

Тема 25. Ізопроееси в газах. Об'єднаний газовий закон.

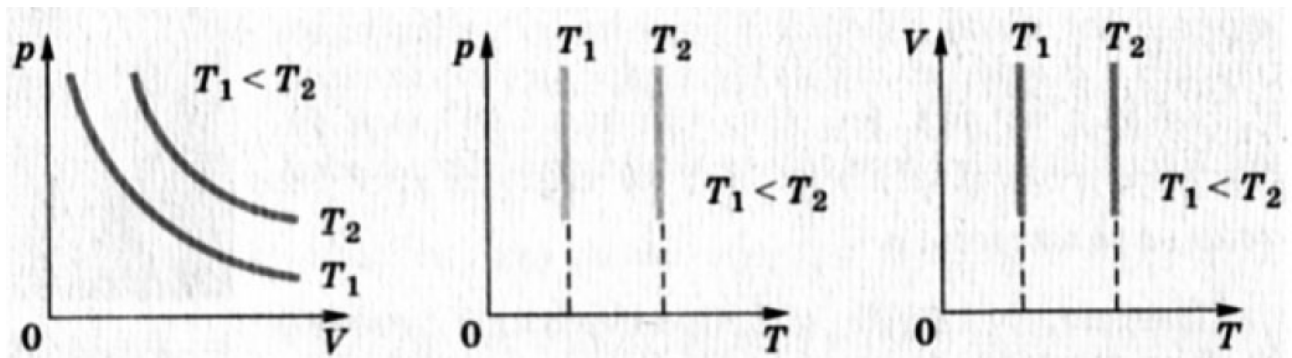
Закон Бойля-Маріотта. При сталій температурі об'єм V даної маси газу обернено пропорційний тиску газу P , таким чином має місце співвідношення:

$$PV = \text{const} \quad (m = \text{const}, T = \text{const}).$$

Для двох станів, в яких газ займає об'єм V_1 та V_2 і має тиски P_1 та P_2 , має місце рівність:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2.$$

Тепловий процес, який відбувається при сталій температурі, називається **ізотермічним**. Нижче наведено графіки **ізотерм** в різних системах координат.



Закон Гей-Люссака. За сталого тиску відносна зміна об'єму газу даної маси прямо пропорційна зміні температури:

$$\frac{V - V_0}{V_0} = \alpha t \quad \text{або} \quad V = V_0(1 + \alpha t),$$

де V_0 – об'єм газу при температурі $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Коефіцієнт пропорційності α називається термічним коефіцієнтом об'ємного розширення. Його значення наближено дорівнює:

$$\alpha \approx \frac{1}{273} \text{ K}^{-1}.$$

Закон Гей-Люссака також можна записати у вигляді:

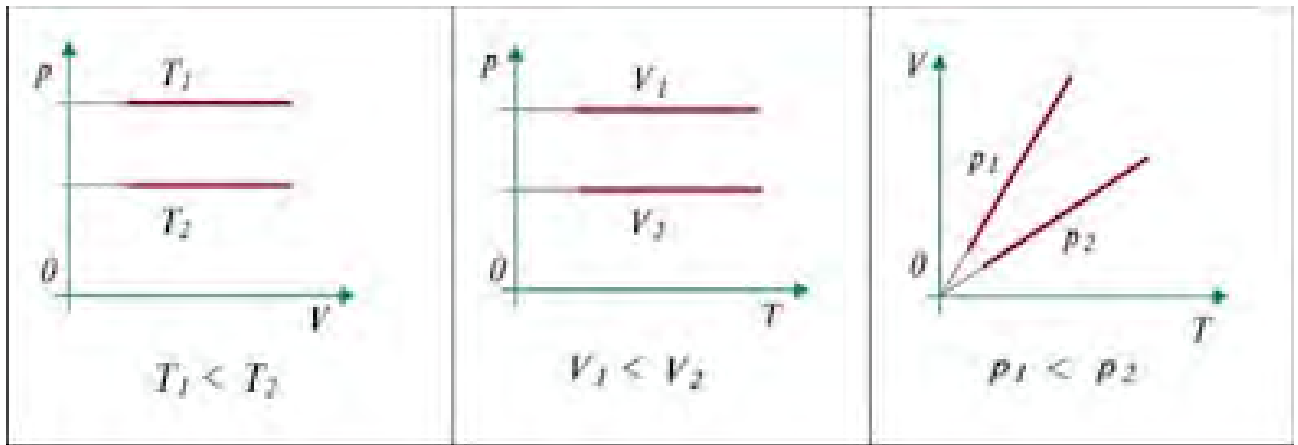
$$\frac{V}{T} = \text{const} \quad (m = \text{const}, P = \text{const}).$$

Для двох станів газу, в яких об'єми і температури дорівнюють відповідно V_1, T_1 та V_2, T_2 має місце рівність:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}.$$

Тепловий процес, який відбувається за сталого тиску, називається **ізобарним**, а лінії, що його зображають, **ізобарами**.

Нижче наведено графіки ізобар в різних системах координат.



Закон Шарля. За сталого об'єму відносна зміна тиску газу даної маси прямо пропорційна зміні температури:

$$P = P_0(1 + \alpha t),$$

де P_0 – тиск газу при температурі $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Коефіцієнт пропорційності α є термічним коефіцієнтом тиску:

$$\alpha \approx \frac{1}{273} \text{ K}^{-1}.$$

Закон Шарля також можна записати у вигляді:

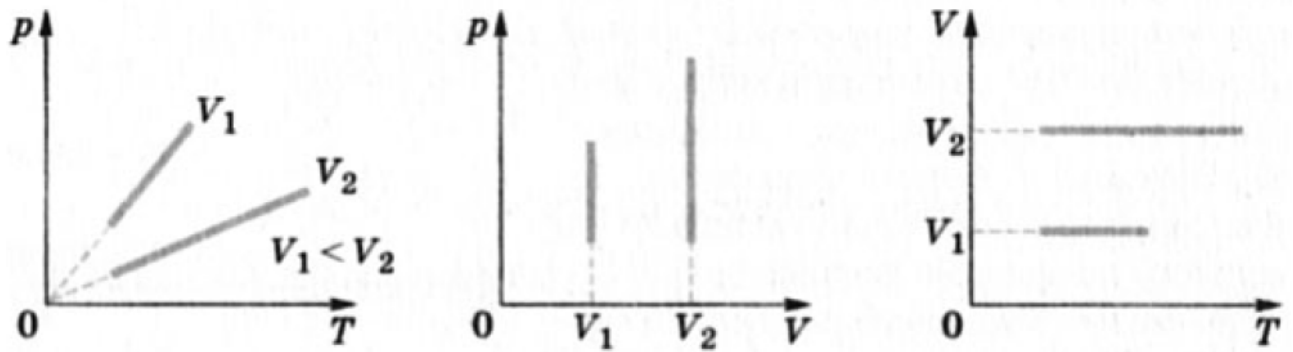
$$\frac{P}{T} = \text{const} \quad (m = \text{const}, V = \text{const}).$$

Для двох станів газу, в яких тиски і температури дорівнюють відповідно P_1, T_1 та P_2, T_2 має місце рівність:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}.$$

Тепловий процес, який відбувається за сталого об'єму, називається **ізохорним**, а лінії, що його зображають, **ізохорами**.

Нижче наведено графіки ізохор в різних системах координат.



Об'єднаний газовий закон. Відношення добутку тиску та об'єму газу до його абсолютної температури за незмінної маси є величина постійна:

$$\frac{PV}{T} = \text{const} \quad (m = \text{const}).$$

Для двох станів газу з параметрами P_1, V_1, T_1 та P_2, V_2, T_2 має місце рівність:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}.$$

Рівняння стану ідеального газу (рівняння Менделєєва-Клапейрона):

$$PV = \frac{mRT}{M} = \nu RT \quad \text{або} \quad P = \frac{\rho RT}{M},$$

де m – маса газу, а $\rho = \frac{m}{V}$ – густина газу.

Закон Дальтона визначає тиск суміші газів. Він дорівнює сумі тисків кожного газу окремо:

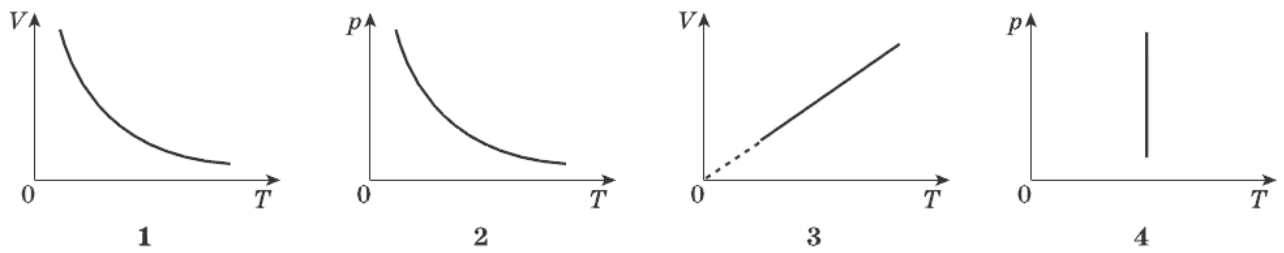
$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n,$$

де P_i – парціальний тиск.

Загальна кількість речовини суміші дорівнює сумі кількостей речовини її компонентів:

$$\nu = \nu_1 + \nu_2 + \dots + \nu_n.$$

Приклад 6. Який з наведених на рисунках графіків описує ізотермічний процес в ідеальному газі?



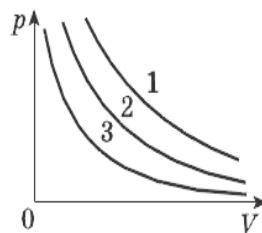
Відповідь: 4.

Приклад 7. Оберіть рівняння, яке описує ізотермічний процес для незмінної маси ідеального газу.

А $pV^\gamma = \text{const}$	Б $\frac{p}{V} = \text{const}$	В $pV = \text{const}$	Г $\frac{V}{p} = \text{const}$
------------------------------	--------------------------------	-----------------------	--------------------------------

Відповідь: В.

Приклад 8. На рисунку наведені графіки ізотермічних процесів, які відбуваються з 1 моль ідеального газу. Порівняйте температури газу під час цих процесів.



А $T_1 = T_2 = T_3$	Б $T_1 < T_2 < T_3$	В $T_1 > T_2 > T_3$	Г $T_1 < T_2 > T_3$
---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

Відповідь: В.

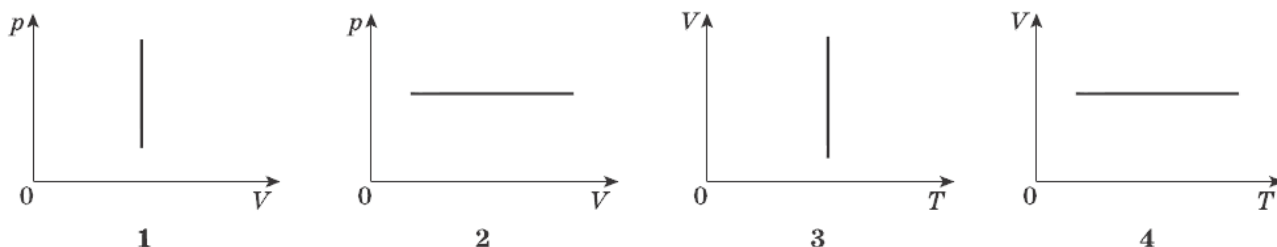
Приклад 9. У герметичному циліндрі під поршнем знаходиться ідеальний газ. На скільки відсотків зросте його тиск, якщо об'єм газу за незмінної температури зменшити на 20%?

$$T = \text{const}, V_2 = 0,8V_1$$

$$P_1V_1 = P_2V_2, P_2/P_1 = V_1/V_2 = V_1/0,8V_1 = 1/0,8 = 1,25, P_2 = 1,25P_1.$$

Відповідь: на 25%.

Приклад 10. Який із наведених на рисунках графіків описує ізобарний процес в ідеальному газі?



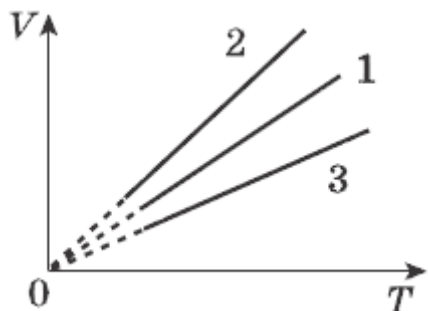
Відповідь: 2.

Приклад 11. Виберіть рівняння, яке описує ізобарний процес для незмінної маси ідеального газу.

А $\frac{p}{V} = \text{const}$	Б $\frac{V}{T} = \text{const}$	В $\frac{V}{p} = \text{const}$	Г $pV = \text{const}$
--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------

Відповідь: Б.

Приклад 12. На рисунку наведені графіки ізобарних процесів, які відбуваються з 1 моль ідеального газу. Порівняйте тиск газу під час цих процесів.



А $p_1 = p_2 = p_3$	В $p_3 > p_1 > p_2$
Б $p_1 < p_2 < p_3$	Г $p_1 < p_2 > p_3$

Відповідь: В.

Приклад 13. У герметичному циліндрі під поршнем знаходиться ідеальний газ. Поршень перебуває на висоті 20 см від дна циліндра. Температура газу становить 27° С. До якої температури (за Цельсієм) треба нагріти газ, щоб поршень піднявся до висоти 60 см? Тертя відсутнє.

$P = \text{const}$, $h_1 = 20$ см, $T_1 = 27 + 273 = 300$ К, $h_2 = 60$ см. t_2 - ?

$T_2/T_1 = V_2/V_1 = h_2/h_1 = 60/20 = 3$, $T_2 = 3T_1 = 3 \cdot 300 = 900$ К,

$t_2 = 900 - 273 = 627^\circ \text{C}$.

Відповідь: 627° С.

Домашнє завдання: № 284, 286, 288, 289, 297, 300, 302, 304.