

«Газові закони. Швидкість хімічної реакції. Хімічна рівновага»

План

1. Газові закони
2. Швидкість хімічної реакції
3. Хімічна рівновага

1. Газові закони

В хімічних процесах об'єм реакційної суміші, на відміну від її маси, може змінюватися. Це відбувається, якщо в хімічній реакції реагують і/або утворюються газоподібні реагенти і/або продукти.

В хімічних розрахунках масу газів можна замінити їх об'ємами.

Об'ємні співвідношення в хімічних реакціях між газами визначає закон об'ємних відношень, який був встановлений дослідним шляхом французьким ученим Жозеф-Луї Гей-Люссаком:

В хімічних реакціях об'єми газоподібних речовин (реагентів і продуктів) відносяться між собою як невеликі цілі числа

У кожній реакції одиничний об'єм будь-якого газу один і той же, а сама реакція протікає при постійному тиску і температурі.

Хімічний газовий закон Гей-Люссака не уточнює, у вигляді яких частинок (атомів або молекул) беруть участь одноелементні гази в реакціях. У той час вважалося, що гази складаються з атомів, а скільки розміри атомів різних газів неоднакові, то й число атомів в рівних об'ємах різних газів має бути різним; це суперечило експериментальним спостереженнями Гей-Люссака. Надалі, це протиріччя було знято, оскільки виявилось, що багато газів (водень, кисень, хлор та ін.) Складаються з двохатомних молекул.

Основним газовим законом є закон Авогадро, відкритий як гіпотеза італійським фізиком і хіміком Амедео Авогадро:

В рівних об'ємах різних газів за однакових умов (T , P) міститься однакове число молекул

Саме Авогадро своїми дослідженнями заклав основи молекулярної теорії і ввів у науку уявлення про молекули як про більш складні частинки, ніж атоми. Закон Авогадро пояснює прості об'ємні відношення між реагуючими газами та газами що утворюються, встановлені раніше Гей-Люссаком.

Число молекул в 1 см^3 при 101325 Па (1 атм) і 0°C першим визначив Лошмідт, тим самим підтвердив закон Авогадро.

Виходячи зі своєї гіпотези, Авогадро розробив спосіб визначення молярної маси M невідомого газу B (або пари) з вимірної відносної щільності d цього газу по іншому (відомому) газу A :

$$M(B) = d_A M(A); P, T = \text{const}$$

Найбільш часто використовують відносну щільність газу за воднем d_{H_2} :

$$M(B) = 2,016 * d_{\text{H}_2} \text{ г./моль}$$

Відносну щільність газу за воднем визначають експериментально.

Закон Бойля-Маріотта: при сталій температурі об'єм газу зворотно пропорційний його тиску

$$V_2 / V_1 = P_1 / P_2; T = \text{const}$$

Закон Гей-Люссака-Шарля: при сталому тиску об'єм газу прямо пропорційний абсолютній температурі

$$V_2 / V_1 = T_2 / T_1; p = \text{const}$$

або при сталому об'єму тиск газу прямо пропорційний абсолютній температурі

$$P_2 / P_1 = T_2 / T_1; V = \text{const}$$

Об'єднаний газовий закон:

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2$$

Стан ідеального газу визначають три параметри – тиск, температура і об'єм. Всі вони зв'язані між собою – рівняння Клапейрона-Менделєєва:

$$PV = nRT$$

де R – газова стала, яка дорівнює $8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$.

При змішуванні різних газів утворюються однорідні суміші.

Загальний тиск газів за закон Дальтона дорівнює сумі парціальних тисків всіх газів, які складають суміш:

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_i$$

Парціальний тиск газу – це тиск, який створював би газ, якби він займав об'єм суміші.

Приклад розв'язування задач

1. За 27°C об'єм газу дорівнює 600 мл. Який об'єм займає газ за 57°C , якщо тиск залишиться постійним?

Дано:	Позначають об'єм, який необхідно обчислити, через V_2 , а відповідну йому температуру через T_2 . За умовою $T_1 = 273 + 27 = 300\text{ K}$, а $T_2 = 273 + 57 = 330\text{ K}$. За законом Бойля-Маріотта:
$t_1 = 27^{\circ}\text{C}$	
$V_1 = 600\text{ мл}$	
$t_2 = 57^{\circ}\text{C}$	
$V_2 - ?$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{600}{300} = \frac{V_2}{330} \rightarrow V_2 = 660\text{ мл}$

Відповідь: $V_2 = 660\text{ мл}$

2. За 15°C тиск у балоні з киснем дорівнює $91,2 \times 10^2\text{ кПа}$. За якої температури він стане рівним $101,33 \times 10^2\text{ кПа}$?

Дано:	Позначають температуру, яку обчислюють, через T_2 , за умовою задачі $T_1 = 273 + 15 = 288\text{ K}$. Тоді, за законом Гей-Люссака:
$P_1 = 91,2 \times 10^2\text{ кПа}$	
$t_1 = 15^{\circ}\text{C}$	
$P_2 = 101,33 \times 10^2\text{ кПа}$	
$T_2 - ?$	$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow \frac{91,2 \times 10^2}{288} = \frac{101,33 \times 10^2}{T_2} \rightarrow T_2 = 320\text{ K або } 47^{\circ}\text{C}$

Відповідь: $T_2 = 320\text{ K або } 47^{\circ}\text{C}$

3. Обчислити молекулярну масу бензену C_6H_6 , якщо відомо, що маса 600 мл його пари за 87°C і тиску $83,2\text{ кПа}$ дорівнює 1,3 г.

Дано:	Виражають дані задачі у СІ:
$V(\text{C}_6\text{H}_6) = 600\text{ мл}$	$P = 8,32 \times 10^4\text{ Па}$, $V = 6 \times 10^{-4}\text{ м}^3$, $m = 1,3 \times 10^{-3}\text{ кг}$, $T = 360\text{ K}$
$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 1,3\text{ г}$	Підставляємо їх у рівняння Клайперона-Менделєєва:
$t = 87^{\circ}\text{C}$	$PV = \frac{m}{M}RT \rightarrow M = \frac{mRT}{PV} = \frac{1,3 \times 10^{-3} \times 8,31 \times 360}{8,32 \times 10^4 \times 6 \times 10^{-4}} = 78 \times 10^{-3}\text{ кг/моль}$
$P = 83,2\text{ кПа}$	$M = 78\text{ г/моль}$
$M - ?$	Відповідь: Відносна молекулярна маса бензену 78 а.о.м.

2. Швидкість хімічної реакції

Формули і поняття, які треба використовувати для розрахунку таких типів задач:

$$v_1 = k_1 \times c^a(A) \times c^b(B)$$

$$v_2 = k_2 \times c^b(B) \times c^r(\Gamma)$$

$$v_1 = k_1 \times [A]^a \times [B]^b$$

$$v_2 = k_2 \times [B]^b \times [\Gamma]^r$$

$$K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[B]^b \times [\Gamma]^r}{[A]^a \times [B]^b}$$

Де: v_1 - швидкість прямої реакції,

v_2 - швидкість зворотної реакції,

A, Б - реагенти реакції,

B, Г - продукти реакції,

$c(A)$, $c(B)$ - концентрації реагентів,

$c(B)$, $c(\Gamma)$ - концентрації продуктів реакції,

$[A]$, $[B]$, $[B]$, $[\Gamma]$ - рівноважні концентрації речовин A, Б, B, Г,

a, б, в, г — стехіометричні коефіцієнти,

k_1 , k_2 — константи швидкостей прямої та зворотної реакцій,

K — константа рівноваги.

$$v_{t_2} = v_{t_1} \times \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

Де: v_{t_2} - швидкість реакції за температури t_2 ,

v_{t_1} - швидкість реакції за температури t_1 ,

γ - температурний коефіцієнт.

Приклад розв'язування задач

1. Як зміниться швидкість реакції, температурний коефіцієнт якої 2, при підвищенні температури з 10 до 40°C?

Дано:

$$t_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$\gamma = 2$$

$$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} - ?$$

З формули: $v_{t_2} = v_{t_1} \times \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$, можна розрахувати у

скільки разів зміниться швидкість реакції:

$$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} \rightarrow \frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = 2^{\frac{40 - 10}{10}} \rightarrow \frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = 8 \text{ разів}$$

Відповідь: швидкість реакції збільшиться у 8 разів

2. Визначте температурний коефіцієнт реакції, якщо при підвищенні температури з 20 до 60 °C її швидкість збільшилась у 256 разів.

Дано:

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 60^\circ\text{C}$$

$$\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = 256$$

$$\gamma - ?$$

З формули: $\frac{v_{t_2}}{v_{t_1}} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$, можна розрахувати

температурний коефіцієнт: $256 = \gamma^{\frac{60 - 20}{10}} \rightarrow \gamma = 4$

Відповідь: температурний коефіцієнт реакції становить 4

3. Як зміниться швидкість прямої реакції $2\text{SO}_{2(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} \leftrightarrow 2\text{SO}_{3(\text{r})}$ якщо тиск у системі підвищити в 3 рази?

Початкові концентрації SO_2 і O_2 становлять відповідно a моль/л і b моль/л.

Тоді кінетичне рівняння для визначення швидкості прямої реакції становитиме:

$$v_0 = k \times c_0^2(\text{SO}_2) \times c_0(\text{O}_2) = k \times a^2 \times b(I)$$

Підвищення тиску в 3 рази приведе до підвищення концентрації реагентів у стільки ж разів: $c_1(\text{SO}_2) = 3a$ моль/л, а $c_1(\text{O}_2) = 3b$ моль/л. Кінетичне рівняння:

$$v_1 = k \times c_1^2(\text{SO}_2) \times c_1(\text{O}_2) = k \times (3a)^2 \times 3b$$

Для того щоб розрахувати, у скільки разів швидкість прямої реакції змінилась, поділимо вираз для швидкості після підвищення тиску суміші (II) на вираз для початкової швидкості (I):

$$\frac{v_1}{v_0} = \frac{k \times (3a)^2 \times 3b}{k \times a^2 \times b} = 27 \text{ разів}$$

Відповідь: швидкість прямої реакції збільшиться у 27 разів.

