

## Урок № 18-19

**Тема уроку:** Необоротність теплових процесів. Ентропія

**Мета уроку:**

навчальна – сформуувати поняття про оборотні і необоротні теплові процеси, поглибити знання учнів про теплові двигуни, фізичні знання їх роботи;

розвивальна – розвивати уяву, творчі здібності учнів, вдосконалювати вміння застосовувати набуті знання на практиці;

виховна – виховувати почуття відповідальності, взаємодопомоги, вміння виступати перед аудиторією.

### Матеріал до уроку

**Необоротним називається фізичний процес, який може мимовільно протікати тільки в одному визначеному напрямку.**

Необоротними є практично всі процеси, що відбуваються в природі. Це пов'язано з тим, що в будь-якому реальному процесі частина енергії розсіюється за рахунок випромінювання, тертя і т. д. Наприклад, тепло, як відомо, завжди переходить від більш гарячого тіла більш холодному — це найбільш типовий приклад незворотного процесу (хоча зворотний перехід не суперечить закону збереження енергії).

**Другий закон термодинаміки — один з основних законів термодинаміки, що встановлює необоротність реальних термодинамічних процесів.**

Німецький вчений Р. Клаузіус формулював закон так: неможливо перевести теплоту від більш холодної системи до більш гарячої системи при відсутності інших одночасних змін в обох системах або оточуючих тілах. Це означає, що теплота не може мимоволі переходити від більш холодного тіла до більш гарячого (принцип Клаузіуса).

Згідно формулюванню Томсона процес, при якому робота переходить в тепло без яких-небудь інших змін стану системи, є необоротним, тобто неможливо перетворити в роботу все тепло, взяте від тіла, не роблячи ніяких інших змін стану системи (принцип Томсона).

Вперше поняття «ентропії» ввів у 1865 р. німецький фізик Рудольф Клаузіус. **Ентропією він назвав функцію стану термодинамічної системи, що визначає міру необоротного розсіювання енергії.**

Будь-який термодинамічний процес, що проходить в системі, складається з деякої кількості переходів системи з одного стану в інший. Приведеною тепловою називають відношення кількості теплоти в ізотермічному процесі до температури, при якій відбувається передача цієї теплоти.

$$Q' = Q/T.$$

Для будь-якого незамкнутого термодинамічного процесу існує така функція системи, зміна якої при переході з одного стану в інший дорівнює сумі приведених теплот. Цю функцію Клаузіус назвав «ентропія» і позначив її буквою  $S$ , а відношення загальної кількості теплоти  $\Delta Q$  до величини абсолютної температури  $T$  назвав зміною ентропії.

Ентропію називають мірою здатності теплоти необоротно розсіюватися. Її зміна показує, яка кількість енергії безладно розсіюється в навколишнє середовище у вигляді теплоти.

У замкнутій ізольованій системі, що не обмінюється теплом з навколишнім середовищем, при оборотних процесах ентропія не змінюється. Це означає, що диференціал  $dS = 0$ . У реальних і необоротних процесах передача тепла відбувається від теплого тіла до холодного. У таких процесах ентропія завжди зростає ( $dS > 0$ ). Отже, вона вказує напрямком протікання термодинамічного процесу.

Звичайно, в природі таких процесів не існує. Адже будь-яка зміна в системі порушує її рівноважний стан. В ній починають відбуватися різні перехідні процеси релаксації, що прагнуть повернути систему в стан рівноваги. Але термодинамічні процеси, що протікають досить повільно, цілком можуть розглядатися як квазістатичні.

На практиці існує безліч термодинамічних задач, для вирішення яких потрібно створення складної апаратури, створення тиску у кілька сот тисяч атмосфер, підтримання високої температури протягом тривалого часу. А квазістатичні процеси дозволяють розрахувати ентропію для таких реальних процесів, передбачити, як може проходити той чи інший процес, реалізувати який на практиці дуже складно.

## **Розв'язати задачі і тестові завдання**

**Задача 1.** Кількість теплоти, яку робоче тіло одержує від нагрівника, становить за цикл 240 Дж, а яку віддає холодильнику — 150 Дж. Визначте ККД двигуна та виконувану ним роботу.

**Задача 2.** Яку роботу виконав дизельний двигун, який має ККД 40 %, якщо в процесі згоряння палива виділилося 44 МДж теплоти?

**Задача 3.** На скільки змінилася внутрішня енергія ідеального одноатомного газу об'ємом 20 л, якщо під час його ізохорного нагрівання тиск збільшився від  $1,5 \cdot 10^5$  до  $2,0 \cdot 10^5$  Па? Яку роботу виконав газ?

**Задача 4.** У тепловій машині потужністю 1,0 кВт, яка працює за циклом Карно, нагрівником є вода, узята за температури кипіння, а холодильником —

лід, що тоне. Яка маса льоду тоне під час роботи машини протягом хвилини?  
Питома теплота плавлення льоду — 330 кДж/кг.

## Тестові завдання

- I.** Робочим тілом у теплових двигунах є:
- А охолоджене повітря                      В нагріте повітря  
Б охолоджена пара                        Г нагріта пара або газ
- II.** Виберіть спроб збільшення ККД ідеального теплового двигуна.
- А Збільшити температуру охолоджувача  
Б Зменшити температуру нагрівача  
В Збільшити температуру нагрівача і зменшити температуру охолоджувача  
Г Зменшити температуру охолоджувача
- III.** Вкажіть процеси, з яких складається цикл Карно:
- А дві ізобари, дві ізохори  
Б дві ізохори, дві ізотерми  
В дві ізобари, дві ізотерми  
Г дві ізотерми, дві адіабати
- IV.** Теплова машина одержала від нагрівника кількість теплоти 600 кДж, а передала охолоджувачу 480 кДж. ККД теплової машини становить:
- А 20 %    Б. 18 %    В. 16 %    Г 14 %
- V.** Визначте ККД теплової машини, якщо температура нагрівника 400 К, а температура охолоджувача 280 К:
- А 43 %    Б 39 %    В 34 %    Г 30 %
- VI.** Чи може ККД теплового двигуна становити 100 % і за яких умов?
- А Може, якщо тертя в деталях звести до нуля  
Б Не може, оскільки неможливо досягти абсолютного нуля температур  
В Може, якщо процес адіабатний  
Г Не може, оскільки це б суперечило законам термодинаміки
- VII.** Які види теплових машин дозволяють передавати тепло від менш нагрітого тіла до більш нагрітого?
- А Парові машини  
Б Двигуни внутрішнього згорання  
В Холодильні машини  
Г Газові та парові турбіни
- VIII.** Укажіть принципову відмінність в роботі холодильної машини і теплового двигуна.
- А Робота виконується не робочим тілом холодильної машини, а над ним

Б Температура нагрівника холодильної машини нижча, ніж нагрівника теплового двигуна

В Температура нагрівника холодильної машини вища, ніж у теплового двигуна

Г ККД холодильної машини більший, ніж теплового двигуна

### **Підведення підсумків уроку.**

Отже, на сьогоднішньому уроці ми з вами розглянули тему, яку? *«Необоротність теплових процесів. Ентропія»*

### **Оголошення домашнього завдання.**

Запишіть домашнє завдання: опрацювати конспект, розв'язати задачі і тестові завдання, виконати впр. 3,4 с.222-223.

### **Зворотній зв'язок**

- **Viber** 0662728430
- **E-mail** [partitskiy.dmitro@kmrf.kiev.ua](mailto:partitskiy.dmitro@kmrf.kiev.ua)

**!!!! у повідомленні з д/з не забуваєм вказувати прізвище, групу і дату уроку**