

## ПЕРШИЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ. ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРШОГО ЗАКОНУ ТЕРМОДИНАМІКИ ДО ІЗОПРОЦЕСІВ

**ПЕРШИЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ** – це закон збереження енергії для теплових процесів.

$$\Delta U = Q + A$$

- *Зміна внутрішньої енергії  $\Delta U$  системи дорівнює сумі роботи  $A$ , виконаної над системою зовнішніми силами, і наданої їй кількості теплоти  $Q$ .*

Або

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

- *Кількість теплоти  $Q$ , що надана системі, йде на збільшення її внутрішньої енергії  $\Delta U$  і виконання системою роботи.  $A'$  проти зовнішніх сил*

### **ЗАСТОСУВАННЯ І ЗАКОНУ ТЕРМОДИНАМІКИ ДО РІЗНИХ ПРОЦЕСІВ**

EMBED Equation.3

<i>Ізохорний процес</i> $V = \text{const}$ $m = \text{const}$	<i>ізобарний процес</i> $p = \text{const}$ $m = \text{const}$	<i>ізотермічний процес</i> $T = \text{const}$ , $m = \text{const}$	<i>Адіабатний процес</i> $Q = 0$
$\Delta V = 0$	$\Delta p = 0$	$\Delta T = 0$	
$A = 0$		$\Delta U = 0$	
$Q = \Delta U$	$Q = \Delta U + A$	$Q = A$	$A = -\Delta U$
$\Delta U = \frac{i}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T$	$A = p\Delta V$ $\Delta U = \frac{i}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T$		$\Delta U = \frac{i}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T$

При розв'язанні задач використовуємо:

При  $P = \text{const}$ :  $P \cdot \Delta V = \nu \cdot R \cdot \Delta T' \Rightarrow \Delta U = \frac{i}{2} A \Rightarrow Q = \frac{i}{2} A + A$

Для одноатомного газу  $i = 3 \Rightarrow Q = \frac{3}{2} A + A \Rightarrow Q = \frac{5}{2} A$

Для двоатомного газу  $i = 5 \Rightarrow Q = \frac{7}{2} A$

## Приклади розв'язання задач

**Задача 1.** Як зміниться внутрішня енергія 640 г кисню при охолодженні його на 100К?

Дано: $m(O_2) = 640 \text{ г}$ $\Delta T = 100 \text{ К}$	Кисень є двоатомним газом, тож зміну внутрішньої енергії знайдемо за формулою: $\Delta U = \frac{5}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T$ , де $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$  $M(O_2) = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
$\Delta U - ?$	$\Delta U = \frac{5 \cdot 640 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{2 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 100 \text{ К} = 41.55 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 41.55 \text{ кДж}$

**Задача 2.** При температурі 280 К і тискові  $4 \cdot 10^5 \text{ Па}$  газ займає об'єм  $0,1 \text{ м}^3$ . Яка робота виконана над газом по збільшенню його об'єму, якщо газ нагріто до 420 К при сталому тискові?

Дано: $T_1 = 280 \text{ К}$ $P = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $V_1 = 0,1 \text{ м}^3$ $T_2 = 420 \text{ К}$ $P = \text{const}$	при сталому тискові роботу газу можна знайти за формулою: $A = P \cdot \Delta V = P \cdot (V_2 - V_1)$ $V_2$ знайдемо з рівняння ізобарного процесу: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot V_1$
$A - ?$	тоді $A = P \cdot (V_2 - V_1) = P \cdot \left( \frac{T_2}{T_1} \cdot V_1 - V_1 \right) = P V_1 \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$  $A = 4 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,1 \text{ м}^3 \left( \frac{420 \text{ К}}{280 \text{ К}} - 1 \right) = 20 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 20 \text{ кДж}$

**Задача 3.** Кисень масою 160г нагріто ізобарно на 100К. Визначити роботу, яку виконано над газом при збільшенні його об'єму і змінення внутрішньої енергії цього газу.

Дано: $m(O_2) = 160 \text{ г}$ $\Delta T = 100 \text{ К}$ $P = \text{const}$	при сталому тискові роботу газу можна знайти за формулою:  $A = P \cdot \Delta V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T, \quad M(O_2) = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}, \quad R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
$A - ?$  $\Delta U - ?$	$A = \frac{160 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 100 \text{ К} = 4,155 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 4,155 \text{ кДж}$  $\Delta U = \frac{5}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T = \frac{5}{2} \cdot A$  $\Delta U = \frac{5}{2} \cdot 4,155 \text{ кДж} = 10,3 \text{ кДж}$

**Задача 4.** На скільки змінилася внутрішня енергія газу, що виконав роботу 60 кДж, одержавши кількість теплоти 95 кДж?

Дано: $A = 60 \text{ кДж}$ $Q = 95 \text{ кДж}$	$Q = \Delta U + A'$ із першого закону термодинаміки знаходимо:  $\Delta U = Q - A'$
$\Delta U - ?$	$\Delta U = 95 \text{ кДж} - 60 \text{ кДж} = 35 \text{ кДж}$

**Задача 5.** Яку кількість теплоти потрібно передати газу, щоб його внутрішня енергія збільшилася на 15 Дж і при цьому газ виконав роботу 25 Дж?

Дано: $\Delta U = 15 \text{ Дж}$ $A' = 25 \text{ Дж}$	$Q = \Delta U + A'$ $Q = 15 \text{ Дж} + 25 \text{ Дж} = 40 \text{ Дж}$
$Q - ?$	

**Задача 6.** Чотири моля азоту нагріто при постійному тиску на 100 К. Визначити роботу розширення, змінення внутрішньої енергії газу і кількість теплоти, яку передано газу.

<p>Дано:  <math>\nu = 4 \text{ моль}</math>  <math>\Delta T = 100 \text{ К}</math>  <math>P = \text{const}</math></p>	$A = P \cdot \Delta V = \nu \cdot R \cdot \Delta T, \quad M(N_2) = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}, \quad R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ $A = 4 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 100 \text{ К} = 3324 \text{ Дж}$
<p><math>A - ?</math>  <math>\Delta U - ?</math>  <math>Q - ?</math></p>	$\Delta U = \frac{5}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T = \frac{5}{2} \cdot A$ $\Delta U = \frac{5}{2} \cdot 3324 \text{ Дж} = 8310 \text{ Дж}$ $Q = \Delta U + A'$ $Q = 8310 \text{ Дж} + 3324 \text{ Дж} = 11634 \text{ Дж} = 11,634 \text{ кДж}$

## Самостійна робота

### Варіант 1

1. Над газом було виконано роботу 60 Дж, при цьому його внутрішня енергія збільшилася на 25 Дж. Отримав чи віддав тепло газ у цьому процесі? Яку саме кількість теплоти?
2. При ізохорному процесі газів передали  $4 \cdot 10^{10}$  Дж теплоти. Розрахувати зміну внутрішньої енергії і роботу по розширенню газу.
3. При ізобарному розширенні 20 г водню його об'єм збільшився в двічі. Початкова температура газу 300 К. Визначити роботу розширення газу, зміну внутрішньої енергії і кількість теплоти, яку передано газу.
4. Для ізобарного нагрівання 150 моль газу на 100 К йому передали кількість теплоти 550 кДж. Яку роботу виконав газ? Яка зміна його внутрішньої енергії?

### Варіант 2

1. Газові при повільному ізотермічному процесі передано  $6 \cdot 10^6$  Дж теплоти. Яку роботу виконав газ? Що відбувається з його об'ємом?
2. Газ ізобарно збільшився в об'ємі в три рази при тискові  $3 \cdot 10^5$  Па. Визначити початковий об'єм газу, якщо на збільшення його об'єму виконали роботу 12,9 кДж.
3. На скільки змінилася внутрішня енергія газу, що виконав роботу 45 кДж, одержавши кількість теплоти 80 кДж?
4. Двоатомному газу надано 25 кДж теплоти. При цьому газ розширився при сталому тискові. Визначити роботу розширення газу і змінення його внутрішньої енергії.

### Варіант 3

1. Один кілограм кисню ізобарно нагріто від 268 до 400 К. Визначити роботу, яку виконано над газом при збільшенні його об'єму і зміну внутрішньої енергії цього газу.
2. Визначити початкову температуру 0,56 кг азоту, якщо при ізобарному нагріванні до 370 К виконана робота 16,62 кДж на збільшення об'єму.
3. Газ при адіабатному процесі виконав роботу  $5 \cdot 10^6$  Дж . Як змінилась його внутрішня енергія? Що відбувалось з газом ( охолодження чи нагрівання)?
4. При ізобарному розширенні двоатомного газу при тискові  $10^5$  Па його об'єм збільшився на  $5 \text{ м}^3$  . Визначити роботу розширення газу, змінення його внутрішньої енергії і кількість теплоти, яку передано газу.

### Варіант 4

1. Визначити змінення внутрішньої енергії 10 кг кисню при охолодженні від 358 до 273К.
2. Визначити початкову температуру 560г азоту, якщо при ізобарному нагріванні до 370 К виконана робота 16,62 кДж на збільшення його об'єму.
3. При адіабатному стисканні 5 моль одноатомного газу його температура підвищилась на 20 К. Яку роботу виконано ад газом?
4. Двоатомному газіві надано 14 кДж теплоти. При цьому газ розширився при сталому тискові. Визначити роботу розширення газу і змінення його внутрішньої енергії.