

Тема 27. Ізопроееси в газах. Об'єднаний газовий закон. Розв'язування задач.

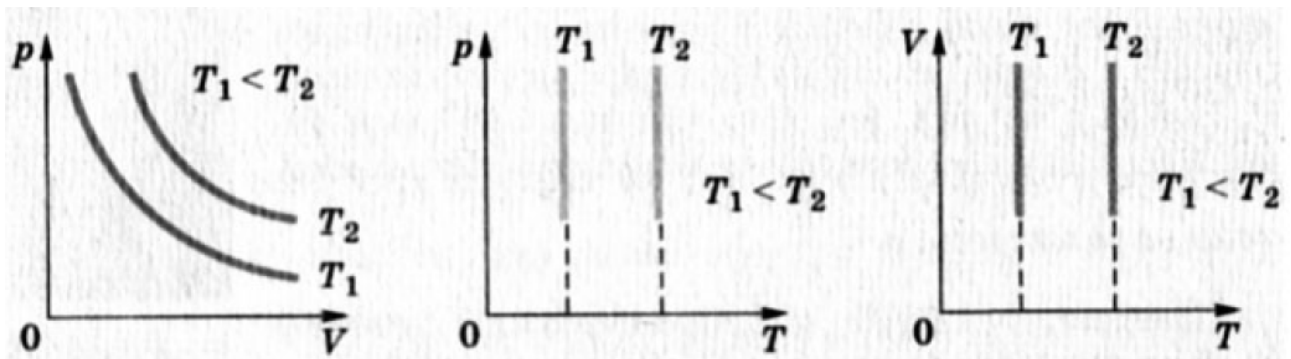
Закон Бойля-Маріотта. При сталій температурі об'єм V даної маси газу обернено пропорційний тиску газу P , таким чином має місце співвідношення:

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

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:

$$P_1V_1 = P_2V_2.$$

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:

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

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:

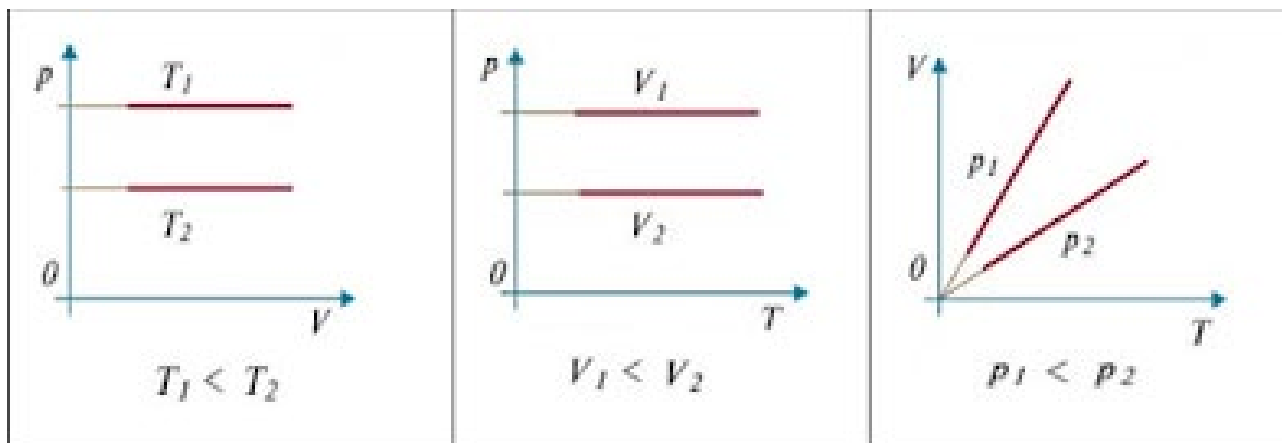
$$\frac{V}{T} = \text{const}(m = \text{const}, P = \text{const}).$$

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:

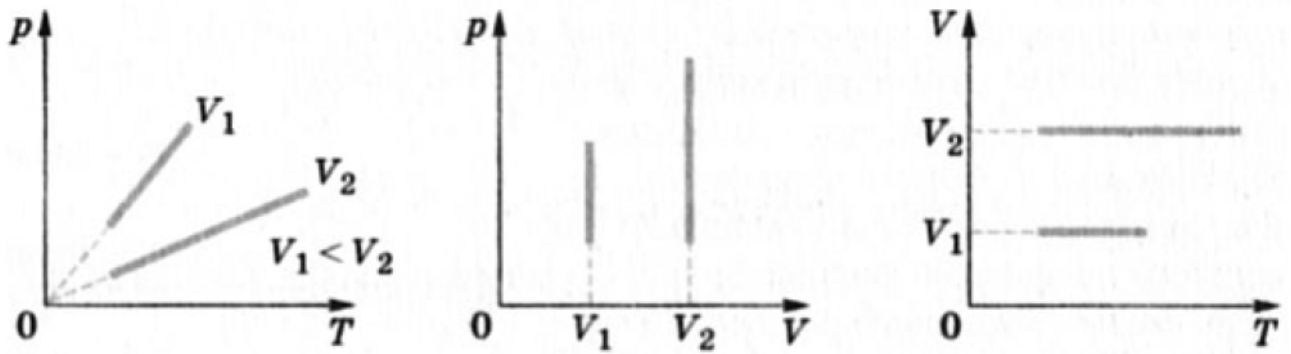
$$\frac{P}{T} = \text{const}(m = \text{const}, V = \text{const}).$$

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:

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

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):

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

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

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

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

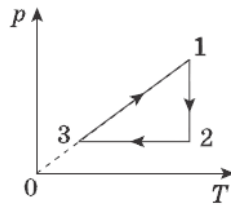
де P_i – парціальний тиск.

Загальна кількість речовини суміші дорівнює сумі кількостей речовини її компонентів:

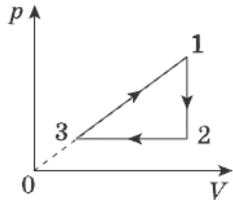
$$\nu = \nu_1 + \nu_2 + \dots + \nu_n.$$

Приклад 18.

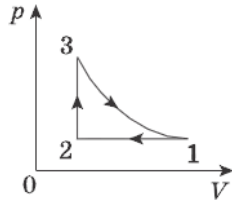
На рисунку наведено графік зміни стану ідеального газу в координатах p, T .



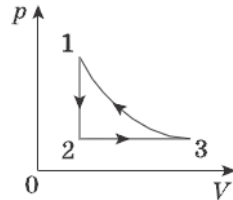
Який із графіків у координатах p, V відповідає цьому процесу?



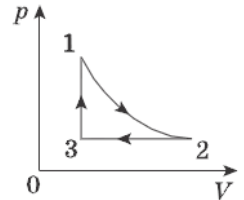
1



2



3



4

Відповідь: 4.

Приклад 19. У сталевому балоні знаходиться 3 моль ідеального газу при температурі 77°C і тиску $1,05 \cdot 10^6$ Па. Яким стане тиск, якщо з балона забрати 1 моль газу, а температуру зменшити до 27°C ?

$$T_1 = 350 \text{ К}, T_2 = 300 \text{ К}.$$

$$pV = \frac{mRT}{M} = \nu RT \text{ або } p = \frac{\rho RT}{M},$$

$$10^6 * V = 3 * 8,31 * 350$$

$$P * V = 2 * 8,31 * 300$$

$$P / 10^6 = 2 / 3 * 300 / 350.$$

$$P = 100 / 175 * 10^6 = 6 \cdot 10^5$$

Відповідь: $6 \cdot 10^5$ Па.

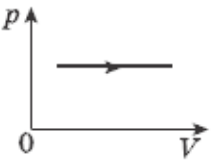
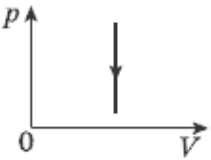
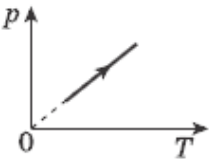
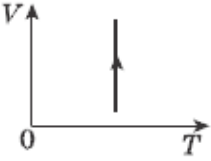
Приклад 20. Стала маса ідеального газу розширюється за законом $V/P = \text{const}$. У скільки разів потрібно збільшити температуру газу, щоб тиск газу зріс удвічі?

$$P_2 = 2P_1, \text{ отже } V_2 = 2V_1. P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2, P_1 V_1 / T_1 = 2P_1 * 2V_1 / T_2,$$

$$1 / T_1 = 4 / T_2, T_2 = 4T_1.$$

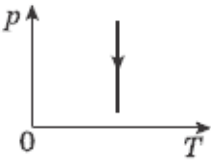
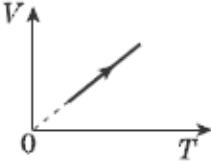
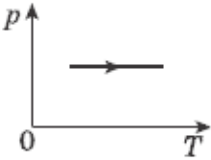
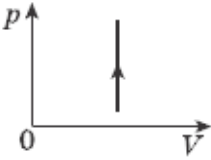
Відповідь: в 4 рази.

Приклад 21. Установіть відповідність між графіком процесу, який здійснюється над сталою масою ідеального газу, та назвою процесу.

<p>1</p> 	<p>А Ізотермічне стискання</p>
<p>2</p> 	<p>Б Ізохорне нагрівання</p>
<p>3</p> 	<p>В Ізобарне розширення</p>
<p>4</p> 	<p>Г Ізохорне охолодження</p>
<p>Д Ізотермічне розширення</p>	

Відповідь: 1 – В, 2 – Г, 3 – Б, 4 – Д.

Приклад 22. Установіть відповідність між графіком процесу, який здійснюється над сталою масою ідеального газу, та назвою процесу.

<p>1</p> 	<p>А Ізобарне стискання</p>
<p>2</p> 	<p>Б Ізотермічне розширення</p>
<p>3</p> 	<p>В Ізохорне охолодження</p>
<p>4</p> 	<p>Г Ізохорне нагрівання</p>
<p>Д Ізобарне розширення</p>	

Відповідь: 1 – А, 2 – Б, 3 – А, 4 – Г.

Приклад 23. Установіть відповідність між прикладами процесів, які здійснюються над певною масою повітря, та назвами цих процесів.

1 Сталевий балон із повітрям помістили в морозильну камеру	А Ізобарне розширення
2 Гумову кульку з повітрям занурили у ванну з водою кімнатної температури	Б Ізохорне охолодження
3 Гумову кульку з повітрям помістили під ковпак працюючого вакуумного насоса	В Ізотермічне розширення
4 Запаюну з одного кінця трубку, у якої під стовпчиком ртуті знаходиться повітря, вертикально запаюним кінцем униз опускають в окріп	Г Ізохорне нагрівання
	Д Ізотермічне стискання

Відповідь: 1 – Б, 2 – Д, 3 – В, 4 – А.

Приклад 24. У вертикальному герметичному циліндрі під рухомих поршнем знаходиться ідеальний газ. Після нагрівання газу на 60 К поршень піднявся на 20% початкової висоти. Визначте (у градусах Цельсія) початкову температуру газу. Тертя відсутнє.

Ізобарний процес, $V_1/T_1 = V_2/T_2$. $V_2 = 1,2V_1$, $T_2 = T_1 + 60$.

$V_1/T_1 = 1,2V_1/(T_1+60)$, $1,2T_1 = T_1 + 60$, $0,2T_1 = 60$, $T_1 = 300$ К.

Відповідь: 27° С.

Приклад 25. За зростання температури міцного герметичного сталевого балона з ідеальним газом у 1,25 рази, тиск усередині балона зріс на 400 кПа. Визначте (у мегапаскалях) тиск газу після нагрівання.

Процес ізохорний, $T_2 = 1,25T_1$, $P_2 = P_1 + 400$.

$P_1/T_1 = P_2/T_2$, $P_1/T_1 = (P_1 + 400)/1,25T_1$, $1,25P_1 = P_1 + 400$, $0,25P_1 = 400$,

$P_1 = 1600$, $P_2 = 2000 = 2$ МПа.

Відповідь: 2 МПа.

Приклад 26. У кімнаті випарувалася краплина легкої рідини з молярною масою 160 г/моль. Визначте кількість молекул цієї рідини (як множник до 10^{16}), яка потрапляє в легені людини, що знаходиться в кімнаті, під час кожного її вдиху. Маса краплини 0,32 г, кімната має розміри 5x4x3 м, у легені людини за один вдих потрапляє 2,5 л повітря.

$$N_{\text{заг}} = (0,32/160) * 6,02 * 10^{23} = 1,2 * 10^{21}.$$

$$V_{\text{заг}} = 60 \text{ м}^3, V = 2,5 * 10^{-3} \text{ м}^3.$$

$$N/N_{\text{заг}} = V/V_{\text{заг}}, N = 2,5 * 10^{-3} * 1,2 * 10^{21} / 60 = 5 * 10^{16}.$$

Відповідь: 5.

Домашнє завдання: № 287, 288, 297, 300, 303, 305, 307, 309, 312, 322.