$C_{уд} = \frac{1}{m}\frac{dQ}{dT}$ $C_{уд} = \frac{C_\mu}{\mu}$ $C_\mu \equiv C$

$C_\mu = \frac{1}{\nu}\frac{dQ}{dT}$

для ид. газа:

при V=const: $C_V \equiv C_{\mu_V} = \frac{i}{2}R$

p=const: $C_p \equiv C_{\mu_p} = C_{\mu_V} + R$

$$C_p = C_V + R$$ ур. Майера

$C_p = \frac{i}{2}R + R = \frac{i+2}{2}$

Отношение: $\gamma \equiv \frac{C_p}{C_V}$ – коэф-т Пуассона

для ид. газа: $\gamma = \frac{i+2}{i}$ – зависит только от i.

Выводы:

1. C_μ зависит (определ-ся) i
2. Газы, молекулы кот. состоят из одинак. атомов имеют одинак. C_μ

$i=3$: $C_V = \frac{3}{2}R$ $C_p = \frac{5}{2}R$

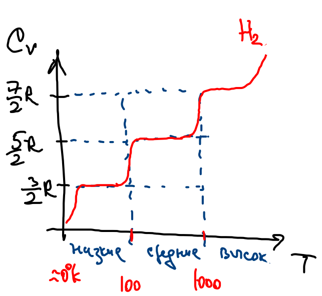
для инертных газов He, Ar, ..

$i=5$: (без колебаний) $C_V = \frac{5}{2}R$; $C_p = \frac{7}{2}R$

(учитыв. колеб-я) $i=7$: $C_V = \frac{7}{2}$ $C_p = \frac{9}{2}R$

3. C_V и C_p от температ. не зависят.

Что в экспер-те?



H_2:

при низких T — как одноатомн. газ

средних T - двухатомный

высоких T - включ-ся дополнит. степ св.

В кв. мех.: измен-е энергии происх-т порциями (квантами)

$\Delta E_{вращ}$.

Энерг. теплов. движ-я $\bar{\varepsilon} \sim kT$

При низких T: $kT \ll \Delta E_{вращ}$

⇒ „вымораживание" вращат. степеней свободы

При высоких T:

жёсткая связь м/у молек. распадается

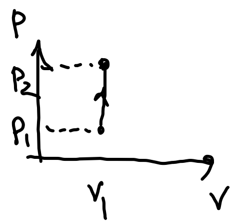
Атомы начин. колеб-ся:

⇒ включаются колебат-е степени свободы

§ I нач. Т/Д., работа и теплоёмк-ть при изопроцессах.

а. График процесса
б. I нач. Т/Д.
в. Работа при этом процессе
г. Теплоёмкость

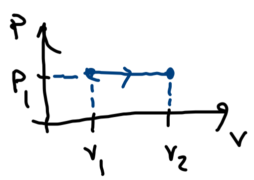
1. Изохорный ($V = const$).



$V = const \Rightarrow dA = p\,dV = 0 \Rightarrow dQ = dU$

$$C_V = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU}{dT}$$

2. Изобарный ($p = const$)

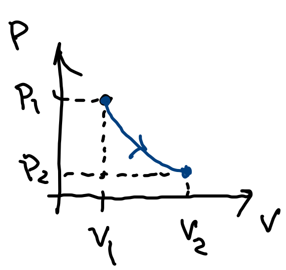


$dQ = dU + dA$

$dA = p\cdot dV \Rightarrow A_{12} \equiv \Sigma A = \int\limits_{V_1}^{V_2} p\,dV = p_1(V_2 - V_1)$

$$C_p = \frac{dQ}{dT} = C_V + R$$

3. Изотермический ($T = const$)



$pV = \frac{m}{\mu} RT = const = p_1 V_1 \Rightarrow p = \frac{p_1 V_1}{V} = \frac{const}{V}$ – гипербола

$dQ = d\cancel{U}^{\,0} + dA = dA$ $\quad \boxed{dQ = dA}$

$$A_{12} = \int\limits_{V_1}^{V_2} p\,dV = \int\limits_{V_1}^{V_2} \frac{p_1 V_1}{V}\cdot dV = p_1 V_1 \cdot \ln\frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} RT \cdot \ln\frac{V_2}{V_1}$$

$$\boxed{A_{12} = \frac{m}{\mu} RT \ln\frac{V_2}{V_1}}$$

$$C_T \equiv C_{\mu T} = \left.\frac{dQ}{dT}\right|_{dT=0} = \frac{dQ}{0} = \begin{cases} +\infty, & dQ > 0 \\ -\infty, & dQ < 0 \end{cases}$$

$$\boxed{C_T = \begin{cases} +\infty \\ -\infty \end{cases}}$$

4. Адиабатический:

– без обмена dQ со средой $\Rightarrow$ $dQ = 0$

$\rightarrow$ хорошая изоляция

$\rightarrow$ быстрота протекания

$$dQ = dU + dA = 0 \Rightarrow dA = -dU$$

Найдём ур. процесса:

1) $pV = \frac{m}{\mu}RT$ $\quad \nu = \frac{m}{\mu} = 1$ (не повлияет на конеч. ур-е)

$\Rightarrow pV = RT$

2) $dU + dA = 0$

$\Rightarrow dA = -dU \Rightarrow p\cdot dV = -C_V \cdot dT$

$pV = RT \Rightarrow p\cdot dV + V\cdot dp = R\cdot dT$

$$\Rightarrow \begin{array}{l|l} p\cdot dV = -C_V\cdot dT & R \\ p\cdot dV + V\cdot dp = R\,dT & C_V \end{array} \;(+) \Rightarrow pR\,dV + pC_V\,dV + V\cdot C_V\cdot dp = 0$$

$$\underbrace{(C_V + R)}_{C_p}\,p\cdot dV + V\cdot C_V\cdot dp = 0$$

$$\Rightarrow C_p\cdot p\cdot dV + C_V\cdot V\cdot dp = 0 \quad \Big|\ \frac{1}{C_V\cdot V\cdot p}$$

$$\Rightarrow \frac{C_p}{C_V}\cdot\frac{dV}{V} + \frac{dp}{p} = 0$$

$$\Rightarrow d\ln V^{\gamma} + d\ln p = 0 \qquad \text{где: } \gamma = \frac{C_p}{C_V}$$

$$\Rightarrow d\left(\ln V^{\gamma} + \ln p\right) = 0$$

$$\Rightarrow \ln p\cdot V^{\gamma} = 0$$

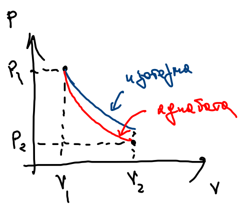
$$\Rightarrow \boxed{p\cdot V^{\gamma} = const}$$ – ур. адиабаты

$\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ – коэф. Пуассона

$p\cdot V^{\gamma} = const = p_1 \cdot V_1^{\gamma}$

Адиабата: $\Rightarrow p = \frac{const}{V^{\gamma}}$

Изотерма: $p = \frac{const}{V}$



Работа:

а) $dA = -dU = -C_V\cdot dT$

$\Rightarrow A_{12} = -C_V\cdot(T_2 - T_1)$

б) $p = \frac{p_1 V_1^{\gamma}}{V^{\gamma}}$

$$\Rightarrow A_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{p_1 V_1^{\gamma}}{V^{\gamma}}\,dV = p_1 V_1^{\gamma}\cdot\int_{V_1}^{V_2} V^{-\gamma}\,dV = p_1 V_1^{\gamma}\cdot\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1}\Bigg|_{V_1}^{V_2} =$$

$$= p_1 V_1^{\gamma}\,\frac{V_2^{-\gamma+1} - V_1^{-\gamma+1}}{-\gamma+1} = \frac{p_1 V_1^{\gamma}}{\gamma-1}\cdot V_1^{-\gamma+1}\cdot\left(1 - \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{-\gamma+1}\right) = \frac{p_1 V_1}{\gamma-1}\cdot\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right]$$

$$\boxed{A_{12} = \frac{p_1 V_1}{\gamma-1}\cdot\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right]}$$

$$C_{ад} = \frac{dQ}{dT}\Bigg|_{dQ=0} = 0 \qquad \boxed{C_{ад} = 0}$$