

Раздел VI. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА.

Глава 3. Основные законы термодинамики.

1. Первое начало термодинамики.

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

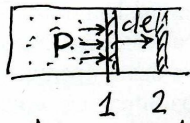
ΔQ – тепло, сообщаемое системе.

$\Delta U = U_2 - U_1$ - приращение внутренней энергии

ΔA – работа, совершаемая системой над внешними телами.

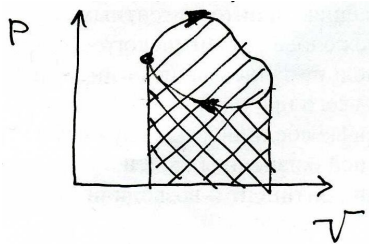
а) Работа, совершаемая газом при изменении объема:

$$dA = p dV$$



$$(dA = Fdl = pSdl = p dV)$$

$$A_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$



Работа при круговом процессе равна площади охватываемой кривой $P(V)$ с точностью до знака.

При движении по часовой стрелке +, против -.

б) Внутренняя энергия идеального газа.

$$U = \frac{i}{2} N k T = \frac{i}{2} \frac{M}{\mu} R T$$

N – число молекул.

M – масса газа.

μ – масса моля.

$$i = i_{\text{пост}} + i_{\text{вращ}} + 2i_{\text{кол}}$$

в) Теплота, теплоемкость.

$$\text{Теплоемкость тела } C = \frac{dQ}{dT} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{К}^\circ} \right]$$

dQ – теплота, сообщенная телу

dT – соответствующее изменение температуры.

$$\text{Удельная теплоемкость } c = \frac{C}{M} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{К}^\circ \text{кг}} \right]$$

$$\text{Молярная теплоемкость } C_\mu = c\mu \left[\frac{\text{Дж}}{\text{К}^\circ \text{моль}} \right]$$

$$dQ = cMdT = C_\mu \frac{M}{\mu} dT = CdT$$

В газах различают теплоемкость при постоянном объеме C_v и постоянном давлении C_p .

$$C_v = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_U = \frac{dU}{dT} = \frac{i}{2} kN = \frac{i}{2} \frac{M}{\mu} R$$

$$C_p = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_P = \frac{dU + PdV}{dT} = \frac{dU}{dT} + p\left(\frac{dV}{dT}\right)_P = C_v + p\left(\frac{dV}{dT}\right)_P$$

Для идеального газа $V = \frac{M}{\mu} \frac{RT}{P} \rightarrow \left(\frac{dV}{dT}\right)_P = \frac{M}{\mu} \frac{R}{P} \Rightarrow$

$$C_p = C_v + \frac{M}{\mu} R \quad \bullet \gamma = \frac{5}{3}$$

$$\bullet \text{---} \bullet \quad \gamma = \frac{7}{5}$$

$$\frac{C_p}{C_v} = 1 + \frac{2}{i} = \gamma \quad \bullet \text{---} \text{---} \text{---} \bullet \quad \gamma = \frac{9}{7}$$

2. Равновесные процессы в идеальных газах.

а) Изотермический $T = \text{const}$

$$PV = \text{const}$$

б) Изохорический $V = \text{const}$

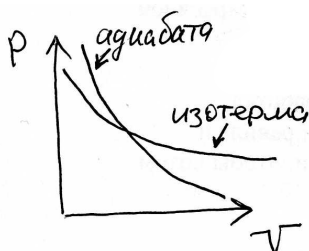
$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

в) Изобарный $P = \text{const}$

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

г) Адиабатический $\Delta Q = 0$

$$PV^\gamma = \text{const}$$



3. Энтропия. Второе начало термодинамики.

Энтропия $[S = k \ln \Omega]$, где Ω - статистический вес состояния системы - число микросостояний системы, отвечающее данному макросостоянию.

Энтропия - аддитивная функция состояния системы.

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \dots \Omega = \prod \Omega_i$$

Замкнутая система всегда стремится к равновесному состоянию. Равновесное состояние является наиболее вероятным, т. е. реализуется максимальным числом микросостояний $\Rightarrow$

Второе начало термодинамики: в замкнутой системе энтропия не убывает.

$$dS \geq 0$$

Равенство, если все процессы обратимые, больше, если необратимые.

Примеры необратимых процессов: диффузия, теплопроводимость.

4. Термодинамическое понятие энтропии.

Исторические формулировки II начала термодинамики.

$$dS = \left(\frac{\delta Q}{T}\right)_{\text{обрат}}$$

Формула применима только для обратимых процессов.

δQ - тепло, сообщаемое системе.

T – температура системы.

В случае идеального газа:

$$dS = \frac{\delta Q}{T} = \frac{dU + pdV}{T} = C_V \frac{dT}{T} + \frac{M}{\mu} R \frac{dV}{V}$$

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + \frac{M}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Исторические формулировки II начала термодинамики:

1. Невозможен процесс, единственным результатом которого является передача тепла от холодного тела к горячему.
2. Невозможен процесс, единственным результатом которого является совершение работы за счет охлаждения тела.

Доказывается, что термодинамическое определение энтропии и исторические формулировки II начала термодинамики эквивалентны статистическим.

Вопросы:

1. Первое начало термодинамики.
2. Что такое теплоемкость тела, удельная теплоемкость тела, молярная теплоемкость?
3. Что такое C_p и C_V в газах, их связь для идеального газа.
4. Что такое энтропия, статистическая и термодинамическая формулировки.
5. Второе начало термодинамики, статистическая и исторические формулировки.

