

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

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.

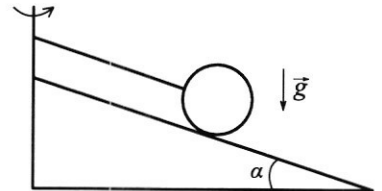
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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?

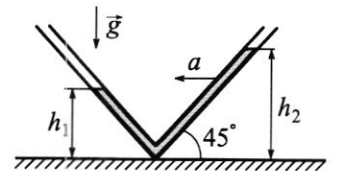
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.



- 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.

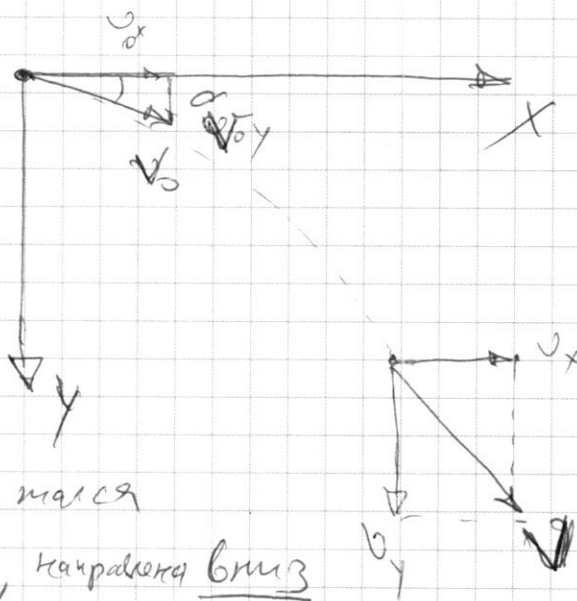
5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 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

N 1.

Дано:
 $V_0 = 8 \text{ м/с}$
 $\alpha = 60^\circ$



П.к. камень все время приближается к земле, то вектор V_{0y} направлен вниз

1) П.к. по оси X тело движется равномерно, то $V_{0x} = V_x = V_0 \cdot \cos \alpha = 0,5 V_0$

тогда по теореме Пифагора: $V_y = \sqrt{V^2 - V_x^2}$

$$V_y = \sqrt{6,25 - 0,25} \cdot 8 \text{ м/с}$$

$$V_y = \sqrt{6} \cdot 8 \text{ м/с} \approx 19,6 \text{ м/с}$$

2) По оси Y тело движется равноускоренно:

тогда: $gt = V_y - V_0 \sin \alpha$ (t - время полета)

$$t = \frac{V_y - V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t = \frac{19,6 \text{ м/с} - 0,833 \cdot 8 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} \approx 1,3 \text{ с}$$

3) По оси X тело движется равномерно,
поэтому $S = v_{0x} \cdot t = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t$

(S - горизонтальное смещение)

$$S = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,5 \cdot 1,3 \text{ с} \approx 5,2 \text{ м.}$$

Ответ: $v_y = 19,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

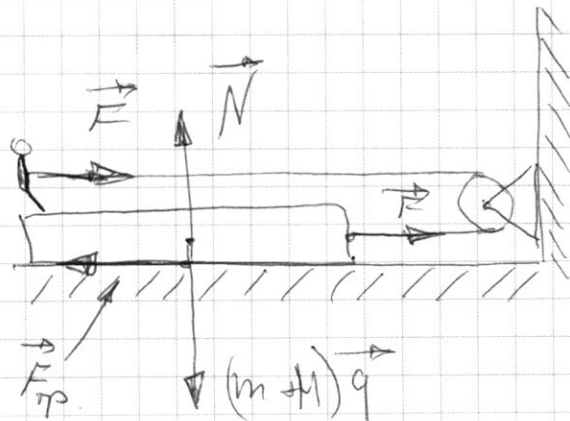
$$t = 1,3 \text{ с}$$

$$S = 5,2 \text{ м.}$$

N 2.

Дано:

m ;
 $M = 5m$;
 S ; μ



1) Рассматривая систему (ящик - человек) как единицу, то сила тяжести $(m+M)g$,
тогда $N = (m+M)g \Rightarrow P = N = (m+M)g$
(P - сила давления ящика на пол)

$$P = (m+M)g = 6mg.$$

2) На ящик действует сила трения $F_{тр}$:
 $F_{тр} \leq \mu N = \mu (m+M)g.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Если человек тянет трос с силой F ,
то к системе «ящик - человек» приложена
гор. сила $2F$.

В тот момент, когда ящик еще движется!

$$2F_0 = F_{тр\text{ скольж}} = \mu (m+M)g.$$

$$F_0 = \frac{\mu (m+M)g}{2} = \frac{6 \text{ мкг}}{2} = 3 \text{ мкг}.$$

3) Так как сила F - постоянная, то постоянно
и ускорение системы «ящик - человек»

По II 3-м Ньютона: $2F - \mu (m+M)g = (m+M)a$

$$a = \frac{2F}{m+M} - \mu g.$$

Тогда: $S = \frac{v^2}{2a}$ (v - скорость, которой
двигается ящик)

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

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

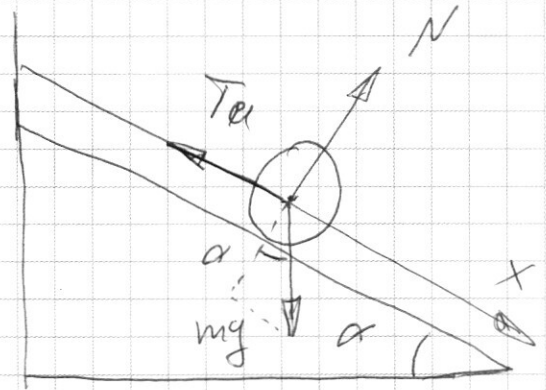
Ответ: $P = (m+M)g = 6 \text{ мкг}$, $F_0 = 3 \text{ мкг}$

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

№3

Дано:
 m ; R ;
 α ; L ;
 ω

а) T_a — сила натяжения,
 если система покоится.



Проведем ось X параллельно
 поверхности клина. $\rightarrow N_x = 0$

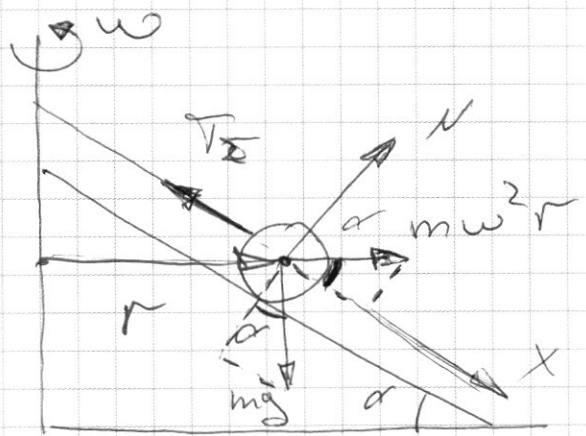
$T_{ax} = T_a$ — т.к. нить параллельна пов. клина.

Условие равновесия шара:

$$T_a = mg \cdot \sin \alpha$$

б)

Ось клина проходит
 через центр шара, т.к.
 силы $\vec{A}$, $m\omega^2 r$ и mg
 проходят через центр,
 тогда $r = (L + R) \cdot \cos \alpha$



(r — расстояние от оси до центра шара)

Проведем ось X также как и в случае а,
 тогда $N_x = 0$; $T_{bx} = T_b$;

Условие равновесия: $T_b = mg \cdot \sin \alpha + m\omega^2 (L + R) \cos \alpha$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Дано:

$$t = 95^\circ \text{C}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\rho = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\mu = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$\gamma = 4,7$$

~~П.к. при изотермическом
сжатии пар находится в состоянии
конденсации, значит уже
с собой~~

1) П.к. пар насыщенный,
то во время процесса
давление и плотность не изменяются.

Знать уравнение Клапейрона - Менделеева:

$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{mRT}{\mu \cdot V} = \frac{p_n R T}{\mu}$$

$$p_n = \frac{p \mu}{RT} \quad - \text{плотность пара.}$$

тогда $\frac{p_n}{p} = \frac{p \mu}{RT \cdot p}$

$$\frac{p_n}{p} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 368 \text{ К} \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$$

2) $m_0 = p_n \cdot V$ — в начале процесса
масса пара

$m_k = \frac{1}{\gamma} p_n V$ — масса пара к концу процесса,

Тогда масса образованной воды Δm :

$$\Delta m = m_0 - m_k = \rho_n V \left(1 - \frac{1}{J}\right) = \rho_n V \frac{J-1}{J}$$

V — объем ~~цилиндра~~ пара в начале процесса.

$V_k = \frac{1}{J} V$ — объем пара в конце процесса.

~~Тогда:~~ $V_6 = \frac{\Delta m}{\rho} = \frac{\rho_n}{\rho} \cdot V \frac{J-1}{J}$ — объем образ. воды.

Тогда: $\frac{V_k}{V_6} = \frac{\frac{1}{J} V}{\frac{\rho_n}{\rho} \cdot V \frac{J-1}{J}} = \left(\frac{\rho}{\rho_n}\right) \frac{1}{J-1}$

$$\frac{V_k}{V_6} = \frac{2 \cdot 10^3}{3,7} \approx 0,54 \cdot 10^3$$

Ответ: $\frac{\rho_n}{\rho} \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$

$$\frac{V_k}{V_6} \approx 0,54 \cdot 10^3 = 540$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $T_a = mg \sin \alpha$

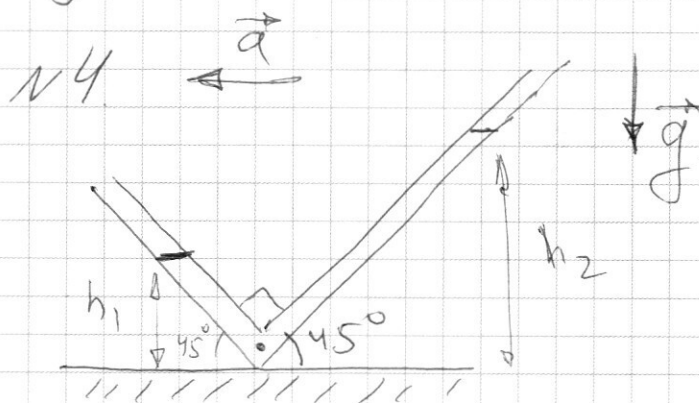
$$T_b = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L + R) \cos^2 \alpha$$

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_1 = 8 \text{ см.}$$

$$h_2 = 12 \text{ см.}$$



5) Если перейти в ИСО, в которой трубка покоится, то на жидкость кроме силы mg , будет действовать фиктивная сила ma .

Тогда гидростатическое давление будет состоять из двух частей: $p_z = \rho g y + \rho a x$.

Рассмотрим давление в точке А:

$$P_{A_{\text{прав}}} = \rho g h_2 - \rho a h_2 \sin \alpha \quad (\text{давление правого плеча})$$

$$P_{A_{\text{лев}}} = \rho g h_1 + \rho a h_1 \sin \alpha \quad (\text{давление левого плеча})$$

В равновесии: $P_{\text{прав}} = P_{\text{лев}}$

$$\rho g h_2 - \rho a h_2 \sin \alpha = \rho g h_1 + \rho a h_1 \sin \alpha$$

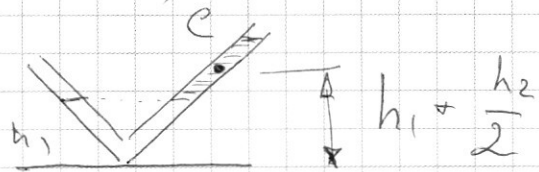
$$g(h_2 - h_1) = a(h_2 + h_1) \cdot \text{ctg} \alpha$$

$$a = \frac{h_2 - h_1}{(h_2 + h_1) \cdot \text{ctg} \alpha} \cdot g$$

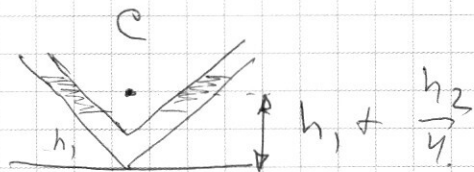
$$a = \frac{12 \text{ м} - 8 \text{ см}}{(12 \text{ м} + 8 \text{ см}) \cdot 1} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 2 \text{ м/с}^2$$

2)

Сразу после "чрезвычайного" ускорения



Ясно, что ~~уровень~~
вода после исчезновения
ускорения начнет перетекать
из правого в левое ~~колесо~~
колесо.



В момент максимальной скорости

П.к. трения нет:

$$E_k = -\Delta E_p \quad \text{— закон сохранения пот. энергии.}$$

При вычислении ΔE_p можно не учитывать ~~нез~~ воду до h_1 .

$$\text{Тогда: } \Delta E_p = E_{p2} - E_{p1}$$

$$E_{p2} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} m_0 \cdot \left(h_1 + \frac{h_2}{2}\right) g; \quad E_{p1} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} m_0 \left(h_1 + \frac{h_2}{4}\right) g$$

(m_0 — масса всей воды)

$$-\Delta E_p = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} \cdot m_0 \cdot \frac{h_2}{4} g = E_k = \frac{m_0 v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{1}{2} \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} h_2 g}; \quad v = \sqrt{\frac{4 \text{ м}}{2 \cdot 20 \text{ см}} \cdot 12 \cdot 10 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2}$$

$$\cancel{v=12} \quad v=0,35 \text{ м/с}$$

Ответ: $v = 0,35 \text{ м/с}$; $a = 2 \text{ м/с}^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams for a physics problem.

Diagram 1: A vector diagram showing a velocity vector v_0 at an angle of 60° to the horizontal. The horizontal component is $v_0 \cos 60^\circ$ and the vertical component is $v_0 \sin 60^\circ$. A right-angled triangle is formed with the hypotenuse v_0 and the angle 60° .

Diagram 2: A vector diagram showing a velocity vector v_y at an angle of 60° to the horizontal. The horizontal component is $v_y \cos 60^\circ$ and the vertical component is $v_y \sin 60^\circ$. A right-angled triangle is formed with the hypotenuse v_y and the angle 60° .

Calculations:

1) $v_y = \sqrt{6,25 v_0^2 - 3,25 v_0^2}$
 $v_y = \sqrt{3} v_0 = 1,45 v_0 = 19,6$

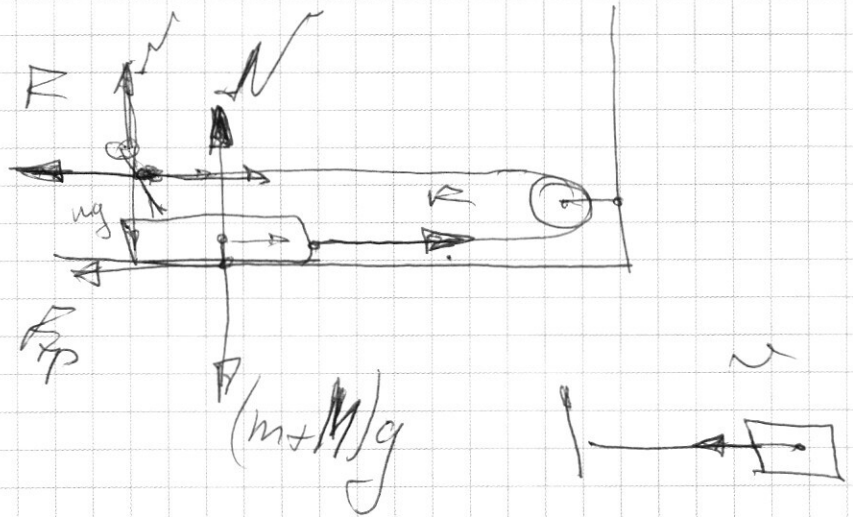
2) $t = \frac{v_y - v_0 \sin 60^\circ}{g}$
 $t = \frac{1,45 v_0 - 0,833 v_0}{10}$
 $t = \frac{0,617 v_0}{10} = 1,3 \text{ c}$

3) $S = v_0 \cos 60^\circ \cdot t$
 $S = 8 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,3 = 5,2 \text{ м}$

Arithmetic Calculations:

Vertical calculations on the left side of the page show the calculation of v_y and t using the Pythagorean theorem and the formula for time.

Horizontal calculations on the right side of the page show the calculation of S using the formula for distance.



$$N = (m+M)g \quad 6 \text{ mg}$$

$$F_{\text{тр}} \leq \mu N = \mu(m+M)g \quad 6 \text{ mg}$$

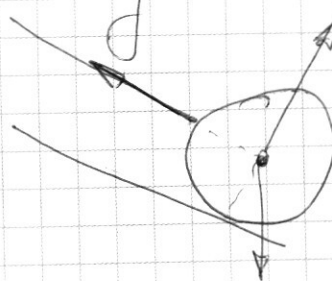
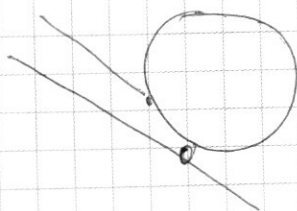
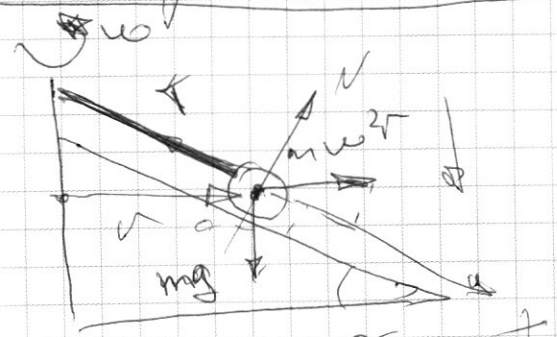
При движении: $F_{\text{тр}} = \mu(m+M)g$

По 2-й и 3-й законам Ньютона: $F - \mu(m+M)g = a$
 $v = \sqrt{2a \cdot S}$; $v = \sqrt{2(F - \mu(m+M)g) \cdot S}$
 $v = \sqrt{2(R - 6 \text{ mg}) \cdot S}$

1) Ox' . $T = mg \cdot \sin \alpha$

2) $T = mg \sin \alpha + m \omega^2 r$

$r = (L+R) \cdot \cos \alpha \Rightarrow T = mg \sin \alpha + m \omega^2 (L+R) \cos \alpha$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Diagram 1: A V-shaped container with a 45-degree angle. The water levels are h_1 and h_2 . The horizontal distance between the water surfaces is a . The angle of the container is 45° .

Diagram 2: A vector diagram showing the forces acting on the water surface. The forces are g (gravity) and a (acceleration). The angle between them is α .

Equation 1: $g \sin \alpha = a$

Equation 2: $a = \frac{h_2 - h_1}{(h_1 + h_2) \cdot \cot \alpha}$

Equation 3: $a = \frac{4}{20} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 2 \text{ м/с}^2$

Equation 4: $g(h_2 - h_1) = g(h_2 + h_1) \sin \alpha$

Equation 5: $a = \frac{h_2 - h_1}{(h_2 + h_1) \cdot \cot \alpha} \cdot g$

Equation 6: $E_{p0} = \rho \cdot S \cdot (h_2 - h_1) \cdot (h_1 + \frac{h_2}{2}) = m \cdot (h_1 + \frac{h_2}{2}) \cdot \frac{h_2 - h_1}{2} \cdot g$

Equation 7: $E_{pk} = m \cdot (h_1 + \frac{h_2}{2}) \cdot g \Rightarrow E_k = \frac{m \cdot (h_2 - h_1)}{2} \cdot \frac{h_2 + h_1}{2} \cdot g$

Equation 8: $v = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{(h_2 - h_1) \cdot (h_2 + h_1)}{h_1 + h_2} \cdot g}$

Final answer: $v \approx 3,5 \text{ м/с}$

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

$$\begin{array}{r} 12742 \\ 4 \\ \hline 49968 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12742 \\ 5 \\ \hline 63710 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831/3 \\ -6 \\ \hline 23 \end{array}$$

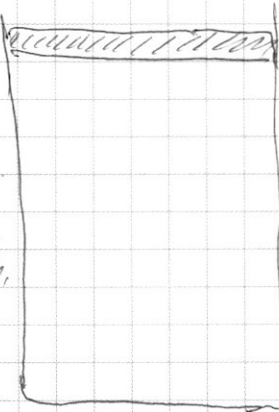
$$\begin{array}{r} 21 \\ -21 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1800 \\ 571 \\ \hline 6375 \\ 12742 \end{array}$$

$$T = 95^\circ\text{C}$$

$$P = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\begin{array}{r} 6375 \\ 2 \\ \hline 12750 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 3 \\ 2 \\ 85 \\ 75 \\ \hline 425 \\ 595 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 277 \\ 46 \\ \hline 1662 \end{array}$$

$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{\rho RT}{M} \Rightarrow \rho = \frac{pM}{RT}$$

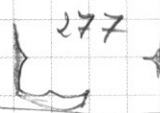
$$6375$$

$$12742$$

$$\begin{array}{r} 6375 \\ 49968 \\ \hline 14782 \end{array}$$

$$\rho = \frac{pM}{RT} = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{8,31 \cdot 368} = 0,54 \text{ кг/м}^3$$

$$\begin{array}{r} 15 \cdot 3705 \\ 85 \cdot 75 \\ \hline 277,46 \end{array} \approx 95$$



$$92$$

$$46$$

$$\begin{array}{r} 63750 \\ 63710 \\ \hline 40 \end{array}$$

$$m_0 = \rho \cdot V$$

$$\Rightarrow \Delta m = \rho \cdot V \left(\frac{1}{1 - \beta^2} - 1 \right) \approx \rho \cdot V \beta^2$$

$$m = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \rho V$$

$$\beta = \frac{v}{c} = \frac{p}{P_0} \cdot V \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 2 \\ 3,7 \\ 5,4 \\ \hline 2 \\ 3,7 \\ \hline 185 \\ 1998 \end{array}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{\frac{P_0}{P} \sqrt{1 - \beta^2}} = \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma - 1}}$$

$$\begin{array}{r} 200 \\ 78 \\ \hline 150 \end{array}$$

$$\frac{V}{V_0} = 200 \frac{1}{3,7} = 10,54$$

$$\begin{array}{r} 200 \\ 185 \\ \hline 150 \\ -148 \\ \hline 2 \end{array}$$

$$0,54 \cdot 2 \quad 3,7 \cdot 0,54 = 2$$