

ПРО ГОЛОВНЕ

- Класифікація – система групування об'єктів дослідження або спостереження відповідно до їхніх загальних ознак.
- Речовини поділяють на органічні й неорганічні.
- Неорганічні речовини поділяють на прості й складні.
- Прості речовини класифікують на метали і неметали.
- Оксиди, основи, кислоти, солі – основні класи неорганічних сполук.
- Хімічна номенклатура – це сукупність правил утворення назв речовин, а також самі назви.
- Будь-яка правильно побудована номенклатура завжди ґрунтується на певній системі класифікації.



Перевірте себе

1. Що таке класифікація? 2. На чому ґрунтується класифікація речовин? 3. Які речовини називають простими? 4. Чим складні речовини відрізняються від простих? 5. На які основні класи поділено неорганічні сполуки? 6. Наведіть приклади представників основних класів неорганічних сполук. 7. Що таке хімічна номенклатура? Для чого вона потрібна?



Застосуйте свої знання й уміння

1. Класифікуйте (див. рис. 20.1) неорганічні речовини, формули яких наведено, за складом і властивостями: SO_2 , Br_2 , Fe, CuO, HBr, NO_2 , Hg, H_2S , P_2O_5 , H_2SO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$.
2. Визначте, формула якої речовини не відповідає класифікаційному критерію: Mg, CO, Cl_2 , N_2 .
3. Визначте, які речовини не є оксидами: MgO, CO, HClO, NO_2 , H_2O_2 , OF_2 .



Теорча майстерня

Підготуйте одну з презентацій «Неорганічні речовини ...» ... – у клітині, на кухні, у хімчистці, у майстерні художника тощо.



Дізнайтеся більше:

<http://diafilmy.su/926-stroenie-i-svoystva.html>
<http://abouthist.net/xviii-vek/klassifikaciya-veshhestv.html>

§ 21. Розрахунки за хімічними рівняннями маси, об'єму, кількості речовини реагентів та продуктів реакцій

*І пропорційно кожний компонент
 Ми вводимо в новий експеримент.
 Відмірять срібла треба унцій п'ять,
 А може, шість, а може, більше взять?*

Джеффри Чосер (переклад Костянтина Родигіна)

Після опрацювання параграфу ви зможете:

- обчислювати за хімічними рівняннями кількість речовини, масу та об'єм газу за відомою кількістю речовини, масою, об'ємом газу одного з реагентів чи продуктів реакції.

Чимало виробництв ґрунтується на хімічних реакціях. Для ефективного здійснення хімічних технологічних процесів потрібно знати якісний

і кількісний склад реагентів і продуктів реакції. Вам уже відомо, що для цього треба вміти здійснювати розрахунки за хімічними формулами. Однак не менш важливо знати кількості реагентів і продуктів реакції, їхні маси, а для газуватих речовин – об'єми. Адже хімік-аналітик у науковій чи заводській лабораторії, наприклад, має бути впевненим, що з визначеною кількістю будь-якого реагенту прореагує визначена кількість іншого реагенту й утвориться визначена кількість продуктів реакції.

Хімічні рівняння складають на основі закону збереження маси (*пригадайте його формулювання*). Коефіцієнти в хімічному рівнянні показують кількісні співвідношення речовин, які беруть участь у хімічній реакції та утворюються внаслідок її перебігу. Тобто можна за кількістю хоча б одного з реагентів або продуктів реакції обчислити кількості решти реагентів і продуктів. Розгляньмо приклади розрахунків за рівняннями хімічних реакцій.

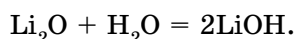
Обчислення кількості речовини (реагенту або продукту) за рівнянням реакції, якщо відома кількість іншої речовини (реагенту або продукту).

Задача 1. *Обчисліть кількість речовини (моль) літій гідроксиду, який утвориться в результаті реакції літій оксиду кількістю речовини 2 моль з достатньою кількістю води.*

$$n(\text{Li}_2\text{O}) = 2 \text{ моль}$$

$$n(\text{LiOH}) = ?$$

Записуємо рівняння реакції між літій оксидом і водою:



За коефіцієнтами перед формулами речовин у рівнянні реакції визначаємо співвідношення між кількостями речовин літій оксиду і літій гідроксиду:

$$n(\text{Li}_2\text{O}) : n(\text{LiOH}) = 1 : 2.$$

Виражаємо кількість речовини літій гідроксиду через кількість речовини літій оксиду:

$$n(\text{LiOH}) = 2n(\text{Li}_2\text{O}).$$

Обчислюємо кількість речовини літій гідроксиду:

$$n(\text{LiOH}) = 2 \cdot 2 \text{ моль} = 4 \text{ моль}.$$

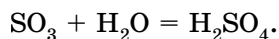
Відповідь: у результаті реакції літій оксиду кількістю речовини 2 моль з достатньою кількістю води утвориться літій гідроксид кількістю речовини 4 моль.

Обчислення маси речовини (реагенту або продукту) за рівнянням реакції, якщо відома кількість іншої речовини (реагенту або продукту).

Задача 2. *Обчисліть масу (г) сульфур(VI) оксиду, який прореагував з достатньою кількістю води, якщо продуктом реакції є сульфатна кислота кількістю речовини 5 моль.*

$$\frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 5 \text{ моль}}{m(\text{SO}_3) - ?}$$

Записуємо рівняння реакції сульфур(VI) оксиду з водою:



За коефіцієнтами перед формулами речовин у рівнянні реакції визначаємо співвідношення між кількостями речовин сульфур(VI) оксиду і сульфатної кислоти:

$$n(\text{SO}_3) : n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 : 1.$$

Виражаємо кількість речовини сульфур(VI) оксиду через кількість речовини сульфатної кислоти та обчислюємо її:

$$n(\text{SO}_3) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 5 \text{ моль}.$$

Обчислюємо молярну масу сульфур(VI) оксиду:

$$M(\text{SO}_3) = (32 + 3 \cdot 16) \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}} = 80 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}.$$

Обчислюємо масу сульфур(VI) оксиду. Вона є добутком його кількості речовини і молярної маси:

$$m(\text{SO}_3) = n(\text{SO}_3) M(\text{SO}_3) = 5 \text{ моль} \cdot 80 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}} = 400 \text{ г}.$$

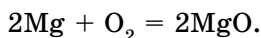
Відповідь: маса сульфур(VI) оксиду дорівнює 400 г.

Зверніть увагу: логіка розв'язання задач, наведених далі, така сама. Тож пояснення будуть менш докладними. Тому спробуйте самостійно, за вже розглянутими зразками, прокоментувати наведені в розв'язаннях обчислення.

Обчислення маси речовини (реагенту або продукту) за рівнянням реакції, якщо відома маса іншої речовини (реагенту або продукту).

Задача 3. Обчисліть масу (г) магній оксиду, який утвориться в результаті спалювання в кисні магнію масою 12 г (рис. 21.1). У цій, як і в багатьох інших реакціях, реагенти хімічно взаємодіють у строго визначених співвідношеннях, а в результаті реакції утворюються продукти, кількість яких можна точно обчислити.

$$\frac{m(\text{Mg}) = 12 \text{ г}}{m(\text{MgO}) - ?}$$



За рівнянням реакції $n(\text{Mg}) : n(\text{MgO}) = 1 : 1$

$$\begin{aligned} n(\text{MgO}) &= n(\text{Mg}) = m(\text{Mg}) : M(\text{Mg}) = \\ &= 12 \text{ г} : 24 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}} = 0,5 \text{ моль} \end{aligned}$$

$$M(\text{MgO}) = (24 + 16) \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}} = 40 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}$$

$$\begin{aligned} m(\text{MgO}) &= n(\text{MgO}) M(\text{MgO}) = \\ &= 0,5 \text{ моль} \cdot 40 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}} = 20 \text{ г} \end{aligned}$$

Відповідь: маса магній оксиду дорівнює 20 г.



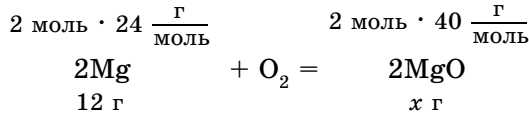
Рис. 21.1. Горіння магнію в кисні

Цю задачу можна розв'язати в інший спосіб – складанням пропорції:

$$\frac{m(\text{Mg}) = 12 \text{ г}}{m(\text{MgO}) - ?}$$

$$M(\text{Mg}) = 24 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$M(\text{MgO}) = (24 + 16) \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 40 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$



$$x = 12 \text{ г} \cdot 2 \text{ моль} \cdot 40 \frac{\text{г}}{\text{моль}} : (2 \text{ моль} \cdot 24 \frac{\text{г}}{\text{моль}}) = 20 \text{ г}$$

Відповідь: маса магній оксиду дорівнює 20 г.

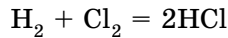
Обчислення маси газуватої речовини (реагенту або продукту) за рівнянням реакції, якщо відомий об'єм іншої газуватої речовини (реагенту або продукту).

Задача 4. Обчисліть масу (г) водню, який прореагував з хлором (рис. 21.2), якщо продуктом реакції є гідроген хлорид (хлороводень) об'ємом 11,2 л (н. у.).

$$\frac{V(\text{HCl}) = 11,2 \text{ л}}{m(\text{H}_2) - ?}$$

$$M(\text{H}_2) = 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$V_m(\text{HCl}) = 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}$$



За рівнянням $n(\text{H}_2) : n(\text{HCl}) = 1 : 2$

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{H}_2)$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{1}{2}n(\text{HCl})$$

$$\begin{aligned} n(\text{HCl}) &= V(\text{HCl}) : V_m(\text{HCl}) = 11,2 \text{ л} : 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}} = \\ &= 0,5 \text{ моль} \end{aligned}$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \text{ моль} = 0,25 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2) = 0,25 \text{ моль} \cdot 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0,5 \text{ г}$$

Відповідь: маса водню дорівнює 0,5 г.

Обчислення об'єму газуватої речовини (реагенту або продукту) за рівнянням реакції, якщо відомий об'єм іншої газуватої речовини (реагенту або продукту).

Задача 5. Обчисліть об'єм (л) водню, який прореагує з киснем об'ємом 10 л. Об'єми газів виміряно за однакових умов.



Рис. 21.2. Горіння водню в хлорі



Рис. 21.3. Розкладання води електричним струмом

$V(\text{O}_2) = 10 \text{ л}$	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$
$V(\text{H}_2) - ?$	За рівнянням $n(\text{H}_2) : n(\text{O}_2) = 2 : 1$
	$n(\text{H}_2) = 2n(\text{O}_2)$
	Молярні об'єми кисню й водню однакові:
	$V_m(\text{H}_2) = V_m(\text{O}_2)$
	Тому об'єми водню й кисню співвідносяться як їхні кількості речовин:
	$V(\text{H}_2) = 2V_m(\text{O}_2) = 2 \cdot 10 \text{ л} = 20 \text{ л}$
	Відповідь: об'єм водню дорівнює 20 л.

Обчислення маси речовини (реагенту або продукту) за рівнянням реакції, якщо відомий об'єм іншої речовини (продукту або реагенту) у газовому стані.

Задача 6. Обчисліть масу води (g), розкладеної електричним струмом (рис. 21.3), якщо продуктом реакції є кисень об'ємом 56 л (н. у.). (За рівнянням реакції визначте, у якій пробірці, зображеній на рис. 21.3, зібрався кисень, у якій – водень.)

$V(\text{O}_2) = 56 \text{ л}$	$V_m(\text{O}_2) = 22,4 \text{ л}$
$m(\text{H}_2\text{O}) - ?$	$M(\text{H}_2\text{O}) = 32 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$
	$2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$
	За рівнянням реакції $n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{O}_2) = 2 : 1$
	$n(\text{H}_2) = 2n(\text{O}_2)$
	Молярні об'єми кисню й водню однакові:
	$V_m(\text{H}_2) = V_m(\text{O}_2)$
	Тому об'єми водню й кисню співвідносяться як їхні кількості речовин:
	$V(\text{H}_2) = 2V_m(\text{O}_2) = 2 \cdot 10 \text{ л} = 20 \text{ л}$
	Відповідь: об'єм водню дорівнює 20 л.

Уміння, набуті під час опрацювання цього параграфу, ви закріпите й удосконалисте, коли вивчатимете хімічні властивості основних класів неорганічних сполук. Адже до кожного нового для вас хімічного рівняння можна скласти декілька задач і розв'язати їх.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Хімічні рівняння складають на основі закону збереження маси.
- Коефіцієнти в хімічному рівнянні показують кількісні співвідношення речовин, які беруть участь у хімічній реакції та утворюються внаслідок її перебігу.
- За кількістю речовини хоча б одного з реагентів або продуктів реакції можна обчислити кількості речовини решти реагентів і продуктів, їхні маси та об'єми (для газуватих речовин).



Перевірте себе

1. На основі якого закону складають хімічні рівняння? 2. Що показують коефіцієнти в хімічному рівнянні?



Застосуйте свої знання й уміння

1. На шальки терезів помістили дві колби з хлоридною кислотою. На шийку кожної з двох колб надягли по гумовій повітряній кульці. В одній кульці – натрій карбонат, у другій – кальцій карбонат. Терези зрівноважили. Потім підняли одну з кульок так, щоб натрій карбонат потрапив у кислоту. Поясніть явище, яке відбулося внаслідок цієї дії (рис. 21.4). Поміркуйте й поясніть, чому терези залишилися зрівноваженими. Спрогнозуйте, чи вийдуть терези з рівноваги, якщо кальцій карбонат з другої кульки пересипати в колбу з кислотою.



Рис. 21.4

2. Обчисліть кількість речовини (моль) кальцій гідроксиду, який утвориться в результаті реакції кальцій оксиду кількістю речовини: а) 0,5 моль; б) 3 моль; в) 6 моль з водою.

3. Обчисліть масу (г) сульфур(IV) оксиду, який прореагував з водою, якщо продуктом реакції є сульфатна кислота кількістю речовини: а) 2,5 моль; б) 4 моль; в) 0,5 моль.

4. Обчисліть масу (г) бромиду, який прореагував з воднем, якщо продуктом реакції є водень бромід (бромоводень) об'ємом (н. у.): а) 11,2 л; б) 56 л; в) 0,224 л.

5. *50-літровий балон містить скраплений пропан C_3H_8 масою 20 кг, 27-літровий – пропан масою 11 кг, 5-літровий – пропан масою 3 кг. Обчисліть масу води та об'єм (н. у.) карбон(IV) оксиду – продуктів повного згоряння пропану з кожного балона.

6. *Проаналізуйте умови задач, наведених у параграфі. Складіть і розв'яжіть: а) задачі, обернені до них; б) інші задачі за цими рівняннями реакцій. Укладіть міні-задачник і розв'язник до нього.

7. *Проаналізуйте умови задач, наведених у параграфі. Складіть і розв'яжіть: а) задачі, обернені до них; б) інші задачі за цими рівняннями реакцій. Укладіть міні-задачник і розв'язник до нього.



Творча майстерня

З додаткових джерел інформації дізнайтеся, що таке стехіометрія і стехіометричні розрахунки, на яких законах вони ґрунтуються. Підготуйте стисле повідомлення за результатами дослідження.



Тема 3. Кількість речовини. Розрахунки за хімічними формулами

§ 16. Кількість речовини. Моль – одиниця кількості речовини. Число Авогадро

*Вимірюй усе доступне вимірюванню
і роби доступним все недоступне йому.*

Галілео Галілей

Після опрацювання параграфу ви зможете:

- назвати одиницю вимірювання кількості речовини;
- пояснити сутність фізичної величини «кількість речовини»;
- обчислювати число атомів (йонів, молекул тощо) у певній кількості речовини та кількість речовини за певним числом цих структурних одиниць.

Кількість речовини. Пояснюючи сутність закону збереження маси, ми переконалися, що дуже важливо вміти спостерігати та описувати зовнішні ознаки перебігу хімічних реакцій – явищ, які належать до *макросвіту*. Однак ще важливішим є вміння пояснювати ці явища, аналізуючи процеси, які відбуваються між структурними частинками, що належать до *мікросвіту*.

Ви, звичайно, пам'ятаєте, що *хімічне рівняння* відображає одиничний акт реакції, який побачити неможливо. Адже для того, щоб спостерігати ознаки реакції, необхідно брати досить значні, цілком відчутні кількості речовин. Розгляньмо умови й ознаки перебігу реакції заліза із сіркою (рис. 16.1).

Змішаємо в чашці Петрі подрібнені до порошкоподібного стану залізо й сірку. Розжаримо в полум'ї сталеву спицю й торкнемося нею суміші реагентів. Бурхлива реакція між залізом і сіркою супроводжується виділенням теплової та світлової енергії. Твердий продукт взаємодії цих речовин – ферум(II) сульфід є сполукою чорного кольору.

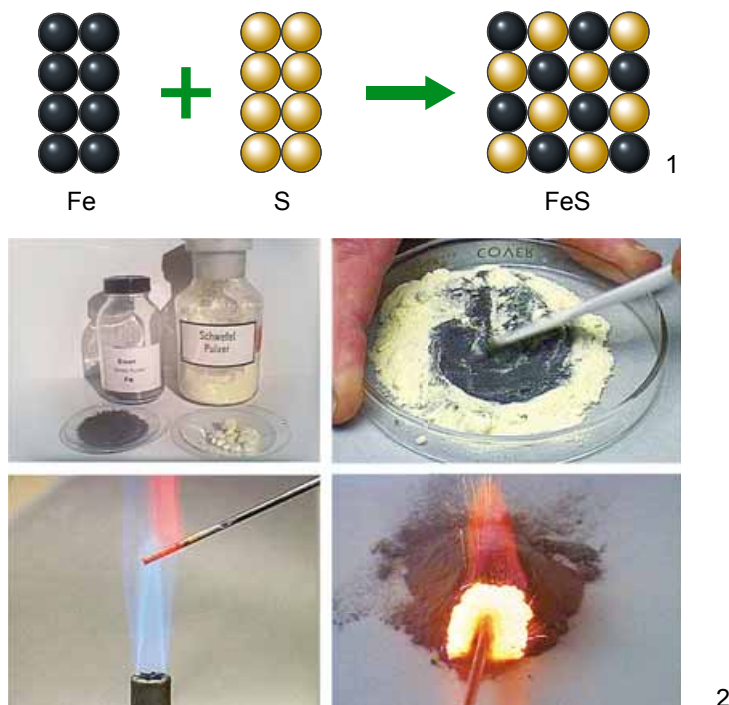


Рис. 16.1. Реакція заліза із сіркою. 1. Схема. 2. Світлини

Щоб продемонструвати вам цей дослід, учитель хімії мав попередньо підготувати порції порошкоподібних заліза й сірки. Залізо взято масою 7 г, а сірку – масою 4 г.

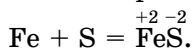


Пригадайте закон збереження маси та обчисліть масу продукту цієї реакції, якщо в ній обидва реагенти витратилися повністю:

- а) $m(\text{Fe}) = 7 \text{ г}; m(\text{S}) = 4 \text{ г};$ в) $m(\text{Fe}) = 14 \text{ г}; m(\text{S}) = 8 \text{ г};$
 б) $m(\text{Fe}) = 28 \text{ г}; m(\text{S}) = 16 \text{ г};$ г) $m(\text{Fe}) = 56 \text{ г}; m(\text{S}) = 32 \text{ г}.$

Проаналізуйте наведені в умові дані та одержані відповіді. Поміркуйте й визначте, яка залежність існує між масами реагентів і продукту реакції.

Чому саме такі маси речовин зазначено в інструкції? Дослідним шляхом визначено, що за такої умови і сірка, і залізо повністю витратяться під час перебігу реакції. Розгляньмо її рівняння:



Відповідно до нього атом Феруму сполучається з атомом Сульфуру. Продуктом реакції є ферум(II) сульфід. Отже, можемо обґрунтовано припустити: число атомів Феруму, що міститься в порції заліза масою 7 г, дорівнює числу атомів Сульфуру, яке міститься в порції сірки масою 4 г.

Ви вже знаєте, що атоми, молекули, йони – надзвичайно малі частинки. Саме тому порції речовин, які беруть для проведення хімічних реакцій, характеризуються *фізичними величинами*, що відповідають великій кількості частинок. Такою *фізичною величиною* є кількість речовини.



Кількість речовини – фізична величина, яка прямо пропорційна числу структурних одиниць речовини в певній її порції.



Пригадайте скорочені позначення маси та об'єму речовин.

Фізичну величину *кількість речовини* скорочено позначають літерою латинської абетки *n* (вимовляємо *ен*).

Моль – одиниця кількості речовини. Число Авогадро. Як і будь-яка інша фізична величина, кількість речовини має одиниці вимірювання.



Пригадайте: а) одиниці вимірювання маси та об'єму речовин; б) стандартну форму запису числа.

Одиниця кількості речовини – моль – це порція речовини, у якій $6,02 \cdot 10^{23}$ структурних одиниць. Слово «моль» походить від латинського слова *toles* і означає кількість, масу або множину, елементи якої полічені. Із цих трьох понять останнє найточніше виражає сучасне розуміння поняття «моль».

Зверніть увагу: Слово «моль» як позначення одиниці вимірювання не відмінюється (5 моль; 0,25 моль), а як назва одиниці вимірювання (у тексті й усному мовленні) відмінюється як іменник чоловічого роду (чверть моля, сімома молями, трьох молів тощо).

Цікаво і пізнавально

Латинське *toles* означає вага, брила, масивна структура. На італійській монетці номіналом два центи¹ зображено шпиль *Mole Antonelliana* (Антонеллієва громадина) – до 2011 року найвищого будинку в Італії (167,5 м), символу Турину (рис. 16.2).



Рис. 16.2. Mole Antonelliana

Число $6,02 \cdot 10^{23}$ назвали на честь Амедео Авогадро (рис. 16.3). Якщо числу Авогадро приписати одиницю вимірювання $\frac{1}{\text{моль}}$ або (моль⁻¹), дістанемо фізичну константу – сталу Авогадро. Її позначають N_A . $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$. Це одна з фундаментальних сталих, за допомогою

¹ Була в обігу до 2002 року.

якої можна визначити такі величини, як, наприклад, маса атома або молекули, заряд електрона тощо.



Рис. 16.3. Авогадро Амедео (1776–1856). Італійський фізик і хімік (юрист за освітою). Популярність його імені пов'язана з відкриттями в галузі фізики й хімії. У 1811 р. заклав підвалини молекулярної теорії. Цього самого року відкрив закон, названий його ім'ям. Винайшов метод визначення молекулярних мас, першим правильно обчислив атомні маси низки хімічних елементів

Цікаво і пізнавально

То чи насправді число Авогадро таке велике? Щоб осягнути його колосальність, уявіть собі, що на дно Чорного моря висипали шпилькові головки (діаметр кожної близько 1 мм), кількість яких дорівнює числу Авогадро. Тоді б виявилось, що в Чорному морі вже не залишається місця для води: воно з надлишком було б заповнене шпильковими головками. Такою кількістю шпилькових головок можна було б шаром завтовшки близько 1 км засипати площу, яка дорівнює, наприклад, території Франції.

Утім, поняття «моль» застосовуване до будь-яких матеріальних об'єктів. Та для об'єктів макросвіту ця величина втрачає сенс. Наприклад, тенісні м'ячі кількістю 1 моль укрили б поверхню планети Земля шаром завтовшки 100 км. А восьмикласники кількістю 1 моль склали б $6,02 \cdot 10^{23}$ школярів, у той час як населення земної кулі становить близько 7,3 мільярдів ($7,3 \cdot 10^9$) осіб.

Якби все населення Землі стало лічити молекули, що містяться у воді кількістю 1 моль, то у процесі безупинної лічби кожною людиною по одній молекулі за секунду для виконання роботи потрібно було б близько 4 мільйонів років.

Ви, звичайно, пам'ятаєте, що еталоном атомних мас (а. о. м.) є $\frac{1}{12}$ маси атома Карбону, в ядрі якого 6 протонів і 6 нейтронів $^{12}_6\text{C}$. Чи існує еталон моля? Кількість атомів у порції Карбону-12 масою 12 г дорівнює числу Авогадро.

Тобто якщо число структурних одиниць N у порції речовини X відоме, то діленням його на сталу Авогадро (N_A , $\frac{1}{\text{моль}}$) дістанемо кількість цієї речовини (n , моль). Отже, за потреби можна відтворити 1 моль будь-якої речовини як $6,02 \cdot 10^{23}$ її структурних одиниць (рис. 16.4).



Рис. 16.4. Кількість атомів у порції Карбону-12 масою 12 г дорівнює числу Авогадро

Ці міркування можна відобразити низкою взаємопов'язаних математичних виразів. Вони відбивають пряму пропорційну залежність між кількістю речовини і числом структурних одиниць у її порції:

$$n(X) = \frac{N(X)}{N_A}; N(X) = n(X) \cdot N_A; N_A = \frac{N(X)}{n(X)}.$$

Скорочено ці співвідношення відображено на рисунку 16.5.

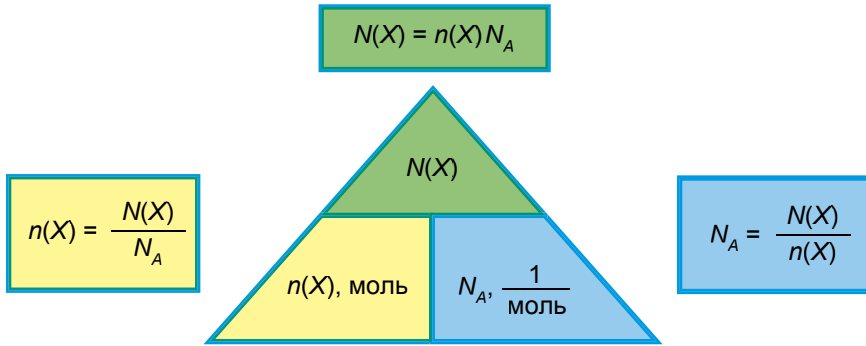


Рис. 16.5. Взаємозв'язок між числом структурних одиниць речовини, її кількістю та сталою Авогадро

Цю схему зручно використовувати як своєрідний алгоритм для розв'язування задач. Розгляньмо приклади.

Задача 1. Обчисліть число атомів Феруму в залізі кількістю речовини 3 моль.

$$N(X) = n(X)N_A$$

$$\begin{array}{l} n(\text{Fe}) = 3 \text{ моль} \\ N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \end{array}$$

$N(\text{Fe}) - ?$

$$N(\text{Fe}) = n(\text{Fe})N_A$$

$$N(\text{Fe}) = 3 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} = 18,06 \cdot 10^{23} = 1,806 \cdot 10^{24}.$$

Відповідь: У залізі кількістю речовини 3 моль міститься $1,806 \cdot 10^{24}$ атомів Феруму.

Задача 2. Обчисліть кількість речовини (моль) атомів Сульфуру, порція яких містить $1,204 \cdot 10^{25}$ атомів Сульфуру.

$$n(X) = \frac{N(X)}{N_A}$$

$$\begin{array}{l} N(\text{S}) = 1,204 \cdot 10^{25} \\ N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \end{array}$$

$n(\text{S}) - ?$

$$n(\text{S}) = \frac{N(\text{S})}{N_A}$$

$$n(\text{S}) = \frac{1,204 \cdot 10^{25}}{6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}} = \frac{120,4 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} \text{ моль} =$$

$$= 20 \text{ моль}.$$

Відповідь: кількість речовини атомів Сульфуру, порція яких містить $1,204 \cdot 10^{25}$ атомів Сульфуру, становить 20 моль.

Задача 3. Обчисліть сталу Авогадро, якщо відомо, що ферум(II) сульфід кількістю речовини 10 моль містить $6,0221415 \cdot 10^{24}$ структурних одиниць цієї речовини.

$$N_A = \frac{N(X)}{n(X)}$$

$$\begin{array}{l} N(\text{FeS}) = 6,0221415 \cdot 10^{24} \\ n(\text{FeS}) = 10 \text{ моль} \end{array}$$

$$N_A = \frac{N(\text{FeS})}{n(\text{FeS})}$$

$$N_A = ?$$

$$N_A = \frac{6,0221415 \cdot 10^{24}}{10 \text{ моль}} = 6,0221415 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

$$\text{Відповідь: } 6,0221415 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

ПРО ГОЛОВНЕ

- Кількість речовини – фізична величина, яка прямо пропорційна числу структурних одиниць речовини в певній її порції.
- Фізичну величину кількість речовини скорочено позначають латинською літерою n .
- Одиниця кількості речовини – моль – це порція речовини, яка містить $6,02 \cdot 10^{23}$ її структурних одиниць.
- Число $6,02 \cdot 10^{23}$ назвали на честь Амедео Авогадро. Якщо числу Авогадро приписати одиницю вимірювання $\frac{1}{\text{моль}}$, дістанемо фізичну константу – сталу Авогадро. Її позначають N_A .

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

- Існує пряма пропорційна залежність між кількістю речовини і числом структурних одиниць у її порції. Стала Авогадро є коефіцієнтом пропорційності.



Перевірте себе

1. Що таке кількість речовини? 2. Яка одиниця вимірювання кількості речовини? 3. Як скорочено позначають фізичну величину кількість речовини? 4. Чому дорівнює число Авогадро?



Застосуйте свої знання й уміння

1. Поясніть сутність фізичної величини «кількість речовини».
2. Обчисліть число молекул кисню в його порції кількістю речовини 0,8 моль.
3. Пригадайте хімічну формулу кисню та обчисліть число атомів Оксигену в кисні кількістю речовини 2 моль.
4. Обчисліть кількість речовини (моль) заліза, порція якого містить $2,408 \cdot 10^{22}$ атомів Феруму.
5. Обчисліть число молекул у порції води кількістю речовини 15 моль. Скільки атомів: а) Гідрогену; б) Оксигену в цій порції води?
6. Складіть і розв'яжіть кілька розрахункових задач на встановлення взаємозв'язку між числом структурних одиниць речовини, її кількістю та сталою Авогадро.
7. Фізики з MIT-Harvard Centrefor Ultra-Coldatoms (Центру ультрахолодних атомів, створеного спільно Массачусетським технологічним інститутом і Гарвардським університетом) охолодили 2500 атомів Натрію до половини мільярдної частини градуса

вище абсолютного нуля – температури, за якої коливання атомів майже повністю припиняються. Обчисліть кількість речовини (моль) натрію, яку було охолоджено в цьому експерименті.

8. День моля – неофіційне свято, яке відзначають хіміки Північної Америки 23 жовтня між 6 : 02 ранку й 6 : 02 вечора (6 : 02 10/23 в американській нотації часу й дати). У деяких школах США та Канади День моля святкують 2 червня (6/02), а не 23 жовтня (23/10), очевидно, з 10 : 23 ранку до 10 : 23 вечора. Поміркуйте й висловіть припущення, чому для святкувань вибрано саме ці час і дату. Як ви вважаєте, якому науковцеві присвячені ці щорічні урочистості?

9. На емблемі Дня моля зображено крота. Пригадайте уроки англійської, поміркуйте й поясніть, чому саме це звірятко стало символом наукового свята (рис. 16.6).

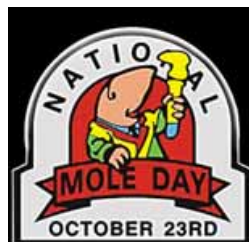


Рис. 16.5. Емблема Дня моля



Творча майстерня

1. Розробіть сценарій проведення наукового свята День моля у вашому навчальному закладі.

2. У сірниковій коробці (її об'єм близько 27 см³) легко помістяться порції багатьох металів кількістю речовини один моль: заліза, міді, алюмінію, срібла, золота, ртуті, цинку, літію, урану. Використайте довідкові дані щодо густин цих металів, виконайте обчислення і перевірте достовірність наведеної інформації.



Дізнайтеся більше:

<https://www.youtube.com/watch?v=B1cxRELISOQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=TEI4jeETVmg>

<https://www.youtube.com/watch?v=-WFD5Cfczks>

<https://www.youtube.com/watch?v=iyJ7f6ppGaQ>

<http://www.moleday.org/>

§ 17. Молярна маса

Точна наука неможлива без вимірювання.

Д.І. Менделєєв

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- *установлювати взаємозв'язок між фізичними величинами – масою, молярною масою, кількістю речовини;*
- *обчислювати за хімічною формулою молярну масу, масу і кількість речовини.*

Як відміряти кількість речовини. Ми вже з'ясували, що для роботи хімікам необхідно знати число молекул або інших (*пригадайте, яких саме*) структурних одиниць у певній порції речовини. Та чи можна відрахувати певне число цих надзвичайно малих частинок? Зробити це досить легко, якщо знати, як взаємопов'язані **кількість речовини, число структурних одиниць у ній та її маса.** (*Пригадайте, як взаємопов'язані кількість речовини та число структурних частинок у ній.*) Порція будь-якої речовини кількістю 1 моль містить $6,02 \cdot 10^{23}$ частинок і має певну масу.

Молярна маса – маса речовини кількістю 1 моль. Молярну масу позначають латинською літерою **M**. Її можна визначити як відношення маси **m** порції речовини **X** до її кількості **n** у цій порції:

$$M(X) = \frac{m(X)}{n(X)}$$

Пригадайте одиниці вимірювання маси та кількості речовини.

Аналізуючи формулу, за якою обчислюють молярну масу, легко дійти таких висновків:

- одиниця вимірювання молярної маси – $\frac{\text{г}}{\text{моль}}$;
- існує пряма пропорційна залежність між масою речовини та її кількістю:

$$m(X) = n(X)M(X); \quad n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$$

Скорочено ці співвідношення можна представити так (рис. 17.1).

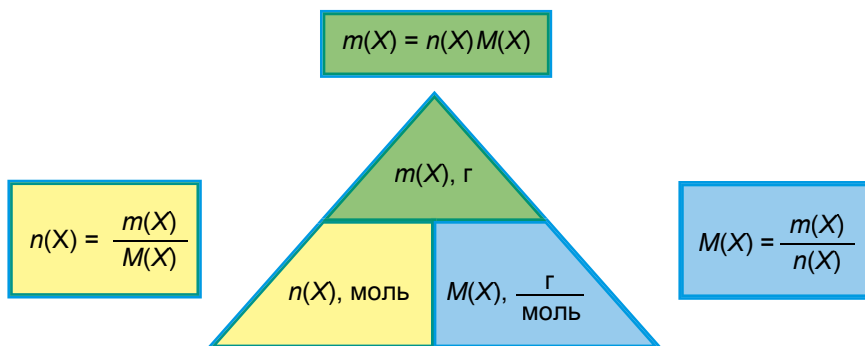


Рис. 17.1. Взаємозв'язок між масою речовини, її кількістю та молярною масою.

Завдання. Порівняйте схеми на рисунках 16.1 і 17.1. Визначте, який спільний елемент вони мають

Як обчислити молярну масу речовини. Обчислимо масу вуглецю кількістю речовини 1 моль. З періодичної системи дізнаємось, що відносна атомна маса Карбону дорівнює 12. Це означає, що маса $m_a(\text{C})$ одного атома Карбону у 12 разів більша за атомну одиницю маси m_u :

$$m_a(\text{C}) = 12m_u = 12 \cdot 1,66053886 \cdot 10^{-24} \text{ г.}$$

У вуглеці кількістю 1 моль міститься $6,02 \cdot 10^{23}$ атомів Карбону, їхня маса дорівнює: $6,02 \cdot 10^{23} \cdot m_a(\text{C}) = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,66053886 \cdot 10^{-24} \text{ г} = 0,602 \cdot 10^{24} \cdot 12 \cdot 1,66053886 \cdot 10^{-24} \text{ г} = 12$. Зверніть увагу: добуток числа Авогадро та атомної одиниці маси дорівнює одиниці: $0,602 \cdot 10^{24} \cdot 12 \cdot 1,66053886 \cdot 10^{-24} = 1$.

Отже, молярна маса вуглецю дорівнює $12 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Тобто чисельне значення молярної маси вуглецю збігається із чисельним значенням його відносної молекулярної маси.

Виконання аналогічних дій для інших речовин приведе нас до висновку про те, що



числове значення молярної маси речовини чисельно дорівнює її відносній молекулярній масі.



Отже, тепер ви *знаєте*, як взаємопов'язані **кількість речовини, число структурних одиниць у ній та її маса**, й *умієте* за хімічною формулою

речовини обчислювати її молярну масу. Ці знання й уміння знадобляться вам під час розв'язування розрахункових задач. Пам'ятайте, що ви можете використати схеми на рисунках 16.1 і 17.1 як своєрідні алгоритми. Розгляньмо приклади.

Задача 1. Обчисліть масу міді кількістю речовини 3 моль.

$$m(X) = n(X)M(X).$$

$$\begin{array}{l} n(\text{Cu}) = 3 \text{ моль} \\ M(\text{Cu}) = 64 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \\ \hline m(\text{Cu}) - ? \end{array}$$

$$\begin{array}{l} m(\text{Cu}) = n(\text{Cu})M(\text{Cu}) \\ m(\text{Cu}) = 3 \text{ моль} \cdot 64 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 192 \text{ г} \end{array}$$

Відповідь: маса міді кількістю речовини 3 моль становить 192 г.

Задача 2. Обчисліть кількість речовини (моль) натрій гідрогенкарбонату (питної соди) NaHCO_3 масою 16,8 г.

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}.$$

$$\begin{array}{l} m(\text{NaHCO}_3) = 16,8 \text{ г} \\ M(\text{NaHCO}_3) = 84 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \\ \hline n(\text{NaHCO}_3) - ? \end{array}$$

$$\begin{array}{l} n(\text{NaHCO}_3) = \frac{m(\text{NaHCO}_3)}{M(\text{NaHCO}_3)} \\ n(\text{NaHCO}_3) = \frac{16,8 \text{ г}}{84 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,2 \text{ моль} \end{array}$$

Відповідь: кількість речовини натрій гідрогенкарбонату масою 16,8 г становить 0,2 моль.

Задача 3. Обчисліть молярну масу йоду, якщо маса порції йоду кількістю речовини 0,4 моль становить 101,6 г. Визначте хімічну формулу йоду.

$$M(X) = \frac{m(X)}{n(X)}.$$

$$\begin{array}{l} m(I_x) = 101,6 \text{ г} \\ n(I_x) = 0,4 \text{ моль} \\ M(I) = 127 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \\ \hline M(I_x) - ? \\ x - ? \end{array}$$

$$\begin{array}{l} M(I_x) = \frac{m(I_x)}{n(I_x)} \\ M(I_x) = \frac{101,6 \text{ г}}{0,4 \text{ моль}} = 254 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} x = \frac{M(I_x)}{M(I)} \\ x = \frac{254 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{127 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 2 \end{array}$$

Відповідь: молярна маса йоду $254 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Хімічна формула йоду I_2 .

Задача 4. У склянці міститься сахароза (цукор) $C_{12}H_{22}O_{11}$ масою 200 г. Обчисліть число молекул сахарози в цій порції.

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}; \quad N(X) = n(X)N_A.$$

$$\begin{aligned} m(C_{12}H_{22}O_{11}) &= 200 \text{ г} \\ M(C_{12}H_{22}O_{11}) &= 12 \cdot 12 + \\ &+ 22 \cdot 1 + 11 \cdot 16 = \\ &= 342 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \\ N_A &= 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \end{aligned}$$

$$N(C_{12}H_{22}O_{11}) - ?$$

$$N(C_{12}H_{22}O_{11}) = n(C_{12}H_{22}O_{11})N_A$$

$$n(C_{12}H_{22}O_{11}) = \frac{m(C_{12}H_{22}O_{11})}{M(C_{12}H_{22}O_{11})}$$

$$n(C_{12}H_{22}O_{11}) = \frac{200 \text{ г}}{342 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} \approx 0,58 \text{ моль}$$

$$\begin{aligned} N(C_{12}H_{22}O_{11}) &= 0,58 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \approx \\ &\approx 3,5 \cdot 10^{23} \end{aligned}$$

Відповідь: у сахарозі масою 200 г міститься $3,5 \cdot 10^{23}$ молекул.

Задача 5. Обчисліть масу (кг) кристала кам'яної солі, у якому міститься $1,204 \cdot 10^{25}$ структурних одиниць натрій хлориду.

$$n(X) = \frac{N(X)}{N_A}; \quad m(X) = n(X)M(X).$$

$$\begin{aligned} N(\text{NaCl}) &= 1,204 \cdot 10^{25} \\ N_A &= 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \\ M(\text{NaCl}) &= 23 + 35,5 = \\ &= 58,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \end{aligned}$$

$$m(\text{NaCl}) - ?$$

$$n(\text{NaCl}) = \frac{N(\text{NaCl})}{N_A}$$

$$n(\text{NaCl}) = \frac{1,204 \cdot 10^{25}}{6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}} =$$

$$= \frac{120,4 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} \text{ моль} = 20 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl})M(\text{NaCl})$$

$$\begin{aligned} m(\text{NaCl}) &= 20 \text{ моль} \cdot 58,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 1170 \text{ г} = \\ &= 1,17 \text{ кг} \end{aligned}$$

Відповідь: маса кристала кам'яної солі, у якому міститься $1,204 \cdot 10^{25}$ структурних одиниць натрій хлориду, становить 1,17 кг.

Задача 6. 2015 року корпорація *Lucara Diamond* виявила на руднику *Karowe* у Ботсвані (Африка) найбільший з нині існуючих алмазів. Обчисліть масу цього кристала (у грамах і каратах) та число атомів Карбону в ньому, якщо він містить вуглець кількістю речовини 18,5 моль. Візьміть до уваги, що 1 карат дорівнює 0,2 г.

$$N(X) = n(X)N_A; \quad m(X) = n(X)M(X).$$

$$n(\text{C}) = 18,5 \text{ моль}$$

$$M(\text{C}) = 12 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

$$1 \text{ карат} = 0,2 \text{ г}$$

$$m(\text{C}) - ?$$

$$N(\text{C}) - ?$$

$$m(\text{C}) = n(\text{C})M(\text{C})$$

$$m(\text{C}) = 18,5 \text{ моль} \cdot 12 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 222 \text{ г}$$

$$m(\text{C}) = 222 \text{ г} : 0,2 \frac{\text{г}}{\text{карат}} = 1110 \text{ карат}$$

$$N(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot N_A$$

$$N(\text{C}) = 18,5 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} = 24,52 \cdot 10^{23}$$

$$N(\text{C}) = 2,452 \cdot 10^{24}$$

Відповідь: маса кристала становить 222 г, або 1110 карат. У ньому міститься $2,452 \cdot 10^{24}$ атомів Карбону.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Молярна маса – маса речовини кількістю 1 моль.
- Молярну масу позначають латинською літерою M . Її можна визначити як відношення маси m порції речовини X до її кількості n у цій порції.
- Одиниця вимірювання молярної маси – $\frac{\text{г}}{\text{моль}}$.
- Існує пряма пропорційна залежність між масою m речовини X та її кількістю n .
- Числове значення молярної маси речовини чисельно дорівнює її відносній молекулярній масі.



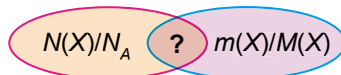
Перевірте себе

1. Дайте визначення молярної маси.
2. Яка одиниця вимірювання молярної маси?
3. Як за хімічною формулою речовини обчислити її молярну масу?
4. Який взаємозв'язок існує між кількістю речовини та її масою?



Застосуйте свої знання й уміння

1. Розгляньте діаграму Венна й назвіть фізичну величину, яка є спільною для елементів схеми.



2. Обчисліть масу алюмінію кількістю речовини 0,05 моль.
3. Обчисліть кількість речовини етанової (оцтової) кислоти $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ масою 300 г.
4. Обчисліть молярну масу бромю, якщо маса порції бромю кількістю речовини 0,1 моль становить 16 г. Визначте хімічну формулу бромю.
5. У склянці міститься глюкоза $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ масою 180 г. Обчисліть число молекул глюкози в цій порції та число атомів Карбону в ній.
6. Обчисліть масу кристала флюориту, у якому міститься $1,204 \cdot 10^{24}$ структурних одиниць кальцій флуориду CaF_2 .
7. В одній з п'єс Івана Кочерги описано алмаз «Липовецьке жорно». Цей кристал містить $1,33 \cdot 10^{24}$ атомів Карбону. Обчисліть його масу (у грамах і каратах). Перевірте правильність ваших обчислень за текстом твору.
8. Обчисліть кількість речовини карбон(IV) оксиду, в якій міститься стільки само молекул, як у воді масою 180 г.
9. Порівняйте число атомів у магнії масою 48 г і вуглеці такої самої маси.



Дізнайтеся більше:

http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/0ab68072-4185-11db-b0de-0800200c9a66/ch08_15_01.swf

§ 18. Молярний об'єм газів

Кумедно, коли твій розум намагається осмислити хаос.

Чак Паланик

Після опрацювання параграфу ви зможете:

- назвати молярний об'єм газів за нормальних умов;
- встановити взаємозв'язок між фізичними величинами – масою, молярною масою, об'ємом, кількістю речовини;
- обчислювати об'єм газу за нормальних умов.

Які особливості газуватого стану речовин? Дещо про це вам відомо з курсів природознавства та фізики. Рисунок 18.1 допоможе пригадати, що характерною особливістю газуватого стану є те, що частинки газу не утримуються вкупі. Вони вільно рухаються в об'ємі, значно більшому за об'єм самих частинок. Тобто проміжки між молекулами газу дуже великі, а зв'язки між ними – слабкі.

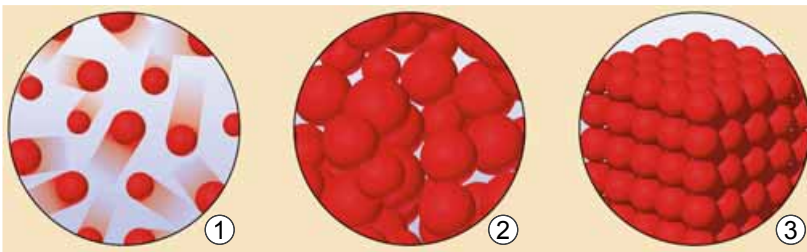


Рис. 18.1. Агрегатні стани речовини: 1 – газуватий, 2 – рідкий, 3 – твердий

Цікаво і пізнавально

Слово «газ» (нід. Gas, від давньогрец. χάος) було придумано на початку XVII століття фламандським натуралістом Я.Б. ван Гельмонтом (рис. 18.2) для позначення отриманого ним «мертвого повітря» (вуглекислого газу). Гельмонт зазначав: «Таку пару я назвав газом, тому що він майже не відрізняється від хаосу древніх».



Рис. 18.2. Гельмонт Ян Баптиста ван (1580–1644) – знаменитий фізіолог і хімік. Завдяки йому наука збагатилася такими поняттями, як «газ», «ферменти» тощо. У своїх дослідженнях велику увагу приділяв процесу травлення і його впливу на здоров'я тварини і людини

Як відміряти кількість газуватої речовини. У хімічних розрахунках замість мас газуватих реагентів і продуктів зручніше використовувати їхні об'єми. Щоб відрахувати певне число структурних одиниць газуватої речовини, потрібно знати, як взаємопов'язані **кількість речовини, число структурних одиниць у ній та її об'єм.**

Порція будь-якої речовини кількістю 1 моль містить $6,02 \cdot 10^{23}$ частинок і має не лише певну масу (*пригадайте, як її називають*), а й певний об'єм (рис. 18.3).



Рис. 18.3. Порції речовин кількістю 1 моль мають різні об'єми. 1. Меркурій(II) оксид. 2. Сахароза. 3. Сірка. 4. Мідний купорос. 5. Натрій хлорид. 6. Мідь

Молярний об'єм – об'єм речовини кількістю 1 моль.

Молярний об'єм позначають латинською літерою V_m . Його можна визначити як відношення об'єму V порції речовини X до її кількості n у цій порції:

$$V_m(X) = \frac{V(X)}{n(X)}$$

Пригадайте одиниці вимірювання об'єму та кількості речовини.

Аналізуючи формулу, за якою обчислюють молярний об'єм, легко дійти таких висновків:

- одиниця вимірювання молярного об'єму – $\frac{\text{л}}{\text{моль}}$;
- існує пряма пропорційна залежність між об'ємом речовини та її кількістю:

$$V(X) = V_m(X) n(X); \quad n(X) = \frac{V(X)}{V_m(X)}$$

Скорочено ці співвідношення можна представити схемою, зображеною на рисунку 18.4.

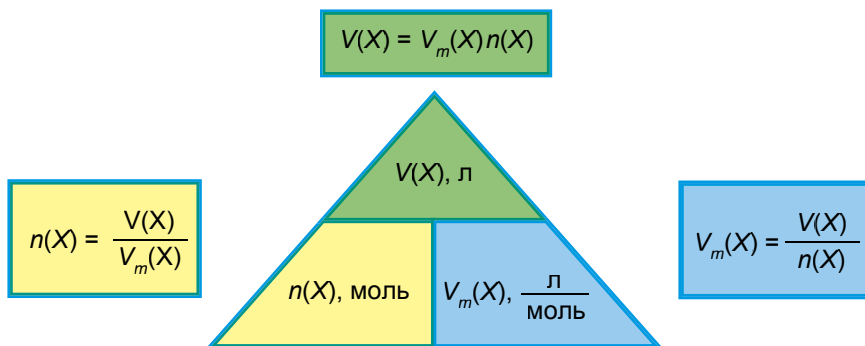


Рис. 18.4. Взаємозв'язок між об'ємом речовини, її кількістю та молярним об'ємом. **Завдання.** Порівняйте схеми на рисунках 16.1, 17.1, 18.4. Визначте, який спільний елемент вони мають

Як обчислити молярний об'єм речовини. Кожна речовина має певну молярну масу (*пригадайте, як її обчислюють за хімічною формулою речовини*) й молярний об'єм. Ви, звичайно, пам'ятаєте з курсів природознавства й фізики формулу, яка відбиває взаємозв'язок між масою та об'ємом речовини:

$$\rho(X) = \frac{m(X)}{V(X)}.$$

Для речовини **кількістю 1 моль** ця формула матиме такий вигляд:

$$\rho(X) = \frac{M(X)}{V_m(X)}.$$

Відповідно,

$$V_m(X) = \frac{M(X)}{\rho(X)}.$$

Обчислимо, наприклад, молярний об'єм води за нормальних умов ($t = 0\text{ }^\circ\text{C}$; $P = 10^5\text{ Па}$):

$$V_m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{M(\text{H}_2\text{O})}{\rho(\text{H}_2\text{O})} = \frac{18 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}}{1 \frac{\text{Г}}{\text{СМ}^3}} = 18 \frac{\text{СМ}^3}{\text{МОЛЬ}}.$$

Для твердих речовин і рідин молярні об'єми мають різні значення, а об'єми газуватих речовин за однакових умов – дуже близькі значення.

За нормальних умов молярний об'єм будь-якого газу становить $22,4 \frac{\text{Л}}{\text{МОЛЬ}}$.

Цікаво і пізнавально

Об'єм 22,4 л – це багато чи мало? Такий об'єм у куба з довжиною ребра 28,2 см. Або сумарний об'єм чотирьох футбольних м'ячів стандарту FIFA (Міжнародна федерація футбольних асоціацій). Сувенір Американського хімічного товариства – пляжний м'яч об'ємом 22,4 л (рис. 18.5).



Рис. 18.5.

Власне, величина $22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}$ є молярним об'ємом ідеального газу за нормальних умов. Молярні об'єми реальних газів тією або іншою мірою відхиляються від неї (рис. 18.6). Наприклад, об'єм амоніаку NH_3 кількості речовини 1 моль дорівнює 22,08 л.

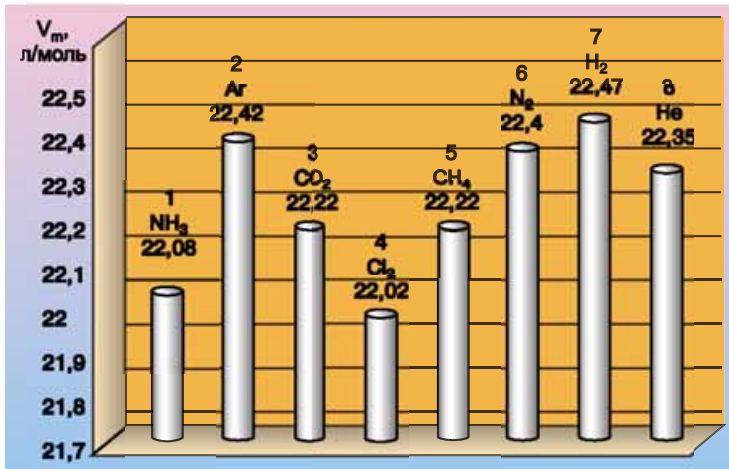


Рис. 18.6. Молярні об'єми деяких реальних газів за нормальних умов.

1. Амоніак. 2. Аргон. 3. Вуглекислий газ. 4. Хлор. 5. Метан. 6. Азот. 7. Водень. 8. Гелій. **Завдання.** Обчисліть густину амоніаку за нормальних умов

Отже, тепер ви знаєте, як взаємопов'язані кількість газуватої речовини та її об'єм. Ці знання й уміння знадобляться вам під час розв'язування розрахункових задач. Пам'ятайте, що ви можете використати схеми на рисунках 16.1, 17.1, 18.4 як своєрідні алгоритми. Розгляньмо приклади.

Задача 1. Обчисліть об'єм (л) азоту N_2 (н. у.) кількістю речовини 5 моль.

$$V(X) = V_m(X) n(X).$$

$$n(\text{N}_2) = 5 \text{ моль}$$

$$V_m = 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}$$

$$V(\text{N}_2) - ?$$

$$V(\text{N}_2) = V_m n(\text{N}_2)$$

$$V(\text{N}_2) = 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}} \cdot 5 \text{ моль} = 112 \text{ л}$$

Відповідь: об'єм азоту (н. у.) кількістю речовини 5 моль становить 112 л.

Задача 2. Обчисліть кількість речовини (моль) озону O_3 об'ємом 448 л (н. у.).

$$n(X) = \frac{V(X)}{V_m}.$$

$$V(\text{O}_3) = 448 \text{ л}$$

$$V_m = 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}$$

$$n(\text{O}_3) - ?$$

$$n(\text{O}_3) = \frac{V(X)}{V_m}$$

$$n(\text{O}_3) = \frac{448 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 20 \text{ моль}$$

Відповідь: кількість речовини озону (н. у.) об'ємом 448 л (н. у.) становить 20 моль.

Задача 3. Обчисліть молярні об'єми (н. у.) водню H_2 , густина якого становить $0,0899 \frac{г}{л}$, та кисню, густина якого становить $1,429 \frac{г}{л}$. Визначте середнє значення молярного об'єму газів.

$$V_m = \frac{M(X)}{\rho(X)}$$

$$\rho(H_2) = 0,0899 \frac{г}{л}$$

$$V_m(O_2) = 1,429 \frac{г}{л}$$

$$m(H_2) = 2 \frac{г}{\text{МОЛЬ}}$$

$$m(O_2) = 32 \frac{г}{\text{МОЛЬ}}$$

$$V_m(H_2) - ?$$

$$V_m(O_2) - ?$$

$$V_m - ?$$

$$V_m(H_2) = \frac{M(H_2)}{\rho(H_2)}$$

$$V_m(H_2) = \frac{2 \frac{г}{\text{МОЛЬ}}}{0,0899 \frac{г}{л}} \approx 22,47 \frac{л}{\text{МОЛЬ}}$$

$$V_m(O_2) = \frac{M(O_2)}{\rho(O_2)}$$

$$V_m(O_2) = \frac{32 \frac{г}{\text{МОЛЬ}}}{1,429 \frac{г}{л}} \approx 22,39 \frac{л}{\text{МОЛЬ}}$$

$$V_m = \frac{V_m(O_2) + V_m(H_2)}{2}$$

$$V_m(O_2) = \frac{22,47 \frac{л}{\text{МОЛЬ}} + 22,39 \frac{л}{\text{МОЛЬ}}}{2} \approx 22,4 \frac{л}{\text{МОЛЬ}}$$

Відповідь: молярні об'єми (н. у.) водню та кисню становлять відповідно $22,47 \frac{л}{\text{МОЛЬ}}$ та $22,39 \frac{л}{\text{МОЛЬ}}$. Середнє значення молярного об'єму газів становить $22,4 \frac{л}{\text{МОЛЬ}}$.

Задача 4. У повітряній кульці міститься водень масою 0,5 г. Обчисліть об'єм (л) газу (н. у.) та кількість його молекул у цій порції.

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}; \quad V(X) = V_m(X) n(X); \quad N(X) = n(X) N_A$$

$$m(H_2) = 0,5 \text{ г}$$

$$V_m = 22,4 \frac{л}{\text{МОЛЬ}}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{МОЛЬ}}$$

$$V(H_2) - ?$$

$$N(H_2) - ?$$

$$n(H_2) = \frac{m(H_2)}{M(H_2)}$$

$$n(H_2) = \frac{0,5 \text{ г}}{2 \frac{г}{\text{МОЛЬ}}} = 0,25 \text{ моль}$$

$$V(H_2) = n(H_2) V_m(H_2)$$

$$V(H_2) = 0,25 \text{ моль} \cdot 22,4 \frac{л}{\text{МОЛЬ}} = 5,6 \text{ л}$$

$$N(H_2) = n(H_2) N_A$$

$$N(H_2) = 0,25 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{МОЛЬ}} = 1,505 \cdot 10^{23}$$

Відповідь: порція водню масою 0,5 г має об'єм 5,6 л (н. у.) та містить $1,505 \cdot 10^{23}$ молекул газу.

Задача 5. Обчисліть об'єм (л), масу (г) та число молекул у порції метану CH_4 кількістю речовини 0,2 моль (н. у.).

$$V(X) = n(X)V_m(X); \quad m(X) = n(X)M(X); \quad N(X) = n(X)N_A.$$

$$V_m = 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}$$

$$M(\text{CH}_4) = 16 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

$$V(\text{CH}_4) - ?$$

$$m(\text{CH}_4) - ?$$

$$N(\text{CH}_4) - ?$$

$$V(\text{CH}_4) = n(\text{CH}_4)V_m$$

$$V(\text{CH}_4) = 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}} \cdot 0,2 \text{ моль} = 4,48 \text{ л}$$

$$m(\text{CH}_4) = M(\text{CH}_4)n(\text{CH}_4)$$

$$m(\text{CH}_4) = 16 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 0,2 \text{ моль} = 3,2 \text{ г}$$

$$N(\text{CH}_4) = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \cdot 0,2 \text{ моль} = 1,204 \cdot 10^{23}$$

Відповідь: об'єм, маса та число молекул у порції метану CH_4 кількістю речовини 0,2 моль становлять відповідно 4,48 л (н. у.), 3,2 г та $1,204 \cdot 10^{23}$ молекул.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Молярний об'єм – об'єм речовини кількістю 1 моль.
- Молярний об'єм позначають латинською літерою V . Його можна визначити як відношення об'єму V порції речовини X до її кількості n у цій порції.
- Одиниця вимірювання молярного об'єму – $\frac{\text{л}}{\text{моль}}$.
- Існує пряма пропорційна залежність між об'ємом V речовини X та її кількістю n .
- У твердих речовин і рідин молярні об'єми мають різні значення, натомість об'єми газуватих речовин за однакових умов мають дуже близькі значення.
- За нормальних умов ($t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$; $P = 10^5 \text{ Па}$) молярний об'єм будь-якого газу становить $22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}$.



Перевірте себе

1. Що таке молярний об'єм газів? Як його позначають? 2. Яка одиниця вимірювання молярного об'єму? 3. Який молярний об'єм газів за нормальних умов? 4. Які умови називають нормальними? 5. Який взаємозв'язок між фізичними величинами – масою, молярною масою, об'ємом, кількістю речовини?



Застосуйте свої знання й уміння

1. Обчисліть об'єм (л) кисню (н. у.) кількістю речовини 2,5 моль.
2. Розгляньте схему й назвіть фізичну величину, яка є спільною для її елементів.

