Часть 1

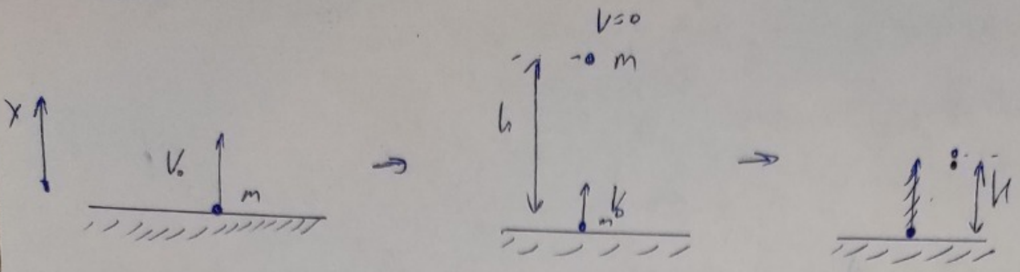
Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

Шифр: **21206141**

ID профиля: **809460**

Вариант 1

№1



из ЗСЭ: $\frac{mV_0^2}{2} = mgh \Rightarrow \boxed{h = \frac{V_0^2}{2g}}$

из кинемат. соображений:

(1) $(h-H) = \frac{gt^2}{2}$, где t - время от броска второго мяча до удара

(2) $H = V_0 t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow V_0 = \frac{H + \frac{gt^2}{2}}{t} = \frac{2H+gt^2}{2t}$

из (1): $\left(\frac{V_0^2}{2g} - H\right) = \frac{gt^2}{2}$

$$\left(\frac{\left(\frac{(2H+gt^2)^2}{4t^2}\right)}{2g} - H\right) = \frac{gt^2}{2} = \frac{(2H+gt^2)^2}{8gt^2} - H$$

$$4g^2t^4 = 4H^2 + 4gHt^2 + g^2t^4 - 8gHt^2$$

$$3g^2t^4 + 4gHt^2 - 4H^2 = 0$$

$$D = (4gH)^2 + 4\cdot(4H^2)\cdot(3g^2) = 4g^2H^2 + 48g^2H^2 = 52g^2H^2$$

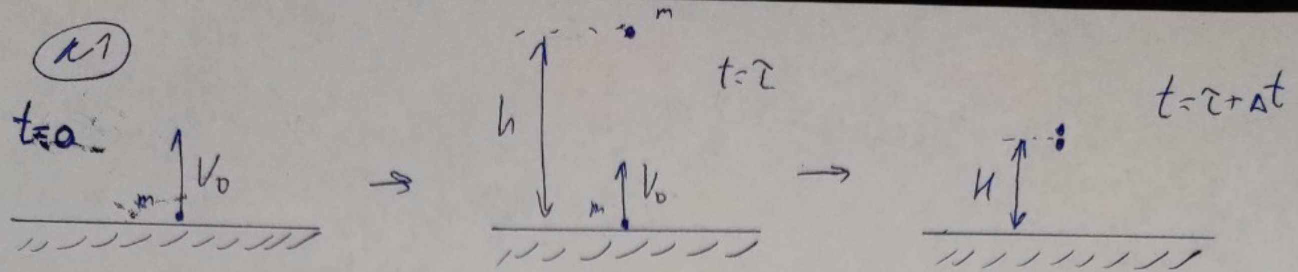
$$t^2_{1,2} = \frac{-4gH \pm \sqrt{52}gH}{6};\ t^2 \geq 0 \Rightarrow t^2 = \frac{-4gH + \sqrt{52}gH}{6}$$

$$t = \sqrt{\frac{-4+\sqrt{52}}{6}} \cdot \sqrt{gH} = \sqrt{\frac{-2+\sqrt{13}}{3}} \cdot \sqrt{gH} \approx 9.7$$

Черновик

21206141 (U809460 M1283798)

№1



ЗСЭ: $\frac{mV_0^2}{2} = mgh \Rightarrow \boxed{h = \frac{V_0^2}{2g}}$

из кинематических соображений:

(1) $(h-H) = \frac{g(\Delta t)^2}{2} = \left(\frac{V_0^2}{2g} - H\right)$

(2) $H = V_0\Delta t - \frac{g\Delta t^2}{2} \Rightarrow V_0 = \left(H + \frac{g\Delta t^2}{2}\right)\cdot\frac{1}{\Delta t} = \frac{2H+g\Delta t^2}{2\Delta t} \Rightarrow V_0^2 = \frac{4H^2+4gH\Delta t^2+g^2\Delta t^4}{4\Delta t^2}$

из (2) в (1): $\frac{4H^2+4gH\Delta t^2+g^2\Delta t^4}{8g\Delta t^2} - H = \frac{g}{2}(\Delta t)^2 \quad \Big| \cdot 8g\Delta t^2$

$4H^2+4gH\Delta t^2+g^2\Delta t^4 - 8gH\Delta t^2 = 4g^2\Delta t^4$

$3g^2\Delta t^4 + 4gH\Delta t^2 - 4H^2 = 0$

$D = 16g^2H^2 - 4(-4H^2)\cdot 3g^2 = 16g^2H^2 + 16\cdot 3g^2H^2 = 64g^2H^2 \Rightarrow \sqrt{D} = 8gH$

$\Delta t^2_{1,2} = \frac{-4gH \pm 8gH}{6g^2}$, но $\Delta t^2 \geq 0 \Rightarrow \Delta t^2 = \frac{-4gH+8gH}{6g^2} = \frac{4gH}{6g^2} = \boxed{\frac{2H}{3g}}$

1) $\boxed{\Delta t = \sqrt{\frac{2H}{3g}}}$ – Ответ

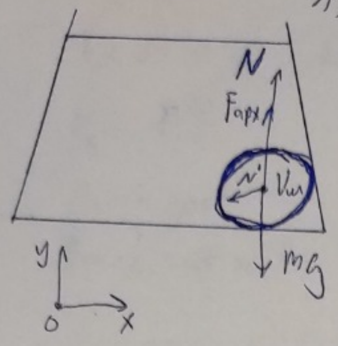
2) $V_0 = \frac{2H+g\Delta t^2}{2\Delta t} = \frac{2H + g\cdot\frac{2H}{3g}}{2\cdot\sqrt{\frac{2H}{3g}}} = \frac{\frac{8}{3}H}{2\sqrt{\frac{2H}{3g}}} = \frac{4H}{3\sqrt{\frac{2H}{3g}}} = \frac{4H\cdot\sqrt{3g}}{3\cdot\sqrt{2H}} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\cdot\sqrt{gH} =$

$= \boxed{\sqrt{\frac{8}{3}gH}}$ – ОТВЕТ

3) $S_1 = h+(h-H) = 2h - H = 2\cdot\frac{V_0^2}{2g} - H = \frac{1}{g}\cdot\frac{8}{3}gH - H = \boxed{\frac{5}{3}H}$ – ОТВЕТ

Чистовик

№2 Чистовик



1) Пусть сосуд покоится. Шар лежит на дне.

2 з-н Ньютона:

OX: $F_{арх_x} + mg_x + N'_x + N_x = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow N'_x = 0$, но тогда $\boxed{N'_y = 0}$

OY: $F_{арх_y} + mg_y + N'_y + N_y = 0$

$\rho g V_ш = F_{арх} = mg - N$

$m_ш = V_ш \cdot \rho_ш = 3\rho V_ш$

Ответ

$\rho g V_ш = 3\rho g V_ш - N \Rightarrow N = 2\rho g V_ш = 2\rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 = \boxed{\frac{8}{3}\pi \rho g R^3}$

2) Пусть сосуд вращается с угл. скоростью ω.

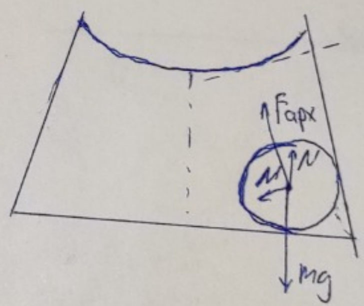
($r = 2R$ по усл.)

Тогда на шар д-вует $a_ц$ - уск. центростремительное. $a_ц = r\omega^2 = 2\omega^2 R$

2 з-н Ньютона:

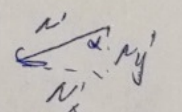
(1) OX: $ma_ц = N'_x + F_{арх_x}$

(2) OY: $0 = F_{арх_y} + N - mg - N'_y$



$N'_x = N'_y \cdot tg\alpha$

$ma_ц = N'_y tg\alpha + F_{арх x} = 2m\omega^2 R$



$F_{арх} = \rho g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi \rho g R^3 = \sqrt{F_{арх_x}^2 + F_{арх_y}^2}$

В приближении, что горизонтальная составляющая $F_{арх_x} \ll F_{арх_y}$:

$F_{арх} \approx F_{арх y}$; $F_{арх x} \approx 0$:

(1): $N'_y tg\alpha = 2m\omega^2 R \Rightarrow N'_y = \frac{2m\omega^2 R}{tg\alpha}$

(2): $0 = \frac{4}{3}\pi\rho g R^3 + N - mg - \frac{2m\omega^2 R}{tg\alpha} \Rightarrow N = \frac{2m\omega^2 R}{tg\alpha} - \frac{4}{3}\pi\rho g R^3 + mg =$

Ответ

$= \frac{\cancel{2}\omega^2 R}{tg\alpha} \cdot \frac{4}{\cancel{3}}\pi R^3 \cancel{3}\rho - \frac{4}{3}\pi\rho g R^3 + \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot 3\rho g =$

$= 4\omega^2 R^4 \pi\rho - \frac{4}{3}\pi\rho g R^3 + 4\pi R^3 \rho g = 4\pi R^3 \rho(\omega^2 R - \frac{1}{3}g + g) = \boxed{4\pi R^3 \rho(\omega^2 R + \frac{2}{3}g)}$

№3

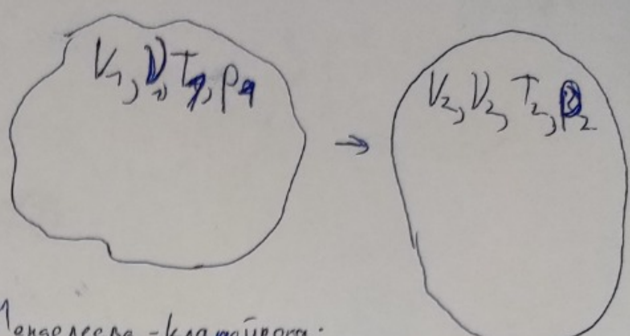
$m_п = 3(г)$

$t_0 = 81°C$ $\;(T_0 = (81+273)\,К)$

$V_2 = \frac{2}{7} V_1$

$p_2 = 1,8 p_1$

$p_{н.п.(T_0)} = 0,5 \cdot 10^5$ Па

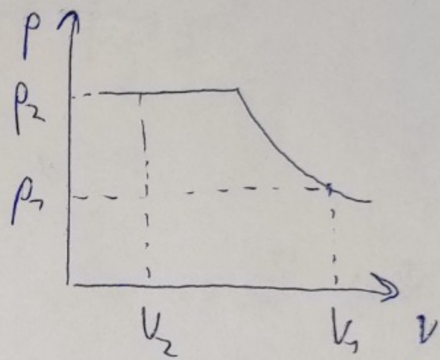


з-н Менделеева-Клапейрона:

$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1$ (1)

$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2$

$T_1 = T_2 = T_0$. Нарисуем изотерму пара:



Легко понять, что т.к. $p_1 V_1 \neq p_2 V_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ произошел процесс конденсации $\Rightarrow$

$\Rightarrow p_2 = p_{н.п.}(T_0) = 0,5 \cdot 10^5$ Па

1) $p_1 = \frac{1}{1,8} \cdot p_2 = \frac{1}{3,8} \cdot p_{н.п.(T_0)} = \frac{1}{3,8} \cdot 0,5 \cdot 10^5$ Па $=$

$= \boxed{2,78 \cdot 10^4 \text{ Па}}$

2) $V_2 = \frac{2}{7} V_1 \overset{(1)}{=} \frac{2}{7} \cdot \frac{\nu_1 R T_1}{p_1} = \frac{2}{7} \cdot \frac{\frac{m_п}{\mu} \cdot R \cdot T_0}{\frac{1}{3,8} \cdot p_{н.п.(T_0)}} = \frac{2 m_п R T_0}{\frac{7}{3,8} \cdot p_{н.п.(T_0)} \cdot \mu} =$

$= \frac{2 \cdot 0,003 \cdot 8,31 \cdot (81+273)}{\frac{7}{1,8} \cdot 0,5 \cdot 10^5 \cdot 0,018} \approx \cancel{0,005043\ м^3} \Rightarrow \cancel{V_2 \approx 8405\ см^3}$

$\cancel{(V_2 \approx 8,4\ л)}$

$\approx 0,005043\ м^3 \Rightarrow \boxed{V_2 \approx 5043\ см^3 \quad (V_2 \approx 5,04\ л)}$ – Ответ

Чистовик

Часть 2

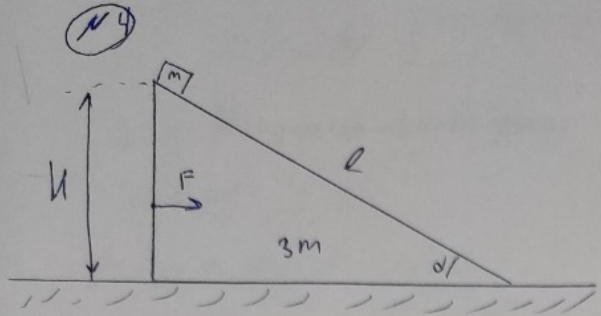
Олимпиада: **Физика, 10 класс (2 часть)**

Шифр: **21206141**

ID профиля: **809460**

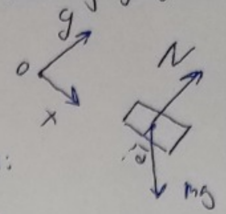
Вариант 1

№4



1) Клин покоится:

На шайбу д-вуют $F_{тяж}$ и сила реакции клина:



2 з-н Ньютона:

$OY: N_y + mg_y = 0$

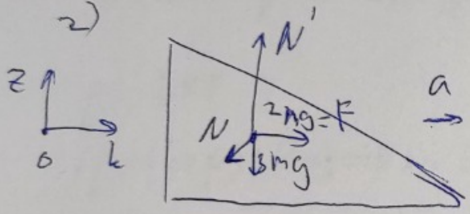
$N = mg\cos\alpha$

$OX: ma_x = N_x + mg_x = mg\sin\alpha$

$a_x = g\sin\alpha$; Из кинематич. соображений:

$$l = \frac{H}{\sin\alpha} = \frac{a_x t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2l}{a_x}} = \frac{2H}{\sin\alpha \cdot mg\sin\alpha} = \boxed{\sqrt{\frac{2H}{mg\sin^2\alpha}}}$$

2)



$$OZ: N'_z + N_z + F_z + 3mg_z = 0$$

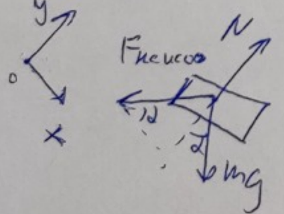
$N_z = N\cos\alpha$; $N'_z = N'$; $g_z = -g$; $F_z = 0$

$N' = N\cos\alpha + 3mg$

$$OK: F - N\sin\alpha = 3ma = 2mg - N\sin\alpha \Rightarrow a = \frac{2mg - N\sin\alpha}{3m}$$

В неисо клина:

$$F_{неисо} = ma = \frac{2mg - N\sin\alpha}{3}$$



$OY: a_y = 0 \Rightarrow$ 2 з-н Ньютона: $F_{неисо}\sin\alpha + mg\cos\alpha = N$

$$\frac{2mg\sin\alpha - N\sin^2\alpha}{3} + mg\cos\alpha = N$$

$$2mg\sin\alpha - N\sin^2\alpha + 3mg\cos\alpha = 3N \Rightarrow N = \frac{2mg\sin\alpha + 3mg\cos\alpha}{3+\sin^2\alpha}$$

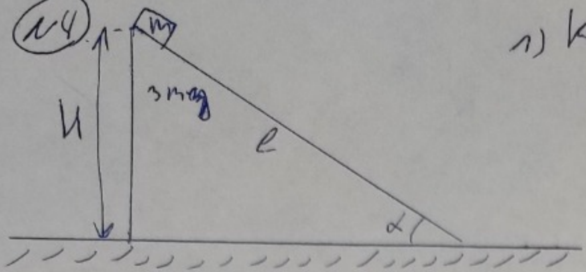
$$a = \frac{2mg - \frac{2mg\sin\alpha + 3mg\cos\alpha}{3+\sin^2\alpha}\cdot\sin\alpha}{3m} = \frac{6mg + 2mg\cancel{\sin^2\alpha} - 2mg\cancel{\sin^2\alpha} - 3mg\sin\alpha\cos\alpha}{3m} =$$

Ответ

$$= 2g - g\sin\alpha\cos\alpha = \boxed{g(2 - \sin\alpha\cos\alpha)};$$

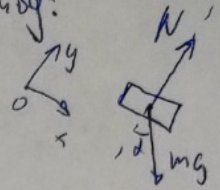
Черновик

№4



1) Клин покоится.

2 з-н Ньютона на шайбу:



OX: $mg\sin\alpha = ma_x$

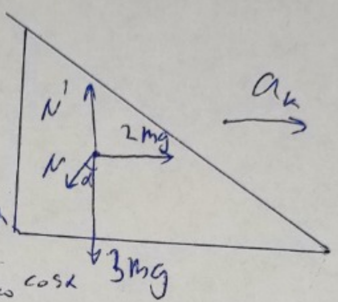
OY: $a_y = 0$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = a_x = g\sin\alpha$$

$$l = \frac{a_x t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2l}{a_x}} = \sqrt{\frac{2H}{\sin\alpha \cdot g\sin\alpha}} = \boxed{\sqrt{\frac{2H}{g\sin^2\alpha}}}$$ – Ответ

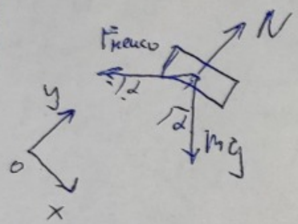
2) Клин движется: 2 з-н Ньютона:

$$3ma_к = 2mg - N\sin\alpha \Rightarrow a_к = \frac{2mg - N\sin\alpha}{3m}$$



В НеИСО клина:

$$F_{неисо} = ma_к = \frac{2}{3}mg - \frac{1}{3}N\sin\alpha$$



OX: $ma_x = mg\sin\alpha - F_{неисо}\cos\alpha$

OY: $a_{y\,отн.\,клина} = 0 \Rightarrow N = F_{неисо}\sin\alpha + mg\cos\alpha =$

$$= \frac{2}{3}mg\sin\alpha - \frac{1}{3}N\sin^2\alpha + mg\cos\alpha \Rightarrow N = \frac{\frac{2}{3}mg\sin\alpha + mg\cos\alpha}{1 + \frac{1}{3}\sin^2\alpha} = \frac{2mg\sin\alpha + 3mg\cos\alpha}{3 + \sin^2\alpha}$$

$$a_к = \frac{2mg - \sin\alpha \cdot \frac{2mg\sin\alpha + 3mg\cos\alpha}{3 + \sin^2\alpha}}{3m} = \cancel{\frac{18mg + 6mg\sin^2\alpha - 2mg\sin^2\alpha - 3mg\sin\alpha\cos\alpha}{3(3+\sin^2\alpha)\cdot 3m}}$$

$$= \frac{6mg + \cancel{2mg\sin^2\alpha} - \cancel{2mg\sin^2\alpha} - 3mg\sin\alpha\cos\alpha}{3(3+\sin^2\alpha)m} = \frac{2g - g\sin\alpha\cos\alpha}{3 + \sin^2\alpha} = \boxed{\left(\frac{2 - \frac{1}{2}\sin 2\alpha}{3 + \sin^2\alpha}\right)\cdot g}$$

Ответ

$\cancel{ma_x = mg\sin\alpha - F_{неисо}\cos\alpha = mg\sin\alpha}$

$$F_{неисо} = \frac{2}{3}mg - \frac{1}{3}N\sin\alpha = \frac{2}{3}mg - \frac{1}{3}\sin\alpha \cdot \frac{2mg\sin\alpha + 3mg\cos\alpha}{3 + \sin^2\alpha} =$$

$$= \frac{2(3 + \cancel{\sin^2\alpha})mg - \cancel{2mg\sin^2\alpha} - 3mg\sin\alpha\cos\alpha}{3(3 + \sin^2\alpha)} = \frac{2mg - mg\sin\alpha\cos\alpha}{3 + \sin^2\alpha}$$

$$ma_x = mg\sin\alpha - \frac{2mg\cos\alpha - mg\sin\alpha\cos^2\alpha}{3 + \sin^2\alpha} = \frac{3mg\sin\alpha + \cancel{mg\sin^3\alpha} - 2mg\cos\alpha + mg\sin\alpha - \cancel{mg\sin^3\alpha}}{3 + \sin^2\alpha} =$$

$$= \frac{4mg\sin\alpha - 2mg\cos\alpha}{3 + \sin^2\alpha} \Rightarrow a_x = \frac{4g\sin\alpha - 2g\cos\alpha}{3 + \sin^2\alpha} \Rightarrow t' = \sqrt{\frac{2l}{a_x}} = \sqrt{\frac{2H(3 + \sin^2\alpha)}{\sin\alpha \cdot (4g\sin\alpha - 2g\cos\alpha)}}$$

$$= \sqrt{\frac{H(3 + \sin^2\alpha)}{2g\sin^2\alpha - g\sin\alpha\cos\alpha}}$$ – Ответ на пункт (2)

Чистовик

№5 $\left.\begin{matrix}\Delta p \ll p \\ \Delta V \ll V\end{matrix}\right\} \Rightarrow$ процесс бесконечно малый:

1) З-н Менделеева–Клапейрона:

$pV = \nu RT$

$(p+dp)(V+dV) = \nu R(T+dT)$

$\cancel{pV} + dpV + pdV + \underbrace{dpdV}_{\to 0} = \cancel{\nu RT} + \nu RdT$

(♡) $dpV + pdV = \nu RdT$, где $\nu R = \frac{pV}{T}$

$dpV + pdV = \frac{pV}{T}dT \quad \Big| \cdot \frac{1}{pV}$

$\boxed{\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}}$ $\quad \left.\begin{matrix}dp = 0{,}02p \\ dV = -0{,}01V\end{matrix}\right\} \Rightarrow \frac{0{,}02p}{p} - \frac{0{,}01V}{V} = \frac{dT}{T}$

$0{,}01 = \frac{dT}{T} \Rightarrow dT = 0{,}01T \Rightarrow \frac{dT}{T} = 1\%$

$pV = \nu RT$

$(p+0{,}02p)(V-0{,}01V) = \nu R(T+dT)$

$1{,}02 \cdot 0{,}99 \cdot pV = \nu R \cdot 1{,}02 \cdot 0{,}99T$

$1{,}02 \cdot 0{,}99T = T + dT \Rightarrow T = (1{,}02 \cdot 0{,}99 - 1)T \approx 0{,}0098$

$\frac{dT}{T} \approx 0{,}98\% \approx \boxed{1\%}$ – Ответ на пункт (1).

2) 1 з-н Термодинамики: $Q = A + \Delta U$

$\delta Q = \delta A + dU$, где $\delta A = pdV \approx -0{,}01pV$

$dU = \frac{3}{2}\nu RdT \overset{(♡)}{=} \frac{3}{2}(pdV + dpV) = \frac{3}{2}pdV + \frac{3}{2}dpV = -\frac{3}{2} \cdot 0{,}01pV + \frac{3}{2} \cdot 0{,}02pV \Rightarrow$

$\Rightarrow \delta Q = -0{,}01pV - \frac{3}{2} \cdot 0{,}01pV + \frac{3}{2} \cdot 0{,}02pV = 0{,}02pV - 0{,}015pV = 0{,}005pV$

$\delta A = -0{,}01pV$

$x = \frac{\delta Q}{\delta A} = \frac{0{,}005pV}{-0{,}01pV} = \boxed{-\frac{1}{2}}$ – Ответ на пункт (2)

Черновик

№5 З-н Менделеева Клапейрона:

1) $pV = \nu RT$

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

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

$\Rightarrow \frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta p V + p\Delta V + \Delta p \Delta V}{pV} = \frac{0{,}02pV + (-0{,}01)pV - 0{,}01\cdot 0{,}02 pV}{pV} =$

$= 0{,}02 - 0{,}01 - 0{,}01\cdot 0{,}02 \approx 0{,}0098$

$\frac{\Delta T}{T} = 0{,}98\% \approx \boxed{1\%}$ - Ответ на пункт (1)

2) $Q = A + \Delta U$ - 2 З-н Термодинамики.

Т.к. $\left.\begin{matrix} \Delta p \ll p \\ \Delta V \ll V \\ \Delta T \ll T \end{matrix}\right\} \Rightarrow$ процесс бесконечно малый.

$\delta Q = \delta A + dU$

$\delta A = p\Delta V = -0{,}01 pV$

$dU = \frac{3}{2}\nu R dT = \frac{3}{2}(p\Delta V + \Delta p \Delta V + \Delta p V) = \frac{3}{2}(-0{,}01pV - 0{,}0002pV + 0{,}02pV)$

$\delta Q = -0{,}01pV + \frac{3}{2}(-0{,}01pV - 0{,}0002pV + 0{,}02pV) \approx 0{,}0047pV$

$x = \frac{\delta Q}{\delta A} = \frac{0{,}0047pV}{-0{,}01pV} \approx \boxed{-0{,}47}$ - Ответ на пункт (2)

Чистовик

21206141 (U809460 M1283799)