13.04 Тема. Перший закон термодинаміки

1. Закон збереження енергії в теплових явищах

Перший закон термодинаміки – це закон збереження енергії, який поширюється на теплові явища. Розпочинаючи вивчення першого закону термодинаміки, перш за все, необхідно згадати, що способи зміни внутрішньої енергії (теплопередача і робота) еквіваленті. Це дозволить поширити відомий закон збереження енергії для механічних процесів і на теплові процеси, так як принцип еквівалентності кількості теплоти Q i роботи А є окремим випадком закону збереження і перетворення енергії. Робота А є мірою зміни механічної енергії, кількість теплоти Q – міра зміни внутрішньої енергії.

Принцип еквівалентності говорить про те, що при взаємних перетвореннях внутрішньої і механічної енергій спад однієї з них дорівнює приросту іншої.

На підставі безлічі спостережень та узагальнення досвідчених фактів був сформульований закон збереження енергії.

\* Енергія в природі не виникає з нічого і не зникає: кількість енергії незмінна, вона тільки переходить з однієї форми в іншу.

Закон збереження енергії керує всіма явищами природи і зв’язує їх воєдино. Він виконується абсолютно точно, не відомо жодного випадку, коли б цей закон не виконувався.

2. Перший закон термодинаміки

Позначимо зміну внутрішньої енергії тіла U, а роботу, здійснену над цим тілом, позначимо А.

Закон збереження енергії стосовно теплових явищ отримав назву першого закону термодинаміки.

\* Зміна внутрішньої енергії тіла дорівнює сумі кількості теплоти, переданого тілу, і роботи, що здійснюється над тілом:

Перший закон термодинаміки

Часто використовують й інше формулювання першого закону термодинаміки, у якому отримана тілом кількість теплоти виражається через зміну внутрішньої енергії і роботу, здійснену тілом.

Позначимо цю роботу Аг, оскільки в теплових двигунах роботу здійснює газ. Робота Аг пов’язана з роботою А, яка здійснена над тілом, у співвідношенні Аг = – А. Тоді перший закон термодинаміки можна сформулювати так:

\* кількість теплоти, яка передається тілу, дорівнює сумі зміни внутрішньої енергії тіла і роботи, яку воно виконує:

Перший закон термодинаміки

3. Хто першим відкрив закон термодинаміки?

Принцип збереження енергії говорить, що енергія не може бути створена чи зруйнована, але вона може переходити з однієї форми в іншу. Таким чином, у будь-якій ізольованій або замкнутій системі, сума всіх видів енергії залишається незмінною.

Джоуль, Майєр і Гельмгольц довели еквівалентність тепла і роботи, показавши експериментально, що кожній визначеній роботі завжди відповідає певна кількість теплоти. Робота французького вченого Карно “Роздуми про рушійну силу вогню і про машини, які здатні розвивати цю силу” відіграла особливу роль у розвитку термодинаміки. Він писав: “Тепло – це механічна енергія, яка змінила свій вигляд: це енергія руху частинок тіла. Коли відбувається знищення механічної енергії, виникає одночасно теплота в кількості, яка точно дорівнює кількості механічної енергії, що зникла. І, навпаки, при зникненні теплоти завжди виникає механічна енергія. Таким чином, енергія існує в природі в незмінній кількості; вона ніколи не створюється і ніколи не знищується, змінюючи лише свою форму. Робота Карно була оцінена лише в 1834 році, коли Клапейрон, повторивши міркування Карно, ввів графічний метод опису процесів. Теорема Карно увійшла в термодинаміку в якості фундаментального принципу, а сама робота Карно, викладена Клапейроном і надрукована в 1843 році на німецькій мові, стала початком досліджень У. Томсона і Р. Клаузіуса, що призвели до відкриття другого початку термодинаміки.

Питання:

1. Який знак може мати кожна з величин, що входять до запису першого закону термодинаміки? Наведіть приклади, що підтверджують вашу відповідь.

2. Сформулюйте перший закон термодинаміки, записаний у вигляді Аг = Q – U.

3. Чому можна говорити, що система має внутрішню енергію, але не можна сказати, що вона володіє запасом певної кількості теплоти або роботи?

Тренуємося розв’язувати задачі

1. Наскільки змінилася внутрішня енергія деякого газу, який виконав роботу 50 кДж, отримавши кількість теплоти 1985 кДж?

2. Визначте роботу зовнішніх сил над системою, якщо система віддала кількість теплоти 3,2 кДж і її внутрішня енергія збільшилася на 2,2 кДж.

3. Для ізобарного нагрівання 20 міль газу на 200 К йому передали кількість теплоти 1983 кДж. Яку роботу здійснив газ? Яка зміна внутрішньої енергії?

Розв’язок

При ізобарному нагріванні газ здійснив роботу

Перший закон термодинаміки

З огляду на рівняння Менделєєва-Клапейрона pV = vRT, можна записати:

Перший закон термодинаміки

З першого закону термодинаміки отримуємо? U = Q – Aг.

Перевіримо одиниці величин:

Перший закон термодинаміки

Підставляємо числові значення величин:

Перший закон термодинаміки

Про що ми дізналися на уроці

– Енергія в природі не виникає з нічого і не зникає: кількість енергії незмінна, вона тільки переходить з однієї форми в іншу.

– Зміна внутрішньої енергії тіла дорівнює сумі кількості теплоти, переданого тілу, і роботи, що здійснюється над тілом:

Перший закон термодинаміки

– Кількість теплоти, яка передається тілу, дорівнює сумі зміни внутрішньої енергії тіла і роботи, яку воно виконує:

Перший закон термодинаміки

Домашнє завдання

1. Конспект.

2. Розв’язування задач:

1): 1. У яких процесах газ не отримує і не віддає тепла:

А) ізохорне нагрівання;

Б) ізобарне нагрівання;

В) ізотермічне розширення;

Г) ізохоричне охолодження;

Д) ізобарне охолодження?

2. Як змінилася внутрішня енергія газу, який скоїв роботу 50 кДж, отримавши кількість теплоти 1985 кДж?

3. Робота зовнішніх тіл над газом склала 500 Дж. Крім того, газ отримав кількість теплоти 150 Дж. Як змінилася внутрішня енергія газу?