Часть 1

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

Шифр: **21205330**

ID профиля: **839877**

Вариант 2

Чистовик

№1

Дано:

v_0

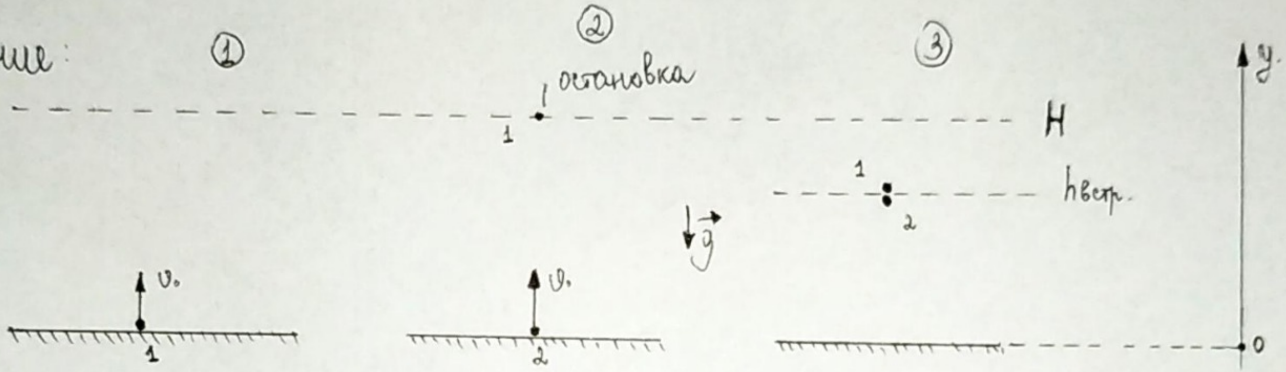
$F_c = 0$

$t_{пол\,1}$ — ?

$\frac{t_{пол\,1}}{t_{пол\,2}}$ — ?

$h_{встр}$ — ?

Решение:



1) Заметим, что при достижении первым шаром высоты H и дальнейшем спуске до $h_{встр}$ времена полета 1 и 2 шаров были равны, то есть $t_{сп\,1} = t_{пол\,2}$

2) В момент встречи шары были на одной высоте => для 1 шара ~~[illegible]~~ при спуске: $h_{встр} = H - \frac{g t_{пол\,2}^2}{2}$; для второго шара ~~[illegible]~~ $h_{встр} = v_0 t_{пол\,2} - \frac{g t_{пол\,2}^2}{2}$, тогда

$$H - \frac{g t_{пол\,2}^2}{2} = v_0 t_{пол\,2} - \frac{g t_{пол\,2}^2}{2} \iff H = v_0 t_{пол\,2}.$$

3) С другой стороны $H = \frac{v_0^2}{2g}$, тогда $\frac{v_0^2}{2g} = v_0 t_{пол\,2} \Rightarrow t_{пол\,2} = \frac{v_0}{2g}$.

4) $t_{пол\,1} = t_{под\,1} + t_{пол\,2}$, где $t_{под\,1}$ — время подъема 1 шара до высоты H, тогда

$$H = \frac{v_0}{2} \cdot t_{под\,1} \iff t_{под\,1} = \frac{2H}{v_0} = \frac{2}{v_0} \cdot \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0}{g}.$$

Значит, $t_{пол\,1} = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{2g} = \frac{2v_0 + v_0}{2g} = \frac{3}{2} \cdot \frac{v_0}{g}$.

5) Тогда $\frac{t_{пол\,1}}{t_{пол\,2}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{v_0}{g} \cdot \frac{2g}{v_0} = 3$.

6) Из пункта $h_{встр} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g t_{пол\,2}^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{v_0}{2g}\right)^2 = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2}{4g^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{3}{8} \cdot \frac{v_0^2}{g}$.

Ответ: $t_{пол\,1} = 1{,}5 \frac{v_0}{g}$; $\frac{t_{пол\,1}}{t_{пол\,2}} = 3$; $h_{встр} = 0{,}375 \cdot \frac{v_0^2}{g}$.

Чистовик

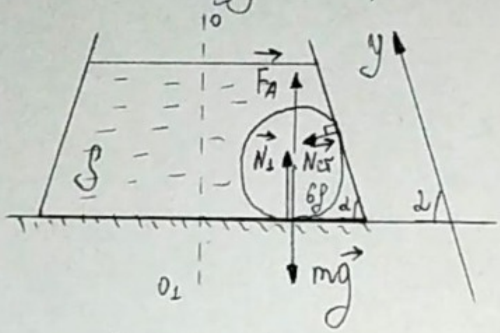
N2

Дано:
ρ, ω, R
$tg(\alpha) = \frac{3}{2}$
$F_{тр} = 0$.

N_1 - ?
N_2 - ?

Решение:

1) Если бы сосуд не вращался:



2ЗН для шара: $\vec{F_A} + \vec{N_1} + \vec{mg} + \vec{N_{ст}} = 0$, т.к. шар покоится.

2ЗН для шара: y:

$F_A \sin(\alpha) + N_1 \sin(\alpha) - mg\sin(\alpha) + 0 = 0$.

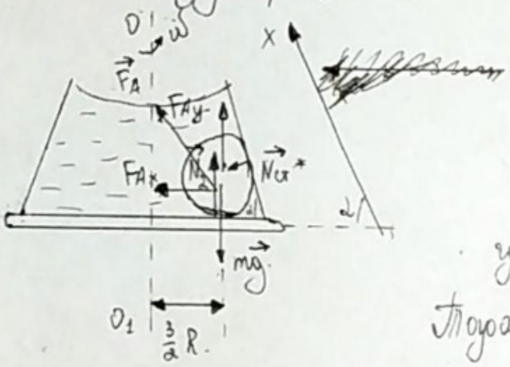
Тогда $F_A \sin(\alpha) + N_1 \sin(\alpha) = mg\sin(\alpha) \Rightarrow$
$\Rightarrow N_1 + F_A = mg \Leftrightarrow N_1 = mg - F_A$.

• $F_A = \rho g V_ш$, где $V_ш = \frac{4}{3}\pi R^3$, тогда $F_A = \rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$.

• $m = 6\rho \cdot V_ш = 6\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 = 8\rho\pi R^3$.

Значит, $N_1 = 8\rho g\pi R^3 - \frac{4}{3}\rho g\pi R^3 = \frac{20}{3}\rho g\pi R^3$.

2) Если бы сосуд вращался:



По 2ЗН для шара:
$\vec{N_{ст}} + \vec{N_2} + \vec{mg} + \vec{F_A} = m\vec{a}$.

По оси x: $0 + N_2 \sin(\alpha) - mg\sin(\alpha) + F_{Ay}\sin(\alpha) + F_{Ax}\cos(\alpha) = ma_x$.

где $a_x = \omega^2 \cdot 1{,}5R$.

Тогда $N_2\sin(\alpha) - mg\sin(\alpha) + F_{Ay}\sin(\alpha) + F_{Ax}\cos(\alpha) = m\omega^2 \cdot \frac{3}{2}R$.

• $F_{Ay} = \rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$ и $F_{Ax} = \rho a_x \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 = \rho \cdot \omega^2 \cdot \frac{3}{2}R \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$.

$N_2 - mg + F_{Ay} + F_{Ax}\,ctg(\alpha) = \frac{m\omega^2 \cdot 1{,}5R}{\sin(\alpha)}$

$N_2 = \frac{3m\omega^2 R}{2\sin(\alpha)} + 6\rho \cdot g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 - \rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 - \frac{\rho\omega^2 \cdot 1{,}5R \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{tg(\alpha)}$;

$N_2 = \frac{3\omega^2 R}{2\sin(\alpha)} \cdot 6\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 + 6\rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 - \rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 - \frac{1}{tg(\alpha)}\rho\omega^2 \cdot \frac{3}{2}R \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$.

$N_2 = \frac{12\omega^2 R^4 \pi\rho}{\sin(\alpha)} + 8\rho g\pi R^3 - \frac{4}{3}\rho g\pi R^3 - \frac{2}{3}\rho\omega^2 \cdot \frac{3}{2}R \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$.

$N_2 = \frac{1}{\sin(\alpha)} \cdot 12\omega^2 R^4 \rho\pi + \frac{20}{3}\rho g\pi R^3 - \frac{4}{3}\omega^2 R^4 \cdot \rho\pi$

$N_2 = \frac{20}{3}\rho g\pi R^3$

№3

Чистовик

Дано:

$T = const$

$T = 81^\circ C = 354\ K$

$V \downarrow\downarrow$ в 7 раз

$V_2 = 0{,}0017\ м^3$

$p \uparrow\uparrow$ в 3,6 раз

$p_{нп} = 0{,}5 \cdot 10^5\ Па$

$\mu_п = 18 \cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{моль}$

$R = 8{,}31\ \frac{Дж}{моль \cdot К}$

$p_1 - ?$

$m_п - ?$

Решение:

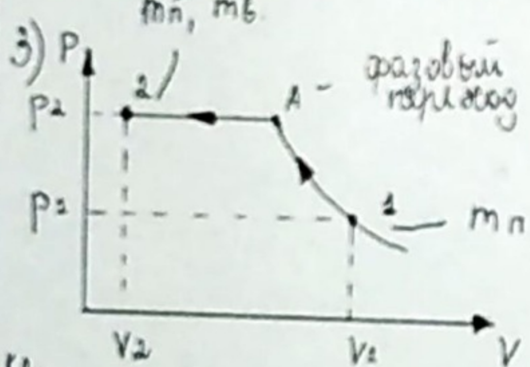
1) Предположим, что при таком изотермическом сжатии конденсация не началась, то есть $p_{п2} < p_{нп}$, значит пар не насыщен и является ид. газом. Тогда по закону Бойля-Мариотта

$p_1V_1 = p_2V_2$, где $p_2 = 3{,}6p_1$ и $V_2 = \frac{V_1}{7} \Rightarrow p_1V_1 = p_2 \cdot \frac{V_1}{7} \Rightarrow p_2 = 7p_1$ – противоречие, значит, часть пара сконденсировалась, то есть $p_2 = p_{нп}$

2) $p_2 = p_1 \cdot 3{,}6$, где $p_2 = p_{нп} \Rightarrow p_{нп} = p_1 \cdot 3{,}6$, отсюда $p_1 = \frac{p_{нп}}{3{,}6}$.

Тогда $p_1 = \frac{0{,}5 \cdot 10^5\ Па}{3{,}6} = 13{,}(8) \cdot 10^3\ Па$

3)



По закону Менделеева-Клапейрона для точки 1:

$p_1V_1 = \frac{m_п}{\mu_п} RT$, где $V_1 = 7V_2$, тогда

$m_п = \frac{\mu_п \cdot p_1 \cdot 7V_2}{RT}$

$$m_п = \frac{18 \cdot 10^{-3}\ \frac{кг}{моль} \cdot 13{,}(8) \cdot 10^3\ Па \cdot 7 \cdot 0{,}0017\ м^3}{8{,}31\ \frac{Дж}{моль \cdot К} \cdot 354\ К} = 0{,}001\ кг.$$

Ответ: $p_1 = 13{,}(8) \cdot 10^3\ Па$; $m_п = 0{,}001\ кг$.

Часть 2

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

Шифр: **21205330**

ID профиля: **839877**

Вариант 2

Чистовик

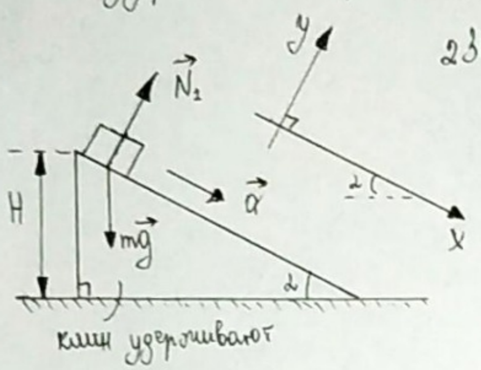
N 4

Дано:
H, m, $F_{тр}=0$
$F = mg$
$\cos(\alpha) = \frac{3}{5}$
$\sin(\alpha) = \frac{4}{5}$

t_1 - ?
$a_к$ - ?
t_2 - ?

Решение:

1) клин удерживают, рассмотрим брусок:



2зН: $\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}_б$

по оси X: $mg\sin(\alpha) = ma_б \Rightarrow a_б = g\sin(\alpha) = const$

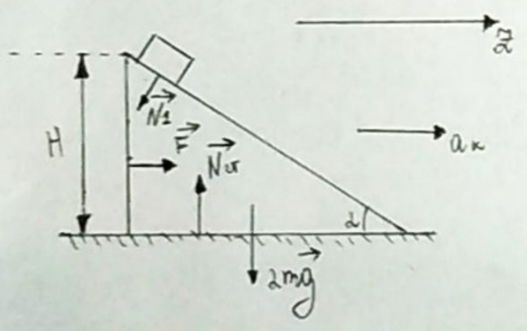
по оси y: $N_1 = mg\cos(\alpha)$

Воспользуемся кинематикой РУД, т.к. $\vec{a} = \vec{const}$. С момента пока брусок отпустили до момента пока брусок съехал с клина, брусок прошел путь $L = \frac{H}{\sin(\alpha)} = S$

По определению $\vec{S} = \vec{v_0}t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$. Тогда $S = \frac{a_б t_1^2}{2}$, отсюда $t_1 = \sqrt{\frac{2S}{a_б}} = \sqrt{\frac{2H}{\sin(\alpha)\cdot g\sin(\alpha)}}$

Значит, $t_1 = \frac{1}{\sin(\alpha)}\sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{5}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}$

2) К клину стали прикладывать силу F, рассмотрим клин:



2зН: $\vec{N_1} + \vec{F} + \vec{N_{ст}} + m\vec{g} = 2m\vec{a_к}$

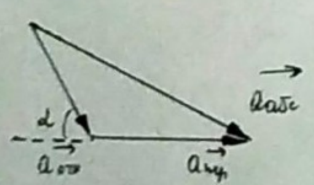
По оси Z: $-N_1\sin(\alpha) + F = 2ma_к$, отсюда

$$a_к = \frac{F - N_1\sin(\alpha)}{2m} = \frac{mg - mg\cos(\alpha)\sin(\alpha)}{2m} = \frac{g - g\cos(\alpha)\sin(\alpha)}{2} =$$

$$= \frac{g}{2}\left(1 - \sin(\alpha)\cos(\alpha)\right) = \frac{g}{2}\left(1 - \frac{3}{5}\cdot\frac{4}{5}\right) = 0{,}26g$$

3) ~~$\vec{a}_{абс} = \vec{a}_{отн} + \vec{a}_{пер}$ по ЗСУ для бруска где~~

По ЗСУ для бруска: $\vec{a}_{абс} = \vec{a}_{отн} + \vec{a}_{пер}$, где $\vec{a}_{отн} = \vec{a}_б$ и $\vec{a}_{пер} = \vec{a}_к$



По теореме косинусов $a_{абс}^2 = a_{отн}^2 + a_{пер}^2 - 2a_{отн}a_{пер}\cdot\cos(180° - \alpha)$

тогда $a_{абс} = \sqrt{0{,}9572}\,g$

Ответ: $t_1 = \frac{5}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}$; $a_к = 0{,}26g$;

Чистовик

№5

Дано:
$i=3$
$p\downarrow$ на 1%
$V\uparrow$ на 2%
$\frac{\Delta p}{p} \ll 1$
$\frac{\Delta V}{V} \ll 1$
$\frac{\Delta T}{T} \ll 1$

ΔT - ?
$\frac{Q}{\Delta U}$ - ?

Решение: 1) газ идеальный => работает уравнение Менделеева-Клап.

2) По условию $\frac{\Delta p}{p} \ll 1$; $\frac{\Delta V}{V} \ll 1$; $\frac{\Delta T}{T} \ll 1$.

По определению: $\frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta \nu}{\nu} + \frac{\Delta T}{T}$, отсюда $\Delta\nu = 0$ => $\nu = const$.

3) Рассмотрим газ:

- Было: $p_{нач}V_{нач} = \nu R T_{нач}$
- Стало: $p_{кон}V_{кон} = \nu R T_{кон}$.

По условию: $p_{кон} = (1-1\%)p_{нач}$ и $V_{кон} = (1+2\%)V_{нач}$, тогда

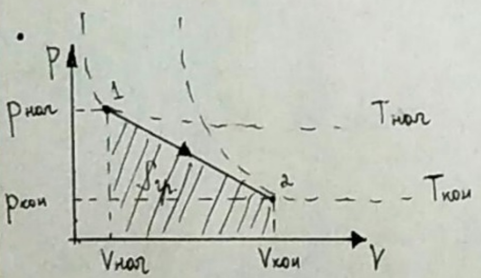
$p_{кон} = 0{,}99p_{нач}$ и $V_{кон} = 1{,}02V_{нач}$

Тогда Было $p_{нач}V_{нач} = \nu R T_{нач}$ (I) и стало $1{,}0098\,p_{нач}V_{нач} = \nu R T_{кон}$ (II)

Разделим (II) на (I): $1{,}0098 = \frac{T_{кон}}{T_{нач}}$ => $T_{нач}\cdot 1{,}0098 = T_{нач}(1+0{,}98\%) = T_{кон}$, отсюда понимаем, что температура увеличилась на 0,98%.

4) По первому закону термодинамики $Q = A + \Delta U$, тогда $\frac{Q}{\Delta U} = \frac{A+\Delta U}{\Delta U}$.

- $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_{кон} - T_{нач}) = \frac{3}{2}\nu R(1{,}0098T_{нач} - T_{нач}) = \frac{3}{2}\nu R\cdot 0{,}0098\,T_{нач} = 0{,}0147\,\nu R T_{нач}$

- 

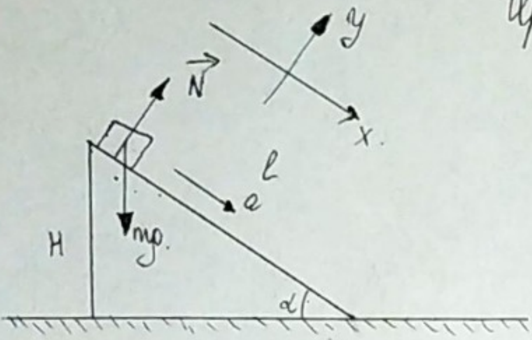
$A = A_{12} = +S_{тр} = \frac{1}{2}(p_{кон} + p_{нач})(V_{кон} - V_{нач}) =$
$= \frac{1}{2}(0{,}99p_{нач} + p_{нач})(1{,}02V_{нач} - V_{нач}) = \frac{1}{2}p_{нач}V_{нач}\cdot 1{,}99\cdot 0{,}02 =$
$= 0{,}0199\,p_{нач}V_{нач} = 0{,}0199\,\nu R T_{нач}$.

Тогда $\frac{Q}{\Delta U} = \frac{A+\Delta U}{\Delta U} = \frac{0{,}0199\,\nu RT_{нач} + 0{,}0147\,\nu RT_{нач}}{0{,}0147\,\nu RT_{нач}} = \frac{0{,}0199+0{,}0147}{0{,}0147} = \frac{0{,}0199}{0{,}0147} + 1 \approx 2{,}3537$

Ответ: температура увеличилась на 0,98%; $\frac{Q}{\Delta U} \approx 2{,}354$.

21205330 (U839877 M1281062)

Черновик.



$H = l\sin(\alpha) \Rightarrow l = \frac{4}{\sin(\alpha)}$

y: $N = mg\cos(\alpha)$

2ЗН для бруска: $m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$

x: $mg\sin(\alpha) = ma \Rightarrow a = g\sin(\alpha) = const \Rightarrow$ движ. равноуск.

$l = v_0\tau + \frac{a\tau^2}{2} \Rightarrow l = \frac{a\tau^2}{2}$, где $l = \frac{4}{\sin(\alpha)}$

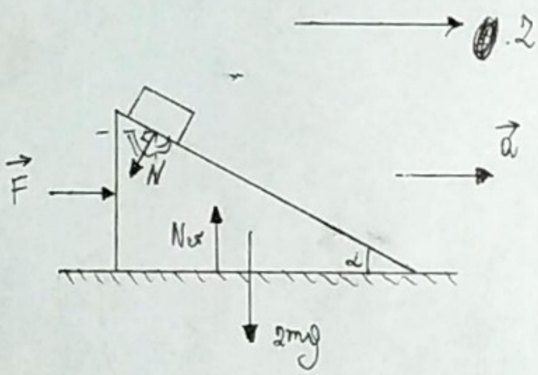
$\frac{4}{\sin(\alpha)} = \frac{a\tau^2}{2}$

$a\tau^2 = \frac{24}{\sin(\alpha)}$

$\tau^2 = \frac{24}{\sin(\alpha)a}$

$\tau = \sqrt{\frac{24}{\sin(\alpha)\cdot g\sin(\alpha)}}$

$\tau = \frac{1}{\sin(\alpha)}\sqrt{\frac{24}{g}}$



2ЗН для клина:

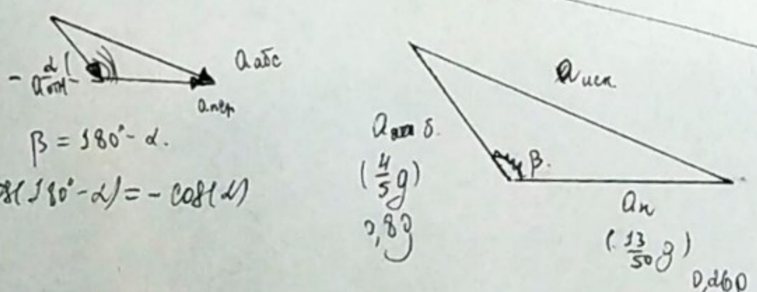
$\vec{N_{ст}} + 2m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F} = 2m\vec{a}$

x: $F - N\sin(\alpha) = 2ma \Rightarrow a_к = \frac{F}{2m} - \frac{N\sin(\alpha)}{2m}$

$a_к = \frac{F}{2m} - \frac{mg\cos(\alpha)\sin(\alpha)}{2m} = \frac{mg}{2m} - \frac{mg\cos(\alpha)\sin(\alpha)}{2m} =$

$= \frac{g}{2} - \frac{g\cos(\alpha)\sin(\alpha)}{2} = \frac{g}{2}(1 - \cos(\alpha)\sin(\alpha)) = \frac{g}{2}\left(1 - \frac{4}{5}\cdot\frac{3}{5}\right)$

$a_к = \frac{g}{2}\left(1 - \frac{12}{25}\right) = \frac{g}{2}\cdot\frac{13}{25} = \frac{13}{50}g.$



$\beta = 180° - \alpha.$

$\cos(180° - \alpha) = -\cos(\alpha)$

$a_{иск}^2 = (0{,}8g)^2 + (0{,}26g)^2 - 2\cdot 0{,}8g\cdot 0{,}26g\cdot\cos(\beta)$

$a_{иск}^2 = (0{,}8g)^2 + (0{,}26g)^2 + 2\cdot 0{,}8g\cdot 0{,}26g\cdot\cos(\alpha).$

$0{,}7076g^2 +$

$a_{иск}^2 = 0{,}9572g^2 \Rightarrow \boxed{a_{иск} = \sqrt{0{,}9572}\,g.}$

$F - N\cdot\sin(\alpha) = 2ma.$

$a = \frac{F - N\sin(\alpha)}{2m} =$

$= \frac{mg - mg\cos(\alpha)\sin(\alpha)}{2m} =$

$= \frac{g - g\cos(\alpha)\sin(\alpha)}{2} = \frac{g}{2}(1 - \sin(\alpha)\cos(\alpha)) =$

$= \frac{g}{2}\cdot(1 -$

$\tau = \frac{1}{\sin(\alpha)}\sqrt{\frac{24}{g}} = \frac{5}{4}\sqrt{\frac{24}{g}}$

$a_к = \frac{g}{2}(1 - \cos(\alpha)\sin(\alpha)) = \frac{13}{50}g.$

21205330 (U839877 M1281062)

$\Delta V = -1\%$
$\Delta p = 2\%$
$\frac{\Delta p}{p}, \frac{\Delta V}{V}, \frac{\Delta T}{T} \ll 1$

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

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

p, V, T, ν $\quad$ $p+\Delta p,\ V+\Delta V,\ T+\Delta T,\ \nu.$

$pV = \nu RT$

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

$\cancel{pV} + p\Delta V + \Delta p V + \cancel{\Delta p \Delta V} = \nu R(T+\Delta T)$

$\cancel{\nu RT} + \nu R\Delta T$

$$\frac{pV}{T} = \frac{pV - p\Delta V + \Delta p V}{T + \Delta T}$$

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

$\nu R(T+\Delta T) = pV + p\Delta V + \Delta pV$

$\cancel{\nu RT} + \nu R\Delta T - \cancel{\nu RT} = (p+\Delta p)(V+\Delta V) - pV.$

$\nu R\Delta T = pV - pV + p\Delta V + \Delta pV. \Rightarrow p\Delta V + \Delta pV = \nu R\Delta T.$

$$\Delta T = \frac{p\Delta V + \Delta pV}{\nu R}.$$

$V_{кон} = (1+2\%)V_{нач}$

$p_{кон} = (1-1\%)p_{нач}$

$p_2 = 0{,}99\,p_1$
$V_2 = 1{,}02\,V_1.$

1) $p_1V_1 = \nu RT_1$ $\quad$ $p_2V_2 = \nu RT_2$

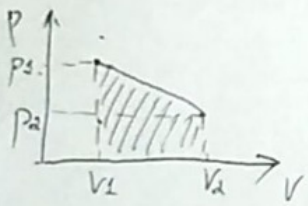
$1{,}02 \cdot 0{,}99\,p_1V_1 = \nu RT_2.$

2) $1{,}0098\,p_1V_1 = \nu RT_2.$

$1{,}0098 = \frac{T_2}{T_1}$ $\quad$ $1{,}0098\,T_1 = T_1 + \Delta T.$

$1{,}0098 =$

$\Delta T = 0{,}0098\,T_1$



$T_2 = 1{,}0098\,T_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow T_2 = (1+0{,}98\%)\,T_1 \Rightarrow \Delta T = 0{,}98\%$ $\quad$ 11

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

$A_{газа} = \frac{1}{2}(p_2+p_1)(V_2-V_1) = \frac{1}{2}(p_2V_2 + p_1V_2 - p_2V_1 - p_1V_1) =$

$= \cancel{\frac{1}{2}(\nu R ...)}$

$A_{газа} = \frac{1}{2}(p_1+p_2)(V_2-V_1) = \frac{1}{2}(p_{нач} + 0{,}99\,p_{нач})(1{,}02\,V_{нач} - V_{нач})$

$A_{газа} = \frac{1}{2} \cdot 1{,}99\,p_{нач} \cdot 0{,}02\,V_{нач} = 0{,}0199\,p_{нач}V_{нач} = \ldots \nu RT_{нач}.$

$$\frac{A}{\Delta U} = \frac{\ldots\cancel{\nu R}T_{нач}}{\frac{3}{2}\cancel{\nu R}(T_{кон} - T_{нач})} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0{,}0199\,T_{нач}}{T_{кон} - T_{нач}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0{,}0199 \cdot T_{нач}}{1{,}0098\,T_{нач} - T_{нач}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0{,}0199}{1{,}0098 - 1} =$$

$$= \frac{2}{3} \cdot \frac{0{,}0199}{0{,}0098} \approx \frac{2}{3} \cdot 2{,}03 \approx \boxed{4{,}06}$$

$$\frac{0{,}0199\,\nu RT_{нач}}{\frac{3}{2}\nu R(T_{кон} - T_{нач})} = \frac{0{,}0199\,T_{нач}}{\frac{3}{2} \cdot (1{,}0098\,T_{нач} - T_{нач})} =$$

$$= \frac{0{,}0199}{\frac{3}{2} \cdot 0{,}0098} = \frac{0{,}0199}{0{,}0147} + 1 =$$

21205330 (U839877 M1281062)