Часть 1

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

Шифр: **21206603**

ID профиля: **300482**

Вариант 2

Чистовик

№1.

t_1 – ?; $\frac{t_1}{t_2}$ – ?; h_c – ?

v_0

g

$h_m = \frac{v_0^2}{2g}$ – макс. высота полёта I-го

$t_H = \frac{v_0}{g}$ – время полёта до макс. высоты.

В точке макс. высоты скорость равна нулю.

Перейдём в СО первого мяча. В этой СО II-й мяч приближается к нам с постоянной по модулю и направлению скоростью v_0, а расстояние, на которое необходимо сблизиться до столкновения, равно h_m. Тогда, $t_1 = t_H + \frac{h_m}{v_0} = \frac{3v_0}{2g}$

Также очевидно, что $t_2 = \frac{h_m}{v_0} = \frac{v_0}{2g}$, тогда $\frac{t_1}{t_2} = 3$.

Поскольку мы перешли в подвижную СО, то $\vec{S_a} = \vec{S_{отн}} + \vec{S_{пер}}$, т.е. в проекциях на вертикальную ось, направленную вертикально вверх, для второго мяча имеем: $h_c = v_0 t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$ – система отсчёта двигалась с ускорением g без нач. скор.

$$h_c = v_0 t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = h_m - \frac{g h_m^2}{2 v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g}$$

Ответ: $t_1 = \frac{3v_0}{2g}$; $\frac{t_1}{t_2} = 3$; $h_c = \frac{3v_0^2}{8g}$

Шестовик

№2

N_1 – ?; N_2 – ?

ω

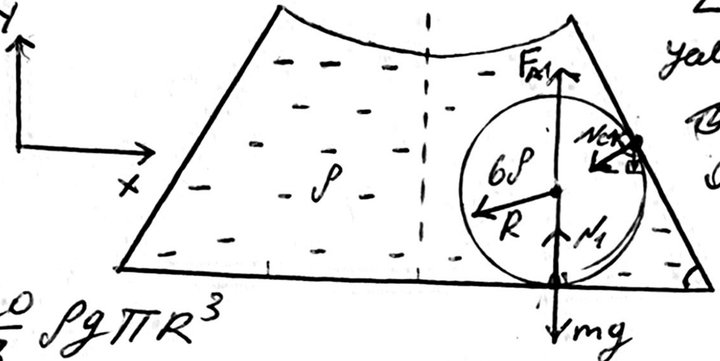
ρ

α

$tg\alpha = \frac{3}{2}$

g

1) Сосуд не вращается:



$\sum \vec{F} = 0$

усл. равновес. для шара:

~~OX: N~~

OX: $N_{c1} \sin\alpha = 0 \Rightarrow N_{c1} = 0$

OY: $F_{A1} + N_1 = mg$

$F_{A1} = \rho g V$; $m = 6\rho V$

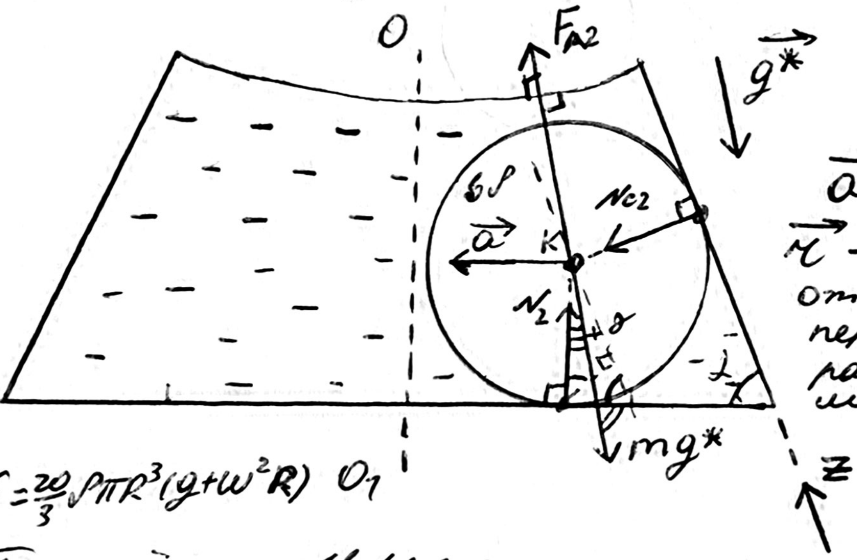
$N_1 = mg - F_A = 5\rho g V$;

$V = \frac{4}{3}\pi R^3$

$N_1 = \frac{20}{3}\rho g \pi R^3$

Ответ: $N_1 = \frac{20}{3}\rho\pi R^3 g$; $N_2 = \frac{20}{3}\rho\pi R^3(g + \omega^2 R)$

2) Сосуд вращается:



$\vec{g^*} = \vec{g} - \vec{a}$

$\vec{a} = \omega^2 \vec{r}$

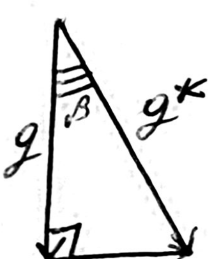
$\vec{r}$ – вектор, направленный от центра шара к OO_1 перпендикулярно ей. По модулю равен расстоянию от центра шара до OO_1. $r = 1{,}5R$

$a = 1{,}5\omega^2 R$.

2

$N_2 = \frac{20}{3}\rho\pi R^3(g + \omega^2 R)$

Перейдём в НеИСО шара. Чтобы записать условие равновесия в данной СО требуется делать поправку на ускорение самой СО и рассчитывать эффективное ускорение свободного падения $\vec{g^*} = \vec{g} - \vec{a}$, где $\vec{a}$ – ускорение СО, в которую осуществляется переход; g – обычное ускорение свободного падения.



$g^* = \sqrt{g^2 + a^2} = \sqrt{g + 1{,}5\omega^2 R}$; $\gamma = 90 - \alpha - \beta$; $tg\beta = \frac{a}{g}$; $\cos\beta = \frac{g}{g^*}$; $\sin\beta = \frac{a}{g^*}$

усл. равновес для шара: $\sum \vec{F} = 0$; OZ: $N_2 \sin\alpha + (F_{A2} - mg^*)\cos\gamma = 0$

$F_{A2} = \rho g^* V$; $N_2 \sin\alpha = 5\rho g^* V \sin(\alpha + \beta) = 5\rho g^* V(\sin\alpha\cos\beta + \sin\beta\cos\alpha)$

$\Leftrightarrow N_2 = 5\rho g^* V\left(\cos\beta + \frac{\sin\beta}{tg\alpha}\right) = 5\rho g^* V\left(\frac{3g}{3g^*} + \frac{2a}{3g^*}\right) = \frac{5}{3}\rho V(3g + 2a) \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow N_2 = \frac{5}{3}\rho V(3g + 3\omega^2 R) = 5\rho V(g + \omega^2 R) = \frac{20}{3}\rho\pi R^3(g + \omega^2 R)$

Шитовик

№3

P_0 - ?; m - ?

$T = 81^\circ C$
$n = 7$
$V = 1{,}7$ л
$K = 3{,}6$
$P_н = 0{,}5\cdot10^5$ Па
$R = 8{,}31 \frac{Дж}{К\cdot моль}$
$\mu = 18 \frac{г}{моль}$

$P_0 n V = \frac{m}{\mu} RT$ - уравнение сост. пара в нач.

Не трудно заметить, что пар начнёт конденсироваться, т.е. станет насыщенным, ($n \neq K$).

$P_н = K P_0 \Leftrightarrow P_0 = \frac{P_н}{K} = 13889$ Па

$$\frac{P_н}{K} nV = \frac{m}{\mu} RT \Leftrightarrow m = \frac{\mu P_н n V}{KRT} = \frac{18\frac{г}{моль}\cdot 0{,}5\cdot10^5 Па\cdot 7\cdot 1{,}7\cdot10^{-3} м^3}{3{,}6\cdot 8{,}31\frac{Дж}{К\cdot моль}\cdot(81+273)К}$$

$$= \frac{9\frac{г}{моль}\cdot 7\cdot10^2\cdot 1{,}7 Па\cdot м^3}{3{,}6\cdot 8{,}31\frac{Дж}{К\cdot моль}\cdot 354К} = \frac{10710{,}000}{10590{,}264} г = 1{,}01 г$$

Ответ: $P_0 = \frac{P_н}{K} = 13889$ Па; $m = \frac{\mu P_н n V}{KRT} = 1{,}01$ г

3

$$P_0 n V = \frac{m_0}{\mu} R T$$

$$k P_0 = P_н$$

$$P_0 = \frac{P_н}{k} = 73889 \text{ Па}$$

$$\frac{P_н}{k} \cdot n V = \frac{m_0}{\mu} R T$$

$$\frac{\cancel{g}}{2}\cdot\frac{v_0^2}{4g}=\frac{v_0^2}{8}$$

абс. влажность

$$P_0 nV=(\nu_0+\nu_c)RT$$

P_1 V.

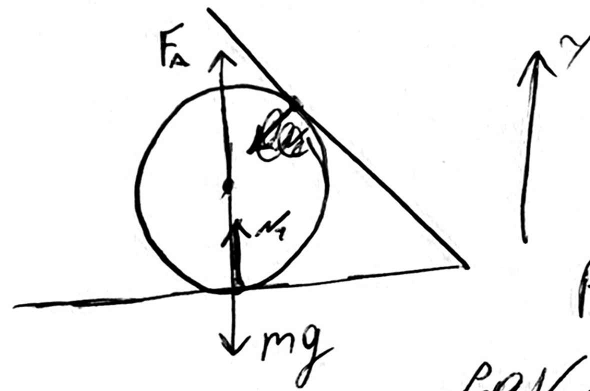
$$kP_0=P_H+P_1$$

$$P_1V=\nu_cRT$$

$$P_0nV=\nu_0RT+P_1V.$$

$N_c=0$

$$kP_0=P_H+P_0n-\frac{\nu_0RT}{V}$$



$$\frac{v_0^2}{4g}\cdot\frac{\cancel{g}}{2}=\frac{v_0^2}{8}$$

$$F_A+N_1-mg=0$$

$$\rho gV+N_1-6\rho gV=0.$$

$$5\rho gV=N_1$$

$$5\rho g\frac{4}{3}\pi R^3=\frac{20}{3}\rho g\pi R^3$$

$$\frac{4v_0^2}{8g}-\frac{v_0^2}{8g}$$

$$\frac{3v_0^2}{8g}$$

$$\rho g^*V\cdot 6\rho g^*V.$$

$$5\rho g^*V\cos\alpha$$

~~Черновик~~

№3

P_0 - ?, m_0 - ?

$T = 81^\circ C$

$n = 7$

$V = 1{,}7$ л

$K = 3{,}6$

$P_н = \frac{1}{2} \cdot 10^5$ Па

$\mu = 18 \frac{г}{моль}$

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{К \cdot моль}$

$P_0 nV = (\frac{m_0}{\mu} + \nu_c) RT$ - уравнение состояния данного идеального газа в начале с учётом з-на Дальтона.

Не трудно заметить, что при указанных параметрах пар начнёт конденсироваться, т.е. превратится в насыщенный пар (т.к. $n \neq K$). З-н Дальтона: $KP_0 = P_н + P_1$

Уравн. сост. ид. газа: $P_1 V = \nu_c RT \Rightarrow KP_0 = P_н + \frac{\nu_c RT}{V}$

$\cancel{\nu_c RT}$ $\nu_c RT = P_0 nV - \frac{m_0}{\mu} RT \Rightarrow KP_0 = P_н + nP_0 - \frac{m_0 RT}{\mu V}$

$\Leftrightarrow$

Часть 2

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

Шифр: **21206603**

ID профиля: **300482**

Вариант 2

Человечек

№4

$t_н$-?; $a_к$-?; t_1-?

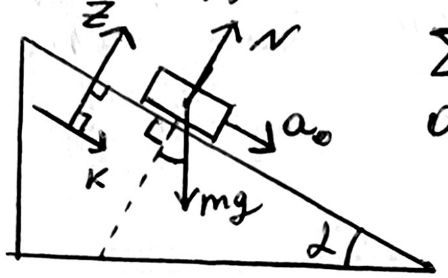
$\cos\alpha = \frac{3}{5}$

$F = mg$

H

g

1) Клин удерживают:



$\sum \vec{F} = m\vec{a_0}$ – II-й з-н Н. в лаб. СО

$OK: a_0 m = mg\sin\alpha$

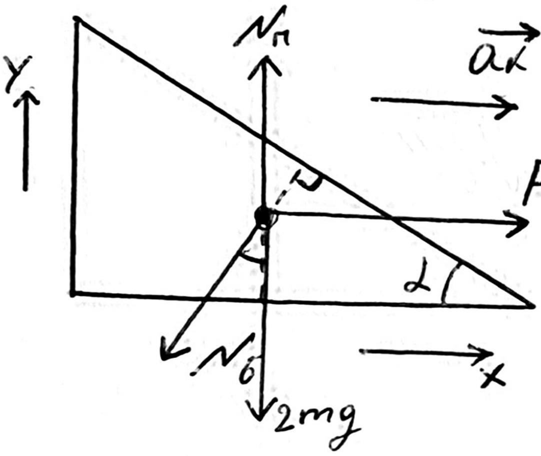
$\Leftrightarrow a_0 = g\sin\alpha$

$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{4}{5}$

длина части → $l = \frac{H}{\sin\alpha} = \frac{5}{4}H$; $t_н = \sqrt{\frac{2l}{a_0}} = \sqrt{\frac{2H}{g\sin^2\alpha}} = \sqrt{\frac{50H}{16g}}$

клина, по которой происходит скатывание.

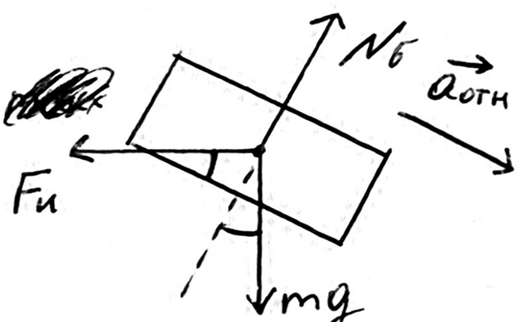
2) На клин действуют силой F:



$\sum \vec{F} = 2m\vec{a_к}$ – II-й з-н Н. в лаб. СО

$OX: F - N_б\sin\alpha = 2ma_{кx}$

Я не утверждаю направление $\vec{a_к}$, а лишь выбираю полож. напр. $a_{кx}$ - проекция $a_к$ на x, если окажется со знаком +, то я угадал, если со знаком −, то не угадал, но $\vec{a_к}$ точно горизонтален.



Перейдём в НеИСО клина, чтобы записать второй закон Ньютона в данной требуется делать поправку в виде $\vec{F_и} = -m\vec{a_к}$.

$\sum \vec{F} = m\vec{a_{отн}}$ – II-й з-н Н. с поправкой на НеИСО.

$a_{отн}$ – ускорение бруска относит. клина.

$OZ: N_б = mg\cos\alpha + F_и\sin\alpha$

$OK: ma_{отн} = mg\sin\alpha - F_и\cos\alpha$

$\Leftrightarrow N_б = mg\cos\alpha + ma_{кx}\sin\alpha$

$ma_{отн} = mg\sin\alpha - ma_{кx}\cos\alpha$

Чистовик

№4. Продолжение.

$\Rightarrow F - N_б \sin\alpha = 2ma_{кx}$

$N_б = mg\cos\alpha + ma_{кx}\sin\alpha \Rightarrow mg - mg\sin\alpha\cos\alpha - ma_{кx}\sin^2\alpha = 2ma_{кx}$

$a_{отн} = g\sin\alpha - a_{кx}\cos\alpha$

$\Leftrightarrow a_{кx}(2+\sin^2\alpha) = g(1-\sin\alpha\cos\alpha) \Leftrightarrow a_{кx} = \frac{1-\sin\alpha\cos\alpha}{2+\sin^2\alpha}g = \frac{13}{66}g$

– Я угадал направление $\vec{a_к}$, оно направлено как на рис.

$a_{отн} = g\sin\alpha - a_{кx}\cos\alpha = \frac{4g}{5} - \frac{13}{110}g = \frac{75}{110}g = \frac{15}{22}g$

$t_1 = \sqrt{\frac{2l}{a_{отн}}} = \sqrt{\frac{2H}{a_{отн}\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{11H}{3g}}$

Ответ: $t_н = \sqrt{\frac{25H}{8g}}$; $a_к = \frac{13}{66}g$; $t_1 = \sqrt{\frac{11H}{3g}}$

Шестовик

№5

$\frac{\Delta T}{T}$ - ?; $\frac{Q}{\Delta U}$ - ?

$\frac{\Delta P}{P} = -0{,}07$

$\frac{\Delta V}{V} = 0{,}02$

$i = 3$

$PV = \nu RT$ — уравн. сост. ид. газа в нач.

$(P+\Delta P)(V+\Delta V) = \nu R(T+\Delta T)$ — уравн. сост. ид. газа в конце

$\Leftrightarrow PV + P\Delta V + \Delta P V + \Delta P \Delta V = \nu RT + \nu R \Delta T \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow P\Delta V + \Delta P V + \Delta P \Delta V = \nu R \Delta T \Leftrightarrow$

(разделим левую часть на PV, а правую на νRT) (т.к. $PV = \nu RT$ это можно сделать)

$$\Leftrightarrow \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta P}{P}\cdot\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta T}{T}$$

$\frac{\Delta P}{P}\cdot\frac{\Delta V}{V} \ll \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P}$, т.к. по усл. $\frac{\Delta P}{P}, \frac{\Delta V}{V}, \frac{\Delta T}{T} \ll 1$

$$\Rightarrow \frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = 0{,}01 \text{ или } 1\%$$

Температура увеличилась на 1%.

$Q = \Delta U + A$ — первое начало термодинамики.

$\frac{Q}{\Delta U} = \frac{\Delta U + A}{\Delta U} = 1 + \frac{A}{\Delta U}$; $A = \int_V^{V+\Delta V} P\,dV \approx \frac{2P+\Delta P}{2}\cdot\Delta V$, т.к.

$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T = \frac{i}{2}(P\Delta V + \Delta P V + \Delta P \Delta V)$ $\Delta P\Delta V \ll P\Delta V + \Delta P V$

$$\frac{Q}{\Delta U} = 1 + \frac{(P+\frac{\Delta P}{2})\Delta V}{\frac{i}{2}(P\Delta V + \Delta P V)} = 1 + \frac{(2P+\Delta P)\Delta V}{i(P\Delta V + \Delta P V)}$$

3

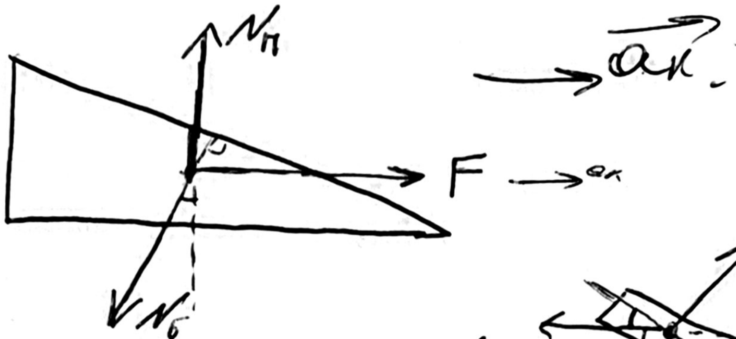
$$= 1 + \frac{(2+\frac{\Delta P}{P})\frac{\Delta V}{V}}{i(\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P})} = 1 + \frac{(2-0{,}07)\cdot 0{,}02}{3(0{,}02-0{,}07)} = 1 + \frac{1{,}99\cdot 0{,}02}{3\cdot 0{,}07} = \frac{3{,}98}{3} + 1 = \frac{6{,}98}{3}$$

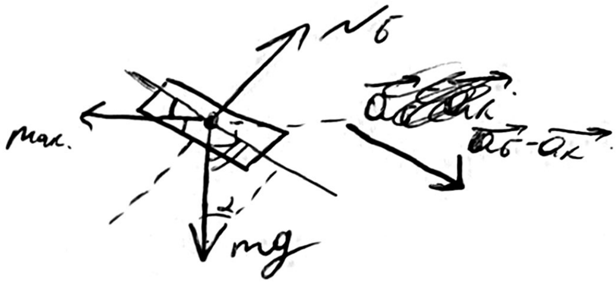
$\approx 2{,}33$

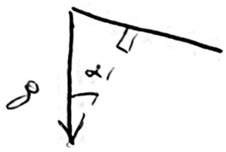
Ответ: $\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = 0{,}01$; Температура газа увеличилась на 1%; $\frac{Q}{\Delta U} = 1 + \frac{(2+\Delta P/P)\Delta V/V}{i(\Delta V/V + \Delta P/P)} = 2{,}33$

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

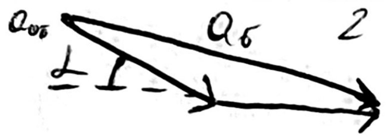
$\sin\alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$.







$\frac{(g\sin\alpha)t^2}{2} = \frac{H}{\sin\alpha}$



$g\sin\alpha$

~~ma~~

$\frac{gt^2}{2} = l$

$\frac{\frac{H}{\sin\alpha}}{g\sin\alpha} = \frac{H}{g\sin^2\alpha} = —$

$a_б = \quad t = \sqrt{\frac{2l}{g}}$

$mg\sin\alpha - ma_k\cos\alpha = ma_{отн}$

$N_б = mg\cos\alpha + ma_k\sin\alpha$.

$2ma_k = F - N_б\sin\alpha = F - mg\sin\alpha\cos\alpha - ma_k\sin^2\alpha$

$a_k(2m + m\sin^2\alpha) = F - mg\sin\alpha\cos\alpha = mg - mg\frac{12}{25} = \frac{13}{25}mg$

$a_k(2 + \sin^2\alpha) = \frac{13}{25}g \iff a_k(2 + \frac{16}{25}) = \frac{13}{25}g$

$\iff a_k\frac{66}{25} = \frac{13}{25}g \iff a_k = \frac{13}{66}g$

$t = \sqrt{\frac{2H}{g\sin^2\alpha}} = \sqrt{\frac{2H}{g\frac{16}{25}}} = \sqrt{\frac{50H}{16g}}$

$mg\frac{4}{5} - m\frac{13}{66}g\cdot\frac{3}{5} = ma_{отн}$

$\frac{4}{5}g - \frac{13}{66}g\cdot\frac{3}{5} = a_{отн} = \frac{4}{5}g - \frac{13}{110}g = \frac{88-13}{110}g = \frac{75}{110}g$

$= \frac{15}{22}g$. $a_{отн} = \frac{15}{22}g$ $\quad \frac{4}{5}g$

$\frac{50}{16} < \frac{11}{3}$

$3{,}125 < 3{,}666$

$t_1 \quad t_2$

$\sqrt{\frac{2H}{a_{отн}\sin\alpha}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{15}{22}g\cdot\frac{4}{5}}} = \sqrt{\frac{11H}{3g}}$

$\frac{25}{8}$.

$\frac{15\cdot 4}{22\cdot 5} = \frac{3\cdot 4}{22} = \frac{6}{11}$.

$\frac{5}{2}\sqrt{\frac{H}{2g}}$

$\frac{44}{12}\cdot\frac{9}{9} = \frac{11}{3}$

$\frac{12}{3}$

$$\frac{\Delta T}{T}, \quad \frac{\Delta V}{V}, \quad \frac{\Delta P}{P} \ll 1.$$

$$PV = \nu RT \Leftrightarrow P\Delta V + \Delta P V = \nu R \cancel{\Delta}(\cancel{T}+\Delta T)$$

$$\nu R\Delta T = P\Delta V + \Delta P V.$$

$$(P+\Delta P)(V+\Delta V) = \nu R(T+\Delta T)$$

$$PV + P\Delta V + \Delta P V + \Delta P \Delta V = \nu RT + \nu R\Delta T$$

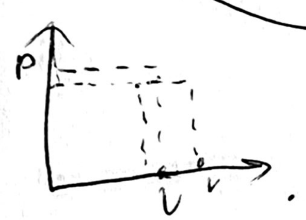
$$P\Delta V + \Delta P V = \nu R\Delta T$$

$$\frac{Q}{\Delta U} = \frac{A+\Delta U}{\Delta U} = \frac{A}{\Delta U} + 1.$$

$$\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta T}{T}$$

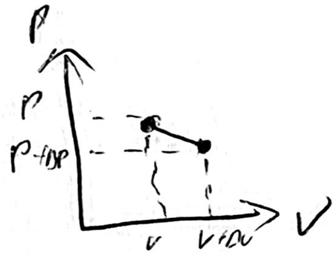
$$\frac{-0{,}01P}{P} + \frac{0{,}02V}{V} = \frac{\Delta T}{T} = 0{,}01 \text{ или } 1\%$$

$$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T \;;\; A = \int_V^{V+\Delta V} P\,dV = \theta$$



$$\Delta U = \frac{i}{2}(P\Delta V + \Delta P V).$$

$$\frac{2P+\Delta P}{2}\cdot\Delta V = \left(P+\frac{\Delta P}{2}\right)\Delta V.$$



$$\frac{\left(P+\frac{\Delta P}{2}\right)\Delta V}{\frac{3}{2}(P\Delta V + \Delta P V)} + 1 = n = \frac{(P-0{,}005P)\,0{,}02V}{\frac{3}{2}(0{,}02PV-0{,}01PV)} + 1 = \frac{0{,}995P\cdot 0{,}02V}{\frac{3}{2}\cdot 0{,}01PV} + 1$$

$$= 1 + \frac{4\cdot 0{,}995}{3} = \frac{6{,}98}{3} = 2{,}33$$