

Тема: Розв'язування задач**Мета уроку:**

Навчальна. Закріпити знання за темою «Перший закон термодинаміки. Адіабатний процес», продовжити формувати навички та вміння розв'язувати фізичні задачі, застосовуючи отримані знання.

Розвивальна. Розвивати уміння правильно розподіляти час; самостійність у навчанні; вміння самостійно застосовувати правила, закони.

Виховна. Виховання дисципліни, чесності, відповідальності.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку**I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП**

1. Провести бесіду за матеріалом § 38

Бесіда за питаннями

1. Сформулюйте закон збереження та перетворення енергії.
2. Сформулюйте перший закон термодинаміки.
3. Як буде записаний перший закон термодинаміки для ізохорного процесу? для ізотермічного процесу? для ізобарного процесу?
4. Який процес називають адіабатним?
5. Запишіть перший закон термодинаміки для адіабатного розширення газу; для адіабатного стиснення газу.
6. Чому при адіабатному стисненні тиск газу збільшується набагато швидше, ніж при ізотермічному?

2. Перевірити виконання вправи № 38: завдання 1, 3.

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ**III. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ**

1. У закритій посудині міститься 3 моль гелію за температури 27 °С. На скільки відсотків збільшився тиск у посудині, якщо гелію передали кількість теплоти 2,7 кДж?

Дано:

$$\nu = 3 \text{ моль}$$

$$T_1 = (27 + 273)\text{K}$$

$$= 300 \text{ K}$$

$$Q = 2,7 \text{ кДж}$$

$$= 2,7 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

Розв'язання

Перший закон (начало) термодинаміки:

$$Q = \Delta U + A$$

Ізохорний проце:

$$m = \text{const}; V = \text{const}; \Delta V = 0; A = 0 \Rightarrow Q = \Delta U$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} V \Delta p \Rightarrow \Delta p = \frac{2}{3} \frac{\Delta U}{V} = \frac{2}{3} \frac{Q}{V}$$

Рівняння Клапейрона – Менделєєва:

$\frac{\Delta p}{p_1} - ?$	$p_1 V = \nu R T_1 \quad \Rightarrow \quad p_1 = \frac{\nu R T_1}{V}$ $\frac{\Delta p}{p_1} = \frac{\frac{2}{3} \frac{Q}{V}}{\frac{\nu R T_1}{V}} = \frac{2}{3} \frac{Q}{\nu R T_1}$ $\left[\frac{\Delta p}{p_1} \right] = \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \text{К}} = 1$ $\frac{\Delta p}{p_1} = \frac{2}{3} \cdot \frac{2,7 \cdot 10^3}{3 \cdot 8,31 \cdot 300} \approx 0,24$ Відповідь: 24 %.
----------------------------	---

2. Під час ізобарного нагрівання ідеального одноатомного газу йому було передано кількість теплоти 9,4 МДж. Визначте роботу газу і зміну його внутрішньої енергії.

Дано: $Q = 9,4 \text{ МДж}$ $= 9,4 \cdot 10^6 \text{ Дж}$	Розв'язання Перший закон (начало) термодинаміки: $Q = \Delta U + A$
$A - ?$ $\Delta U - ?$	Робота газу під час ізобарного розширення: $A = p \Delta V = \nu R \Delta T \quad \Delta U = \frac{3}{2} p \Delta V = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ $Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$ $A = \frac{2}{5} Q \quad A = \frac{2}{5} \cdot 9,4 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 3,76 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ $\Delta U = \frac{3}{5} Q \quad \Delta U = \frac{3}{5} \cdot 9,4 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 5,64 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ Відповідь: $Q = 3,76 \text{ МДж}$; $\Delta U = 5,64 \text{ МДж}$.

3. Ідеальний одноатомний газ, який займає об'єм 1 м^3 і перебуває під тиском 200 кПа, нагрівають спочатку за постійного тиску так, що його об'єм збільшується удвічі, а потім за постійного об'єму так, що його тиск збільшується до 0,5 МПа. Визначте кількість теплоти, отриманої газом.

Дано: $V_1 = 1 \text{ м}^3$ $p_1 = p_2 = 200 \text{ кПа}$	Розв'язання $Q = Q_{12} + Q_{23}$ Ізобарне розширення:
---	---

$$= 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$V_2 = V_3 = 2V_1$$

$$p_3 = 0,5 \text{ кПа}$$

$$= 5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$Q = ?$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

Робота газу під час ізобарного розширення:

$$A_{12} = p_1(V_2 - V_1) \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2}p_1(V_2 - V_1)$$

$$Q_{12} = \frac{5}{2}p_1(V_2 - V_1) = \frac{5}{2}p_1(2V_1 - V_1) = \frac{5}{2}p_1V_1$$

Ізохорне нагрівання:

$$Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2}V_2(p_3 - p_2) = \frac{6}{2}V_1(p_3 - p_1)$$

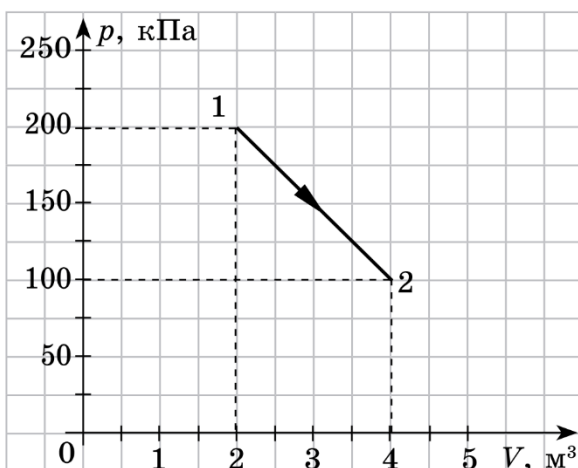
$$Q = \frac{5}{2}p_1V_1 + \frac{6}{2}V_1(p_3 - p_1) = \frac{V_1}{2}(6p_3 - p_1)$$

$$[Q] = \text{м}^3 \cdot \text{Па} = \text{м}^3 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

$$Q = \frac{1}{2} \cdot (6 \cdot 5 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^5) = 1,4 \cdot 10^6 \text{ (Дж)}$$

Відповідь: $Q = 1,4 \text{ МДж}$.

4. Користуючись графіком процесу розширення ідеального одноатомного газу (див. рисунок), знайдіть кількість теплоти, передану газу.



Перший закон (начало) термодинаміки:

$$Q = \Delta U + A$$

Робота газу в ході процесу 1–2 чисельно дорівнює площі прямокутної трапеції:

$$A = \frac{(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)}{2}$$

Зміна внутрішньої енергії для одноатомного ідеального газу:

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R \Delta T = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)$$

$$Q = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) + \frac{(p_1 + p_2)(V_2 - V_1)}{2}$$

Необхідні значення величин знайдемо з графіка:

$$p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}; p_2 = 10^5 \text{ Па}; V_1 = 2 \text{ м}^3; V_2 = 4 \text{ м}^3$$

$$Q = (\text{Па} \cdot \text{м}^3 - \text{Па} \cdot \text{м}^3) + (\text{Па} + \text{Па}) \cdot (\text{м}^3 - \text{м}^3) = \frac{H}{\text{м}^2} \cdot \text{м}^3 = H \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

$$Q = \frac{3}{2} \cdot (10^5 \cdot 4 - 2 \cdot 10^5 \cdot 2) + \frac{(2 \cdot 10^5 + 10^5) \cdot (4 - 2)}{2} = 3 \cdot 10^5 (\text{Дж})$$

Відповідь: $A = 300 \text{ кДж}$.

5. Один моль ідеального газу, який перебуває в стані 1, спочатку ізохорно нагрівається до стану 2, потім ізотермічно розширюється до стану 3, після чого повертається в стан 1, охолоджуючись за постійного тиску. Побудуйте графік зазначеного процесу в координатах p , V . Визначте кількість теплоти, відданої газом у ході охолодження. Тиск і об'єм газу в стані 1 дорівнюють 1 МПа і 2 м³ відповідно, а тиск у стані 2 дорівнює 3 МПа.

Дано:

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$p_1 = p_3 = 1 \text{ МПа}$$

$$= 10^6 \text{ Па}$$

$$V_1 = V_2 = 2 \text{ м}^3$$

$$p_2 = 3 \text{ МПа}$$

$$= 3 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$Q_{31} = ?$$

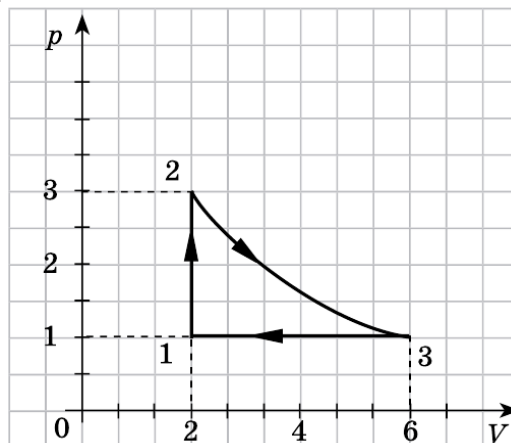
Розв'язання

Скористаємося законом Бойля – Маріота для процесу 2-3:

$$p_2 V_2 = p_3 V_3 \Rightarrow V_3 = \frac{p_2}{p_3} V_2$$

$$[V_3] = \frac{\text{Па}}{\text{Па}} \cdot \text{м}^3 = \text{м}^3 \quad V_3 = \frac{3 \cdot 10^6}{10^6} \cdot 2 = 6 (\text{м}^3)$$

Тепер побудуємо графік:



Розглянемо процес ізобарного охолодження:

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$$

Робота газу в ході процесу 3-1 чисельно дорівнює площі прямокутника:

$$A_{31} = p_1 (V_1 - V_3)$$

Газ стискають, тому робота виявиться від'ємною.

Зміна внутрішньої енергії для одноатомного ідеального газу:

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} = \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_3 V_3) = \frac{3}{2} p_1 (V_1 - V_3)$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2}p_1(V_1 - V_3) + p_1(V_1 - V_3) = \frac{5}{2}p_1(V_1 - V_3)$$

$$[Q_{31}] = \text{Па} \cdot (\text{м}^3 - \text{м}^3) = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

$$Q_{31} = \frac{5}{2} \cdot 10^6 \cdot (2 - 6) = -10 \cdot 10^6 \text{ (Дж)}$$

Відповідь: газ віддає 10 МДж.

IV. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

V. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Повторити § 38, Вправа № 38 (2, 4)

Додаткові задачі

1. Внаслідок теплопередачі тиск одноатомного ідеального газу збільшився на 0,2 МПа. Яку кількість теплоти було передано газу, якщо його об'єм дорівнює 2 м³ і в ході процесу залишається постійним?

Дано:

$$\Delta p = 0,2 \text{ МПа}$$

$$= 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$V = 2 \text{ м}^3$$

$$Q = ?$$

Розв'язання

Перший закон (начало) термодинаміки:

$$Q = \Delta U + A$$

Ізохорний процес:

$$m = \text{const}; V = \text{const}; \Delta V = 0; A = 0 \Rightarrow Q = \Delta U$$

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2} V \Delta p$$

$$[Q] = \text{м}^3 \cdot \text{Па} = \text{м}^3 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

$$Q = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^5 = 6 \cdot 10^5 \text{ (Дж)}$$

Відповідь: $Q = 600 \text{ кДж}$.

2. Гелій об'ємом 1 м³ при 0 °С міститься в циліндричній посудині, закритий зверху ковзним поршнем масою 1 т. Площа перерізу поршня 0,5 м². Атмосферний тиск 97,3 кПа. Визначте кількість теплоти, потрібної для нагрівання гелію до температури 300 °С. Якою є зміна його внутрішньої енергії? Тертям знехтувати.

Дано:

$$V_1 = 1 \text{ м}^3$$

$$T_1 = (0 + 273) \text{ К}$$

$$= 273 \text{ К}$$

$$m = 1 \text{ т} = 10^3 \text{ кг}$$

$$S = 0,5 \text{ м}^2$$

$$p_0 = 97,3 \text{ кПа}$$

$$= 97,3 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$T_2 = (300 + 273) \text{ К}$$

$$= 573 \text{ К}$$

Розв'язання

Газ перебуває під постійним тиском:

$$p = p_0 + \frac{mg}{S}$$

Перший закон (начало) термодинаміки:

$$Q = \Delta U + A$$

Робота газу під час ізобарного розширення:

$$A = p \Delta V = \nu R \Delta T \quad \Delta U = \frac{3}{2} p \Delta V = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

Рівняння Клапейрона – Менделєєва:

$$pV_1 = \nu RT_1 \Rightarrow \nu R = \frac{pV_1}{T_1} = \frac{V_1}{T_1} \left(p_0 + \frac{mg}{S} \right)$$

$Q - ?$ $\Delta U - ?$

$$Q = \frac{5}{2} \frac{V_1 \Delta T}{T_1} \left(p_0 + \frac{mg}{S} \right)$$

$$[Q] = \frac{\frac{\text{м}^3 \cdot \text{К}}{\text{К}}}{\text{К}} \cdot \left(\text{Па} + \frac{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}}{\frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}} \right) = \text{м}^3 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

$$Q = \frac{5}{2} \cdot \frac{1 \cdot 300}{273} \cdot \left(97,3 \cdot 10^3 + \frac{10^3 \cdot 10}{0,5} \right) \approx 321 \cdot 10^3 \text{ (Дж)}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{V_1 \Delta T}{T_1} \left(p_0 + \frac{mg}{S} \right)$$

$$[\Delta U] = \frac{\frac{\text{м}^3 \cdot \text{К}}{\text{К}}}{\text{К}} \cdot \left(\text{Па} + \frac{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}}{\frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}} \right) = \text{м}^3 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \frac{1 \cdot 300}{273} \cdot \left(97,3 \cdot 10^3 + \frac{10^3 \cdot 10}{0,5} \right) \approx 193 \cdot 10^3 \text{ (Дж)}$$

Відповідь: $Q \approx 321 \text{ кДж}$; $\Delta U \approx 193 \text{ кДж}$.

3. Неон масою 200 г переводиться зі стану 1 у стан 4 (див. рисунок). Визначте підведену кількість теплоти в цьому процесі, якщо різниця температур газу в станах 1 і 4 становить 100 К. Побудуйте графік процесу, що відбувається, в координатах p , V (див. рисунок).

Дано:

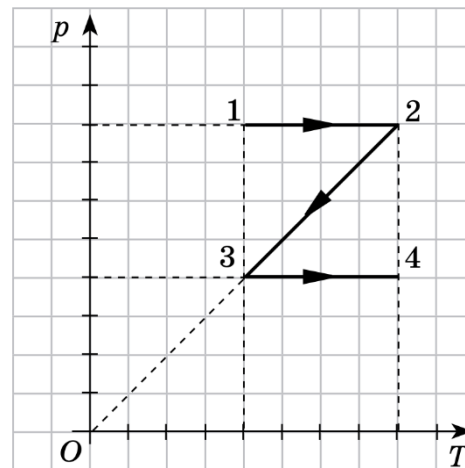
$$m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$$

$$M = 20 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$\Delta T = 100 \text{ К}$$

 $Q - ?$

Розв'язання

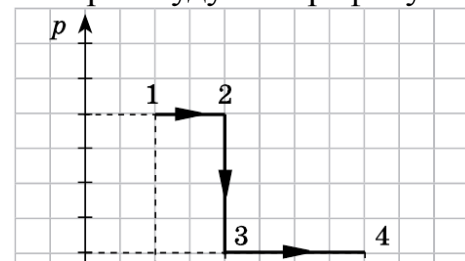


$$\Delta T = T_2 - T_1 = T_4 - T_3$$

Розглянемо наведений графік. У процесах ізобарного нагрівання 1-2 та 3-4 кожного разу відповідно до закону Гей-Люссака об'єм подвоюється. Під час процесу 2-3 відбувається

ізохорне охолодження газу.

Тепер побудуємо графік у координатах p , V :



Під час процесу 1-4 зміна внутрішньої енергії одноатомного ідеального газу визначається лише різницею температур:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$$

Під час ізохорного процесу 2-3 робота газу:

$$A_{23} = 0$$

Під час ізобарного розширення 1-2 та 3-4 робота газу:

$$A_{12} = A_{34} = p \Delta V = \frac{m}{M} R \Delta T$$

$$Q = A + \Delta U$$

$$Q = \frac{m}{M} R \Delta T + \frac{m}{M} R \Delta T + \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{7}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$$

$$[Q] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \text{К} = \text{Дж}$$

$$Q = \frac{7}{2} \cdot \frac{0,2}{20 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 100 = 29085 \text{ (Дж)}$$

Відповідь: $Q = 29 \text{ кДж}$.