

Термодинамика.

Внутренняя энергия.



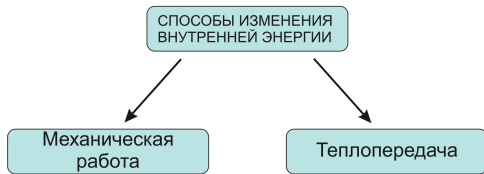
Внутренняя энергия идеального газа:

$$\sum P_i = 0 \quad const = 0$$

$$U = K_1 + K_2 + \dots + K_N = N \langle E_k \rangle = N \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \frac{N}{N_A} \cdot R T = \frac{3}{2} \nu RT$$

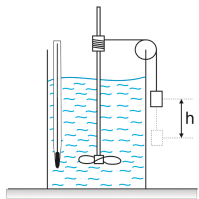
$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

Первое начало термодинамики.



Опыт Джоуля

4,2 Дж/кал



$$\Delta U = m_{\text{воды в граммах}} \cdot \Delta t^\circ$$

$$A_{\text{тяж}} = mgh$$

$$\Delta U = A_{\text{тяж}}$$

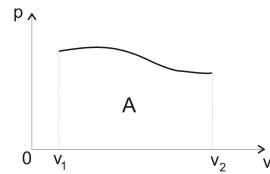
$$\Delta U = A^\downarrow + Q^\downarrow$$

$$A^\downarrow = -A^\uparrow$$

$$Q^\downarrow = \Delta U + A^\uparrow$$

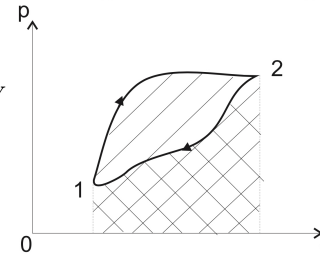
Работа газа.

$$A = F \Delta x = pS \Delta x = p \Delta V = p(V_2 - V_1)$$

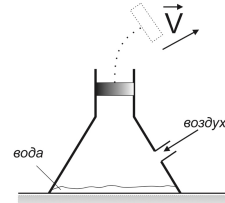


$$A_p = p(V_2 - V_1)$$

$$A = \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^N p_i \Delta V_i = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$



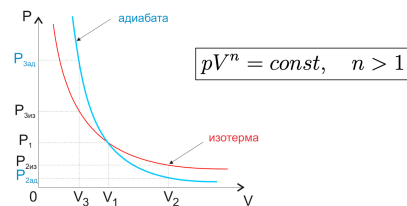
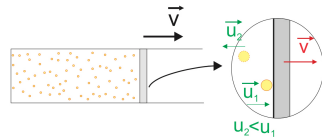
Адиабатический процесс.



$$Q = 0$$

$$Q = 0 \Rightarrow \Delta U + A = 0 \Rightarrow -\Delta U = A$$

$$A > 0 \Rightarrow \Delta U < 0 \Rightarrow U \downarrow, \Rightarrow T \downarrow$$



Теплоемкость газов.

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\Delta U + A}{\Delta T}$$

$$1. T = const, C_T, C_T \rightarrow \infty$$

$$2. Q = 0, C_A, C_A = 0$$

$$3. V = const, C_V, C_V = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{i}{2} m R$$

$$4. p = const, C_p = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\Delta U}{\Delta T} + \frac{A}{\Delta T} = C_V + \frac{A}{\Delta T}$$

$$C_p^M = C_V^M + R$$

$$C_p = \frac{5}{2} R + R \approx 3,5 R \approx 29,1 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$$

	H ₂	O ₂	N ₂
C _p (Дж/моль К)	28,83	29,38	29,12
C _p /C _v	1,385	1,397	1,389

$$n = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_p^M}{C_v^M} = 1,4$$

Теплоемкость твердых тел.

$$\langle E \rangle = \frac{6}{2} kT = 3kT$$

$$U = N \cdot \langle E \rangle = 3NkT = 3N \frac{R}{N_A} T = 3 \frac{N}{N_A} RT = 3\nu RT$$

$$C_V = \frac{\Delta U + A}{\Delta T} = \frac{\Delta U}{\Delta T} = \frac{3\nu R \Delta T}{\Delta T} = 3\nu R$$

$$C_V^M = 3R \approx 24,93 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$$

Классификация тепловых процессов.

Нагревание (Охлаждение) T ≠ const	Плавление (Кристаллизация) T = const	Испарение (Конденсация) T = const	Горение
Тепло идет на увеличение скорости движения молекул	Тепло идет на разрушение кристаллической решетки	Тепло идет на переход молекул из жидкости в газ	Происходит выделение тепла
Q ~ m, Q ~ Δt ⇒ Q = cmΔt ⇒ c = Q / (mΔt) = C / m	Q ~ m ⇒ Q = λm ⇒ λ = Q / m	Q ~ m ⇒ Q = Lm ⇒ L = Q / m	Q ~ m ⇒ Q = qm ⇒ q = Q / m

Второе начало термодинамики.

Law → Томсон (лорд Кельвин): невозможен периодический процесс, единственным результатом которого, было бы совершение работы за счет тепла взятого от одного тела.

Тепловые машины.



$$A = Q_H - |Q_X|$$

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - |Q_X|}{Q_H} = 1 - \frac{|Q_X|}{Q_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_X|}{Q_H}$$

Машина Карно.

$$\eta_{\text{Карно}} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H} = 1 - \frac{T_X}{T_H}$$

$$\eta_{\text{Карно}} > \eta_{\text{реальн.}}$$

