + h_2} = v^2 \quad \frac{1}{2} g \frac{(h_1^2 - 2h_1 h_2 + h_2^2)}{h_1 + h_2} = v^2$$

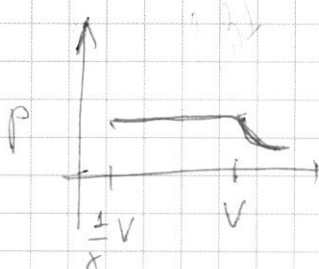
$$v^2 = \frac{g (h_1 - h_2)^2}{2 (h_1 + h_2)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$10^5 \cdot V = \nu R \cdot 373$$

$$10^5 \cdot \frac{1}{2} = \frac{\nu}{2} R \cdot 373$$

$$8,5 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{2} = \frac{\nu}{2} R \cdot 368$$



$$pV = \nu RT$$

$$p \left(\frac{1}{2} V \right) = \frac{\nu}{2} RT$$

$V_{\text{пара}}$

$$p = \frac{\nu}{2} RT$$

$$8,5 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 10^{-3}$$

$$8,31 \cdot 368$$

$$\frac{1000}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 373$$

$$\begin{array}{r} 1000 \\ 18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 373 \\ 52 \\ 143 \\ \times 8,31 \\ \hline 373 \\ 1119 \\ \hline 2984 \\ 3099,63 \cdot 18 \\ 18 \\ \hline 129 \\ 126 \\ \hline 39 \\ 26 \\ \hline 36 \\ 36 \\ \hline 50 \\ 18 \end{array}$$

$$9,041 \cdot 8,31$$

$$4,1 \cdot 8,31$$

$$\begin{array}{r} 15,3 \cdot 368 \\ 1530 \cdot 0,041 \cdot 368 \\ 2472 \end{array}$$

$$4100$$

$$\begin{array}{r} 4155 \\ 2 \cdot 3324 \\ \hline 7760 \\ 7479 \\ \hline 2810 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 580 \\ 368 \\ \hline 1200 \\ 1104 \\ \hline 960 \\ 736 \\ \hline 2240 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 562 \\
 368 \\
 \times 8,31 \\
 \hline
 368 \\
 1104 \\
 2944 \\
 \hline
 3058,08
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 4 \\
 85 \\
 \times 18 \\
 \hline
 690 \\
 85 \\
 \hline
 154,0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 154,000 \quad 305808 \\
 1540000 \quad 0,5032 \\
 \hline
 1529040 \quad 1 \\
 1006000 \\
 917418 \\
 \hline
 885820 \\
 611616 \\
 \hline
 2742,040
 \end{array}$$

P
V

ΔV - *loga* 2742,040

$$\begin{array}{r}
 4,7 \\
 \hline
 3,7
 \end{array}
 \cdot 10^3$$

$$\begin{array}{r}
 4,7 \\
 \hline
 3,7
 \end{array}
 \cdot 0,503$$

$$\begin{array}{r}
 4,7 \\
 \hline
 3,7
 \end{array}
 \cdot 0,503$$

$$\begin{array}{r}
 37 \\
 \times 0,503 \\
 \hline
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{по } \frac{1}{\mu^2} \cdot \mu^3 = \text{моль} \cdot R \cdot K \\
 R = \frac{11 \cdot 11}{\text{моль} \cdot K}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 4,7 \mid 19,611 \\
 47000 \mid 19,611 \\
 39222 \mid 0,23966 \\
 \hline
 47780 \\
 58833 \\
 \hline
 189470 \\
 176499
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 129710 \\
 117666 \\
 \hline
 12044
 \end{array}$$