Часть 1

Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

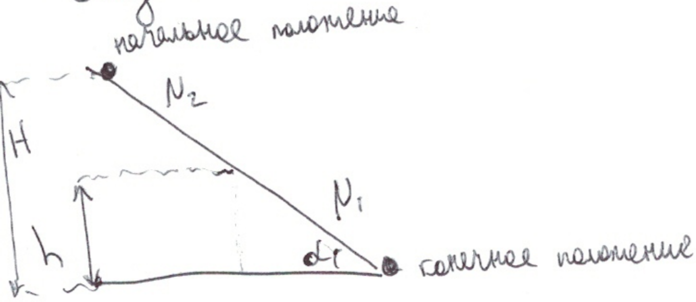
Шифр: **21205745**

ID профиля: **381901**

Вариант 3

Чистовик (1)

Задача 2



Найдём высоту H, с которой съехала коробка.

Рассмотрим коробку, скатывающуюся по участку с коэффициентом трения μ_2:

m – масса коробки

Запишем 2 закон Ньютона в проекции на ось y:

$0 = N - mg\cos\alpha \Rightarrow N = mg\cos\alpha$

Через N можно выразить $F_{тр2}$: $F_{тр2} = \mu_2 \cos\alpha\, mg$.

Аналогично на участке с коэф. трения μ_1 сила трения постоянна и равна $F_{тр1} = \mu_1 \cos\alpha\, mg$

Запишем теорему о кинетической энергии для начального и конечного положений коробки:

$$\Delta E_k = 0 = A_{тяж} + A_{тр1} + A_{тр2} = mgH - \mu_1 \cos\alpha\, mg \cdot \frac{h}{\sin\alpha} - \mu_2 \cos\alpha\, mg \cdot \frac{H-h}{\sin\alpha}$$

$$0 = H - \mu_1 \operatorname{ctg}\alpha\, h - \mu_2 \operatorname{ctg}\alpha (H - h)$$

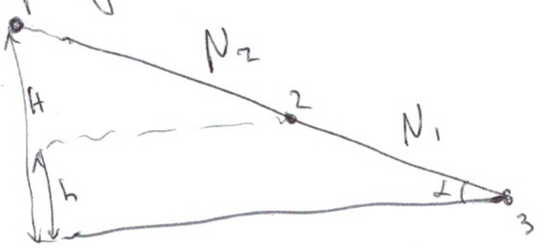
Отсюда:

$$H - \mu_2 \operatorname{ctg}\alpha\, H = \mu_1 \operatorname{ctg}\alpha\, h - \mu_2 \operatorname{ctg}\alpha\, h$$

$$H = \frac{\operatorname{ctg}\alpha\, h(\mu_1 - \mu_2)}{1 - \mu_2 \operatorname{ctg}\alpha} = \frac{\operatorname{ctg}30^\circ \cdot 2 \cdot (0{,}81 - 0{,}11)}{1 - 0{,}11 \cdot \operatorname{ctg}30^\circ} = 3\text{ м}$$

Чистовик 2

Задача 2



Запишем закон сохранения энергии для положений коробки 1 и 2:

$$mg(H-h) + A_{тр2} = \frac{m v^2}{2}$$

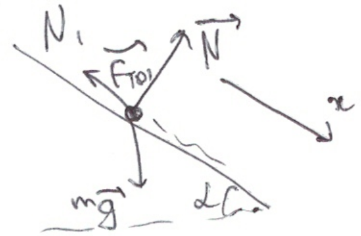
, где v — скорость коробки в положении 2.

$$mg(H-h) - \mu_2 \cos\alpha \, mg \cdot \frac{(H-h)}{\sin\alpha} = \frac{m v^2}{2}$$

$$2g(H-h) - 2\mu_2 \operatorname{ctg}\alpha \, g(H-h) = v^2$$

$$v = \sqrt{2g(H-h)(1-\mu_2 \operatorname{ctg}\alpha)} = \sqrt{2\cdot 10(3-2)(1-0{,}11\cdot \operatorname{ctg}30^\circ)} = 16{,}19 \ \frac{м}{с}$$

Найдём ускорение коробки на участке 2—3:



2 закон Ньютона для коробки на ось x:

$$ma_x = mg\sin\alpha - F_{тр1} = mg\sin\alpha - \mu_1 \cos\alpha \, mg.$$

$$a_x = g\sin\alpha - \mu_1 \cos\alpha \, g$$

$a_x = 10 \cdot \sin 30^\circ - 0{,}81 \cdot \cos 30^\circ \cdot 10 = -2 \ \frac{м}{с^2}$, т.е. коробка тормозит (на участке μ_2 коробка разгонялась, т.к. набрала скорость)

Для участка торможения запишем:

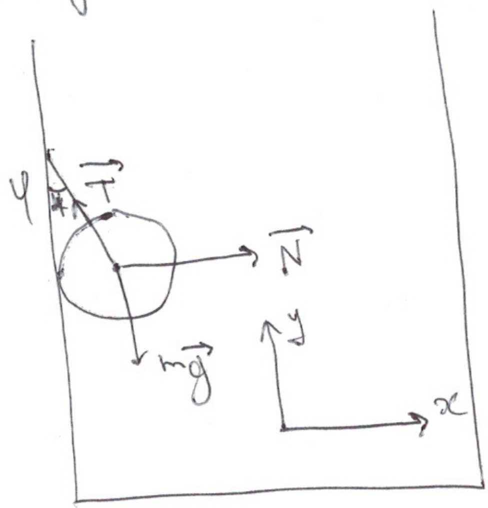
$$0 - v = a_x T$$

$$T = -\frac{v}{a_x} = -\frac{16{,}19}{-2} = 8{,}1 \ с$$

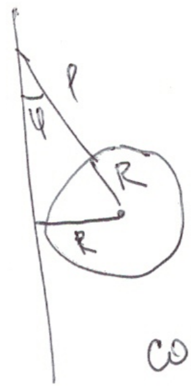
Ответ: 1) 8,1 с   2) $H = \frac{\operatorname{ctg}\alpha \, h(\mu_1 - \mu_2)}{1-\mu_2 \operatorname{ctg}\alpha} = 3$ м

Чистовик 3

Задача 3



Найдём угол φ между нитью и стенкой цилиндра:



$$\sin\varphi = \frac{R}{R+l} = \frac{5}{5+15} = \frac{5}{20} = \frac{1}{4}$$

$$\cos^2\varphi + \sin^2\varphi = 1$$

Отсюда $\cos\varphi = \sqrt{1-\sin^2\varphi} = \sqrt{1-\left(\frac{1}{4}\right)^2} = \sqrt{1-\frac{1}{16}} = \sqrt{\frac{15}{16}} = \frac{\sqrt{15}}{4} \approx 0{,}968$

2 закон Ньютона для шара:

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

на ось x: $0 = N - \sin\varphi\, T \Rightarrow \sin\varphi\, T = N$ (1)

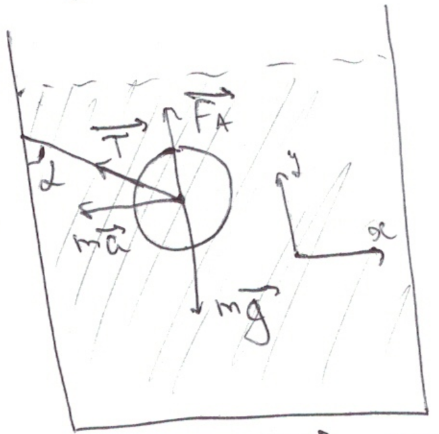
на ось y: $0 = \cos\varphi\, T - mg \Rightarrow \cos\varphi\, T = mg$. (2)

Из (1) и (2): $\frac{N}{mg} = \operatorname{tg}\varphi$

$$N = \operatorname{tg}\varphi\, mg = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} mg = \frac{0{,}25}{0{,}968} \cdot 0{,}8 \cdot 10 = 2{,}07\ \text{Н}.$$

Чистовик (4)

Задача 3



Когда сосуд заполнен водой и вращается, на шар действуют сила тяжести, сила Архимеда и сила натяжения нити (не равная силе натяжения нити, когда шарик покоился у стенки).

Второй закон Ньютона для шарика:

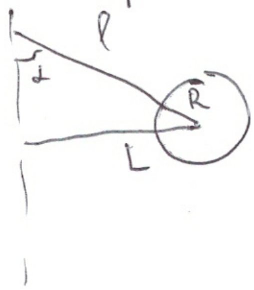
$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F_A} + \vec{T}$

на ось y: $0 = F_A - mg + T\cos\alpha$ (3)

$mg = F_A + T\cos\alpha$; $F_A = \rho_в g \cdot V_{шара} = \rho_в g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$

на ось x: $-ma = -T\sin\alpha \Rightarrow ma = \sin\alpha T$.

$a = \omega^2 L$, где L - расстояние от центра масс шарика до стенки (оси вращения)



$$\sin\alpha = \frac{L}{l+R}$$

$$L = \sin\alpha(l+R)$$

тогда $ma = m\omega^2 \cancel{\sin\alpha}(l+R) = \cancel{\sin\alpha}T$

$T = m\omega^2(l+R)$

подставим это в (3):

$mg = \frac{4}{3}\pi\rho_в g R^3 + \cos\alpha \cdot m\omega^2(l+R)$

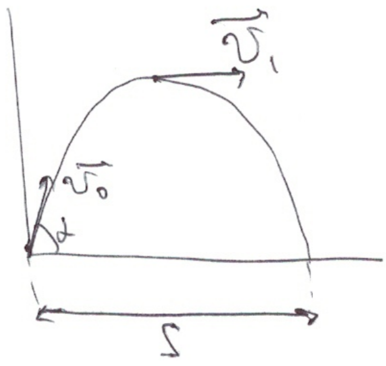
$$\cos\alpha = \frac{mg - \frac{4}{3}\pi\rho_в g R^3}{m\omega^2(l+R)} = \frac{0{,}8\cdot 10 - \frac{4}{3}\cdot 3{,}14\cdot 1000\cdot 10\cdot 0{,}05^3}{0{,}8\cdot 10^2\cdot(0{,}15+0{,}05)} =$$

$= 0{,}173$

Ответ: 1) $N = 2{,}07$ Н 2) $\cos\alpha = 0{,}173$.

Чистовик (5)

Задача 1



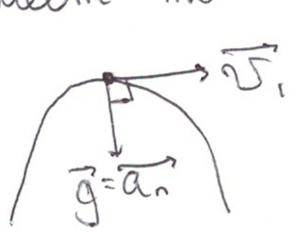
Выразим S через v_0 и α:

$$S = \frac{2\sin\alpha\cos\alpha\, v_0^2}{g} = \frac{\sin 2\alpha\, v_0^2}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gS}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10\cdot 17}{\sin(2\cdot 60^\circ)}} =$$

$= 13{,}85\ \frac{м}{с}$

Найдём скорость камня в верхней точке траектории. В ней вертикальная составляющая скорости равна 0. Следовательно, скорость равна своей горизонтальной составляющей, т.е. $v_1 = \cos\alpha\, v_0 = \cos 60\cdot 13{,}85 = 6{,}925\ \frac{м}{с}$. Когда камень находится в верхней точке траектории, он имеет только нормальную составляющую ускорения, равную $\vec{g}$.



Можно записать: $a_n = g = \frac{v_1^2}{R_{кр}}$, где $R_{кр}$ — радиус кривизны траектории в верхней точке.

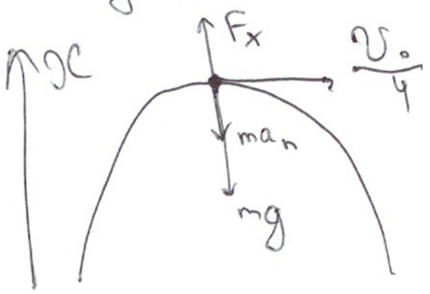
Рассмотрим самолёт, пролетающий по этой же траектории через верхнюю точку. Радиус кривизны зависит только от траектории, следовательно, он не поменялся и равен

$$R_{кр} = \frac{v_1^2}{g}$$

Сила сопротивления воздуха, которая действует на самолёт, направлена против его скорости в этот момент, т.е. не имеет вертикальной составляющей.

Чистовик (6)

Задача 1



Запишем 2 закон Ньютона для самолёта в верхней точке в проекциях на ось x:

$$-ma_n = F_x - mg$$

$$ma_n = mg - F_x$$

$$a_n = \frac{\left(\frac{v_0}{4}\right)^2}{R_{кр}} = \frac{v_0^2}{16 R_{кр}} = \frac{v_0^2 g}{16 v_1^2} = \frac{v_0^2 g}{16 \cdot (\cos\alpha \, v_0)^2} = \frac{g}{16\cos^2\alpha}$$

$$F_x = m(g - a_n) = m\left(g - \frac{g}{16\cos^2\alpha}\right) = 1 \cdot \left(10 - \frac{10}{16 \cdot (\cos 60)^2}\right) =$$

$= 7{,}5$ Н.

Ответ: 1) $v_0 = \sqrt{\frac{gS}{\sin 2\alpha}} = 13{,}85$ $\frac{м}{с}$

2) $F_x = m\left(g - \frac{g}{16\cos^2\alpha}\right) = 7{,}5$ Н, направлена вверх.

черновик

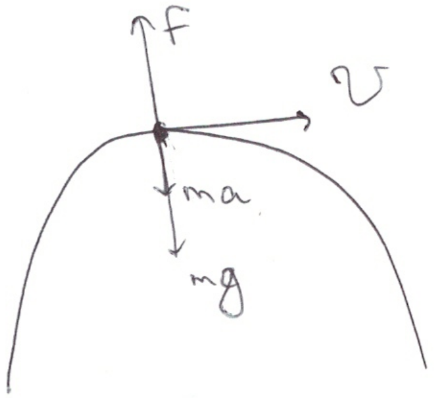
$v_x = v_0 \cos\alpha$

$g t_\uparrow = v_0 \sin\alpha \qquad t_{общее} = \frac{2 v_0 \sin\alpha}{g}$.

g g

$S = v_x t_{общее} = \frac{2 v_0^2 \sin\alpha \cos\alpha}{g}$

g g g g g g g



g g g g $a = \frac{v^2}{R_{кр}} = \frac{v^2}{v_0^2} g$.

$g = \frac{v_0^2}{R_{кр}}$

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 10 класс (2 часть)**

Шифр: **21205745**

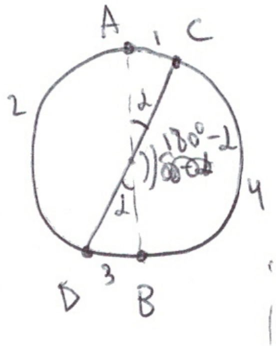
ID профиля: **381901**

Вариант 3

~~Задача~~ Чистовик (1)

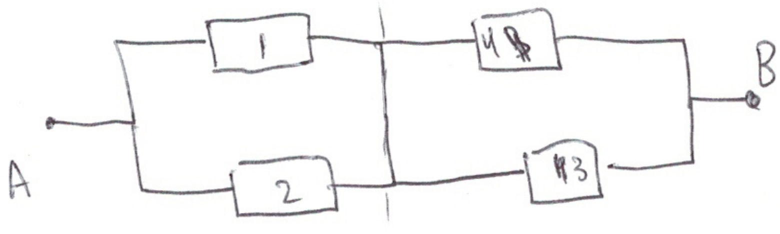
Задача 5

1)



Обозначим точки пересечения проволоки и перемычки за C и D и пронумеруем участки проволоки AC, CB, BD и DA числами, как показано на рисунке.

Перерисуем схему:



Здесь сопротивления 1−4 — это соответствующие участки проволоки.

Сопротивление кольца равно R, тогда сопротивление дуги углом α на этом кольце равно $\frac{\alpha}{360^\circ}R$. (т.к. длина кольца и дуги соотносятся как $\alpha : 360^\circ$.)

Тогда $R_1 = R_3 = \frac{\alpha}{360^\circ}R$, а $R_2 = R_4 = \frac{180^\circ - \alpha}{360^\circ}R$

В силу симметрии схемы на R_1 и R_2, а также R_3 и R_4 падает одинаковое напряжение, равное $\frac{1}{2}U$.

Рассчитаем мощности, которые выделяются на R_{1-4}:

$$P_1 = P_3 = \frac{\left(\frac{1}{2}U\right)^2}{\frac{\alpha}{360^\circ}R} = \frac{360^\circ \cdot U^2}{4\alpha R}$$

$$P_2 = P_4 = \frac{\left(\frac{1}{2}U\right)^2}{\frac{180^\circ-\alpha}{360^\circ}R} = \frac{360^\circ \cdot U^2}{4(180^\circ - \alpha)R}$$

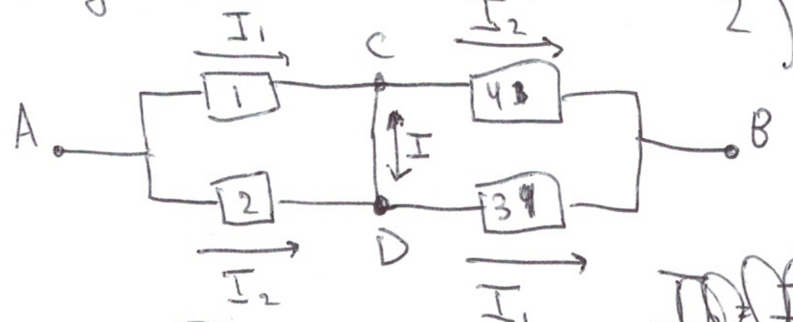
Суммарная мощность P равна:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = \frac{360^\circ \cdot U^2}{2\alpha R} + \frac{360^\circ \cdot U^2}{2(180^\circ - \alpha)R} = \frac{360^\circ U^2}{2R}\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{180^\circ - \alpha}\right) =$$

$$= \frac{360 \cdot 6^2}{2 \cdot 24}\left(\frac{1}{30} + \frac{1}{180-30}\right) = 270 \cdot \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{180-30}\right) = 270 \cdot 0{,}04 = 10{,}8 \text{ Вт}.$$

Чистовик (2)

Задача 5



2) По I закону Кирхгофа для узла D:

$$I_1 = I + I_2$$

Если перемычка делит полукольца в отношении n, то $R_1 = \frac{1}{n+1}\cdot\frac{1}{2}R$, а $R_2 = \frac{n}{n+1}\cdot\frac{1}{2}R$.
(т.к. $R_1/R_2 = n$, а $R_1 + R_2 = \frac{1}{2}R$).

$$I_2 = \frac{\frac{1}{2}U}{R_2} = \frac{\frac{1}{2}U}{\frac{n}{n+1}\cdot\frac{1}{2}R} = \frac{(n+1)U}{nR}; \quad I_1 = \frac{\frac{1}{2}U}{R_1} = \frac{\frac{1}{2}U}{\frac{1}{n+1}\cdot\frac{1}{2}R} = \frac{(n+1)U}{R}$$

$$I = I_1 - I_2 = \frac{(n+1)U}{R} - \frac{(n+1)U}{nR} = \frac{U}{R}\left(\frac{(n+1)\cdot n - (n+1)}{n}\right)$$

$$I = \frac{U}{R}\cdot\frac{n^2+n-n-1}{n} = \frac{U}{R}\cdot\frac{n^2-1}{n}$$

$$\frac{IR}{U}n = n^2 - 1 \Rightarrow n^2 - \frac{IR}{U}n - 1 = 0$$

$$n = \frac{\frac{IR}{U} \pm \sqrt{\frac{I^2R^2}{U^2}+4}}{2}$$

берём корень с плюсом, т.к. корень с минусом меньше 0.

$$n = \frac{\frac{IR}{U} + \sqrt{\frac{I^2R^2}{U^2}+4}}{2} = \frac{\frac{2\cdot 24}{3\cdot 6} + \sqrt{\frac{2^2\cdot 24^2}{3^2\cdot 6^2}+4}}{2} =$$

$$= \frac{\frac{8}{3} + \sqrt{\left(\frac{8}{3}\right)^2+4}}{2} = \frac{\frac{8}{3}+\frac{10}{3}}{2} = \frac{4}{3}+\frac{5}{3} = \frac{9}{3} = 3$$

Чистовик 3

Задача 5

3) Найдём угол α между перемычкой и AB в этом случае:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{180° - \alpha}{\alpha} = n \Rightarrow 180° - \alpha = n\alpha$$
$$180° = (n+1)\alpha$$

$$\alpha = \frac{180°}{n+1} = \frac{180°}{3+1} = \frac{180°}{4} = 45°.$$

Рассчитаем мощность по формуле, выведенной в первом пункте:

$$P_2 = \frac{360° \cdot U^2}{2R}\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{180° - \alpha}\right) =$$

$$= \frac{360° \cdot 6^2}{2 \cdot 24} \cdot \left(\frac{1}{45} + \frac{1}{180-45}\right) = 270 \cdot \left(\frac{1}{45} + \frac{1}{180-45}\right) =$$

$270 \cdot 0{,}0296 = 7{,}99$ Вт ≈ 8 Вт

Ответ: 1) $P = \frac{360° \cdot U^2}{2R}\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{180° - \alpha}\right) = 10{,}8$ Вт

2) $n = \dfrac{\frac{IR}{U} + \sqrt{\frac{I^2R^2}{U^2} + 4}}{2} = 3$

3) $P_2 = 8$ Вт

Чистовик (4)

Задача 4

1) Запишем уравнение теплового баланса для воды для начального момента и момента начала кипения:

$$c_в m(t_{100} - t_0) = Q_1$$

$$Q_1 = c_в m(t_{100} - t_0) = 4180 \cdot 0{,}0055 \cdot (100 - 0) =$$
$$= 2299 \text{ Дж}$$

2) предположим, что не вся вода ~~испар~~ выкипела. Тогда выкипела масса воды, равная $\frac{Q_2}{r}$

$$\frac{Q_2}{r} = \frac{17430}{2{,}26 \cdot 10^6} = 7{,}712 > m$$ такого быть не может.

Значит, выкипела вся вода. ~~Затем водяной пар дополнительно нагрелся на Δt.~~

~~Уравнение теплового баланса для этого процесса. $rm + c_p m \Delta t = Q_2$ (тепло подводится медленно, поэтому давление в цилиндре остаётся постоянным).~~

~~$$\Delta t = \frac{Q_2 - rm}{c_p m} = \frac{17430 - 2{,}26 \cdot 10^6 \cdot 0{,}0055}{2200 \cdot 0{,}0055} = \frac{6130}{2200 \cdot 0{,}0055} = \frac{6130}{12{,}1} = 506{,}6 \text{ К}.$$~~

~~Будем считать, что в цилиндре почти нет воздуха, и всё давление внутри создаёт водяной пар. (в условии задачи не указано количество воздуха внутри сосуда). Тогда перед подачей тепла поршень находится почти у дна цилиндра, т.к. внутри почти нет воздуха.~~

~~ххх~~ Чистовик 5

Задача 4

I закон термодинамики для системы внутри цилиндра:

~~$c_p m \Delta t + Q_0$~~

$\Delta U + A = Q_2$

~~$rm + c_p m \Delta t + p_0 HS = Q_2$~~

$$rm + \frac{Q_2 - rm}{c_p m} + p_0 HS = Q_2$$

$$H = \frac{Q_2 - rm - \frac{Q_2 - rm}{c_p m}}{p_0 S} = \frac{5623}{10^5 \cdot 0{,}05} = 1{,}12 \text{ м}$$

Ответ: 1) 2299 Дж

2) 1,12 м

черновик

$$\frac{64}{9} + \frac{9 \cdot 4}{9} = \frac{64+36}{9} = \frac{100}{9}$$

$$p_{воздуха} = \frac{\nu_{воздуха} RT}{V}$$

p 400 моль

μ

$\mu \quad \mu \quad \mu \quad \mu \quad \mu mg \qquad \nu = \frac{10^5 \cdot 1}{8{,}31 \cdot 300}$

$\nu_{воздуха}$. $\frac{Q}{c_p m}$

$p_0 V = \nu_в R T_0$

$p_п (V + \Delta V) = \nu_{пара} R T_к$

$p_в (V + \Delta V) = \nu_в R T_к$

$p_0 (V + \Delta V) = (\nu_в + \nu_{пара}) R T_к$

$p \Delta V =$

$p_0 \Delta V = (\nu_в + \nu_п) R T_к$.

$\frac{m}{\rho_в S} = \frac{0{,}0055}{1000}$.

$p_0 V = \nu_в R T_к$.