

ЕНТРОПІЯ ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НЕОБОРОТНИХ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто поняття ентропії як фундаментальної фізичної величини, що характеризує необоротність макроскопічних процесів у термодинамічних системах. Проаналізовано термодинамічне та статистичне трактування ентропії, а також її зв'язок із другим законом термодинаміки. Показано, що зростання ентропії визначає напрям перебігу реальних фізичних процесів і є універсальним критерієм їх необоротності. Наведено основні фізичні співвідношення, що описують зміну ентропії, та розглянуто приклади процесів із різним характером ентропійних змін.

Ключові слова: ентропія, необоротні процеси, другий закон термодинаміки, термодинаміка, статистична фізика, напрям часу.

Abstract

The paper considers entropy as a fundamental physical quantity characterizing the irreversibility of macroscopic processes in thermodynamic systems. Thermodynamic and statistical interpretations of entropy are analyzed, along with its relation to the second law of thermodynamics. It is shown that entropy increase determines the direction of real physical processes and serves as a universal criterion of irreversibility. Basic physical relations describing entropy changes are presented, and examples of processes with different entropy behavior are discussed.

Keywords: entropy, irreversible processes, second law of thermodynamics, thermodynamics, statistical physics, arrow of time.

Вступ

Однією з ключових проблем фізики є пояснення напрямку перебігу макроскопічних процесів у природі. Більшість реальних процесів є необоротними, тобто такими, що самочинно відбуваються лише в одному напрямку. Кількісною характеристикою цієї необоротності є ентропія — фундаментальна величина термодинаміки та статистичної фізики [1].

Поняття ентропії виникло в рамках класичної термодинаміки для опису теплових процесів, однак згодом набуло універсального значення як міра впорядкованості та кількості доступних мікроскопічних станів системи [2]. Аналіз ентропії дозволяє встановити принципові обмеження на перебіг фізичних процесів і пояснити незворотний характер еволюції макроскопічних систем.

Метою даної роботи є дослідження фізичного змісту ентропії та її ролі як фундаментальної характеристики необоротних фізичних процесів.

Результати дослідження

Термодинамічне визначення ентропії

У класичній термодинаміці ентропія S вводиться як величина, зміна якої при оборотному процесі визначається співвідношенням:

$$dS = \frac{\delta Q_{rev}}{T},$$

де δQ_{rev} — елементарна кількість теплоти, підведена до системи в оборотному процесі, T — абсолютна температура [1].

Другий закон термодинаміки стверджує, що для будь-якого необоротного процесу в ізольованій системі виконується нерівність:

$$\Delta S \geq 0,$$

де ΔS — зміна ентропії системи між початковим і кінцевим станами, і означає, що неминуче зростання ентропії або її незмінність лише в ідеально оборотних випадках [2].

Статистичне трактування ентропії

У статистичній фізиці ентропія отримує глибше фізичне пояснення. Відповідно до формули Больцмана:

$$S = k_B \ln W,$$

де k_B — стала Больцмана, W — число мікроскопічних станів, сумісних із заданим макроскопічним станом системи [3].

Таке трактування показує, що зростання ентропії відповідає переходу системи до більш імовірних, статистично домінуючих станів. Необоротність макроскопічних процесів є наслідком величезної кількості ступенів свободи та статистичного характеру поведінки частинок [3, 4].

Ентропія та необоротні процеси

Для реальних фізичних процесів, таких як теплопровідність, дифузія або тертя, характерне зростання ентропії системи та навколишнього середовища. Навпаки, оборотні процеси є ідеалізованими граничними випадками, які на практиці не можуть бути реалізовані без ентропійних втрат [2].

Таблиця 1. Зміна ентропії для різних фізичних процесів

Процес	Характер процесу	Зміна ентропії
Теплопровідність	Необоротний	Зростає
Дифузія газів	Необоротний	Зростає
Тертя	Необоротний	Зростає
Оборотний цикл Карно	Оборотний	$\Delta S \geq 0$

Таким чином, ентропія виступає універсальним критерієм, що дозволяє відрізнити можливі та неможливі напрями перебігу фізичних процесів [1, 4].

Висновки

Ентропія є фундаментальною фізичною величиною, що визначає необоротність макроскопічних процесів і напрям їх перебігу в часі. Термодинамічне та статистичне трактування ентропії узгоджуються між собою та дають єдину фізичну картину зростання неупорядкованості в ізольованих системах. Отримані результати підтверджують, що другий закон термодинаміки накладає принципові обмеження на перебіг реальних фізичних процесів, а ентропія слугує універсальним інструментом їх аналізу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Callen H. B. *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*. — 2nd ed. — New York: Wiley, 1985. — 493 p.
2. Fermi E. *Thermodynamics*. — New York: Dover Publications, 1956. — 160 p.
3. Landau L. D., Lifshitz E. M. *Statistical Physics*. — 3rd ed. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 1980. — 544 p.
4. Reif F. *Fundamentals of Statistical and Thermal Physics*. — New York: McGraw-Hill, 1965. — 651 p.

Сірак Владислав Олегович — студент групи 1KI-25мс, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця. e-mail: vladsirak9@gmail.com

Науковий керівник: **Мартинюк Володимир Валерійович** — канд. техн. наук, доцент кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Sirak Vladislav O. – student of group 1KI-25ms, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vladsirak9@gmail.com

Supervisor: **Martyniuk Volodymyr V.**— Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of general Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia