

ЛЕКЦІЯ 1 (4 ГОДИНИ)

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ЗАКОНИ ХІМІЇ

Згідно із визначенням Д.І. Менделєєва, хімія – це вчення про елементи і їх з'єднання.

Хімія вивчає причини зміни будови і властивостей матерії, закони, по яких зміни відбуваються, і розглядає основні частини матерії.

Найважливіші прикладні завдання хімії:

- отримання речовин із заздалегідь заданими властивостями;
- інтенсифікація промислових виробництв;
- створення безвідходних технологій;
- дослідження енергії хімічних перетворень.

Хімія дозволяє синтезувати такі матеріали, яких немає в природі: синтетичний каучук, пластичні маси, штучне волокно, синтетичне паливо, фарбники, ліки і ін.

Особливо велике значення хімії в науковому розумінні картини миру.

Речовина

Речовина - це однорідний вид матерії, наприклад, вода, сірчана кислота, хлорид натрію і ін. Кожна частинка речовини має однакові властивості.

У хімічному сенсі речовина - це абсолютно чиста матерія без яких-небудь домішок. У природі речовин в абсолютно чистому вигляді практично не буває. Зазвичай це суміші різних речовин. Наприклад, природна вода завжди містить різні розчинені солі і гази. У хімічному ж розумінні вода - це речовина, що складається тільки з молекул H_2O .

Речовини бувають прості і складні.

Проста речовина складається з атомів одного елемента. Наприклад, проста речовина залізо утворене атомами елемента ферума (Fe); азот - атомами елемента азоту (N_2), озон - атомами елемента кисню (O_3) і так далі, незалежно від кількості атомів в молекулі.

Складна речовина складається з атомів різних елементів. Наприклад, молекула води H_2O складається з атомів водню і кисню. Значить, вода - складна речовина.

За агрегатним станом речовина може бути твердою, рідкою і газоподібною, що залежить від зовнішніх умов, головним чином - від тиску і температури.

Молекула - найменша частинка даної речовини, що володіє його хімічними властивостями. Ці властивості молекули залежать від її складу і хімічної будови.

Атом - найменша частинка хімічного елемента, що зберігає його властивості і що входить до складу простих і складних речовин. Атом - електронейтральна (незаряджена) частинка, що складається з ядра і електронів. Ядро складається з протонів і нейтронів. Протони заряджені позитивно, а нейтрони - незаряджені частинки. Тому ядро має позитивний заряд.

Електрони - негативно заряджені частинки, що обертаються навколо ядра. Кількість електронів в атомі завжди рівна кількості протонів в його ядрі, тому атом електронейтральний. Електрон володіє властивостями і частинки, і хвилі.

Іони - заряджені атоми або групи атомів. Позитивно заряджені іони називаються катіонами (Na^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ та ін.), негативно заряджені - аніонами (Cl^- , SO_4^{2-} та ін.).

Хімічний елемент - це вид атомів з однаковим позитивним зарядом ядра. В даний час відомо близько 120 елементів. Приблизно 90 з них існують в природі, останні отримують штучно при ядерних перетвореннях.

Всі елементи умовно діляться на метали і неметали. До неметалів відносяться наступні елементи: гелій, неон, аргон, криптон, ксенон, радон, фтор, хлор, бром, йод, астат, кисень, сіра, селен, телур, азот, фосфор, миш'як, вуглець, кремній, бор, водень. Умовність ділення елементів на метали і неметали полягає в тому, що деякі з них в одних умовах поведуться як метали, а в інших - як неметали.

Кількість речовини

Кількість речовини в хімії визначається числом структурних одиниць даної речовини (атомів, молекул, іонів або ін.). Кількість речовини зазвичай позначається грецькою буквою ν (ню) і виражається в молях.

Моль - це одиниця кількості речовини, що містить стільки ж структурних одиниць даної речовини, скільки атомів міститься в 12 г вуглецю, що складається тільки з ізотопу ^{12}C . Один моль будь-якої речовини містить однакову кількість структурних одиниць: $6,02 \cdot 10^{23}$. Ця величина називається постійною Авогадро: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

Маса одного моля речовини називається його молярною масою. Молярна маса речовини може бути розрахована по формулі:

$$M = \frac{m}{\nu} \quad (1)$$

$$[M] = \text{г/моль},$$

де m - маса речовини, г; ν - кількість речовини, моль.

Для кожної речовини молекулярна маса є величиною постійною.

Існують ще дві характеристики маси: відносна атомна маса елементу і відносна молекулярна маса речовини. Обидві ці характеристики - безрозмірні.

Відносна атомна маса елементу позначається A_r . Це відношення абсолютної маси атома даного елементу до $1/12$ частини абсолютної маси атома ізотопу вуглецю ^{12}C . Значення відносних атомних мас A_r елементів приведені в періодичній системі. Наприклад, відносна атомна маса елементу Са рівна 40,08. Це означає, що маса атома цього елементу більше $1/12$ частини маси атома ізотопу ^{12}C в 40,08 разів.

Відносна молекулярна маса речовини позначається M_r . Це відношення абсолютної маси молекули даної речовини до $1/12$ частини абсолютної маси атома ізотопу вуглецю ^{12}C .

Таким чином, мірою відносної атомної маси елементу і відносної молекулярної маси речовини служить $1/12$ частина маси атома ізотопу вуглецю ^{12}C . Ця величина називається **атомною одиницею маси** (а.о.м.):

$$1 \text{ а.о.м.} = 1/12 m_A(\text{C}) = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г.}$$

Завдання 1

Знайти відносну молекулярну масу сульфату натрію.

Розв'язок

Відносна молекулярна маса речовини визначається по його хімічній формулі шляхом складання відносних атомних мас всіх елементів, що входять до складу молекули, з урахуванням кількості атомів кожного елементу в молекулі.

Відносна молекулярна маса сульфату натрію рівна:

$$M_r(\text{Na}_2\text{SO}_4) = A_r(\text{Na}) \cdot 2 + A_r(\text{S}) + A_r(\text{O}) \cdot 4 = 23 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4 = 142.$$

Завдання 2

Визначити молярну масу сульфату натрію.

Розв'язок

Молярна маса речовини чисельно рівна його відносній молекулярній масі. Тому $M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль}$.

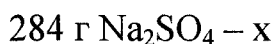
Завдання 3

Скільки молей сульфату натрію міститься в 284 г цієї солі?

Розв'язок

З попереднього завдання видно, що 142 г сульфату натрію - це маса 1 моля. Тому складемо пропорцію:

$$142 \text{ г Na}_2\text{SO}_4 - 1 \text{ моль}$$



$$x = \frac{284 \cdot 1}{142} = 2 \text{ моля}$$

Задачу можна вирішити інакше. Для цього приведемо формулу (1) до вигляду:

$$v = \frac{m}{M} = \frac{284}{142} = 2 \text{ моля.}$$

Завдання 4

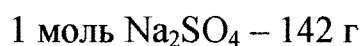
Є 0,1 моля сульфату натрію. Обчислити масу солі.

Розв'язок

Перетворимо формулу (1) до вигляду:

$$m = v \cdot M = 0,1 \cdot 142 = 14,2 \text{ г}$$

Можна вирішити задачу і на основі пропорції:



$$x = \frac{142 \cdot 0,1}{1} = 14,2 \text{ г.}$$

Завдання 5

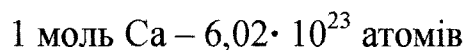
Скільки атомів міститься в 20 г кальцію?

Розв'язок

Визначимо кількість речовини кальцію в 20 г. По періодичній системі відносна атомна маса кальцію рівна $A_r(\text{Ca}) = 40$. Оскільки кальцій - метал, то його молекула одноатомна. Значить, відносна молекулярна маса кальцію рівна $M_r(\text{Ca}) = 40$. Молярна маса кальцію чисельно рівна відносній молекулярній масі, тобто $M(\text{Ca}) = 40 \text{ г/моль}$. Тоді кількість речовини рівна:

$$v = \frac{m}{M} = \frac{20}{40} = 0,5 \text{ моля.}$$

Враховуючи, що 1 моль будь-якої речовини містить $6,02 \cdot 10^{23}$ структурних одиниць, складемо пропорцію:



0,5 моля Ca – x

$$x = \frac{0,5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{1} = 3,01 \cdot 10^{23} \text{ атомів}$$

Завдання 6

Скільки атомів водню міститься в 180 г води?

Розв'язок

Молярна маса H_2O рівна $M(\text{H}_2\text{O}) = 18$ г/моль.

З формули (1) кількість речовини H_2O рівна:

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{180}{18} = 10 \text{ молей}$$

Враховуючи, що в 1 молі будь-якої речовини міститься $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул, отримуємо, що кількість молекул H_2O в 10 молях H_2O рівна $6,02 \cdot 10^{23} \cdot 10 = 6,02 \cdot 10^{24}$.

Враховуючи, що в 1 молекулі H_2O міститься 2 атоми водню, отримуємо кількість атомів водню рівним $6,02 \cdot 10^{24} \cdot 2 = 12,04 \cdot 10^{24}$.

Завдання 7

Розрахувати масу однієї молекули води.

Розв'язок

Візьмемо 1 моль H_2O . Маса 1 моля H_2O рівна 18 г, а кількість молекул – $6,02 \cdot 10^{23}$. Розділивши масу всіх молекул на їх кількість, отримуємо масу однієї молекули:

$$m = \frac{18}{6,02 \cdot 10^{23}} = 2,99 \cdot 10^{-23} \text{ г.}$$

Основні газові закони

Закон Авогадро. У рівних об'ємах будь-яких газів в однакових фізичних умовах міститься рівна кількість молекул.

Наслідок із закону Авогадро. За однакових фізичних умов 1 моль будь-якого газу займає однаковий об'єм. За нормальних умов 1 моль будь-якого газу займає об'єм 22,4 л. Цей об'єм називається молярним об'ємом газу

і позначається так: $V_m = 22,4$ л/моль. Нормальними умовами вважають температуру $T_0 = 273$ К і тиск $P_0 = 101325$ Па (101,325 кПа, 760 мм рт.ст., 1 атм).

Молярний об'єм газу - це відношення об'єму газоподібної речовини за нормальних умов до кількості цієї речовини:

$$V_m = \frac{V_0}{\nu} \quad (3)$$

$$[V_m] = \text{л/моль}$$

Якщо узяти за однакових умов рівні об'єми різних газів, то відношення їх мас буде рівне відношенню їх молярних мас:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2} \quad (4)$$

Відношення маси певного об'єму одного газу до маси такого ж об'єму іншого газу, узятих в однакових умовах, називається **щільністю першого газу по другому**. Ця характеристика позначається буквою **D**:

$$D = \frac{m_1}{m_2}$$

$$\text{Оскільки за (4) } \frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2}, \text{ то } D = \frac{M_1}{M_2}, \quad (5)$$

Звідки

$$M_1 = D \cdot M_2 \quad (6)$$

Завдання 8

Розрахувати щільність хлора по повітрю.

Розв'язок

$$\text{За формулою (5), } D_{\text{возд}} = \frac{M_{\text{Cl}_2}}{M_{\text{возд}}}$$

Молярна маса хлора рівна $M_{\text{Cl}_2} = 35,5 \cdot 2 = 71$ г/моль. Визначимо молярну масу повітря, знаючи, що він є сумішшю газів, що складається з 78% (за об'ємом) азоту N_2 , 21% кисню O_2 і 1% аргону Ar .

$$M_{\text{возд}} = 0,78 \cdot M_{\text{N}_2} + 0,21 \cdot M_{\text{O}_2} + 0,01 \cdot M_{\text{Ar}} = 0,78 \cdot 28 + 0,21 \cdot 32 + 0,01 \cdot 40 = 28,9 \text{ г/моль}$$

Тоді щільність хлора по повітрю рівна:

$$D_{\text{возд}} = \frac{71}{28,9} = 2,5$$

Завдання 9

Скільки молей кисню міститься в 1 м^3 повітря за нормальних умов (н.у.)?

Розв'язок

Оскільки повітря містить 21% кисню (за об'ємом), то в 1 м^3 повітря буде $0,21 \text{ м}^3$ кисню, або 210 л.

При н.у. 1 моль будь-якого газу займає об'єм 22,4 л. Тому складемо пропорцію:

$$22,4 \text{ л } \text{O}_2 - 1 \text{ моль } \text{O}_2$$

$$210 \text{ л } \text{O}_2 - x$$

Звідки
$$x = \frac{210 \cdot 1}{22,4} = 9,3 \text{ моля}$$

Завдання 10

За нормальних умов 0,824 г деякого газу займають об'єм 260 мл. Визначити молярну масу газу.

Розв'язок

Складемо пропорцію:

$$0,26 \text{ л газу} - 0,824 \text{ г}$$

$$22,4 \text{ л газу} - x$$

Звідки
$$x = \frac{0,824 \cdot 22,4}{0,26} = 71,0 \text{ г}$$

Значить, маса 1 моля цього газу ($22,4 \text{ л}$ його) рівна $71,0 \text{ г}$, а це і є молярна маса.

У розрахунках параметрів газів широко використовується рівняння Клапейрона-Менделєєва:

$$P \cdot V = \frac{m}{M} RT, \quad (8)$$

де P - тиск газу в Па; V - об'єм газу в м³; m - маса газу в г; M - молярна маса газу в г/моль; R - універсальна газова постійна, рівна 8,314 Дж/(моль*К); T - температура газу в Кельвінах.

Залежність між тиском газу P , його об'ємом V і температурою T виражається рівнянням, об'єднуючим закони Бойля-Маріотта і Гей-Люссака:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T_1}, \quad (9)$$

де індекс 0 відповідає параметрам газу при н.у., а індекс 1 - при будь-яких інших фактичних умовах.

Завдання 11

При 298 К і 99,3 кПа газ займає об'єм 152 л. Визначити об'єм газу при н.у.

Розв'язок

Введемо позначення: $T_1 = 298$ К; $P_1 = 99,3$ кПа; $V_1 = 152$ л; $T_0 = 273$ К; $P_0 = 101,325$ кПа. Знайти V_0 .

З формули (9) виходить, що

$$V_0 = \frac{P_1 V_1 T_0}{T_1 P_0} = \frac{99,3 \cdot 152 \cdot 273}{298 \cdot 101,325} = 136,5 \text{ л}$$

При розрахунках параметрів газів слід пам'ятати, що молекули простих газів, як правило, складаються з двох атомів (H_2 , O_2 , F_2 , Cl_2 , N_2 та ін.), а благородних газів - з одного атома (He , Ne , Ar та ін.). Молекули деяких газів багатоатомні (озон O_3 , фосфор P_4 , пари сірки при високій температурі S_8 та ін.).