

5. Первый закон термодинамики

Количество теплоты, полученное ($Q > 0$) или отданное ($Q < 0$) системой.

(Энергия, полученная или отданная системой в процессе теплопередачи, т. е. при обмене энергиями между молекулами — на микроскопическом уровне.)

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow Q = C\Delta T$$

Теплоемкость тела (системы)

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \Rightarrow Q = cm\Delta T$$

Удельная теплоемкость вещества

$$C_M = \frac{Q}{\nu\Delta T} \Rightarrow Q = C_M\nu\Delta T$$

Молярная теплоемкость вещества

При $V = \text{const}$: $C_V = \frac{\Delta U}{\Delta T}$

При $p = \text{const}$:

$$C_p = \frac{\Delta U + A}{\Delta T} > C_V$$

$$Q = \Delta U + A_{\text{газа}}$$

Работа газа

$$A_{\text{газа}} = -A_{\text{над газом}}$$

$$V = \text{const}$$

$$A_{\text{газа}} = 0$$

$$p = \text{const}$$

$$A_{\text{газа}} = p\Delta V = \nu R\Delta T$$

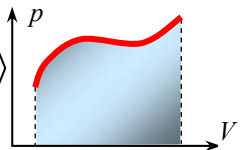
$$\nu = \text{const}$$

численно

$$A_{\text{газа}} = \pm S_{\text{под граф. } p(V)}$$

"+" — если газ расширяется

"-" — если газ сжимается



Изменение внутренней энергии системы

$$U = E_{\text{к тепл}} + E_{\text{р взаим}}$$

Внутренняя энергия

Кинетическая энергия хаотического движения молекул.

Потенциальная энергия взаимодействия молекул друг с другом.

В идеальном газе $E_{\text{к тепл}} \gg E_{\text{р взаим}}$, поэтому

$$U = E_{\text{к тепл}} = \frac{i}{2}pV = \frac{i}{2}\nu RT$$

$i = 3$ для одноатомных газов (He, Ne, Ar, ...)

$i = 5$ для двухатомных газов ($\text{H}_2, \text{N}_2, \text{O}_2, \text{воздух}$, ...)

$i = 6$ для многоатомных газов (пары H_2O , ...)

$$\Delta U = \frac{i}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{i}{2}\nu R\Delta T$$

Для идеального газа

$$\Delta U = C_V\Delta T = c_V m\Delta T = C_{MV}\nu\Delta T$$

Для идеального газа в любом процессе

6. Адиабатический процесс

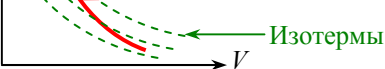
$$Q = 0 \Rightarrow A_{\text{газа}} = -\Delta U$$

В теплоизолированной системе или при быстрых процессах

При адиабатическом расширении ($A_{\text{газа}} > 0$) газ охлаждается ($\Delta U < 0$)

При адиабатическом сжатии ($A_{\text{газа}} < 0$) газ нагревается ($\Delta U > 0$)

Адиабата — гипербола, идущая более "круто" чем изотермы (с ростом V убывает T).



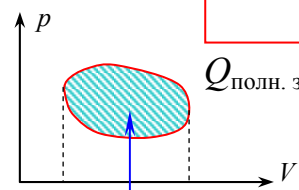
7. КПД циклического процесса (теплового двигателя)

$$\eta_{\text{цикла}} = \frac{A_{\text{газа в цикле}}}{Q_{\text{подв}}} = \frac{Q_{\text{подв}} - |Q_{\text{отв}}|}{Q_{\text{подв}}} = 1 - \frac{|Q_{\text{отв}}|}{Q_{\text{подв}}}$$

$$Q_{\text{полн. за цикл}} = Q_{\text{подв}} + Q_{\text{отв}} = \Delta U_{\text{в цикле}} + A_{\text{газа в цикле}}$$

$$Q_{\text{отв}} < 0 \Rightarrow Q_{\text{отв}} = -|Q_{\text{отв}}| \quad \Delta U_{\text{в цикле}} = U_{\text{кон}} - U_{\text{нач}} = 0$$

$$Q_{\text{подв}} - |Q_{\text{отв}}| = A_{\text{газа в цикле}}$$



$$A_{\text{газа в цикле}} = \pm S_{\text{внутри цикла } p(V)}$$

численно

"+" — если цикл идет "по часовой стрелке"
"-" — если цикл идет "против часовой стрелки"

6. Насыщенный пар

газ, дальнейшее изотермическое сжатие или изохорное охлаждение которого приводит к превращению части этого газа в жидкость (при наличии центров конденсации).

газ, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, т. е. в состоянии, когда число молекул, переходящих из газа в жидкость равно числу молекул, переходящих обратно за то же время.

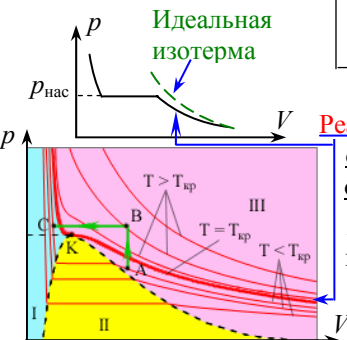
Реальные изотермы: область I — вода

область II — вода в равновесии с насыщенным паром

область III — газ
 $T_{\text{кр}}$ — критическая температура, при $T > T_{\text{кр}}$ газ никаким сжатием нельзя перевести в жидкость.

Условие кипения: $p_{\text{нас}} = p_{\text{на пузырьке}} \approx p_{\text{атм}}$

Для воды $p_{\text{нас}}(100^\circ\text{C}) \approx 10^5 \text{ Па}$



$$\eta_{\text{идеал}} = \frac{T_{\text{наг}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{наг}}}$$

КПД идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно — **максимальный** теоретически возможный КПД при данных $T_{\text{наг}}$ и $T_{\text{хол}}$.

Давление насыщенного пара (а также его плотность) однозначно определяется температурой и больше ни от чего не зависит (ни от объема, ни от массы пара).

Относительная влажность воздуха

$$\varphi = \frac{p_{\text{пара в воздухе}}}{p_{\text{нас. пара при данной } T}} = \frac{P_{\text{пара в воздухе}}}{P_{\text{нас. пара при данной } T}} (\times 100 \%)$$

