

Оглавление

1 Внутрішня енергія ідеального газу	1
2 Перший закон термодинаміки	1
3 теплоємність газу	2
4 Рівняння Майєра:	2
5 Робота газу	2
6 Коефіцієнт корисної дії	3
7 Другий закон термодинаміки	3
8 ентропія	4
9 Коефіцієнт поверхневого натягу:	4
10 Висота підйому рідини в капілярній трубці:	4

1 Внутрішня енергія ідеального газу

Важливою характеристикою термодинамічної системи є її **внутрішня енергія U** . Внутрішня енергія – це сума енергій хаотичного (теплого) руху мікрочастинок системи (молекул, атомів, електронів, ядер тощо) та енергії взаємодії цих частинок. Внутрішня енергія – однозначна функція термодинамічного стану системи.

Внутрішня енергія ідеального газу визначається за формулою:

$$U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT, \quad (1)$$

де i – число ступенів свободи молекули

2 Перший закон термодинаміки

Перший закон термодинаміки є законом збереження і перетворення енергії стосовно до теплових процесів. В неізольованих термодинамічних системах цей закон формулюється як закон рівності між прибуттям і витратою енергії в системі.

Математичний запис цього закону:

$$Q = \Delta U + A, \quad (2)$$

тобто: кількість теплоти Q , що передана системі, витрачається на збільшення її внутрішньої енергії ΔU і виконання роботи A проти зовнішніх сил.

У диференціальній формі цей закон запишеться у вигляді:

$$\delta Q = dU + \delta A, \quad (3)$$

де dU – нескінченно мала зміна внутрішньої енергії, δA – елементарна робота; δQ – нескінченно мала кількість теплоти.

У СІ кількість теплоти виражається в тих же одиницях, що робота і енергія, тобто в джоулях (Дж).

3 теплоємність газу

Питома теплоємність газу при сталому об'ємі (c_v) та при сталому тиску (c_p):

$$c_v = \frac{i}{2} \frac{R}{M}; \quad c_p = \frac{i+2}{2} \frac{R}{M}.$$

Зв'язок між питомою c та молярною C теплоємностями:

$$c = \frac{C}{M} \quad \text{або} \quad C = cM.$$

4 Рівняння Майєра:

$$C_p - C_v = R.$$

Внутрішня енергія ідеального газу:

$$U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT = \frac{m}{M} C_v T.$$

5 Робота газу

Робота розширення газу:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV \quad (\text{у загальному випадку});$$

$$A = p(V_2 - V_1) \quad (\text{при ізобарному процесі});$$

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (\text{при ізотермічному процесі});$$

$$A = -\Delta U = -\frac{m}{M} C_v \Delta T \quad \text{чи} \quad A = \frac{RT_1}{\gamma - 1} \frac{m}{M} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right] \quad (\text{при}$$

адіабатичному процесі), де $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ — показник адіабати.

Рівняння Пуассона, яке зв'язує параметри ідеального газу при адіабатичному процесі:

$$pV^\gamma = \text{const}, \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1},$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma, \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}.$$

6 Другий закон термодинаміки

6 Коефіцієнт корисної дії

Коефіцієнт корисної дії ідеальної теплової машини дорівнює:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

де Q_1 – теплота, яка отримана робочим тілом від нагрівача; Q_2 – теплота, яка передана робочим тілом холодильнику.

Термічний коефіцієнт корисної дії циклу Карно:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

де T_1 і T_2 – відповідно термодинамічна температура нагрівача та холодильника.

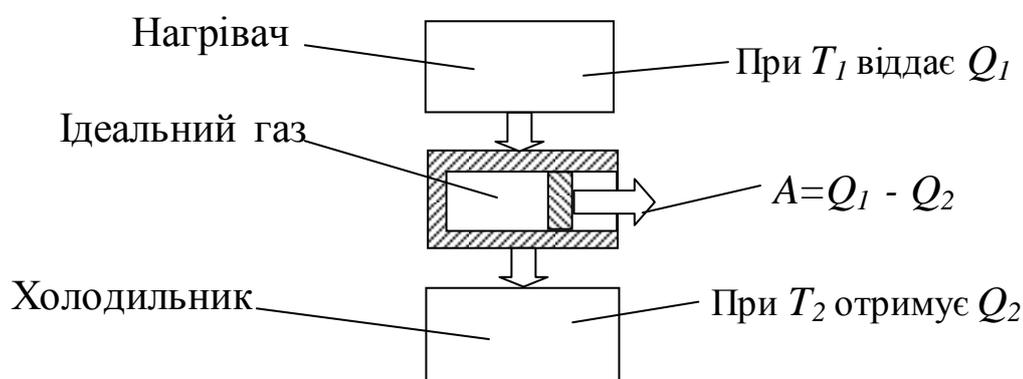


Рис. 14

7 Другий закон термодинаміки

Другий закон термодинаміки визначає напрямок протікання термодинамічних процесів, визначає які процеси в природі можливі, а які неможливі. Існує кілька еквівалентних формулювань закону. Наведемо деякі з них.

1. Неможливий періодично діючий механізм, який всю одержану від нагрівача кількість теплоти Q_1 повністю переводив би в роботу A ; частина цієї кількості теплоти Q_2 повинна бути віддана холодильнику (формулювання Кельвіна).

Використовуючи поняття **ентропії** S – характеристики стану термодинамічної системи, другий закон формулюється як **закон зростання ентропії ізольованої системи** (Клаузіус).

2. В ізольованих системах здійснюються лише такі процеси, при яких **ентропія** системи **зростає**, якщо здійснюються необоротні процеси (наприклад, вирівнювання температур, тисків, концентрації різних речовин, електричних потенціалів у різних частинах системи), або залишається сталою якщо процеси оборотні.

8 ентропія

За Клаузіусом ентропія—це фізична величина, зміна якої в системі при елементарному оборотному процесі дорівнює відношенню кількості теплоти δQ до температури T цього процесу.

$$dS = \frac{\delta Q}{T}.$$

Фізичний зміст ентропії відкривається в статистичній фізиці. За Больцманом ентропія зв'язується з термодинамічною ймовірністю Ω стану системи. Термодинамічна ймовірність — це число способів, якими може бути реалізований даний стан макросистеми. За визначенням $\Omega \geq 1$, тобто термодинамічна ймовірність не є ймовірністю в математичному розумінні. Згідно з теорією Больцмана, ентропія системи і термодинамічна ймовірність зв'язані між собою співвідношенням:

$$S = k \ln \Omega.$$

Формула Больцмана дозволяє дати ентропії такий статистичний зміст: **ентропія є мірою неупорядкованості системи.**

Оскільки реальні процеси необоротні, то на основі другого закону термодинаміки можна стверджувати, що **всі процеси в ізольованій системі ведуть до збільшення її ентропії.** В стані термодинамічної рівноваги системи ентропія досягає максимального значення.

9 Коефіцієнт поверхневого натягу:

$$\alpha = \frac{F}{l} \quad \text{чи} \quad \alpha = \frac{\Delta E}{\Delta S},$$

де F —сила поверхневого натягу, яка діє на контур l , що обмежує поверхню рідини; E —зміна вільної енергії поверхневої плівки рідини, яка зв'язана зі зміною площі ΔS поверхні цієї плівки.

Формула Лапласа, що виражає тиск, створений сферичною поверхнею рідини:

$$p = \frac{2\alpha}{R},$$

де R —радіус сферичної поверхні.

10 Висота підйому рідини в капілярній трубці:

$$h = \frac{2\alpha \cos \theta}{\rho g R},$$

де θ —крайовий кут ($\theta = 0$ при повному змочуванні стінок трубки рідиною; $\theta = \pi$ при повному незмочуванні); R —радіус каналу трубки; ρ —густина рідини; g —прискорення вільного падіння.

Висота підйому рідини між двома близькими та паралельними одна до одної площинами:

$$h = \frac{2\alpha \cos \theta}{\rho g d},$$

де d —відстань між площинами.