

# Хімія

Дячук Л. С., Гладюк М. М.

## «Хімія»

підручник для 8 класу  
загальноосвітніх навчальних закладів



ТЕРНОПІЛЬ  
НАВЧАЛЬНА КНИГА – БОГДАН  
2016

УДК 54(075.3)

ББК 24я72

Д 99

**Дячук Л.С.**

Д 99 Хімія : підручник для 8 кл. загальноосвіт. навч. закл. / Л.С. Дячук, М.М. Гладюк. — Тернопіль : Навчальна книга — Богдан, 2016. — 240 с. : іл.

ISBN 978-966-10-4482-0

Підручник укладено за новою навчальною програмою з хімії для 7–9 класів загальноосвітніх навчальних закладів.

У підручнику висвітлено такі теми: «Періодичний закон і періодична система хімічних елементів. Будова атома», «Хімічний зв'язок і будова речовини», «Кількість речовини», «Основні класи неорганічних сполук».

Видання містить детальні інструкції з виконання лабораторних дослідів і практичних робіт, які передбачені програмою. До кожного параграфу дібрано диференційовані домашні завдання, які відповідають початковому, середньому, достатньому і високому рівням.

У кінці вміщено словник хімічних термінів, а також іменний і предметний покажчики.

УДК 54(075.3)

ББК 24я72

*Охороняється законом про авторське право.*

*Жодна частина цього видання не може бути відтворена в будь-якому вигляді без дозволу автора чи видавництва.*

ISBN 978-966-10-4482-0

© Дячук Л.С., Гладюк М.М., 2016

© Навчальна книга — Богдан, 2016

© Дрофа, 2012

## Слово до учнів

Дорогі восьмикласники!

Ось і пролетіло непомітно літо і з першим жовтим листям прийшла осінь, а з нею — і новий навчальний рік. Ви стали на рік доросліші, і це дає привід озирнутися назад, підсумувати знання, отримані раніше. На початку сьомого класу ми поставили перед вами завдання опанувати елементарні хімічні знання, ту абетку, якою оперують хіміки. Тепер ви вже не плутасте поняття «речовина» і «тіло», вивчили властивості води та кисню, дізналися про склад повітря. Основою хімії, як і інших природничих наук, є атомістичне вчення. Усі речовини складаються з атомів, які можуть сполучатися в молекули. З погляду хімії атоми вічні — вони не утворюються та не зникають, а лише переходять з однієї речовини в іншу.


У 8 класі ви ознайомитеся з будовою атома і навчитесь користуватися періодичною системою, щоб описувати склад будь-якого атома, пояснювати властивості хімічних елементів, а також утворених ними простих і складних речовин. Опрацювавши матеріал у підручнику, ви зрозумієте природу хімічного зв'язку і навчитесь виконувати кількісні розрахунки на основі рівнянь хімічних реакцій, а також з'ясуєте, що




таке число Авогадро, кількість речовини, відносна густина газу за іншим газом тощо.


У цьому навчальному році ви вивчите основні класи неорганічних сполук: оксиди, основи, кислоти і солі; їхні властивості, способи добування, значення і вплив на довкілля.

Для зручності у підручнику використані умовні позначення:


 завдання, які треба виконати під час опрацювання теоретичного матеріалу підручника;

 домашнє завдання;

\* ускладнені завдання;

 цікаві факти;

 **якщо хочете знати хімію глибше...**

Крім того видання має електронну версію. Натиснувши на позначку () , ви зможете переглянути фото, відео по темі, виконати тести.

Тож бажаємо вам успіху!

*Автори*

# Вступ

## Повторення найважливіших питань курсу хімії 7 класу

- Найважливіші хімічні поняття
- Відносна молекулярна маса речовини.  
Масова частка елемента у складній речовині
- Масова частка розчиненої речовини



## § 1. Найважливіші хімічні поняття

Опрацювавши параграф, ви повторите:

- основні хімічні поняття: речовина, атом, молекула, хімічний елемент, відносна атомна маса, хімічна формула;
- класифікацію речовин;
- валентність;
- закон збереження маси речовин;
- класифікацію хімічних реакцій;
- реакції води з оксидами металічних і неметалічних елементів.

Із курсу хімії 7 класу ви вже знаєте, що

**хімія** — наука про речовини та їх перетворення.

Хімія вивчає склад речовин, їхню будову та властивості (здатність вступати у реакції з іншими речовинами, вплив на організм людини та довкілля), можливість використання речовин у побуті, науці, медицині, техніці тощо.

Для успішного засвоєння знань з хімії у 8 класі вам необхідно повторити найважливіші хімічні поняття, які ви вивчили раніше: речовина, атом, хімічний елемент та інші.

### 1. Речовина. Структурні частинки речовини. Хімічний елемент

**Речовини** — це все, що має певну масу і займає деякий об'єм у навколишньому просторі.

Хімія вивчає речовину, організовану в йони, молекули, кристали тощо, тобто те, з чого складаються тіла.

**?** Наведіть приклади відомих вам речовин. Де вони використовуються?

Пригадайте, що

**атом** — це найдрібніша хімічно неподільна частинка речовини;

**молекула** — найдрібніша частинка речовини, що складається з атомів, сполучених між собою хімічними зв'язками;

**хімічний елемент** — це вид атомів з певним зарядом ядра.

**?** Знайдіть у періодичній системі хімічні елементи з порядковими номерами 8, 13 і 20 та назвіть їх.

Назвіть хімічні елементи, символи яких Cu, P, Si.

Оскільки маси атомів дуже малі, то на практиці використовують відносну атомну масу хімічного елемента.

Відносна атомна маса показує, у скільки разів маса атома більша за  $1/12$  маси атома Карбону.

? Яку відносну атомну масу мають Оксиген, Сульфур, Магній?

## 2. Хімічна формула

**Хімічна формула** — це позначення атома, молекули або речовини за допомогою символів хімічних елементів та індексів.

? Пригадайте та запишіть у зошиті формулу карбонатної кислоти. Поясніть її якісний та кількісний склад.

Напишіть формулу речовини, молекула якої складається із трьох атомів Гідрогену, одного атома Фосфору і чотирьох атомів Оксигену.

## 3. Класифікація речовин

На сьогодні відомо близько 60 млн речовин. Щоб орієнтуватись серед такої величезної кількості речовин, їх розподіляють на окремі класи, тобто класифікують. Найпростішим є поділ на прості і складні речовини.

**Прості речовини** утворені атомами одного хімічного елемента.

? Наведіть приклади простих речовин; запишіть у зошиті їхні формули і назви. Які з них належать до речовин-металів, а які — речовин-неметалів?

**Складні речовини** утворені атомами різних хімічних елементів.

? Наведіть приклади складних речовин; запишіть їхні формули і назви. Укажіть серед них оксиди, основи та кислоти.

## 4. Валентність хімічних елементів

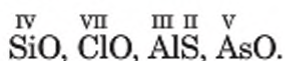
**Валентність** — здатність атома сполучатися з певною кількістю таких самих або інших атомів.

? Яку валентність у хімічних сполуках виявляють Гідроген і Оксиген? Визначте валентність елементів у сполуках, що мають такі формули:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

Пригадайте, що у бінарній сполуці

добуток числа атомів одного елемента на його валентність у бінарній сполуці дорівнює добутку числа атомів іншого елемента на його валентність.

- ? Складіть формули сполук за вказаними валентностями деяких елементів:

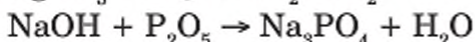
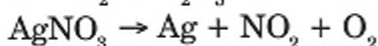
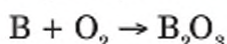


### 5. Закон збереження маси речовин під час хімічної реакції

під час хімічного перетворення маса речовин залишається незмінною — загальна маса усіх вихідних речовин дорівнює загальній масі усіх продуктів реакції.

- ? Пригадайте, хто відкрив закон збереження маси речовин.

Перетворіть на хімічні рівняння такі схеми реакцій:



### 6. Класифікація хімічних реакцій

За кількістю реагентів і продуктів реакції класифікують на реакції розкладу, сполучення, заміщення та обміну (два останні типи реакцій вивчатимуться пізніше).

**Реакціями розкладу** називають реакції, під час перебігу яких із однієї речовини утворюються декілька нових речовин.

- ? Напишіть рівняння реакції добування кисню з гідроген пероксиду.

Реакції, під час перебігу яких із кількох речовин утворюється одна речовина, називають **реакціями сполучення**.

- ? Напишіть рівняння реакцій взаємодії кисню з воднем, сіркою, залізом.

### 7. Взаємодія води з оксидами

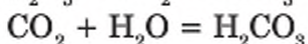
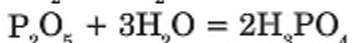
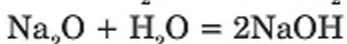
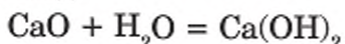
Пригадайте, що



**окси́ди** — це складні речовини, які складаються з двох хімічних елементів, одним із яких є Оксиген.

? Із наведеного переліку виберіть формули оксидів:  $MgO$ ,  $HNO_3$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_3PO_4$ ,  $CaO$ .

Із курсу хімії 7 класу ви знаєте, що вода взаємодіє з багатьма речовинами, у тому числі з оксидами металічних і неметалічних елементів, наприклад:



? Назвіть оксиди, що вступають у реакцію.

Дайте назви продуктам реакції.

До якого типу хімічних реакцій належить взаємодія води з оксидами?

Пригадайте, що  $NaOH$  і  $Ca(OH)_2$  належать до класу основ.

**Основи** — це складні речовини, утворені атомами металічних елементів і гідроксильними групами  $-OH$ .

? Як називають розчинні у воді основи?



### Початковий рівень

1. Яку частинку називають атомом?
2. Що таке «молекула»?
3. Що таке «хімічний елемент»?
4. Із поданого переліку виписіть речовини: кисень, цвях, цукор, олівець, вуглекислий газ, крохмаль, сніжинка.
5. Укажіть назви хімічних елементів, які мають такі порядкові номери у періодичній системі: 16, 19, 26.
6. Знайдіть у періодичній системі Карбон, Хлор, Аргентум і Манган. Укажіть відносні атомні маси цих елементів.
7. Що таке валентність?

## Середній рівень

8. Напишіть формули речовин, які читаються так: кальцій-о, натрій-о-аш, аш-три-пе-о-чотири.
9. Із наведеного переліку випишіть окремо формули простих і складних речовин; прості речовини класифікуйте на метали і неметали: Cu, Ca(OH)<sub>2</sub>, Al, S, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, P, Mg.
10. Які реакції називають реакціями розкладу? (Усно).
11. Які реакції називають реакціями сполучення? (Усно).
12. Розташуйте хімічні сполуки за зростанням значення валентності хімічного елемента, сполученого з Оксигеном:  
 А) NO<sub>2</sub>                      Б) N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>                      В) NO                      Г) N<sub>2</sub>O
13. Складіть рівняння хімічної реакції між киснем і магнієм. Укажіть коефіцієнт біля формули продукту реакції.  
 А) 1                      Б) 2                      В) 3                      Г) 4

## Достатній рівень

14. Складіть формули сполук за валентністю елементів:  
 $\overset{\text{IV}}{\text{Si}}\text{H}, \overset{\text{II}}{\text{Zn}}\overset{\text{I}}{\text{Cl}}, \overset{\text{VI}}{\text{W}}\text{O}, \overset{\text{VI}}{\text{Mo}}\overset{\text{II}}{\text{S}}, \overset{\text{II}}{\text{N}}\overset{\text{III}}{\text{O}}, \overset{\text{V}}{\text{V}}\text{O}.$
15. Перетворіть на хімічні рівняння такі схеми реакцій:  
 $\text{N}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_3$   
 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{NaCl}$   
 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$   
 $\text{C} + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_4\text{C}_3 + \text{CO}$
16. Укажіть рівняння реакції, у якому неправильно дібрані коефіцієнти:  
 А)  $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$                       В)  $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$   
 Б)  $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 4\text{NO}$                       Г)  $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$
17. Перетворіть схему реакції  $\text{FeS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$  на хімічне рівняння та вкажіть суму коефіцієнтів у його лівій частині.  
 А) 7                      Б) 10                      В) 11                      Г) 15
18. Напишіть рівняння реакцій кисню із вуглецем, магнієм і міддю. До якого типу належать ці реакції?

**Високий рівень**

19. Напишіть рівняння реакцій горіння метану і гідроген сульфід.
20. Замість крапок напишіть формули простих речовин. Складіть формули продуктів реакції за валентністю хімічних елементів. Складіть хімічні рівняння.



21. Яка маса кисню вступила у реакцію із 16 г міді, якщо внаслідок реакції утворилося 20 г купрум(II) оксиду? Напишіть рівняння відповідної реакції.
22. 80 г метану повністю згоряють у кисні, в результаті реакції утворюється 220 г вуглекислого газу та 180 г води. Яка маса кисню вступила в реакцію? Напишіть рівняння відповідної реакції.
23. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких із простих речовин можна одержати карбонатну кислоту.
- 24.\* Яку масу малахіту  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  піддали термічному розкладанню, якщо серед продуктів реакції було виявлено 320 г купрум(II) оксиду, 88 г вуглекислого газу і 36 г води? Напишіть рівняння відповідної реакції.

## § 2. Відносна молекулярна маса речовини. Масова частка елемента у складній речовині

Опрацювавши параграф, ви повторите, як обчислювати

- відносну молекулярну масу речовини за її формулою;
- масову частку елемента у складній речовині.

### 1. Відносна молекулярна маса речовини

**Відносна молекулярна маса ( $M_r$ )** — це відношення маси молекули до  $1/12$  маси нукліда Карбону  $^{12}\text{C}$ .

Пригадайте, що відносна молекулярна маса — величина безрозмірна.

Ви знаєте, що хімічна формула речовини описує якісний і кількісний склад речовини. Тому відносну молекулярну масу  $M_r$  речовини можна обчислити за її хімічною формулою. Відносна молекулярна маса дорівнює сумі відносних атомних мас хімічних елементів, які утворюють речовину, із врахуванням числа атомів кожного елемента.

**?** Обчисліть відносну молекулярну масу сульфатної кислоти  $H_2SO_4$ .

## 2. Масова частка елемента у складній речовині

**Масова частка елемента  $w(E)$  у складній речовині** — це відношення маси елемента в речовині до відповідної маси речовини.

$$w(E) = \frac{m(E)}{m(\text{речовини})}$$

або: 
$$w(E) = \frac{m(E)}{m(\text{речовини})} \cdot 100\%$$

$w(E)$  — масова частка елемента у речовині;

$m(E)$  — маса елемента у речовині;

$m(\text{речовини})$  — маса речовини.

Масова частка елемента — величина безрозмірна.

**?** У 40 г магній оксиду міститься 24 г Магнію. Яка масова частка Оксигену у магній оксиді?

Масову частку елемента у складній речовині також обчислюють за хімічною формулою речовини:

$$w(E) = \frac{n(E) \cdot A_r(E)}{M_r(\text{речовини})} \quad \text{або} \quad w(E) = \frac{n(E) \cdot A_r(E)}{M_r(\text{речовини})} \cdot 100\%$$

$n(E)$  — кількість атомів хімічного елемента  $E$ ;

$A_r(E)$  — відносна атомна маса елемента;

$M_r(\text{речовини})$  — відносна молекулярна маса хімічної речовини.

**?** Обчисліть масові частки хімічних елементів у силікатній кислоті  $H_2SiO_3$ . Яка маса Карбону міститься у 100 г метану ( $CH_4$ )?



### Початковий рівень

1. Що таке відносна молекулярна маса речовини?
2. Як обчислюють відносну молекулярну масу за хімічною формулою речовини?
3. Що називають масовою часткою хімічного елемента у складній речовині?
4. Запишіть формули для обчислення масової частки елемента у складній речовині.

### Середній рівень

5. Обчисліть відносну молекулярну масу хлору  $\text{Cl}_2$ .
6. Молекула сахарози складається із 12 томів Карбону, 22 атомів Гідрогену та 11 атомів Оксигену. Напишіть формулу сахарози та обчисліть її відносну молекулярну масу.
7. Укажіть речовини, відносні молекулярні маси яких відносяться як 1 : 3.
 

А) $\text{CH}_4$ , $\text{O}_3$	В) $\text{O}_2$ , $\text{CuO}$
Б) $\text{NO}$ , $\text{NO}_2$	Г) $\text{CO}$ , $\text{SO}_3$
8. У скільки разів молекула сульфур(IV) оксиду важча за молекулу кисню?
9. Сполука Карбону з Оксигеном масою 44 г містить 12 г Карбону. Яка масова частка Карбону у речовині?
10. Обчисліть масові частки хімічних елементів у сульфур(VI) оксиді  $\text{SO}_3$ .

### Достатній рівень

11. У якій речовині — купрум(I) оксиді  $\text{Cu}_2\text{O}$  чи купрум(II) оксиді  $\text{CuO}$  — масова частка Купруму більша? Відповідь підтвердьте розрахунками.
12. Не виконуючи обчислень, розмістіть речовини у порядку зростання їхніх відносних молекулярних мас:  $\text{KClO}_4$ ,  $\text{KClO}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{KClO}_3$ . Відповідь поясніть.
13. Деяка порція кальцій карбонату  $\text{CaCO}_3$  складається з 20 г Кальцію, 6 г Карбону і 24 г Оксигену. Обчисліть масові частки хімічних елементів у кальцій карбонаті.

### Високий рівень

14. Відносна молекулярна маса сполуки Хлору з Оксигеном становить 183. Відомо, що в молекулі речовини міститься два атоми Хлору. Яка формула невідомої сполуки?
15. Яка маса Купрум(II) оксиду міститься у 240 г купрум(II) оксиду?
16. У молекулі ацетилену на один Карбону припадає один атом Гідрогену. Встановіть формулу ацетилену, якщо відомо, що його відносна молекулярна маса становить 26.
- 17.\* У зразку руди масова частка Мангану у вигляді мінералу піролюзиту  $MnO_2$  становить 12%. Яка масова частка піролюзиту у цій руді?

## § 3. Масова частка розчиненої речовини

Опрацювавши параграф, ви:

- повторите, що таке масова частка розчиненої речовини;
- удосконалите навички розв'язування задач на обчислення масової частки і маси розчиненої речовини.



У 7 класі ви вивчили, що

**розчини** — це однорідні суміші речовин,

а для кількісної характеристики розчину використовують величину, яку називають масовою часткою розчиненої речовини.

**Масова частка розчиненої речовини** — це відношення маси розчиненої речовини до маси розчину:

$$w(\text{р.р.}) = \frac{m(\text{р.р.})}{m(\text{р-ну})}, \text{ де:}$$

$w(\text{р.р.})$  — масова частка розчиненої речовини;

$m(\text{р.р.})$  — маса розчиненої речовини;

$m(\text{р-ну})$  — маса розчину.

Масову частку розчиненої речовини можна також виражати у відсотках:

$$w(\text{р.р.}) = \frac{m(\text{р.р.})}{m(\text{р-ну})} \cdot 100\%$$

Масова частка розчиненої речовини — безрозмірна величина.

**?** Розв'яжіть задачі.

**ЗАДАЧА 1.** У 200 г розчину міститься 12 г кухонної солі. Яка масова частка солі у розчині?

**ЗАДАЧА 2.** У 85 г води розчинили 15 г цукру. Яка масова частка цукру у розчині?

Масу розчиненої речовини обчислюють за формулою:

$$m(\text{р.р.}) = \frac{w(\text{р.р.}) \cdot m(\text{р-ну})}{100\%}$$

**?** Розв'яжіть задачі.

**ЗАДАЧА 3.** Обчисліть масу ортофосфатної кислоти у 300 г розчину з масовою часткою розчиненої речовини 5%.

**ЗАДАЧА 4.** Яку масу натрій гідроксиду і який об'єм води треба використати для приготування 200 мл розчину (густина розчину  $1,115 \text{ г/см}^3$ ) з масовою часткою розчиненої речовини 10%?



### Початковий рівень

- Що таке розчин?
- Укажіть розчинну у воді речовину:  
 А)  $\text{BaSO}_4$                       В)  $\text{ZnCO}_3$   
 Б)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$                   Г)  $\text{MnCO}_3$
- У 60 г води розчинили 5 г харчової соди. Яка речовина є розчинником, а яка — розчиненою речовиною? Яка маса утвореного розчину?

### Середній рівень

- Яка масова частка розчиненої речовини, якщо: а) 100 г розчину містять 10 г лугу; б) 100 г містять 2 г кислоти?

5. Яка маса солі міститься у: а) 100 г розчину, якщо масова частка солі становить 7%; б) 200 г розчину, якщо масова частка солі становить 4%?

### Достатній рівень

6. У 190 г води розчинили 10 г луѓу. Яка масова частка розчиненої речовини?
7. Розчин кухонної солі масою 200 г випарували, внаслідок чого одержали 40 г твердого залишку. Обчисліть масову частку солі у початковому розчині.
8. У розчині масова частка кухонної солі становить 20%. Обчисліть масу цього розчину, що містить 180 г солі.
9. Обчисліть масу солі та води, необхідних для приготування 200 г розчину з масовою часткою солі 16%.

### Високий рівень

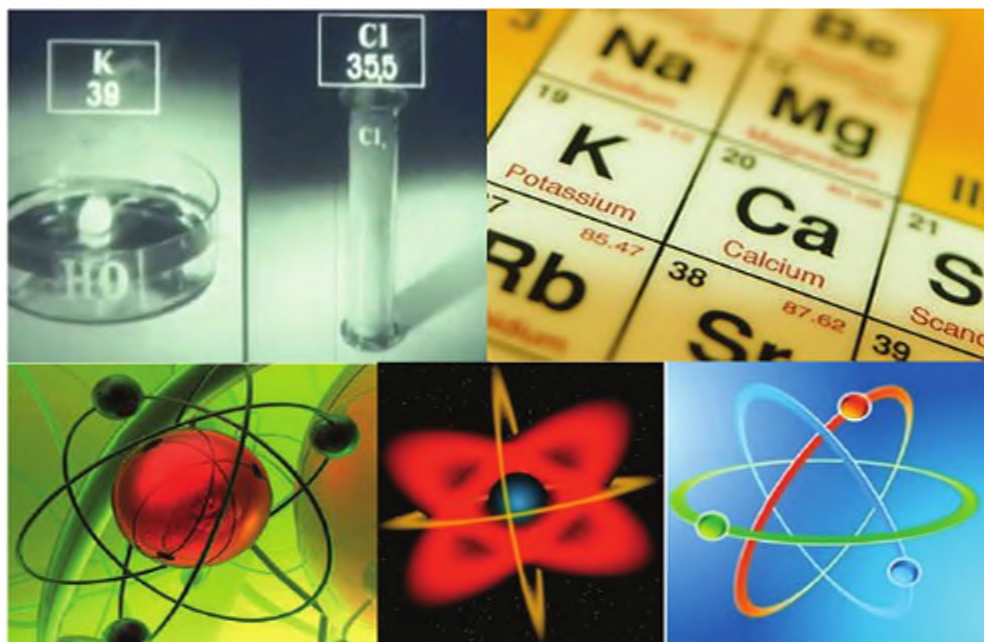
10. Визначте масу кристалічного натрій гідроксиду і масу води, які потрібні для приготування 400 мл розчину з масовою часткою луѓу 12%, якщо густина розчину становить  $1,137 \text{ г/см}^3$ .
11. Є 150 г розчину, у якому масова частка солі становить 8%. Скільки води потрібно додати до цього розчину, щоб отримати розчин з масовою часткою солі 2%?
12. До розчину масою 200 г з масовою часткою солі 10% долили 300 мл води. Обчисліть масову частку солі в утвореному розчині.
13. Із 200 г розчину солі з масовою часткою розчиненої речовини 15% випарували 50 мл води. Яка масова частка солі у новому розчині?
14. До 150 г розчину з масовою часткою солі 10% долили 250 г розчину з масовою часткою солі 2%. Обчисліть масову частку солі в утвореному розчині.
- 15.\* Які маси розчинів з масовими частками розчиненої речовини 20% і 60% потрібні для приготування 800 г розчину з масовою часткою розчиненої речовини 35%?



# Розділ 1

## Періодичний закон і періодична система хімічних елементів. Будова атома

- Короткі історичні відомості про спроби класифікації хімічних елементів. Поняття про лужні, інертні елементи, галогени
- Періодичний закон Д.І. Менделєєва
- Структура періодичної системи хімічних елементів
- Будова атома
- Ізотопи
- Стан електронів в атомі
- Енергетичні рівні та підрівні
- Електронні та графічні електронні формули атомів хімічних елементів
- Періодична система хімічних елементів з позиції теорії будови атома
- Характеристика хімічних елементів за їхнім місцем у періодичній системі та будовою атома
- Значення періодичного закону



## § 4. Короткі історичні відомості про спроби класифікації хімічних елементів. Поняття про лужні, інертні елементи, галогени

Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:

- як учені намагалися класифікувати хімічні елементи;
- про існування природних груп хімічних елементів.

Кожна наука починається з нагромадження фактів. Чим більше накопичується фактів, тим необхіднішою стає їх класифікація.



**БЕРЦЕЛІУС**  
Йенс Якоб  
(1779–1848).  
Шведський хімік.

Вчені різних країн намагалися об'єднати хімічні елементи у групи за найбільш очевидними спільними ознаками та властивостями простих і складних речовин, які вони утворюють.

### 1. Класифікація хімічних елементів Й.Я. Берцеліусом

Перша класифікація відомих на той час хімічних елементів, здійснена шведським хіміком Й.Я. Берцеліусом у 1812 р., полягала в поділі їх за властивостями утворених сполук із Оксигеном на *метали* (тобто *металічні* елементи) і *металоїди* (тобто *неметалічні* елементи). Проте ця класифікація була недосконалою, оскільки не пояснювала властивостей сполук перехідних елементів (мова про перехідні елементи йтиме у підручнику згодом).

**?** Наведіть по два-три приклади відомих вам металічних і неметалічних елементів.



**ДЕБЕРЕЙНЕР**  
Йоганн Вольфганг  
(1780–1849).  
Німецький хімік.

### 2. Класифікація хімічних елементів Й. Деберейнером

У 1817 р. німецький хімік Йоганн Деберейнер зауважив, що якщо розташува-

ти три схожих за хімічними властивостями елементи в порядку зростання їх відносних атомних мас, то відносна атомна маса другого (середнього) елемента дорівнює середньому арифметичному відносних атомних мас першого і третього елементів. Спочатку Деберейнер встановив таку закономірність для першої «тріади» елементів — Кальцію, Стронцію та Барію. Згодом учений запропонував ще дві тріади (Літій, Натрій, Калій і Сульфур, Селен, Телур). В основу своєї класифікації, крім відносних атомних мас, він поклав також подібність властивостей елементів і їхніх сполук.

Попри те, що характер класифікації елементів за властивостями набагато складніший, ніж поділ на тріади, закон тріад Деберейнера підготував ґрунт для систематизації елементів, що завершилася створенням періодичного закону.

**?** Зробіть необхідні обчислення і переконайтеся, що відносна атомна маса Натрію є середнім арифметичним відносних атомних мас Літію і Калію. Зробіть подібні розрахунки для інших двох «тріад» Деберейнера.

### 3. Класифікація хімічних елементів Д. Ньюлендсом

У 1864 році Джон Ньюлендс уперше розташував відомі на той час хімічні елементи за збільшенням їхніх відносних атомних мас:

H	Li	Be	B	C	N	O	F	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	

Він зазначив, що у цьому ряду спостерігається періодична поява хімічно подібних елементів. Пронумерувавши елементи в цьому ряду (елементи, які мали однакові властивості, мали й однаковий номер) і порівнявши номери з властивостями елементів, він зробив висновок, що кожен восьмий елемент є подібним за властивостями до першого елемента, наприклад: Літій подібний до Натрію і Калію, Карбон до Силіцію тощо. Так само, як у музиці восьма нота в октаві є подібною до першої. Своє відкриття вчений назвав «законом октав»: номери подібних елементів відрізняються на сім або



**НЬЮЛЕНДС**  
Джон  
(1837–1898).  
Англійський хімік.

**МЕСР****Юліус Лотар**

(1830–1895).

Німецький науковець,  
хімік.

на число, яке кратне семи. Таким чином, Ньюлендс уперше висунув припущення про періодичність змін властивостей елементів.

#### 4. Класифікація хімічних елементів Л.Ю. Месром

У 1864 році свою першу таблицю опублікував німецький хімік Лотар Меср. Таблиця складалася із 28 хімічних елементів, згрупованих за валентністю. Меср навмисно обмежив число елементів у таблиці, щоб підкреслити закономірну зміну відносних атомних мас подібних елементів.

Робота Месра не мала систематичного характеру, а відтак — характеру закону.

#### 5. Лужні елементи

У міру зростання кількості відомих хімічних елементів учені намагалися виділити з їхнього числа природні родини з подібними властивостями.

Калій, наприклад, за багатьма властивостям нагадує Натрій. Обидві прості речовини, утворені цими елементами, — калій і натрій — легкоплавкі сріблясто-білі метали, такі м'які, що їх можна різати ножом. Вони мають високу хімічну активність — взаємодіють із киснем повітря та іншими неметалами — хлором, сіркою, а також з водою. У сполуках Калій і Натрій одновалентні. Їхні оксиди при взаємодії з водою утворюють луги — натрій гідроксид і калій гідроксид.

Літій, рубідій, цезій і францій за своїми властивостями схожі на натрій і калій. Усі ці метали називають лужними, а відповідні їм хімічні елементи (Літій Li, Натрій Na, Калій K, Рубідій Rb, Цезій Cs, Францій Fr) — лужними елементами, тому що їм відповідають луги складу MeOH, де Me — будь-який із лужних елементів.


**?** Знайдіть у періодичній системі лужні елементи.

#### 6. Галогени

Серед неметалічних елементів також є групи подібних за властивостями елементів: Флуор F, Хлор Cl, Бром Br і Йод I, які об'єднані у групу галогенів.

 Знайдіть у періодичній системі галогени.


Молекули простих речовин-галогенів двоатомні: фтор  $F_2$ , хлор  $Cl_2$ , бром  $Br_2$ , йод  $I_2$ .

 **Галогени** — найбільш активні неметали. Унаслідок реакцій між галогенами і воднем утворюються сполуки:  $HF$ ,  $HCl$ ,  $HBr$ ,  $HI$ , які добре розчиняються у воді; розчини цих сполук є кислотами.

Галогени реагують і з металами. У сполуках з металічними елементами, як і з Гідрогеном, галогени одновалентні.

## 7. Інертні елементи

Ще одну родину утворюють Гелій  $He$ , Неон  $Ne$ , Аргон  $Ar$ , Криптон  $Kr$ , Ксенон  $Xe$  і Радон  $Rn$ . Їх називають інертними елементами.

 Знайдіть у періодичній системі інертні елементи.

Прості речовини, утворені інертними елементами, складаються з одноатомних молекул. Усі вони за звичайних умов є газами, які в невеликих кількостях містяться в повітрі. Донедавна вчені вважали, що інертні елементи взагалі не утворюють хімічних сполук, про що свідчить їхня назва. Однак за останні кілька десятиріч років вдалося здобути нестійкі сполуки Криптону, Ксенону й Радону.

### ■ Якщо хочете знати хімію глибше...

Існують ще й інші природні групи хімічних елементів: лужноземельні (Магній  $Mg$ , Кальцій  $Ca$ , Стронцій  $Sr$ , Барій  $Ba$ , Радій  $Ra$ ), халькогени (Оксиген  $O$ , Сульфур  $S$ , Селен  $Se$ , Телур  $Te$ ), пніктогени (Нітроген  $N$ , Фосфор  $P$ , Арсен  $As$ ).

➤ ...Гелій спочатку був відкритий на Сонці, а потім — на Землі.

➤ ..назва Літію походить від грецького «камінь»; назва Калію — від арабського «поташ», назва Натрію означає «речовина, що бурлить»; назви Цезій (з латинської «блакитний») і Рубідій (з латинської «темно-червоний») пов'язані з синіми і червоними лініями спектра, за якими вони були відкриті. Радіоактивний елемент Франції був передбачений Д.І. Менделєєвим, після відкриття названий на честь Франції.

➤ ...назва «галогени» у перекладі з грецької означає «ті, що народжують солі».

- ➔ ...назва «Хлор» походить від грецького «жовто-зелений» (колір газоподібного хлору); Йод — від грецького «фіалковий» (за колір газоподібного йоду); Бром — від грецького «смердючий» (за різкий непривмний запах рідкого і газоподібного броду). Назва Флуору походить від латинського «плинний», оскільки добавки мінералу, що містить Флуор, до металічних руд полегшують їх плавлення.
- ➔ ...коли У. Рамзай уперше випаровував рідкий аргон, перші порції газу він зібрав окремо. Ці газові бульбашки вчений піддав спектральному аналізу і не помилився у своїх сподіваннях. Трубка світилася ясно-червоним сяйвом. Назву новому газу дав дванадцятирічний син Рамзая. Ось як розповідав про це сам учений:  
«Коли ми вперше розглядали спектр, при цьому був і мій син Віллі.  
— Тату, — сказав він, — як називається цей красивий газ?  
— Це ще не вирішено, — відповів я.  
— Що він, новий? — поцікавився син.  
— Нововідкритий, — заперечив я.  
— То чому б не назвати його повип — латинське «новий»?  
— Це не підходить, бо повип не грецьке слово. Ми назвемо його «неоном», бо по-грецьки «неос» означає «новий».
- ➔ ... сполуки Натрію забарвлюють полум'я у жовтий колір, а Калію — у фіалковий.

### ВИСНОВКИ

- Перші спроби класифікації хімічних елементів не були науково обґрунтованими.
- Існують природні групи хімічних елементів, які мають схожі властивості.



### Початковий рівень

1. Які природні групи хімічних елементів ви знаєте?
2. Укажіть порядковий номер лужного елемента.  
А) 10                      Б) 11                      В) 12                      Г) 13

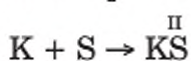
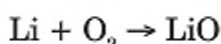
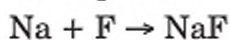
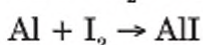
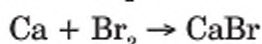
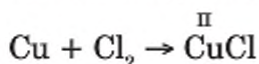
3. Укажіть символ галогену.  
 А) С                      Б) Cl                      В) Cu                      Г) Ca
4. Укажіть назву інертного елемента.  
 А) Гідроген                                      В) Аргон  
 Б) Оксиген                                      Г) Сульфур

### Середній рівень

5. Як учені намагалися класифікувати хімічні елементи?
6. Чи співпадає наведена у параграфі послідовність елементів ряду Ньюлендса з їх послідовністю у сучасній періодичній системі? Знайдіть у літературних джерелах чи в мережі Інтернет решту «октав» Ньюлендса, запишіть їх у зошиті і знову порівняйте з розташуванням цих елементів у періодичній системі.
7. Складіть розповідь про використання інертних газів.

### Достатній рівень

8. Із поданого переліку хімічних елементів виписіть окремо:  
 а) лужні елементи; б) галогени; в) інертні елементи.  
 Br, Na, Al, Ca, S, Xe, K, Cl, I, Li, Ba, Ne, Be, Rb, Sr, F, Fe, He, H.
9. Складіть формули продуктів реакції за валентністю елементів. Схеми реакцій перетворіть на хімічні рівняння:



До якого типу належать ці реакції?

### Високий рівень

10. Обчисліть масову частку металічного елемента у натрій гідроксиді.

11. Напишіть формули лугів, утворених Літієм, Калієм і Рубідієм. Не виконуючи обчислень, укажіть, у якій речовині масова частка Оксигену найбільша. Відповідь поясніть.
- 12.\* Напишіть рівняння реакцій галогенів з воднем.

## § 5. Періодичний закон Д.І. Менделєєва

**Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся, що:**

- періодичний закон розкриває єдність хімічних елементів і взаємозв'язок між ними.



До середини ХІХ століття було відомо близько 60 хімічних елементів. Як ви вже знаєте, хіміки різних країн намагались їх класифікувати. Елементи з подібними властивостями були об'єднані у природні родини, вже знайомі вам: лужні, інертні елементи, галогени та інші. Створити єдину класифікацію хімічних елементів вперше вдалося професору Петербурзького університету Д.І. Менделєєву. Розташувавши символи усіх відомих на той час 63 хімічних елементів у порядку зростання їх відносної атомної маси, він помітив, що елементи зі схожими властивостями (наприклад, лужні елементи), не розміщені безпосередньо один за одним, а періодично (регулярно) повторюються. Виявилось, що так само закономірно через певний інтервал повторюється «хімічний характер» елементів.

Наслідуючи Д.І. Менделєєва, запишемо символи хімічних елементів у порядку зростання відносних атомних мас. Перший ряд розпочинає елемент з найменшою масою — Гідроген. Наступним є інертний елемент Гелій ( $A_r = 4$ ), який на той час був невідомим:

H 1	He 4 інертний елемент
--------	--------------------------------



Другий ряд розпочинається лужним елементом Літієм Li, а закінчується галогеном Флуором F і інертним елементом Неоном Ne:

Li 7 лужний елемент	Be 9	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19 галоген	Ne 20 інертний елемент
------------------------------	---------	---------	---------	---------	---------	--------------------	---------------------------------

Наступні хімічні елементи утворюють ряд, дуже схожий на попередній:

Na 23 лужний елемент	Mg 24	Al 27	Si 28	P 31	S 32	Cl 35,5 галоген	Ar 40 інертний елемент
-------------------------------	----------	----------	----------	---------	---------	-----------------------	---------------------------------

На початку ряду — хімічний елемент Натрій Na, який є, як і Літій, лужним елементом, а в кінці — галоген Хлор Cl та інертний елемент Аргон Ar. Послідовність перших 36 хімічних елементів відображена в таблиці 1 (див. стор. 26–27).

Пронумеруємо усі елементи по порядку, надавши кожному з них порядковий номер. (Згодом ви дізнаєтесь, який фізичний сенс він має).

Поділимо ряд на 4 проміжки, які назвемо *періодами*, в межах яких відбувається перехід від металічного елемента до неметалічного. (Детальніше, що таке «період», ви вивчатимете у наступному параграфі). У межах кожного періоду вища валентність елементів послідовно зростає.

Розглядаючи послідовність елементів, Д.І. Менделєєв побачив, що властивості елементів та їхніх сполук періодично повторюються залежно від їх відносної атомної маси. У 1869 р. він сформулював періодичний закон:

властивості хімічних елементів, а також утворених ними простих та складних речовин перебувають у періодичній залежності від відносних атомних мас елементів.

## ПОСЛІДОВНІСТЬ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ, РОЗМІЩЕНИХ

Хімічний елемент	H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
Відносна атомна маса	1	4	7	9	11	12	14	16	19	20	23	24	27	28	31	32	35,5
Порядковий номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Вища валентність	I		I	II	III	IV	IV				I	II	III	IV	V	VI	VII
Характер властивостей простої речовини	Н	Н	М	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	М	М	М	Н	Н	Н	Н
Період	Перший		Другий								Третій						

## ВИСНОВКИ

- **Періодичний закон відкрив Д.І. Менделєєв.** Згідно з періодичним законом із зростанням відносної атомної маси властивості елементів та їхніх сполук змінюються періодично.



## Початковий рівень

1. Хто відкрив періодичний закон?

## Середній рівень

2. Сформулюйте періодичний закон.
3. Які ряди хімічних елементів називають періодами?

## Достатній рівень

4. У якій частині кожного періоду розміщені елементи, що належать до: а) лужних елементів; б) галогенів; в) інертних елементів? Наведіть приклади.
5. Які властивості елементів та їхніх сполук змінюються періодично?

Таблиця 1

**У ПОРЯДКУ ЗБІЛЬШЕННЯ ВІДНОСНОЇ АТОМНОЇ МАСИ**

Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
40	39	10	45	48	51	52	55	56	59	59	64	65	70	73	75	79	80	84
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	36
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII(?)			?	II	III	IV	V	VI	VII	?
H	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	H	H	H	H	H
Четвертий																		

**Високий рівень**

6. Для яких хімічних елементів найбільш характерні а) металічні б) неметалічні властивості. Наведіть приклади.
- 7.\* Поміркуйте, який вираз більш вдалий: «періодичний закон» чи «закон періодичності»?

## § 6. Структура періодичної системи хімічних елементів

**Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:**

- як побудована періодична система;
- що таке період; як поділяють періоди;
- що таке група; як поділяють групи;
- як змінюються властивості елементів у періодах і підгрупах;
- як за періодичною системою визначати валентність елементів у сполуках з Оксигеном і Гідрогеном.

Пригадайте з курсу хімії 7 класу, що кожен хімічний елемент розміщено у певній клітинці періодичної системи, у якій записана така інформація:



Базуючись на періодичному законі, Д.І. Менделєєв створив класифікацію хімічних елементів, яку називають *періодичною системою*. Зазвичай її відображають у вигляді таблиці, що складається з рядів і стовпчиків хімічних елементів.

### 1. Малі і великі періоди. Зміна властивостей елементів у періодах

Ряд хімічних елементів, розміщених у порядку зростання їх відносних атомних мас, який починається з Гідрогену або лужного елемента і закінчується інертним елементом, називають **періодом**.



Періоди нумерують арабськими цифрами.

Перший період містить лише два елементи, другий та третій — по вісім. Ці періоди називають *малими*.



Назвіть хімічні елементи третього періоду.

Як ви вже знаєте із попереднього параграфа, у періоді при переході від Гідрогену чи лужного елемента до інертного вища валентність елементів поступово зростає від I (у Гідрогену і лужних елементів) до VII (у галогенів). Якби вдалось отримати сполуки інертних елементів Неону та Аргону, то їх максимальна валентність мала би значення VIII.

У періоді змінюються також характер хімічних елементів (від металічних до неметалічних) і властивості утворених ними простих речовин (від металів до неметалів).



Назвіть металічні і неметалічні елементи 2 періоду.

На відміну від перших трьох періодів, четвертий і наступні (п'ятий, шостий, сьомий) містять по 18 і більше елементів. Ці періоди називають *великими*.

Четвертий період починається лужним елементом Калієм, за ним розміщений металічний елемент Кальцій. Наступні 10 металічних елементів (№21–30) називають *перехідними* елементами, за ними розміщені ще два металічні елементи — Галій і Германій, та елементи Арсен і Селен, що виявляють неметалічні властивості. Закінчують четвертий період типові неметалічні елементи — галоген Бром і інертний елемент Криптон. У четвертому періоді також спостерігається перехід від металічних елементів до неметалічних. Вища валентність елементів поступово зростає, але на відміну від малих періодів, це відбувається двічі (*див. таблицю 1*).

Якщо ви були уважні, то помітили, що розміщуючи елементи в ряд, один раз знехтували принципом збільшення відносної атомної маси: інертний елемент Аргон ( $A_r(\text{Ar}) = 40$ ) розміщений раніше лужного елемента Калію ( $A_r(\text{K}) = 39$ ). В іншому випадку було би порушено принцип періодичності: адже інертний елемент завжди передус лужному. Як можна пояснити цей виняток? Річ у тім, що в основі періодичності лежить зміна не відносної атомної маси хімічних елементів, а іншої, принципово більш важливої їх характеристики. Д.І. Менделєєв не знав про її існування. Цю характеристику — заряд ядра — ми розглянемо трохи згодом.

## 2. Групи. Головні і побічні підгрупи

Якщо записати символи елементів кожного періоду в окремий рядок так, щоб природні родини (лужні, інертні елементи, галогени та інші) утворювали вертикальні стовпчики, то отримусмо довгий варіант періодичної системи (*див. другий форзац підручника*).



Частіше використовують більш компактну коротку форму періодичної системи. У ній великі періоди поділені на два ряди, в кожному з яких вища валентність елементів послідовно зростає від I до VIII.

Вертикальні стовпчики періодичної системи називають **групами**.

У короткому варіанті (див. перший форзац підручника) таблиці таких груп вісім. Групи нумерують римськими цифрами.

Номер групи зазвичай співпадає з вищою (максимальною) валентністю хімічного елемента, яку він виявляє у сполуках з Оксигеном. Наприклад, Хлор і Манган, які розміщені в VII групі, мають вищу валентність VII, а елементи V групи Фосфор і Ванадій — валентність V.

**?** Яку вищу валентність у сполуках з Оксигеном виявляє Сульфур?

Кожну групу ділять на дві *підгрупи* — головну (А) і побічну (Б). *Головна підгрупа* містить елементи як малих, так і великих періодів, а *побічна* тільки великих періодів. Побічні підгрупи складаються лише з металічних елементів (їх називають перехідними елементами).

**?** Назвіть порядкові номери хімічних елементів головної підгрупи другої групи.

### 3. Зміна властивостей елементів у підгрупах

Підгрупи, утворені елементами із подібними властивостями, — відомі вам родини лужних, інертних елементів і галогенів — саме утворюють окремі підгрупи.

**?** У якій групі розміщено галогени, лужні та інертні елементи?

Багато властивостей елементів закономірно змінюються у підгрупах із збільшенням відносної атомної маси. В головних підгрупах при збільшенні відносної атомної маси посилюються металічні властивості елементів і утворених ними простих речовин, а неметалічні послаблюються. Наприклад, в головній підгрупі IV групи Карбон і Силіцій — неметалічні елементи, а Станум і Плюмбум — металічні.

Подібні властивості мають лише елементи, що належать до однієї і тієї ж підгрупи. Властивості елементів головної і побічної підгруп однієї групи можуть суттєво відрізнятися. Наприклад, у VII групі розміщені галогени — типові неметалічні елементи (головна підгрупа) і перехідні металічні елементи Манган, Технецій, Реній (побічна підгрупа) (мал. 1). Чи є у них щось спільне? Як правило, в елементів однієї і тієї ж групи однакова вища валентність, яку вони виявляють у сполуках з Оксигеном; вона дорівнює номеру групи.

VII		
	(H)	He
	F	N
	Cl	As
Cr	Mn	Fe
Mo	Tc	Ru
W	Re	Os
34	At	85
3g	Bh	10
	$E_2O_7$	

25	Mn
54,938	Манган
$[Ar]3d^5 4s^2$	
43	Tc
[98,906]	Технецій
$[Kr]4d^5 5s^2$	
75	Re
186,207	Реній
$[Xe]4f^14 5d^5 6s^2$	
107	Bh
[284]	Борій
$[Rn]5f^14 6d^5 7s^2$	

**Побічна підгрупа:**  
перехідні металічні елементи, мають схожі властивості

9	F
18,998	Флуор
$[He]2s^2 2p^5$	
17	Cl
35,453	Хлор
$[Ne]3s^2 3p^5$	
35	Br
79,904	Бром
$[Ar]3d^10 4s^2 4p^5$	
53	I
126,904	Йод
$[Kr]4d^10 5s^2 5p^5$	
85	At
[209,987]	Астат
$[Xe]4f^14 5d^10 6s^2 6p^5$	

**Головна підгрупа** — галогени: типові неметалічні елементи, мають схожі властивості

Мал. 1. Хімічні елементи VII групи періодичної системи

? Яку вищу валентність у сполуках з Оксигеном виявляють Хром і Селен?

#### 4. Сполуки елементів з Гідрогеном

Крім сполук з Оксигеном, велике значення мають сполуки елементів з Гідрогеном. Вони відомі майже для всіх елементів періодичної системи, однак найбільш типові для неметалічних елементів. Оскільки сполуки неметалічних елементів з Гідрогеном за звичайних умов перебувають у газуватому стані, їх називають «легкими». У сполуках з Гідрогеном валентність неметалічного елемента часто не співпадає з валентністю у вищому оксиді. Щоб її визначити, від восьми треба відняти номер групи. (Це значення валентності називають мінімальним). Наприклад, Хлор, розміщений у VII групі, у сполуці з Гідрогеном одновалентний:  $8 - 7 = 1$ . Тому формула його сполуки з Гідрогеном HCl. Елемент V групи Фосфор у сполуці з Гідрогеном тривалентний:  $8 - 5 = 3$ , формула речовини  $PH_3$ .

Для зручності загальні формули вищих оксидів і летких сполук із Гідрогеном винесені в окремі рядки періодичної системи.

**?** Користуючись періодичною системою, запишіть формулу вищого оксиду Карбону і формулу його леткої сполуки з Гідрогеном.

### 5. Лантаноїди і актиноїди

У нижній частині періодичної системи розміщені *лантаноїди* (№ 58–№ 71) і *актиноїди* (№ 90–№ 103). Ці елементи повинні бути розміщені після Лантану (№ 57) і Актинію (№ 89) і формально теж належати до III групи. Проте розміщення лантаноїдів і актиноїдів в таблиці зробило її громіздкою і незручною, тому їх виносять за межі періодичної системи.

**?** Користуючись періодичною системою, назвіть хімічні елементи з рядковими номерами 61, 67, 92 і 97. До яких груп хімічних елементів вони належать?

### ВИСНОВКИ

- Періодична система має вигляд таблиці і складається з горизонтальних рядів (**періодів**) і вертикальних стовпчиків (**груп**).
- **Є сім періодів**: три малих і чотири великих. Останні елементи, що завершують сьомий період, відкриті відносно недавно — у 2010 р.
- **Усього груп є вісім**. Кожна група складається з головної (А) і побічної (Б) підгруп. У підгрупі розміщено елементи, подібні за хімічними властивостями.
- У періоді властивості елементів, а також утворених ними простих речовин змінюються від металічних до неметалічних. У головних підгрупах згори донизу посилюються металічні властивості елементів і утворених ними простих речовин, а неметалічні послаблюються.
- Валентність елемента у його сполуці з Оксигеном, як правило, збігається з номером групи, у якій він розміщений.
- Неметалічні елементи утворюють леткі сполуки з Гідрогеном. Валентність неметалічного елемента у сполуці з Гідрогеном дорівнює різниці між числом 8 і номером групи, у якій розміщений елемент.





### Початковий рівень

1. Поясніть, як побудована періодична система хімічних елементів.
2. Що називають: а) періодом; б) групою; в) головною і побічною підгрупою.
3. Чим відрізняються короткий та довгий варіанти періодичної системи?
4. Чому сьомий період називають незавершеним?

### Середній рівень

5. Запишіть назви хімічних елементів I групи періодичної системи. Які з них належать до головної, а які до побічної підгрупи?
6. У яких періодах і в яких групах розміщені Нітроген, Оксиген, Гідроген, Купрум, Ферум, Алюміній? Які з цих хімічних елементів містяться в головних, а які — в побічних підгрупах?
7. Назвіть хімічний елемент, який розміщений у: а) 2 періоді, VII групі; б) 3 періоді, V групі; в) 4 періоді, головній підгрупі IV групі; г) 5 періоді, побічній підгрупі VI групі.
8. Укажіть відносну атомну масу хімічного елемента, який розміщений у: а) 1 періоді, VIII групі; б) 2 періоді, IV групі; в) 4 періоді, побічній підгрупі V групі; г) 5 періоді, головній підгрупі VII групі.

### Достатній рівень

9. Із поданого переліку випишіть окремо металічні та неметалічні елементи, а також укажіть їх розміщення (період, група, підгрупа) в періодичній системі: В, Mg, F, Mo, N, Zn, Si.
10. Як змінюються металічні властивості елементів: а) в періодах; б) в головних підгрупах?
11. Яку вищу валентність у сполуках з Оксигеном виявляють Плюмбум і Стибій?
12. Напишіть формули оксидів Калію, Магнію, Алюмінію.

**Високий рівень**

13. Знайдіть у періодичній системі найбільш активний метал і найбільш активний неметал.
14. Напишіть формули вищих оксидів і летких сполук з Гідрогеном: а) Силіцію; б) Арсену; в) Селену.
15. Укажіть пару хімічних елементів, що є найбільш подібними за хімічними властивостями до Барію:
- |           |           |
|-----------|-----------|
| А) Cs, La | В) Ag, Au |
| Б) Hg, Cd | Г) Sr, Ra |
- 16.\* За певних умов азот  $N_2$  вступає у реакцію з воднем  $H_2$  з утворенням легкої сполуки. Складіть рівняння цієї реакції. До якого типу вона належить?

**Виконайте навчальні проекти**

- З історії відкриття періодичної системи хімічних елементів.
- Форми періодичної системи хімічних елементів.

**§ 7. Будова атома****Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:**

- яка будова атома;
- з яких частинок складається атомне ядро.



З погляду атомно-молекулярного вчення вважають, що усі речовини складаються з атомів. Під час хімічних реакцій атоми не змінюються, а лише переходять з однієї речовини в іншу. Іншими словами, атоми хімічно неподільні. Можна було б припустити, що атом взагалі не можна розділити на дрібніші частинки.

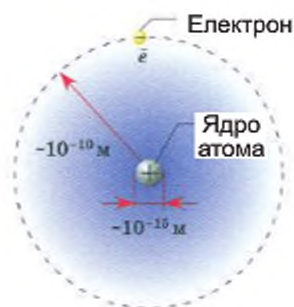
Такі погляди панували довгий час. Проте було незрозуміло, чим атоми одного виду відрізняються від атомів іншого виду. У XIX ст. була відома лише одна кількісна характеристика атомів — маса. Саме її Д.І. Менделєєв взяв за основу під час побудови періодичної системи хімічних елементів. Проте він не зміг

пояснити причину періодичності. Було незрозуміло, чому атоми з близькою масою, наприклад Алюміній і Силіцій, відрізняються за властивостями, в той час як атоми із суттєво різними масами (наприклад, Натрій і Калій) можуть мати подібні властивості. Таким чином, для характеристики атомів значення їх маси недостатньо. Все це наптовхувало вчених на думку про те, що атом має складну будову.

Перші експериментальні підтвердження складної будови атома з'явилися в кінці XIX ст., коли були виявлені речовини, які при сильному освітленні випромінювали потік *електронів* — негативно заряджених елементарних частинок. Це явище назвали *фотоефектом*. Пізніше з'ясувалося, що існують речовини, які спонтанно, навіть у темряві випромінюють електрони та деякі інші частинки. Це явище назвали *радіоактивністю*. Відкриття фотоефекту і радіоактивності однозначно свідчило про те, що до складу атомів входять *електрони*.

Електрон — найлегша з відомих елементарних частинок. Його маса ( $9 \cdot 10^{-31}$  кг) у 1837 разів менша за масу найлегшого з атомів — атома Гідрогену. Електричний заряд електрона називають елементарним — він найменший з усіх зарядів. Усі відомі позитивні і негативні заряди кратні заряду електрона, тому його абсолютну величину приймають за одиницю вимірювання. Саме в цих одиницях зазвичай вказують заряд усіх частинок: електронів, йонів та інших. Заряд самого електрона дорівнює  $-1$ .

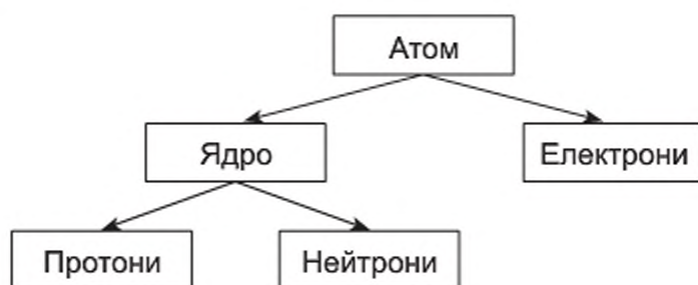
Атом не має електричного заряду. Отже, крім електронів, у ньому повинні міститися і позитивно заряджені частинки. Весь позитивний заряд атома зосереджений у центрі, у ядрі, яке оточене негативно зарядженими електронами. Ядро — найважча, але водночас і найменша частина атома. Маса ядра становить близько 99,97% від маси атома, а його радіус приблизно в 100 000 разів менший за радіус атома (мал. 2).



**Мал. 2.** Атом складається з позитивно зарядженого ядра і негативно заряджених електронів

Ядерна речовина має надзвичайно високу густину — вона в мільйон мільярдів разів більша за густину води.

**Атом** — це електронейтральна частинка, яка складається з позитивно зарядженого ядра та негативно заряджених електронів



Ядро атома складається з частинок двох видів — протонів та нейтронів; загальна назва яких — *нуклони*.

**Протони** — позитивно заряджені частинки з зарядом  $+1$ , а нейтрони не мають заряду. Таким чином, весь позитивний заряд ядра утворюється протонами. Їх загальне число дорівнює заряду ядра. Маса протона і нейтрона приблизно дорівнюють 1 а. о. м. Будь-який атом електронейтральний, тобто число протонів із зарядом  $+1$  завжди дорівнює числу електронів із зарядом  $-1$ .

У всіх атомів одного і того ж хімічного елемента число протонів  $Z$  завжди однакове (і дорівнює заряду ядра), а число нейтронів  $N$  буває різним, тому маса атомів одного і того ж елемента може бути різною. Це означає, що не маса, а саме заряд ядра є основною характеристикою, яка відрізняє атоми одного виду від атомів іншого виду. Знаючи будову ядра атома, можна дати більш точне визначення поняття «хімічний елемент».

**Хімічний елемент** — це вид атомів з однаковим зарядом ядра.

У зв'язку з відкриттям складної будови атома було змінено і формулювання періодичного закону:

властивості хімічних елементів, а також утворених ними речовин перебувають у періодичній залежності від зарядів атомних ядер.

- ...якщо в атомах вилучити весь вільний простір і залишити тільки елементарні частинки, з яких він складається, то чайна ложка такої «речовини» буде важити 5 000 000 000 000 кілограмів. З такої речовини складаються так звані нейтронні зірки.
- ...якщо розмір ядра уявно збільшити до 1 см, то атом буде більшим за дванадцятиповерховий будинок.
- ...ядра усіх атомів, які містяться у земній корі, можуть поміститися всередині одного багатоквартирного будинку.
- ...тривалий час вчені вважали, що протони і нейтрони є елементарними частинками, тобто не можуть бути розділені на дрібніші частини. Тепер доведено, що вони також мають складну будову і складаються із трьох кварків. Електрон досі вважають елементарною частинкою.

## ВИСНОВКИ

- Атом складається з позитивно зарядженого ядра та негативно заряджених електронів.
- Електрони мають заряд  $-1$ .
- Ядро атома складається з протонів та нейтронів. Протони мають заряд  $+1$ , нейтрони заряду не мають.
- Маса протона і нейтрона приблизно становить 1 а. о. м.



### Початковий рівень

1. Наведіть приклади, які б доводили, що атоми мають складну будову.
2. Які частинки містяться у складі а) атома; б) атомного ядра? Який вони мають заряд?

**Середній рівень**

- Які характеристики атома ви знаєте?
- Дайте визначення поняття «атом» та «хімічний елемент».

**Достатній рівень**

- Наведіть сучасне формулювання періодичного закону. Чим воно відрізняється від того, який ви вивчили раніше?
- Ядро атома Гелію має заряд +2. Скільки електронів містить атом Гелію?

**Високий рівень**

- Атом Карбону містить 6 електронів. Чому дорівнює заряд: а) атома Карбону; б) ядра атома Карбону?

**§ 8. Ізотопи**

Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся, що таке:

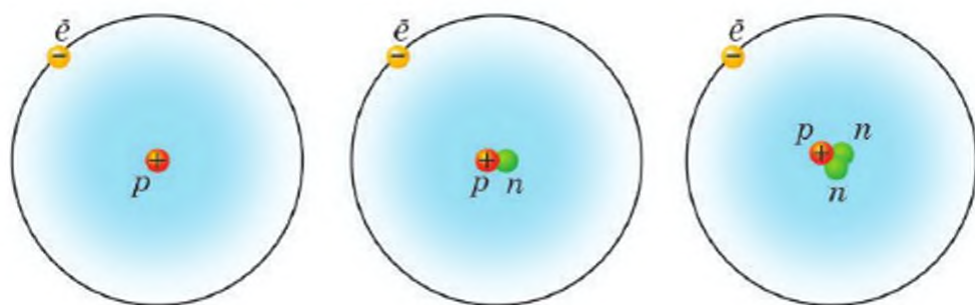
- протонне і нуклонне число;
- ізотопи;
- нуклід.

**1. Протонне число**

У 1913 році учень Е. Резерфорда англійський фізик Г. Мозлі у дослідях з рентгенівськими променями визначив заряди атомних ядер багатьох хімічних елементів і довів, що *заряд ядра атома завжди чисельно дорівнює порядковому (атомному) номеру елемента в періодичній системі:*

$$\boxed{\text{Заряд ядра}} = \boxed{\text{Кількість протонів у ядрі (Z)}} = \boxed{\text{Кількість електронів}} = \boxed{\text{Порядковий номер елемента в періодичній системі}}$$

Кількість протонів у ядрі атома називають *протонним числом (Z)*.



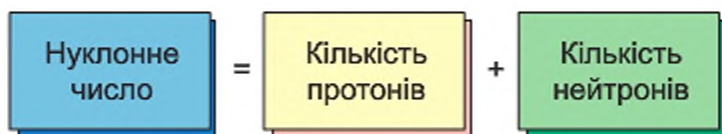
Мал. 3. Три ізотопи Гідрогену

**?** Знайдіть у періодичній системі Кальцій і Сульфур, запишіть у зошиті їхні протонні числа.

## 2. Нуклонне число

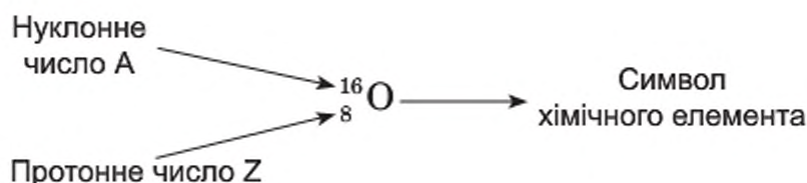
Оскільки порядковий номер Гідрогену дорівнює 1, то ядра усіх атомів Гідрогену мають заряд  $+1$ , тобто містять 1 протон ( $Z = 1$ ). У той же час атоми Гідрогену можуть відрізнятися за числом нейтронів у ядрі (а, отже, за масою): ядра атомів звичайного Гідрогену зовсім не містять нейтронів ( $N = 0$ ), ядра важкого Гідрогену (Дейтерію) містять один нейтрон ( $N = 1$ ), а ядра надтяжкого Гідрогену (Тритію) — 2 нейтрони ( $N = 2$ ) (мал. 3). Тому для характеристики атома використовують ще одну величину — нуклонне число  $A$ , яке дорівнює сумі протонів та нейтронів у ядрі атома:

$$A = Z + N$$



Оскільки маса кожного протона і нейтрона приблизно дорівнює 1 а. о. м., а маса електрона дуже мала, то нуклонне число атома приблизно дорівнює числовому значенню його відносної атомної маси.

У ядерній хімії використовують спеціальні позначення атомів: протонне число записують зліва внизу від символу хімічного елемента, а нуклонне число — зліва зверху, наприклад:



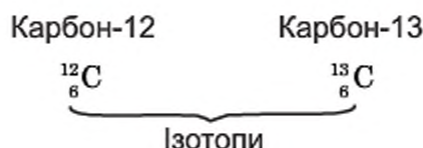
Інколи нижній індекс не записують:  $^{16}\text{O}$ .

- ❓ Знайдіть у періодичній системі Фосфор і Алюміній, запишіть у зошиті їхні символи з позначенням нуклонного і протонного числа.

### 3. Ізотопи

Різновидності атомів одного і того ж хімічного елемента, які мають різну кількість нейтронів у ядрі, називають **ізотопами**.

У назвах ізотопів, крім назви хімічного елемента, вказують і нуклонне число:



- 🌀 Усього відомо близько 2000 ізотопів, з яких близько 300 існують у природі, а решта отримані штучно. Наприклад, у природі зустрічаються три ізотопи Оксигену: Оксиген-16 ( $^{16}\text{O}$ ), Оксиген-17 ( $^{17}\text{O}$ ) і Оксиген-18 ( $^{18}\text{O}$ ). Хімічні властивості ізотопів однакові, а деякі фізичні властивості дещо відрізняються.

Знаючи порядковий номер елемента і нуклонне число ізотопу, легко розрахувати, скільки електронів, протонів та нейтронів містить даний атом.

Число електронів дорівнює числу протонів (протонному числу), а число нейтронів дорівнює різниці між нуклонним і протонним числом:

$$N = A - Z$$

- ЗАДАЧА. Скільки електронів, протонів та нейтронів міститься в ядрі Урану-238?



*Розв'язання*

Уран має порядковий номер 92. Отже, атом Урану містить 92 протони і 92 електрони. Знайдемо число нейтронів у ядрі атома:  
 $N = A - Z = 238 - 92 = 146$ .

*Відповідь:* 92 електрони, 92 протони, 146 нейтронів.

Усі хімічні елементи мають по кілька ізотопів, причому чим вищий заряд ядра атома елемента, тим більше ізотопів він має. Так, Гідроген утворює всього три ізотопи, а Плюмбум ( $Z = 82$ ) — 32 з нуклонними числами від 183 до 214. З них лише 4 знайдені в природі, а решта отримані штучно.

Багато хімічних елементів зустрічаються в природі у вигляді суміші декількох ізотопів, наприклад Карбон ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  і  $^{14}\text{C}$ ), Нітроген ( $^{14}\text{N}$  і  $^{15}\text{N}$ ) тощо. Рекордсменом за числом природних ізотопів (10) є Станум. У той же час деякі хімічні елементи мають лише один природний ізотоп, наприклад Флуор ( $^{19}\text{F}$ ), Натрій ( $^{23}\text{Na}$ ), Алюміній ( $^{27}\text{Al}$ ), Фосфор ( $^{31}\text{P}$ ).

Ви, напевно, помітили, що значення відносних атомних мас елементів, наведені в періодичній системі, не є цілочисельними:  $A_r(\text{C}) = 12,011$ ,  $A_r(\text{Cl}) = 35,453$ . Насамперед це пов'язано з тим, що більшість елементів трапляються у природі у вигляді декількох ізотопів, і наведене в таблиці значення є середнім, яке розраховане на основі атомної частки кожного з ізотопів у земній корі. Так, природний Хлор приблизно на 75% складається з атомів  $^{35}\text{Cl}$  і на 25% із  $^{37}\text{Cl}$ , тому його середня відносна атомна маса дорівнює 35,5:  
 $A_r(\text{Cl}) = 0,75 \cdot 35 + 0,25 \cdot 37 = 35,5$ .

**4. Нуклід**

**Нуклід** — це будь-який вид атомів з певним протонним і нуклонним числом.

Нуклідами є атоми будь-якого елемента, наприклад:  $^{31}\text{P}$ ,  $^{23}\text{Na}$ ,  $^{63}\text{Cu}$  та інші.

Тому можна інакше сформулювати поняття «ізотопи».

**Ізотопи** — це нукліди певного хімічного елемента.

Наприклад, ізотопи Магнію:  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{25}\text{Mg}$  і  $^{26}\text{Mg}$ .



### СКЛОДОВСЬКА-КЮРІ

#### Марія

(1867–1934).

Французька вчена, єдина в історії жінка, котра двічі отримала Нобелівську премію — з фізики (1903 р.) та хімії (1911) за відкриття і дослідження Полонію та Радію.

☞ *...більшість видів атомів є стійкими, тобто їхні ядра залишаються незмінними довгий час. Проте деякі ізотопи мають здатність спонтанно перетворюватись на атоми інших елементів, випромінюючи електрони або ядра Гелію. Здатність ядер атомів спонтанно розпадатися називають радіоактивністю. А елементи, усі ізотопи яких нестійкі і спонтанно розпадаються, називають радіоактивними. Радіоактивними є усі елементи після Бісмуту у періодичній системі. Для багатьох із них наведена не середня відносна атомна маса, а нуклонне число ізотопу з найдовшою тривалістю «життя» (воно записане в квадратних дужках).*

☞ *...явище радіоактивності досліджували А.А. Беккерель, Г. Шмідт, П'єр Кюрі і Марія Склодовська-Кюрі.*

### ВИСНОВКИ

- Кількість електронів і протонів в атомі однакова і дорівнює порядковому номеру елемента в періодичній системі.
- **Протонне число** — це кількість протонів у ядрі атома.
- **Нуклонне число** — сума протонів і нейтронів у ядрі атома.
- **Ізотопи** — це різновиди атомів одного і того ж хімічного елемента з різною кількістю нейтронів у ядрі.
- **Нуклід** — це будь-який вид атомів з певним нуклонним числом.



### Початковий рівень

1. Укажіть протонні числа Карбону, Хлору, Силіцію, Купруму.
2. Чим відрізняються між собою ізотопи?

### Середній рівень

3. Напишіть символи хімічних елементів, ядра атомів яких містять: а) 2 протони і 2 нейтрони; б) 15 протонів і 16 нейтронів; в) 35 протонів і 45 нейтронів.

4. Ядро атома хімічного елемента містить 2 протони і 1 нейтрон. Запишіть позначення цього атома, вказавши хімічний символ, протонне і нуклонне число.
5. Протон є ядром деякого атома. Запишіть позначення цього атома.

#### Достатній рівень

6. Із наведеного переліку виберіть а) ізотопи; б) атоми з однаковим числом нейтронів у ядрі; в) атоми з однаковими нуклонними числами:  ${}^{16}_8\text{O}$ ,  ${}^{14}_6\text{C}$ ,  ${}^{14}_7\text{N}$ ,  ${}^{13}_6\text{C}$ .
7. Скільки протонів і нейтронів містять ядра Оксигену-17, Карбону-14, Цезію-137?
8. Скільки протонів та електронів міститься в: а) атомі Оксигену; б) молекулі води?

#### Високий рівень

9. Який нуклід Натрію містить таке ж число нейтронів, що й нуклід  ${}^{24}\text{Mg}$ ?
10. Скільки різних видів молекул води може бути утворено із трьох ізотопів Гідрогену і трьох ізотопів Оксигену?
11. Скільки електронів у молекулі карбон(II) оксиду? Назвіть просту речовину, молекула якої містить стільки ж електронів.
- 12.\* У природі Купрум зустрічається у вигляді двох ізотопів:  ${}^{63}\text{Cu}$  і  ${}^{65}\text{Cu}$ . Розрахуйте атомну (мольну) частку кожного з них у земній корі, якщо відносна атомна маса Купруму дорівнює 63,5.
- 13.\* Укажіть сумарну кількість електронів, протонів і нейтронів у йоні  ${}^{35}_{17}\text{Cl}^-$ .

## § 9. Стан електронів в атомі

Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:

- що електрон має властивості і частинки, і хвилі;
- що таке орбіталь.

У хімічних реакціях ядра атомів не змінюються. Що ж тоді відбувається? Чому речовини, які містять атоми одного і того ж еле-

мента, наприклад, натрій гідроксид та натрій хлорид, суттєво відрізняються за властивостями, але в той же час подібні до речовин, утворених атомами інших елементів: натрій гідроксид має подібні властивості із калій гідроксидом?

Учені встановили, що всі хімічні властивості речовин визначаються будовою електронних оболонок атомів.

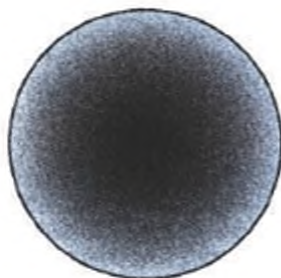
Завдяки надзвичайно малій масі (приблизно в 1837 разів меншій, ніж маса протона і нейтрона), електрон має унікальні властивості — він одночасно виявляє властивості і частинки, і хвилі. Подібно до інших частинок, електрон має певну масу та заряд. У той же час, електрон, що рухається, виявляє хвильові властивості. Хвиля відрізняється від частинки тим, що її положення в просторі на даний час не можна точно визначити. Коли ви розмовляєте, то звук, що утворюється при цьому (звукові хвилі) чути не в конкретній точці, а у всьому оточуючому вас просторі. Так і електрон перебуває не в одній визначеній точці, а утворює *електронну хмару*.

Електронні хмари, що утворені окремими електронами, утворюють загальну електронну хмару атома.

**Орбіталь** — це частина простору в атомі з найвірогіднішим перебуванням електрона.

Схематично орбіталь зображена на мал. 4.

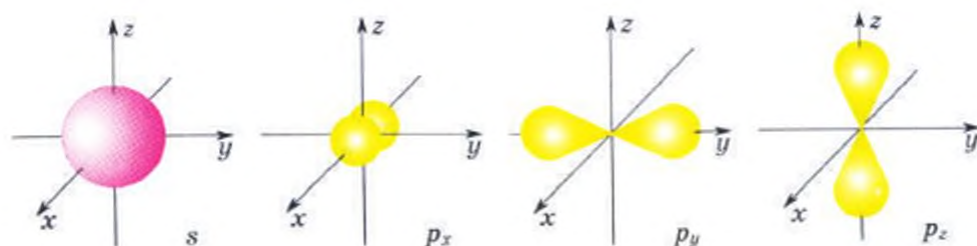
Кожна орбіталь має певну форму. Якщо електрон створює електронну хмару такої самої форми, то вважають, що електрон міститься в даній орбіталі або займає орбіталь.



Мал. 4. Електронна хмара і атомна орбіталь

Орбіталі різної форми позначають буквами:  $s$ ,  $p$ ,  $d$  і  $f$ .  $s$ -орбіталі мають форму сфери, інакше кажучи, електрон, що міститься в такій орбіталі (його називають  $s$ -електроном), більшу частину часу проводить всередині сфери,

$p$ -орбіталі мають форму об'ємної вісімки (мал. 5). Як видно з малюнка 5,  $p$ -орбіталі розміщені в просторі уздовж осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , тому їх іще називають  $p_x$ ,  $p_y$ ,  $p_z$ -орбіталями. Форми  $d$ - і  $f$ -орбіталей набагато складніші.



Мал. 5. Форма s- і p-орбіталей

Схематично орбіталь позначають квадратом  $\square$ .

Якщо в орбіталі немає електронів, то орбіталь вважають вільною.

Електрон в орбіталі позначають стрілкою  $\uparrow$ . Один електрон в орбіталі називають *неспареним*.

Електрони в атомі мають певну енергію. В кожній орбіталі можуть розміститись два електрони, що мають однакову енергію, але протилежно направлені *спіни*:  $\uparrow\downarrow$ . (Спін електрона — обертання електрона навколо своєї осі. Один із двох електронів обертається за годинниковою стрілкою, інший — проти годинникової стрілки, тому ці електрони зображують у вигляді двох протилежно направлених стрілок).

Якщо в орбіталі містяться два електрони, то орбіталь називають *заповненою*, а електрони у ній — *спареними*.

## ВИСНОВКИ

- Електрон має властивості і частинки, і хвилі.
- **Орбіталь** — це частина простору в атомі, де найімовірніше перебування електрона
- Орбіталі мають форму сфери, об'ємної вісімки та інші.
- Орбіталь може бути вільною, містити один (неспарений) електрон або два (спарені) електрони.



### Початковий рівень

1. Що таке орбіталь?
2. Яку форму мають орбіталі?

**Середній рівень**

3. Яка незвичайна властивість електрона відрізняє його від протона і нейтрона?
4. Яку орбіталь вважають: а) вільною; б) заповненою?

**Достатній рівень**

5. Що таке спін електрона?
6. Який електрон називають неспареним?
7. Як схематично зображують орбіталь?

**Високий рівень**

8. Зобразіть у зошиті  $p_x$ ,  $p_y$ ,  $p_z$ -орбіталі.

**§ 10. Енергетичні рівні та підрівні**

**Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:**

- що таке енергетичний рівень і підрівень;
- як заповнюються енергетичні рівні в атомах хімічних елементів I–III періодів.

**1. Енергетичні рівні**

Електрони в атомі розміщені не хаотично, а у певному порядку, який визначається енергією електронів.

В орбіталах, що мають однакову форму і розміри, містяться електрони з однаковою енергією.

Електрони, що мають однакову (або дуже близьку за значенням) енергію, утворюють *енергетичний рівень* (його ще інакше називають *електронним шаром*).

Кількість енергетичних рівнів в атомі дорівнює номеру періоду, у якому розміщений хімічний елемент. Наприклад, Гідроген міститься у першому періоді, тому в атомі Гідрогену є один енергетичний рівень (один електронний шар); Сульфур міститься у третьому періоді, тому в атомі Сульфуру електрони розміщені на трьох енергетичних рівнях (утворюють три електронні шари).

**?** Скільки енергетичних рівнів є в атомах Оксигену і Брому?

Максимальну кількість електронів  $N$  на енергетичному рівні визначають за формулою:

$$N = 2n^2,$$

де  $n$  — номер енергетичного рівня.

Таким чином, на першому енергетичному рівні ( $n = 1$ ) максимально може бути 2 електрони, на другому ( $n = 2$ ) — 8 електронів.

**?** Скільки електронів може вміщувати третій енергетичний рівень?

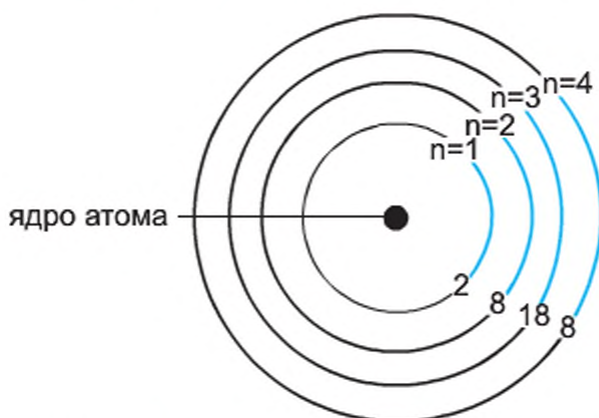
Електрони першого енергетичного рівня мають найменшу енергію. Електрони другого енергетичного рівня мають енергію більшу, ніж електрони першого рівня, але меншу, ніж третього (і, звичайно, четвертого) і т. д.

Сукупність електронів в атомі називають електронною оболонкою атома. Схематично будову електронної оболонки атома показано на мал. 6.

**?** Атом якого періоду зображено на мал. 6? Які з електронних шарів у ньому заповнені повністю, а які — ні?

Розглянемо, як заповнюються електронами енергетичні рівні в атомах елементів, розміщених на початку періодичної системи.

Число електронів в атомі хімічного елемента, як ви пригадуєте, дорівнює заряду його ядра, а отже, порядковому номеру елемента в періодичній системі. Наприклад, в атомі Гідрогену всього один електрон, а в атомі Оксигену вісім. Електронна оболонка атома кожного наступного елемента періодичної системи відрізняється від електронної оболонки попереднього на один електрон.



Мал. 6. Будова електронної оболонки атома

Перший енергетичний рівень вміщує максимально 2 електрони, тому перший період складається лише з двох елементів — Гідрогену і Гелію. В атомі Гелію перший енергетичний рівень завершений.

В атомах усіх елементів другого періоду перший енергетичний рівень також завершений і поступово заповнюється другий енергетичний рівень. Він може містити не більше восьми електронів. Тому другий період має вісім хімічних елементів. В атомі Неону (елемента, який завершує другий період) і перший, і другий енергетичні рівні є завершеними.

В атомах хімічних елементів третього періоду відбувається заповнення електронами третього енергетичного рівня, який може максимально містити 18 електронів. Проте в третьому періоді всього вісім елементів. Пояснюється це тим, що на зовнішньому (останньому) рівні не може міститися більше 8 електронів. Заповнення третього енергетичного рівня до 18 електронів відбувається в атомах елементів 4 періоду, де цей рівень вже не буде зовнішнім.

## 2. Енергетичні підрівні

Кожний енергетичний рівень складається із підрівнів. Кількість підрівнів дорівнює номеру енергетичного рівня: перший рівень має один підрівень, другий — два, третій — три тощо. Підрівні позначають так само, як і електрони, які в них розміщені: *s*-підрівень, *p*-підрівень, *d*-підрівень. Електрони одного підрівня мають однакову енергію, електрони одного рівня, але різних підрівнів — близькі за значенням енергії. Електрони *s*-підрівня мають найменшу енергію, *p*-підрівня — більшу, ніж *s*-підрівня, але меншу, ніж *d*-підрівня.

Електрони *s*-підрівня розміщуються в *s*-орбіталах, *p*-підрівня — в *p*-орбіталах, *d*-підрівня — в *d*-орбіталах.

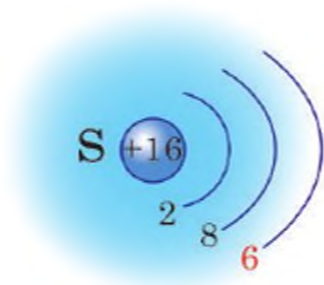
**ЗАДАЧА.** Охарактеризуйте електронну будову атому Сульфуру.

Порядковий номер Сульфуру в періодичній системі 16, тому атом Сульфуру містить 16 електронів. Сульфур — елемент третього періоду, отже електрони атому Сульфуру розміщені на трьох енергетичних рівнях. В атомах усіх елементів третього періоду



перший і другий енергетичні рівні завершені. Число електронів на них дорівнює 2 (на першому) і 8 (на другому). Скільки електронів на третьому (зовнішньому) рівні? Від загальної кількості електронів (16) треба відняти кількість електронів на першому і другому рівні:  $16 - (2 + 8) = 6$ .

Будову атома Сульфуру можна зобразити у вигляді схеми (мал. 7).



Мал. 7. Будова атома Сульфуру

## ВИСНОВКИ

- Електрони в атомі розміщуються на енергетичних рівнях. Кількість енергетичних рівнів, на яких є електрони, дорівнює номеру періоду, в якому міститься елемент.
- Енергетичні рівні складаються із підрівнів. Число підрівнів дорівнює номеру рівня. Енергія електронів одного підрівня однакова.



### Початковий рівень

1. Що називають енергетичним рівнем?
2. Що таке електронна оболонка атома?

### Середній рівень

3. Скільки електронів може максимально міститися на другому і третьому енергетичних рівнях?

### Достатній рівень

4. Чому перший період містить усього 2 хімічних елементи, а другий 8?

### Високий рівень


5. Скільки електронів на зовнішньому енергетичному рівні атомів таких елементів: а) Літію, Карбону, Флуору; б) Натрію, Силіцію, Хлору?
6. На скількох енергетичних рівнях містяться електрони в атомах: а) Літію, Натрію, Калію; б) Берилію, Магнію, Кальцію; в) Флуору, Хлору, Бром?

## §11. Електронні та графічні електронні формули атомів хімічних елементів


Опрацювавши параграф, ви навчитеся

- складати електронні та графічні електронні формули атомів хімічних елементів №1–20.


### 1. Будова електронних оболонок атомів

 Електрони в атомі займають енергетичні рівні послідовно, в порядку збільшення їх енергії: електрони першого рівня мають найменшу енергію, тому спочатку заповнюється перший енергетичний рівень. Другий рівень займають електрони з вищою енергією, наступні рівні — третій, четвертий і т. д. — з іще вищою.

Число орбіталей на енергетичному рівні дорівнює  $n^2$ , де  $n$  — номер рівня.

 Скільки орбіталей мають перший, другий, третій і четвертий енергетичні рівні?

На першому енергетичному рівні є одна  $s$ -орбіталь; на другому — одна  $s$ -орбіталь і три  $p$ -орбіталі; на третьому — одна  $s$ -орбіталь, три  $p$ -орбіталі і п'ять  $d$ -орбіталей.

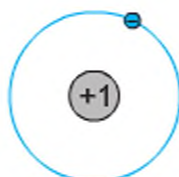
 Пригадайте, яку максимальну кількість електронів вміщує одна орбіталь?  
Як схематично позначають орбіталь?  
Яку орбіталь називають вільною? заповненою?  
Які електрони називають спареними? неспареними?

Щоб описати будову електронних оболонок атомів, використовують електронні формули, у яких зазначають номер енергетичного рівня, тип електронної орбіталі та кількість електронів в орбіталі.

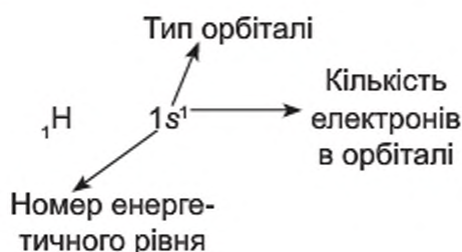
## 2. Будова електронних оболонок атомів першого періоду

Ядро атома Гідрогену має заряд  $+1$ , тобто містить тільки один протон і, відповідно, тільки один електрон на єдиному енергетичному рівні:

(пригадайте, що Гідроген — елемент першого періоду, тому його атом має один енергетичний рівень).

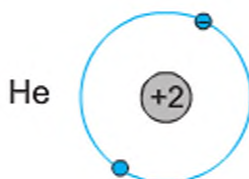


Цей електрон займає  $s$ -орбіталь. Атом Гідрогену має таку електронну формулу:

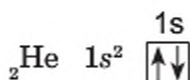


Електронна графічна формула атома Гідрогену має вигляд:  $1s \uparrow$ .

В атомі Гелію (порядковий номер елемента № 2) є два електрони:

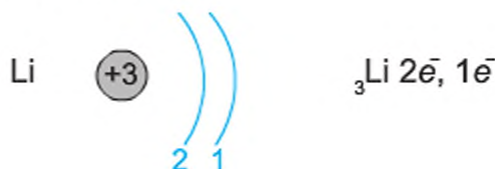


Вони мають протилежно направлені спіни і займають  $s$ -орбіталь першого енергетичного рівня (чому першого рівня?). Запишемо електронну і електронну графічну формули атома Гелію:

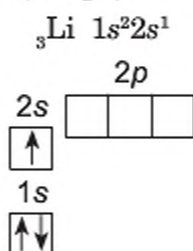


### 3. Будова електронних оболонок атомів другого періоду

Елемент №3 Літій — елемент другого періоду, тому три електрони (чому три?) в його атомі «заселяють» перший і другий (чому ще й другий?) енергетичні рівні.



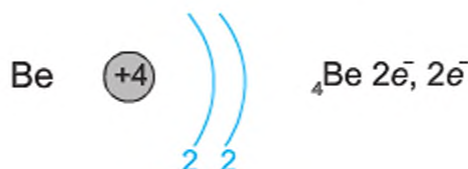
Пригадайте, що *s*-орбіталь має меншу енергію, ніж *p*-орбіталь, і тому заповнюється у першу чергу:



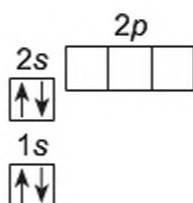
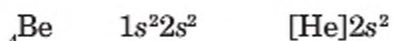
Інколи використовують скорочений запис електронної формули:  $[\text{He}] 2s^1$ . (Це означає, що перший електронний шар атома Літію має таку саму будову, що й атом Гелію).

- ?** Який енергетичний рівень в атомі Літію є зовнішнім?  
 Який енергетичний рівень в атомі Літію є завершеним?  
 Електрони якого рівня і підрівня в атомі Літію спарені?  
 Електрон якого рівня і підрівня в атомі Літію є неспареним?

В атомі Берилію (порядковий номер елемента 4) додається ще один електрон:



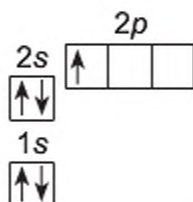
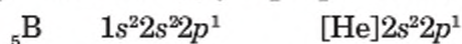
Четвертий електрон заповнює  $2s$  орбіталь (пригадайте, що в одній орбіталі можуть перебувати два електрони з протилежними спінами):



В атомі елемента Бору (порядковий номер 5) міститься п'ять електронів:



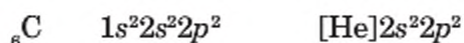
П'ятий електрон займає одну із  $p$ -орбіталей:

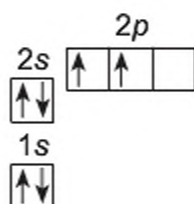


В атомі Карбону (елемент номер 6) є шість електронів:



Шостий електрон займає вільну  $p$ -орбіталь:

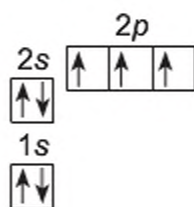
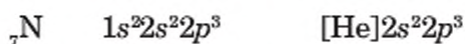




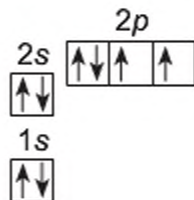
В атомі Нітрогену (порядковий номер елемента 7) міститься сім електронів:

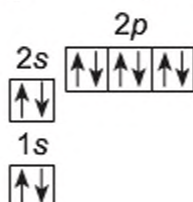
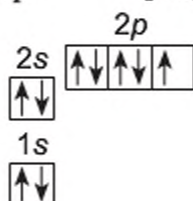


Сьомий електрон займає останню вільну *p*-орбіталь:



Запишемо електронні й електронні графічні формули атомів решти хімічних елементів другого періоду:



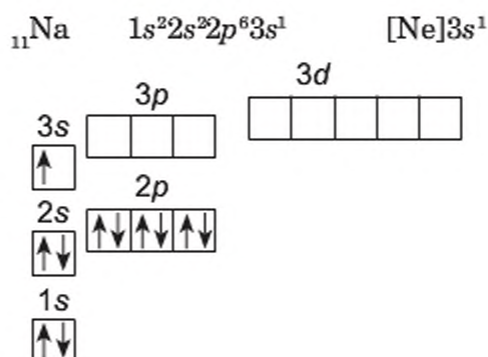
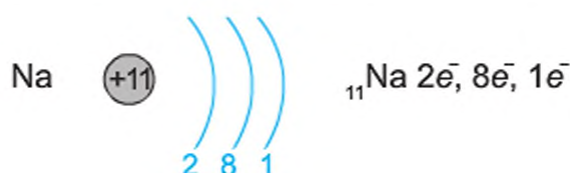


- ?** Скільки завершених енергетичних рівнів в атомі Флуору? в атомі Неону?  
 Скільки електронів в атомі Неону на зовнішньому енергетичному рівні?  
 Скільки спарених електронів в атомі Оксигену на зовнішньому енергетичному рівні?

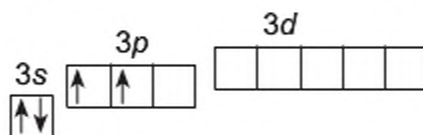
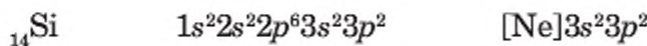
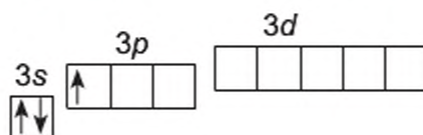
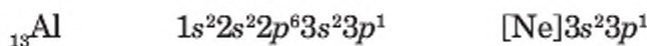
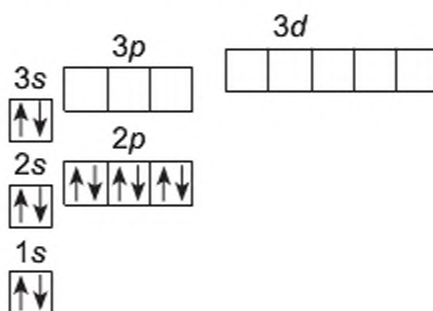
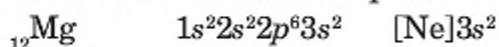
Другий енергетичний рівень може містити тільки вісім електронів, тому він завершений у Неону.

#### 4. Будова електронних оболонок атомів третього періоду

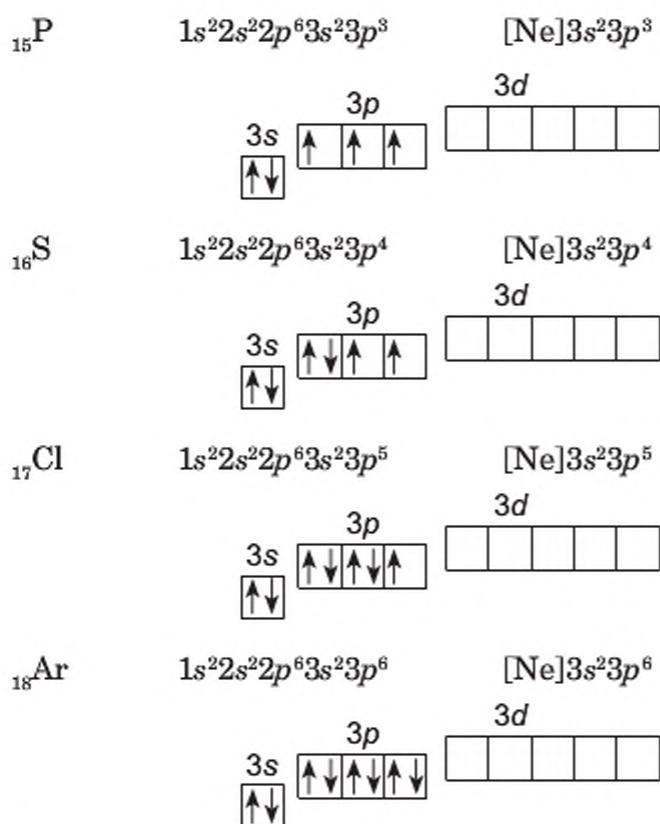
Натрій (порядковий номер 11) — елемент третього періоду, тому в його атомі починає заповнюватися третій енергетичний рівень:



Запишемо електронні і електронні графічні формули атомів решти хімічних елементів третього періоду:

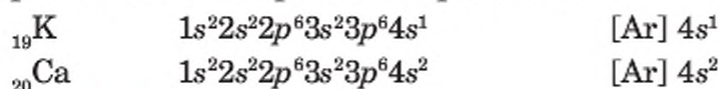






## 5. Будова електронних оболонок Калію і Кальцію

Калій (порядковий номер 19) і Кальцій (порядковий номер 20) — елементи четвертого періоду, тому електронні оболонки їхніх атомів мають по чотири енергетичні рівні. Всупереч очікуванням, в атомах Калію і Кальцію не заповнюються вільні  $3d$ -орбіталі. Електрони займають  $4s$ -орбіталі, оскільки в  $4s$ -орбіталах їх енергія менша за енергію в  $3d$ -орбіталах:



### ВИСНОВКИ

- Електрони в атомі спочатку займають ті енергетичні рівні, де їхня енергія менша.
- Кількість орбіталей на енергетичному рівні дорівнює  $n^2$ , де  $n$  — номер рівня.

- На першому енергетичному рівні є одна  $s$ -орбіталь; на другому — одна  $s$ -орбіталь і три  $p$ -орбіталі; на третьому — одна  $s$ -орбіталь, три  $p$ -орбіталі і п'ять  $d$ -орбіталей.
- Будову електронних оболонок атомів описують за допомогою електронних і електронних графічних формул.



### Початковий рівень

1. За якою формулою обчислюють кількість орбіталей на енергетичному рівні?
2. Скільки орбіталей є на I енергетичному рівні? на II? на III?
3. Скільки енергетичних рівнів в атомі: а) Гідрогену; б) Натрію; в) Кальцію?

### Середній рівень

4. Енергія якого електрона —  $1s$  чи  $2s$  — є меншою?
5. Укажіть максимальну кількість електронів на  $2s$ -підрівні:  
 А) 1                      Б) 2                      В) 6                      Г) 10
6. Укажіть неправильне позначення:  
 А)  $1s$                       Б)  $1p$                       В)  $2s$                       Г)  $3p$

### Достатній рівень

7. Які електрони в атомі Сульфуру є зовнішніми?
8. Електрони якого рівня і підрівня в атомі Фосфору спарені?
9. Електрон якого рівня і підрівня в атомі Хлору є неспареним?
10. Складіть електронні графічні формули Калію і Кальцію.

### Високий рівень

11. Установіть назву хімічного елемента, який утворює аніон  $E^-$  з електронною формулою зовнішнього електронного шару  $3s^23p^6$ .
- 12.\* Зовнішній електронний шар атома невідомого хімічного елемента має будову  $ns^2np^2$ . Молекулярна маса його легкої сполуки з Гідрогеном дорівнює молекулярній масі кисню. Установіть назву невідомого хімічного елемента.

## §12. Періодична система хімічних елементів з позиції теорії будови атома

Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:

- як змінюється електронна будова зовнішнього електронного шару атомів і які електрони в атомі є валентними;
- як змінюються радіуси атомів елементів у періодах і групах;
- як класифікують хімічні елементи.
- чому змінюються металічні і неметалічні властивості елементів у періодах і групах.

### 1. Періодична зміна електронної будови зовнішнього енергетичного рівня атомів хімічних елементів

Пригадаємо електронну будову атомів перших двадцяти хімічних елементів періодичної системи і запишемо в таблицю електронну формулу зовнішнього енергетичного рівня кожного елемента та проаналізуємо її.

Таблиця 2

#### БУДОВА ЗОВНІШНІХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РІВНІВ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ №1–20

Група Період	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	$1s^1$							$1s^2$
2	$2s^1$	$2s^2$	$2s^2 2p^1$	$2s^2 2p^2$	$2s^2 2p^3$	$2s^2 2p^4$	$2s^2 2p^5$	$2s^2 2p^6$
3	$3s^1$	$3s^2$	$3s^2 3p^1$	$3s^2 3p^2$	$3s^2 3p^3$	$3s^2 3p^4$	$3s^2 3p^5$	$3s^2 3p^6$
4	$4s^1$	$4s^2$						
	$ns^1$	$ns^2$	$ns^2 np^1$	$ns^2 np^2$	$ns^2 np^3$	$ns^2 np^4$	$ns^2 np^5$	$ns^2 np^6$

В атомів елементів I групи на зовнішньому енергетичному рівні є 1 електрон, загальна формула зовнішнього рівня  $ns^1$  (де  $n$  — номер рівня). В атомів II групи містяться 2 електрони, і загальна електронна формула зовнішнього енергетичного рівня  $ns^2$ . В атомів V групи – 5 електронів і т. д.

**?** Яка загальна формула зовнішнього енергетичного рівня атомів елементів головної підгрупи V групи?

Кількість електронів на зовнішньому енергетичному рівні в елементів другого і третього періоду послідовно зростає від 1 до 8.

Таким чином, в атомів хімічних елементів періодично змінюється будова зовнішнього енергетичного рівня. Кількість електронів на зовнішньому рівні для елементів головних підгруп дорівнює номеру групи.

**?** Скільки електронів на зовнішньому енергетичному рівні в атомів Алюмінію і Флуору?

## 2. Валентні електрони

Хімічні властивості елементів визначаються не всіма електронами, а лише тими, які мають найбільшу енергію. Ці електрони називають *валентними*. В атомах елементів головних підгруп валентними є електрони зовнішнього енергетичного рівня. Як правило, *число валентних електронів дорівнює номеру групи*, в якій розміщений хімічний елемент (винятком є Нітроген, Оксиген, Флуор). Наприклад, атоми Гідрогену, Літію, Натрію і Калію, розміщені в головній підгрупі першої групи, мають по одному валентному електрону, а атоми елементів головної підгрупи IV групи — Карбону і Силіцію — по чотири.

**?** Скільки валентних електронів в атомі Фосфору?

Як ви пригадуєте, елементи однієї і тієї ж підгрупи мають подібні властивості. Це пояснюється тим, що їх атоми мають подібну будову зовнішнього енергетичного рівня. Завершені зовнішні енергетичні рівні атомів суттєво не впливають на хімічні властивості елементів.

Саме від числа валентних електронів залежить, які властивості виявляє елемент — металічні чи неметалічні, які властивості його сполук і яка валентність елемента у цих сполуках.

Зі збільшенням порядкового номера елемента в періодичній системі число валентних електронів періодично повторюється, що призводить до періодичної зміни властивостей елементів і утворених ними речовин.



























## 3. Радіуси атомів

**Радіус атома** — це відстань між ядром атома і зовнішнім електронним шаром.

Згідно з дещо спрощеним визначенням, чим більша кількість енергетичних рівнів (електронних шарів) в атомі, тим більший його радіус.

У головних підгрупах із збільшенням порядкового номера елемента (зверху донизу) зростає число заповнених енергетичних рівнів, радіус атомів збільшується і притягання валентних електронів до ядра слабшає.

У кожному періоді зі збільшенням порядкового номера елемента (зліва направо) заряд ядра і число валентних електронів в атомах послідовно зростає. Притягання електронів до ядра посилюється, унаслідок чого атом ніби «стискується», а його радіус — зменшується (мал. 8).

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
H  0,037							He  0,050
Li  0,152	Be  0,111	B  0,088	C  0,077	N  0,070	O  0,066	F  0,064	Ne  0,070
Na  0,186	Mg  0,160	Al  0,143	Si  0,117	P  0,110	S  0,104	Cl  0,099	Ar  0,094
K  0,231	Ca  0,197	Ga  0,122	Ge  0,122	As  0,121	Se  0,117	Br  0,114	Kr  0,109

Мал. 8. Радіуси атомів деяких хімічних елементів у нанометрах, нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ )

#### 4. Класифікація елементів

Залежно від типу орбіталі, яка останньою заповнюється електронами, елементи класифікують на *s*-елементи, *p*-елементи, *d*-елементи, *f*-елементи. До *d*-елементів належать перехідні металічні елементи побічних підгруп, до *f*-елементів — лантаноїди й актиноїди.

**?** До елементів якого типу — *s*-, *p*-, *d*- чи *f*-елементів — належать Натрій, Сульфур, Купрум і Уран?

#### 5. Зміна властивостей елементів у періодах і групах

Кожний період періодичної системи закінчується інертним елементом. Яка ж причина хімічної інертності Гелію, Неону, Аргону та інших інертних елементів? (На даний час вдалося добути лише деякі нестійкі сполуки Криптону і Ксенону з Оксигеном і Флуором).

В атомах інертних елементів на зовнішньому енергетичному рівні містяться вісім електронів (у Гелію — два). Вісім електронів на зовнішньому рівні — максимальне число для кожного елемента періодичної системи (крім Гідрогену і Гелію). Це свослідний ідеал міцності енергетичного рівня, до якого прагнуть атоми всіх хімічних елементів періодичної системи.

Якщо число зовнішніх електронів мале (1–3), то такі атоми можуть їх легко втрачати. В такому разі зовнішнім шаром стає попередній, тобто повністю завершений. Якщо зовнішній шар атома містить багато електронів ( $\geq 4$ ), тобто він близький до завершення, то такі атоми присьднують електрони до повного завершення шару, забираючи їх від інших атомів.

Легко віддати один електрон, коли він єдиний на зовнішньому рівні, атомам елементів головної підгрупи I групи. Важче віддати два електрони, наприклад, атомам елементів головної підгрупи II групи. Ще важче віддати свої три зовнішні електрони атомам елементів головної підгрупи III групи.

Тенденцію до віддачі електронів із зовнішнього рівня мають елементи металічних елементів. І чим легше атоми металічних елементів віддають свої зовнішні електрони, тим більшою мірою

виражені у них металічні властивості. Тому найбільш типовими металами є елементи головної підгрупи I групи (крім Гідрогену, який є неметалічним елементом).

Як правило, у типових металічних елементів на зовнішньому енергетичному рівні від 1 до 3 електронів.

І навпаки, тенденцію до приднання електронів, яких не вистачає до завершення зовнішнього енергетичного рівня, мають атоми неметалічних елементів.

У неметалічних елементів на зовнішньому енергетичному рівні від 4 до 8 електронів.

Найбільш типовими неметалічними елементами є елементи головної підгрупи VII групи періодичної системи. На зовнішньому енергетичному рівні атомів цих елементів є сім електронів. До восьми електронів, тобто до стійкого стану атомів, їм не вистачає по одному електрону. Вони легко його приднують, виявляючи неметалічні властивості.

Тепер вам зрозуміло, чому у межах періоду зі збільшенням заряду ядра атома металічні властивості елементів послаблюються, а неметалічні посилюються.

У межах однієї і тієї ж підгрупи радіус атомів збільшується зі збільшенням заряду атомного ядра (зверху донизу). Оскільки при постійній кількості електронів на зовнішньому шарі збільшується число енергетичних рівнів, то атомам легше віддавати електрони, і тому металічні властивості елементів у головних підгрупах зверху донизу посилюються, а неметалічні — послаблюються.

---

## ВИСНОВКИ

---

- У періодах періодично повторюється електронна будова зовнішнього енергетичного рівня атомів.
  - Кількість електронів на зовнішньому енергетичному рівні в атомах головних підгруп дорівнює номеру групи, у якій розміщений елемент.
  - Валентні електрони елементів головних підгруп містяться на зовнішньому енергетичному рівні.
  - Радіуси атомів у періодах зліва направо зменшуються, у головних підгрупах зверху донизу збільшуються.
-



### Початковий рівень

1. Що таке радіус атома?
2. Як змінюються радіуси атомів елементів у періоді? у підгрупі?
3. На початку чи в кінці періоду розміщені: а) металічні; б) неметалічні елементи?
4. Із поданого переліку випишіть металічні елементи: Na, O, Al, Cl, Mg, Al.
5. Укажіть назву інертного елемента:
 

А) Гідроген	В) Флуор
Б) Гелій	Г) Сульфур

### Середній рівень

6. Які електрони називають валентними?
7. Укажіть число валентних електронів в атомі Бору:
 

А) 1	Б) 2	В) 3	Г) 4
------	------	------	------
8. Розмістіть елементи у порядку зростання радіусів їхніх атомів:
 

А) I	Б) F	В) Br	Г) Cl
------	------	-------	-------
9. Розмістіть елементи у порядку зменшення радіусів їхніх атомів:
 

А) Сульфур	В) Фосфор
Б) Силіцій	Г) Алюміній

### Достатній рівень

10. Укажіть хімічний елемент, будову зовнішнього енергетичного рівня якого описує формула  $ns^2np^2$ :
 

А) Нітроген	В) Оксиген
Б) Магній	Г) Карбон
11. Укажіть кількість валентних електронів в атомі, електронна формула якого  $1s^22s^22p^5$ .
12. Проаналізуйте твердження. Чи є поміж них правильні?
  - I. Валентні електрони в атомах елементів головних підгруп розміщені на зовнішньому енергетичному рівні.
  - II. Металічні властивості елементів у періоді зліва направо посилюються.



- А) правильне лише I                      В) обидва правильні  
 Б) правильне лише II                    Г) немає правильних

### Високий рівень

13. Укажіть електронну формулу металічного елемента:  
 А)  $1s^2 2s^2 2p^5$                               В)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$   
 Б)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$                       Г)  $1s^2 2s^2 2p^3$
14. Укажіть електронну формулу елемента з найбільш вираженими металічними властивостями:  
 А)  $1s^2 2s^1$                                       В)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$   
 Б)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$                               Г)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
15. У якому варіанті відповіді вказано s-елементи:  
 1) Силіцій                                      *Варіанти відповіді.*  
 2) Гідроген                                      А) 3, 4, 6  
 3) Нітроген                                      Б) 1, 2, 4  
 4) Гелій    В) 2, 4, 5  
 5) Кальцій                                        Г) 3, 5, 6  
 6) Хлор
- 16.\* За поданими електронними формулами зовнішнього енергетичного рівня розмістіть елементи у порядку посилення немталічних властивостей:  
 А) ...  $3s^2 3p^4$                                       В) ...  $4s^2 4p^4$   
 Б) ...  $5s^2 5p^4$                                       Г) ...  $2s^2 2p^4$

## § 13. Характеристика хімічних елементів за їхнім місцем у періодичній системі та будовою атома

Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:

- як складати характеристику хімічного елемента за його місцем у періодичній системі.

**Характеристику елемента складають за планом:**

1. Порядковий номер, хімічний символ і назва хімічного елемента.
2. Номер періоду, підгрупа і група, у яких розміщено хімічний елемент.
3. Відносна атомна маса.
4. Склад атома (кількість протонів і нейтронів у ядрі атома). Кількість електронів.
5. Електронна формула атома. Кількість завершених енергетичних рівнів. Кількість валентних електронів.
6. Тип хімічного елемента за будовою зовнішнього енергетичного рівня (*s*-, *p*-, *d*-, *f*-елемент).
7. Тип хімічного елемента за хімічним характером простої речовини (металічний чи неметалічний елемент).
8. Максимальне і мінімальне значення валентності.

За місцем у періодичній системі можна охарактеризувати будь-який хімічний елемент.

Складемо характеристику металічного елемента на прикладі Магнію.

1. Хімічний символ Магнію Mg. Порядковий номер 12.
2. Магній міститься у 3 періоді, головній підгрупі II групи періодичної системи.
3. Відносна атомна маса Магнію  $A_r(\text{Mg}) = 24,305$ .
4. Ядро атома Магнію містить 12 протонів (Пригадайте, що число протонів в ядрі атома дорівнює порядковому номеру елемента в періодичній системі).

Число нейтронів у ядрі дорівнює різниці між нуклонним і протонним числом:  $24 - 12 = 12$ .

В атомі Магнію 12 електронів.

5. Магній — елемент 3-го періоду, тому електрони в його атомі розміщуються на трьох енергетичних рівнях. Електронна формула Магнію:  ${}_{12}\text{Mg } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ . В атомі Магнію перший і другий енергетичні рівні завершені. На зовнішньому енергетичному рівні є 2 валентні електрони.

6. Оскільки електрони зовнішнього електронного шару Магнію містяться в  $s$ -орбіталі, то Магній належить до  $s$ -елементів.

7. На зовнішньому енергетичному рівні атома Магнію є 2 електрони, тому магній належить до металічних елементів. Проста речовина магній — метал.

8. У сполуках Магній двовалентний.

**Складемо характеристику неметалічного елемента на прикладі Сульфуру.**

1. Хімічний символ Сульфуру S. Порядковий номер 16.

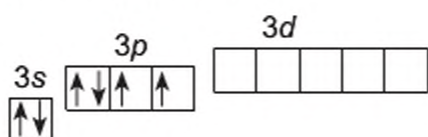
2. Сульфур міститься у 3 періоді, головній підгрупі VI групи періодичної системи.

3. Відносна атомна маса Сульфуру  $A_r(S) = 32,066$ .

4. Ядро атома Сульфуру містить 16 протонів.

5. Електронна формула Сульфуру:  ${}_{16}\text{S } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ .

Електронна графічна формула



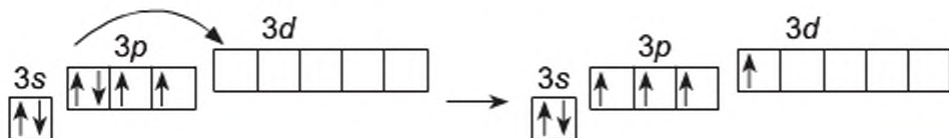
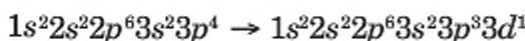
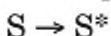
В атомі Сульфуру перший і другий енергетичні рівні завершені. В атомі Сульфуру є 6 валентних електронів.

6. Сульфур —  $p$ -елемент.

7. На зовнішньому енергетичному рівні атома Сульфуру є 6 електронів, тому він належить до неметалічних елементів. Проста речовина сірка — неметал.

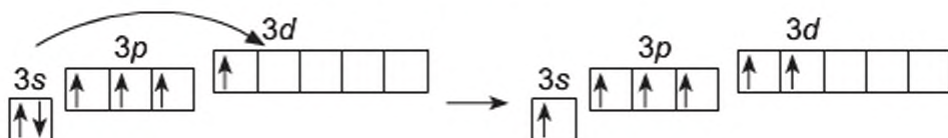
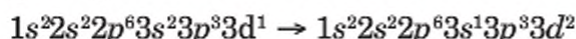
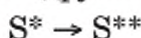
8. Оскільки в атомі Сульфуру два неспарені електрони (основний стан атома), то мінімальне значення валентності дорівнює II.

У зв'язку із наявністю в атомі Сульфуру вільних  $d$ -орбіталей, існує можливість переходу одного електрона із  $3p$ -орбіталі у  $3d$ -орбіталь (перший збуджений стан атома):



Кількість неспарених електронів збільшується із двох до чотирьох, тому Сульфур виявляє валентність IV.

Також можливий перехід електрона із  $3s$ -орбіталі у  $3d$ -орбіталь (другий збуджений стан атома):



У другому збудженому стані атома кількість неспарених електронів 6, тому максимальна валентність Сульфору дорівнює VI.

## ВИСНОВКИ

- За місцем у періодичній системі складають електронну формулу атома хімічного елемента; визначають склад ядра атома; встановлюють тип хімічного елемента і утвореної ним простої речовини; визначають валентність і можливість перебування у збудженому стані.



### Початковий рівень

1. У якому періоді розміщені такі елементи: Берилій, Силіцій, Бром, Аргентум?
2. У якій групі і підгрупі містяться елементи, символи яких Hg, Sr, Se, As?
3. Укажіть порядкові номери Оксигену, Кальцію, Купруму.
4. Яку відносну атомну масу мають Алюміній, Цинк, Фосфор?

### Середній рівень

5. Наведіть два-три приклади хімічних елементів, які виявляють валентність V.
6. Яку максимальну валентність у сполуках виявляють Карбон і Силіцій?
7. Скільки валентних електронів в атомах Натрію і Барію?

### Достатній рівень

8. За планом, наведеним у параграфі, складіть характеристику:  
а) Літію; б) Фосфору. (Атом Фосфору може перебувати у збудженому стані).
9. Для яких елементів максимальне значення валентності не дорівнює номеру групи, у якій вони розміщені?

### Високий рівень

10. За планом, наведеним у параграфі, складіть характеристику Хлору. У скількох збуджених станах може перебувати атом Хлору? Зобразіть їх за допомогою електронних графічних формул.
- 11.\* Чим подібні Гідроген і Хлор?
- 12.\* Чим відрізняються Гідроген і Калій?

## § 14. Значення періодичного закону

---

### Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:

- про загальнонаукове значення відкриття періодичного закону.

Значення будь-якої наукової теорії полягає не тільки в тому, що вона пояснює уже відомі факти, а й у тому, що вона відкриває можливість передбачати нові факти.

Коли Д.І. Менделєєв працював над обґрунтуванням періодичного закону, були відомі тільки 63 елементи, відносні атомні маси деяких з них було визначено неправильно. Вважали, наприклад, що відносна атомна маса Берилію 13,5 замість 9, а валентність 3. Тоді Берилій довелося б помістити між Карбоном (відносна атомна маса 12) і Нітрогеном (відносна атомна маса 14). Періодичність у зміні властивостей елементів порушилася б, оскільки металічний елемент Берилій опинився б між двома неметалічними елементами — Карбоном і Нітрогеном, а за одновалентним елементом Літієм замість двовалентного йшов би тривалентний елемент Бор.

Тому Д.І. Менделєєв зробив висновок, що Берилій повинен мати відносну атомну масу, проміжну між відносними атомними масами Літію (7) і Бору(11), тобто приблизно 9, а валентність 2, а не 3. Подальші дослідження показали, що справжня відносна атомна маса Берилію 9 і він справді двовалентний елемент.

Так само Д.І. Менделєєв виправив відносні атомні маси деяких інших елементів, для яких не знаходилося відповідного місця в періодичній системі.

Будуючи періодичну систему елементів, Д.І. Менделєєв лишив незаповненими значну кількість клітинок, бо не були відомі елементи, які за відносною атомною масою і властивостями можна було б помістити в цих клітинках. Він дійшов висновку, що ці елементи існують, але їх поки що не відкрили. Властивості їхні ж мають бути проміжні між властивостями, з одного боку, сусідніх зліва і справа елементів того самого періоду і, з другого боку, сусідніх елементів, що стоять вище і нижче у тій самій підгрупі.

Формулювання періодичного закону і побудова періодичної системи означали лише початок розвитку вчення про періодичні властивості елементів. Передбачення Д.І. Менделєєва спочатку були сприйняті з недовірою. Лише після того, як були відкриті передбачувані елементи і виявлено відповідність між їх реальними властивостями і передбаченими, періодичний закон був визнаний як один із фундаментальних законів хімії.

Особлива заслуга Д.І. Менделєєва полягає в тому, що він не просто розмістив елементи у певному порядку, але й встановив ці закономірності як загальний закон природи. Тому відкриття періодичного закону — найбільше досягнення науки 19 століття.

Відкриття періодичного закону зумовило подальший бурхливий розвиток хімії: за наступні тридцять років було відкрито близько двадцяти нових хімічних елементів.

Періодичний закон відіграв велику роль у створенні сучасної теорії будови атома, яка в свою чергу стала підтвердженням його положень.

➔ *Дмитро Іванович Менделєєв народився 8 лютого 1834 року у Тобольську, його батько був директором гімназії.*

У 1850–1855 рр. навчався на фізико-математичному факультеті Петербурзького педагогічного інституту, який закінчив із золотою медаллю.

У 1856 р. Д. Менделєєв захистив магістерську дисертацію на тему «Про питомі об'єми». Наступні п'ять років він перебував у науковому відрядженні у Гейдельберзькому університеті (Німеччина).

У 1861 р. Менделєєв написав перший у Росії підручник з органічної хімії. Невдовзі він отримав місце професора у Петербурзькому технологічному інституті, а згодом — у Петербурзькому університеті, де читав лекції з органічної, неорганічної і технічної хімії.

Коли Д.І. Менделєєва було призначено професором хімії Петербурзького університету, він написав підручник для студентів, який назвав «Основи хімії».

У наступні роки з-під пера Менделєєва вийшло ще кілька основних праць з різних розділів хімії. Його повна наукова і літературна спадщина величезна і містить 431 роботу. Праці Менделєєва отримали широке міжнародне визнання. Він був обраний членом багатьох академій наук, іноземних наукових товариств.

Вже будучи у відставці з 1890, Менделєєв брав активну участь у виданні Енциклопедичного словника.

Провівши необхідні дослідження, усього за три роки він винайшов бездимний порох.

Д.І. Менделєєв був хранителем (керівником) Головної палати мір і ваги.

Помер Д.І. Менделєєв у лютому 1907 р. в Санкт-Петербурзі від запалення легень.

---

## ВИСНОВКИ

- Періодичний закон пояснює зв'язок між хімічними елементами, дає можливість передбачати їхні властивості, а також властивості утворених ними простих і складних речовин.
-

**Початковий рівень**

1. Сформулюйте періодичний закон.

**Середній рівень**

2. Знайдіть у періодичній системі хімічний елемент, названий на честь Д.І. Менделєєва. Який його порядковий номер, символ і назва?

**Достатній рівень**

3. Охарактеризуйте наукове і практичне значення відкриття періодичного закону.

**Високий рівень**

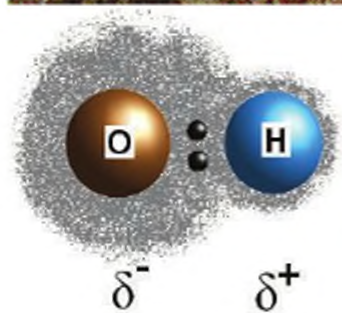
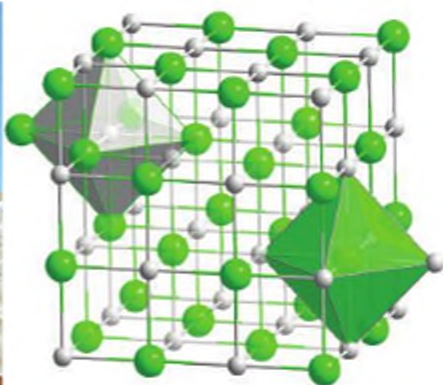
4. Д.І. Менделєєв особливо докладно описав властивості трьох іще не відкритих елементів. Він назвав їх Екабором, Екаалюмінієм і Екасиліцієм. Знайдіть у літературних джерелах чи в мережі Інтернет, які сучасні назви цих елементів. Коли і ким вони були відкриті?



## Розділ 2

### Хімічний зв'язок і будова речовини

- Природа хімічного зв'язку. Електронегативність елементів
- Ковалентний зв'язок, його утворення
- Полярний і неполярний ковалентний зв'язок
- Йонний зв'язок
- Ступінь окиснення
- Кристалічні ґратки



## § 15. Природа хімічного зв'язку. Електронегативність елементів

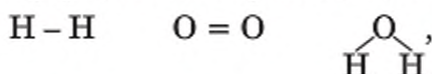
Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:

- за яких умов виникає хімічний зв'язок між атомами;
- що таке електронегативність елементів і як вона змінюється у періодах і групах.

### 1. Природа хімічного зв'язку

Що примушує атоми сполучатися один з одним? Як пояснити, наприклад, що молекула водню  $H_2$  і хлору  $Cl_2$  складається із двох атомів, а не трьох, а молекула Гелію  $He_2$  не існує? Чому одні атоми сполучаються між собою, а інші — ні? Чому деякі молекули стійкі, інші легко розпадаються, а треті взагалі ніколи не утворюються ні за яких умов? Відповіді на ці і подібні питання надзвичайно важливі для хіміків.

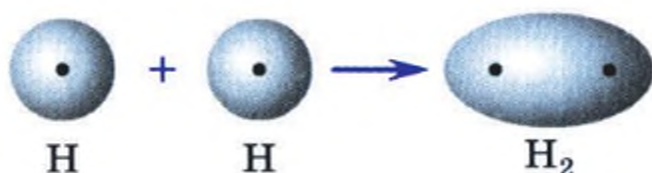
У XIX ст. було введено поняття валентності як число хімічних зв'язків, які атом утворює з іншими атомами. Наприклад, знаючи, що валентність Гідрогену дорівнює I, а Оксигену — II, можна скласти структурні формули молекул водню, кисню і води:



у яких рисками позначені хімічні зв'язки між атомами.

Що ж це таке — хімічний зв'язок? Відповісти на це питання вдалося тільки тоді, як було вивчено будову атома. У 1897 р. англійський фізик Дж. Дж. Томсон висловив припущення, що зв'язок має електричну природу і утворюється за рахунок зміщення чи переходу електронів від одного атома до іншого. Ця гіпотеза виявилася правильною.

Атом, як ви вже знаєте, складається із позитивно зарядженого ядра і електронів. Найпростіший атом — атом Гідрогену — має всього один електрон, який міститься на першому енергетичному рівні. Під час зближення двох атомів ядро одного з них притягує електронну хмару іншого і навпаки.



Мал. 9. Перекривання електронних хмар атомів призводить до утворення електронної хмари молекули водню

Між атомами виникає взаємодія, і відстань між ними зменшується доти, доки взаємне притягання не урівноважується відштовхуванням між ядрами. В утвореній молекулі електронна густина в просторі між ядрами є найбільшою. Дві електронні хмари атомів об'єднуються в єдину електронну хмару молекули (мал. 9).

Молекула може утворитися тільки тоді, коли при взаємодії атомів їхня загальна енергія зменшується. Інакше кажучи, утворення хімічного зв'язку завжди супроводжується виділенням енергії, яку називають *енергією хімічного зв'язку*.

**Хімічний зв'язок** — це взаємодія атомів або будь-яких інших частинок, що призводить до виникнення стійких утворень — молекул, йонів, кристалів тощо.

Не всі атоми можуть взаємодіяти між собою. Буває так, що при зближенні атомів і перекриванні їхніх електронних хмар молекула не утворюється. Наприклад, якщо два атоми Гелію наближаються один до одного, то загальна енергія весь час збільшується, і молекула  $\text{He}_2$  утворитися не може.

Умови виникнення хімічного зв'язку визначив американський хімік Г. Льюїс, який у 1916 р. запропонував електронну теорію хімічного зв'язку. Ця теорія ґрунтується на уявленні про те, що електронні оболонки атомів інертних елементів мають особливу стійкість, чим і пояснюється їхня хімічна інертність (див. §12). Атоми всіх інших елементів при утворенні хімічного зв'язку намагаються змінити електронну оболонку до конфігурації найближчого інертного елемента, віддаючи чи приєднуючи електрони. Тільки в цьому разі утворюються стійкі молекули. Льюїс назвав це твердження *правилом октету* (від лат. *окто* — вісім), оскільки атоми

всіх інертних елементів, крім Гелію, містять на зовнішньому енергетичному рівні вісім електронів.

Тепер зрозуміло, чому утворюється молекула  $H_2$ , а молекула  $He_2$  — ні. Це пояснюється тим, що атому Гідрогену до завершення зовнішнього рівня не вистачає одного електрона. Під час утворення молекули  $H_2$  електрони двох атомів об'єднуються, електронна конфігурація кожного атома доповнюється до конфігурації атома Гелію. В той же час в атомі Гелію зовнішній енергетичний рівень уже завершений; його атомам просто не потрібні «чужі» електрони.

## 2. Електронегативність елементів

З погляду теорії будови атома належність хімічних елементів до металічних чи неметалічних визначається здатністю їхніх атомів віддавати чи присднувати електрони під час хімічних реакцій.

Властивість атома притягувати валентні електрони інших атомів називають **електронегативністю**.

Найсильніше притягують електрони атоми типових неметалічних елементів: Флуору, Оксигену, Хлору, адже їм до завершення зовнішнього енергетичного рівня не вистачає 1 чи 2 електронів. Тому їхня електронегативність найбільша. Як ви пам'ятаєте, найлегше віддають електрони атоми лужних елементів: Літію, Натрію, Калію тощо. Вони мають найменшу електронегативність. За електронегативністю атоми хімічних елементів можна розмістити в ряд, який розпочинається найактивнішими неметалічними елементами і завершується найактивнішими металічними елементами:

F, O, Cl, N, Br, I, S, C, P, H, B, Si, Fe, Cr, Zn, Be, Al, Mg, Ca, Li, Sr, Na, Ba, K, Rb, Cs

Шкалу для визначення електронегативності розробив американський хімік Л. Полінг. За шкалою Полінга електронегативність Флуору дорівнює 4,0, на другому місці — Оксиген, на третьому — Хлор.

Таблиця 3

### ВІДНОСНА ЕЛЕКТРОНЕГАТИВНІСТЬ ДЕЯКИХ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Група Період	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H 2,1							
2	Li 1,0	Be 1,5	B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0	
3	Na 0,9	Mg 1,2	Al 1,5	Si 1,8	P 2,2	S 2,5	Cl 3,0	
4	K 0,8	Ca 1,0					Br 2,8	
5	Rb 0,8	Sr 0,9					I 2,5	
6	Cs 0,7	Ba 0,8						

(Числові значення у таблиці дано дуже наближено).

Гідроген і типові неметалічні елементи розміщені всередині шкали; значення їхньої електронегативності близьке до 2. Активні металічні елементи мають значення електронегативності менше, ніж 1,6.

У періодичній системі зміна електронегативності елементів співпадає зі зміною неметалічних властивостей: у періоді зліва направо зростає і зменшується у головній підгрупі зверху донизу.

#### ВИСНОВКИ

- Сполучення атомів у молекулу супроводжується виділенням енергії. **Хімічний зв'язок** — це взаємодія атомів або будь-яких інших частинок, що призводить до виникнення стійких утворень — молекул, йонів, кристалів тощо.
- Під час утворення хімічного зв'язку атоми намагаються змінити зовнішній енергетичний рівень до октету (восьми електронів), віддаючи і приймаючи електрони або утворюючи спільні електронні пари.

- Властивість атома притягувати валентні електрони інших атомів називають електронегативністю.
- У періоді електронегативність елементів зліва направо зростає. У головній підгрупі зверху донизу зменшується.



### Початковий рівень

1. Чому число відомих молекул у багато разів перевищує число хімічних елементів?
2. Яка елементарна частинка бере участь в утворенні хімічного зв'язку?
3. Що таке електронегативність?

### Середній рівень

4. Які сили діють у молекулі водню?
5. Який із лужних елементів має найменшу електронегативність?
6. Який галоген має найбільшу електронегативність?
7. У кожній із формул підкресліть символ елемента, що має найбільшу електронегативність:  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{KH}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

### Достатній рівень

8. Що таке хімічний зв'язок і чому він утворюється?
9. Скільки електронів не вистачає до октету атомам Нітрогену, Хлору, Сульфуру, Карбону?
10. Назвіть найбільш і найменш електронегативні елементи.

### Високий рівень

11. Чому одні атоми взаємодіють між собою, а інші — ні?
12. Розмістіть елементи за зростанням їхньої електронегативності:
 

А) Селен	В) Сульфур
Б) Оксиген	Г) Телур
13. Розмістіть елементи за зменшенням їхньої електронегативності:
 

А) Cl	Б) Al	В) P	Г) Si
-------	-------	------	-------

## § 16. Ковалентний зв'язок, його утворення

Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:

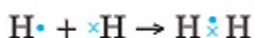
- який зв'язок називають ковалентним;
- які формули називають електронними;
- що таке одинарний, подвійний і потрійний зв'язок.

Під час утворення хімічного зв'язку атоми намагаються набутися на зовнішньому енергетичному рівні два або вісім (октет) електронів. Цього можна досягнути декількома способами. Найбільш поширений полягає в об'єднанні неспарених електронів у спільні електронні пари, які належать одночасно обом атомам.

Хімічний зв'язок, який виникає внаслідок утворення спільних електронних пар, називають **ковалентним**.

Переважає більшість відомих хімічних сполук мають ковалентні зв'язки.

Розглянемо утворення ковалентного зв'язку в деяких простих молекулах. Електрони зовнішнього енергетичного рівня (валентні електрони) одного атома позначимо крапками, а другого — хрестиками, розміщеними збоку, зверху чи знизу від символу елемента. Тоді утворення молекули водню  $H_2$  можна записати у вигляді схеми:



Формулу молекули, у якій вказані валентні електрони всіх атомів, називають *електронною формулою*. Спільну пару електронів найчастіше позначають рискою, яка і символізує ковалентний хімічний зв'язок, наприклад  $H - H$ . В утвореній молекулі  $H_2$  кожному атому Гідрогену належить два електрони, тобто ці атоми мають таку ж електронну конфігурацію, як і атом інертного елемента Гелію.

Атоми неметалічних елементів другого періоду намагаються доповнити свою електронну оболонку до октету. Складемо схему утворення зв'язку в молекулі фтору  $F_2$ . Атом Флуору має на зов-

нішньому енергетичному рівні сім електронів — три електронні пари і один неспарений електрон:

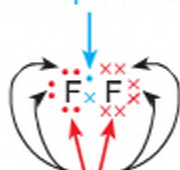


До завершення зовнішнього рівня атому Флуору не вистачає одного електрона, тому кожний із атомів надає у спільне користування по одному неспареному електрону:



У молекулі фтору  $\text{F}_2$  кожний атом Флуору має на зовнішньому рівні по вісім електронів (октет), із яких два перебувають у спільному користуванні, а шість (три пари) не беруть участі в утворенні хімічного зв'язку і належать тільки даному атому:

Спільна пара електронів



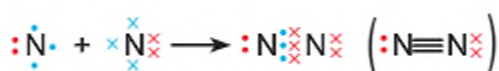
Електрони, що не беруть участі в утворенні хімічного зв'язку

Ковалентний зв'язок може виникати і між атомами різних елементів. У молекулі гідроген флуориду  $\text{HF}$  атом Гідрогену за рахунок «чужого» електрона завершує перший енергетичний рівень, а атом Флуору — другий:



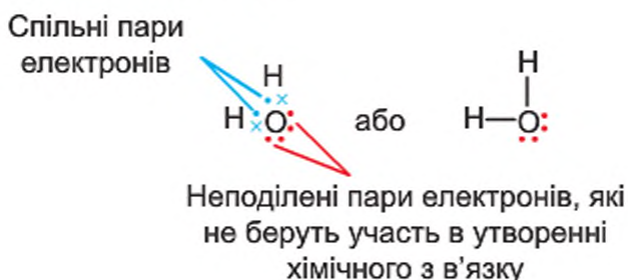
Унаслідок взаємодії двох атомів, кожний із яких має декілька неспарених електронів, утворюються відразу декілька спільних електронних пар. Прикладом є молекула азоту  $\text{N}_2$ . В атомі Нітрогену на зовнішньому рівні п'ять електронів, три із яких неспарені. Саме вони й утворюють три спільні електронні пари. Внаслідок цього кожний атом набуває завершеного зовнішнього енергетичного рівня із восьми електронів (октет):





Такий хімічний зв'язок називають *потрійним* і позначають трьома рисками. Зв'язок, утворений однією парою електронів, називають *одинарним*, двома парами — *подвійним*.

Якщо в одному атомі є декілька неспарених електронів, то він може утворювати ковалентні зв'язки одразу із декількома атомами. В молекулі води атом Оксигену утворює два ковалентні зв'язки з двома атомами Гідрогену:



Кожний атом Гідрогену в молекулі води має на зовнішньому рівні по два електрони (спільні з атомом Оксигену), а атом Оксигену — вісім електронів (чотири своїх і дві спільні пари).

### ■ Якщо хочете знати хімію глибше...

Зазвичай під час утворення спільної електронної пари кожний із двох атомів надає у спільне користування по одному електрону. У цьому разі вважають, що зв'язок утворений за *обмінним* механізмом, оскільки атоми обмінюються електронами. Існує й інший варіант утворення ковалентного зв'язку, коли один з атомів надає у спільне користування два електрони, а другий надає для них вільну орбіталь. Атом, який надає електронну пару, називають *донором*, а атом, який приймає електрони — *акцептором*. Цей механізм утворення ковалентного зв'язку називають *донорно-акцепторним*.

## ВИСНОВКИ

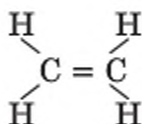
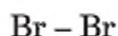
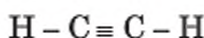
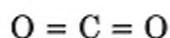
- Хімічний зв'язок, який виникає внаслідок утворення спільних електронних пар, називають ковалентним.

- Зв'язок, утворений однією парою електронів, називають **одинарним**, двома парами — **подвійним**, трьома — **потрійним**.
- Структурну формулу молекули, у якій вказані валентні електрони всіх атомів, називають електронною формулою.



### Початковий рівень

1. Дайте визначення ковалентного зв'язку.
2. Яку формулу молекули називають електронною?
3. Серед поданих структурних формул



укажіть молекули, які містять: а) одинарний зв'язок; б) подвійний зв'язок; в) потрійний зв'язок.

### Середній рівень

4. Розгляньте утворення ковалентного зв'язку на прикладі молекули водню.
5. Скільки електронних пар і неспарених електронів містить: а) атом Флуору; б) молекула фтору?

### Достатній рівень

6. Наведіть електронну формулу молекули води. Скільки хімічних зв'язків утворює атом Оксигену в цій молекулі?

### Високий рівень

7. Зобразіть процес утворення молекул гідроген хлориду  $HCl$ , гідроген сульфід  $H_2S$ , амоніаку  $NH_3$  з атомів.
- 8.\* Дано три електронні формули: а)  $X \times \times Y \times \times$ ; б)  $:\ddot{Z} \times \times \ddot{Z} \times \times$ ; в)  $:\ddot{A} \times \times \ddot{A} \times \times$ . Які з поданих нижче формул речовин відповідають кожній із них:  $NH_3$ ,  $HCl$ ,  $O_2$ ,  $F_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $HBr$ ,  $Cl_2$ ?

## § 17. Полярний і неполярний ковалентний зв'язок

Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся про:

- різновидності ковалентного зв'язку.

### 1. Полярний і неполярний ковалентний зв'язок

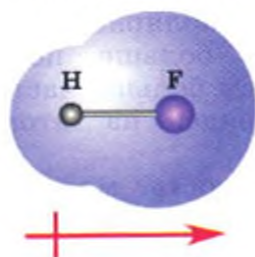
Якщо ковалентний зв'язок утворюється між однаковими атомами, то вони притягують електрони з однаковою силою, і спільна електронна хмара розміщена симетрично відносно обох атомів, тобто електронна пара рівною мірою належить обом атомам. Такий ковалентний зв'язок називають *неполярним*. У всіх простих речовинах, утворених неметалічними елементами (наприклад,  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $S_8$ ), хімічні зв'язки неполярні.

Ковалентний зв'язок, який виникає між атомами різних неметалічних елементів, називають *полярним*. У цьому разі спільна електронна пара зміщена до того атома, який сильніше притягує електрони. Чим сильніше це зміщення, тим більша *полярність* зв'язку (мал. 10).

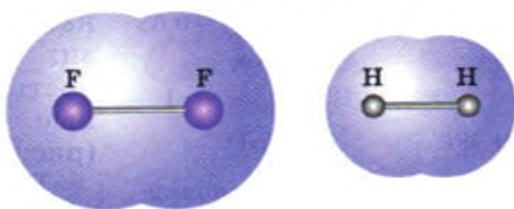
Як ви пригадуєте, величину, яка характеризує здатність атома притягувати електрони інших атомів, називають *електронегативністю*.

Порівняємо полярність зв'язку у ряду гідроген галогенідів  $HF - HCl - HBr - HI$ . Флуор — найбільш електронегативний елемент, і він найбільше зміщує спільну електронну пару у свій бік. Тому у сполуці  $HF$  полярність зв'язку найбільша. У ряду

Полярний зв'язок



Неполярний зв'язок



Мал. 10. Електронні хмари полярного ( $HF$ ) і неполярного ( $F_2$ ,  $H_2$ ) зв'язку



**Мал. 11.** Модель полярної молекули води. Спільні електронні пари ковалентних зв'язків O – H зміщені до атома Оксигену, на якому міститься центр негативного заряду. Центр позитивного заряду міститься між центрами Гідрогену

і другого атома, який бере участь в утворенні зв'язку, виникає рівний за абсолютною величиною частковий позитивний заряд  $\delta+$ . Значення заряду  $\delta$  можна вважати мірою полярності зв'язку: чим більша полярність, тим більші часткові заряди на атомах (мал. 12).

Полярність молекули і полярність хімічного зв'язку — різні поняття. Молекула може бути неполярною навіть за наявності полярних зв'язків. Наприклад, у молекулі карбон(IV) оксиду атом

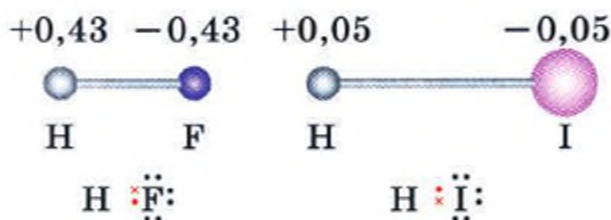
F – Cl – Br – I електронегативність зменшується. У молекулі HCl полярність зв'язку менша, ніж у HF, але більша, ніж в HBr і HI. У молекулі HI ковалентний зв'язок найменш полярний.

■ *Якщо хочете знати хімію глибше...*

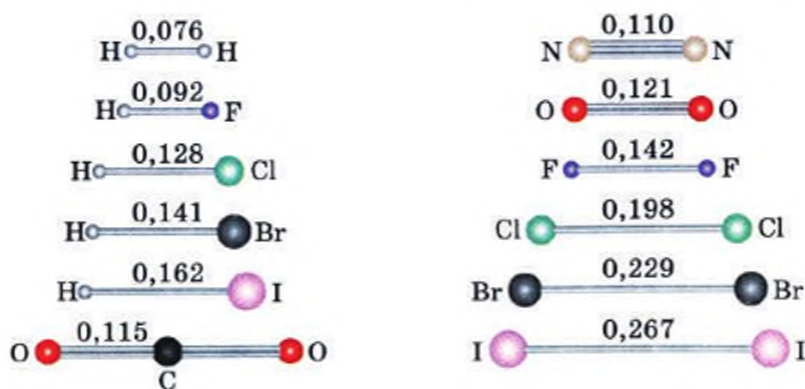
## 2. Полярні молекули

У багатьох молекулах із полярними ковалентними зв'язками центри негативного і позитивного зарядів містяться у різних точках. Таку молекулу називають полярною. Полярні молекули називають *диполями*. Приклад диполя — молекула води (мал. 11).

Атом, до якого зміщена електронна пара, набуває невеликого негативного заряду, який називають *частковим*, оскільки він завжди менший за одиницю, і позначається грецькою буквою дельта —  $\delta-$ . На

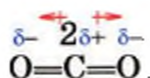


**Мал. 12.** Моделі сильнополярної молекули HF і слабополярної молекули HI. Вказані часткові заряди на атомах. В HF спільна електронна пара зміщена сильніше, ніж в HI



Мал. 13. Порівняння довжини зв'язку (нм) в деяких молекулах

Карбону сполучений з кожним атомом Оксигену двома полярними зв'язками, електронні пари обох зв'язків зміщені від нього до атомів Оксигену:



Проте в цілому молекула  $\text{CO}_2$  неполярна, оскільки зв'язки розміщені симетрично відносно центра молекули.

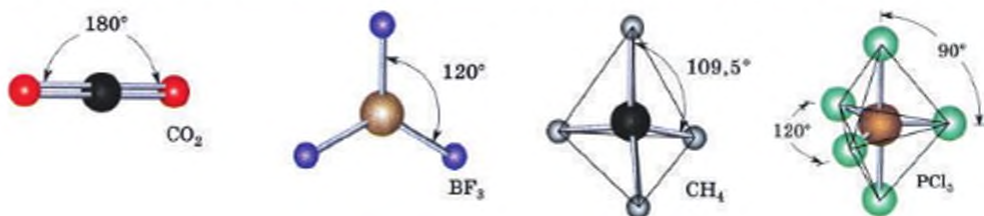
### 3. Довжина зв'язку

Довжиною зв'язку називають відстань між ядрами сполучених атомів. Атоми зближуються на таку відстань, на якій перекривання їхніх електронних хмар є найбільшим, а енергія молекули — мінімальною. Довжина зв'язку співмірна із розмірами атомів і звичайно становить 0,1–0,2 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ). Найменша довжина зв'язку в молекулі водню  $\text{H}_2$  — 0,076 нм (мал. 13), тому що атом Гідрогену має найменший радіус. Молекулу  $\text{H}_2$  не можна побачити навіть в електронний мікроскоп.

### 4. Направленість ковалентного зв'язку

Ковалентний зв'язок утворюється між двома атомами, тобто характеризується направленістю. Якщо один атом утворює декілька зв'язків, то вони направлені під певними кутами один до одного. Кут між зв'язками (валентний кут) — це кут між лініями, які сполучають центри атомів. Валентні кути в молекулах бувають

різні: від  $90^\circ$  до  $180^\circ$ . Знаючи всі валентні кути і довжину всіх зв'язків, можна визначити геометричну форму молекули (мал. 14).



Мал. 14. Валентні кути в деяких молекулах

## ВИСНОВКИ

- Зв'язок за допомогою пари електронів, яка належить одночасно обом атомам, називається ковалентним. Ковалентний зв'язок між атомами одного і того ж хімічного елемента неполярний, а між атомами різних елементів полярний. Спільна електронна пара полярного зв'язку зміщена в бік більш електронегативного атома.



### Початковий рівень

1. Який ковалентний зв'язок називають: а) полярним? б) неполярним?
2. Наведіть приклади сполук із полярним і неполярним ковалентним зв'язком.

### Середній рівень

3. Наведіть по одному прикладу молекул з одинарним, подвійним і потрійним зв'язком.

### Достатній рівень

4. Запишіть формули речовин у порядку збільшення полярності зв'язку:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{NH}_3$ .

### Високий рівень

5. Хімічні елементи головної підгрупи VI групи утворюють з Гідрогеном молекули складу  $\text{H}_2\text{E}$ . Як змінюється при збільшенні порядкового номера елемента: полярність зв'язку  $\text{H} - \text{E}$  в цих молекулах?

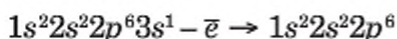
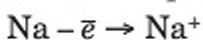
- 6.\* Які молекули називають диполями?
- 7.\* Випишіть формули молекул-диполів:  $\text{HCl}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ .
- 8.\* Визначте знак часткового заряду на атомі Хлору в молекулах  $\text{HCl}$  і  $\text{ClF}$ . В якій із цих молекул частковий заряд Хлору більший за абсолютною величиною?
- 9.\* Молекула  $\text{BCl}_3$  має форму рівностороннього трикутника, у вершинах якого містяться атоми Хлору, а в центрі — атом Бору. Визначте валентний кут у цій молекулі.

## § 18. Йонний зв'язок

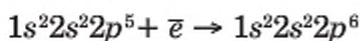
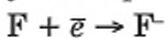
**Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:**

- які частинки називають йонами;
- як утворюється йонний зв'язок.

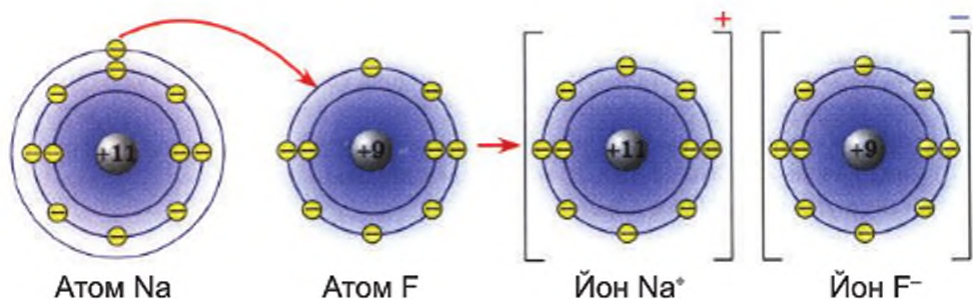
Атоми лужних елементів, наприклад Натрію чи Калію, мають на зовнішньому енергетичному рівні всього один електрон. У хімічних реакціях ці атоми легко його віддають і перетворюються в йони з електронною конфігурацією інертного елемента:



Атомам галогенів — типових неметалічних елементів — до завершення зовнішнього рівня не вистачає всього одного електрона, тому їм енергетично вигідно прийняти електрон:



Під час взаємодії двох атомів, один із яких віддає електрон, а другий його присьднує, електрон переходить від першого атома до другого. Атом, який віддав електрон, перетворюється на позитивно заряджений йон (катіон), а атом, який присьднав електрон — на негативно заряджений йон (аніон). Між цими різноіменно зарядженими йонами виникає електростатичне притягання, сила якого залежить від зарядів йонів і їхніх радіусів (мал. 15).



**Мал. 15.** Взаємодія атомів Натрію і Флуору. Електрон переходить від атома Натрію до атома Флуору. Обидва йони — Натрію і Флуору — мають стійкі електронні конфігурації

Хімічний зв'язок, який виникає в результаті притягання протилежно заряджених йонів, називають **йонним**.

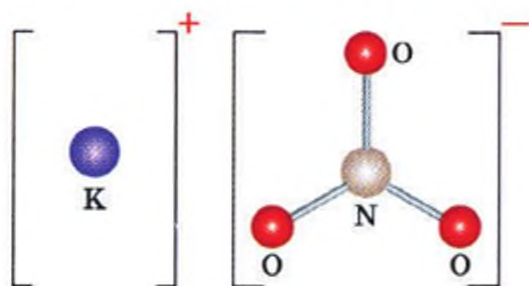
Йонний зв'язок можна розглядати як граничний випадок ковалентного полярного зв'язку, коли спільна електронна пара повністю перейшла до одного з атомів. Йонний зв'язок утворюється між атомами типових металічних і неметалічних елементів, які дуже відрізняються за електронегативністю.

І позитивні, і негативні йони можуть складатися не тільки з одного, але і з декількох атомів. Наприклад, кристали калій нітрату  $\text{KNO}_3$  утворені позитивними йонами калію  $\text{K}^+$  і негативними йонами  $\text{NO}_3^-$ . Зв'язок між йонами  $\text{K}^+$  і  $\text{NO}_3^-$  йонний, а між атомами N і O в йоні  $\text{NO}_3^-$  — ковалентний полярний (мал. 16).

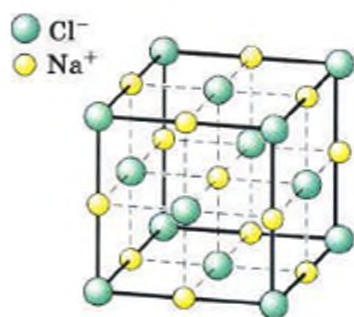
Речовини з йонним зв'язком зазвичай є кристалами, які складаються з величезної кількості йонів, розміщених так, що кожний позитивний йон оточений декількома негативними, а кожний негативний йон — декількома позитивними. Число найближчих сусідів йона називають його *координаційним числом*. Наприклад, у кристалах натрій хлориду  $\text{NaCl}$  кожний йон Натрію оточений шістьма йонами Хлору (мал. 17).

У йонних сполуках немає окремих молекул. Формула йонної сполуки означає не склад молекули, а співвідношення позитивних і негативних йонів.





Мал. 16. У калій нітраті є і йонний, і ковалентний зв'язок



Мал. 17. Модель кристалу натрій хлориду

Йонний зв'язок значно відрізняється від ковалентного. В йонних кристалах кожний йон притягується до всіх протилежно заряджених йонів, розміщених у будь-якому напрямку і на будь-якій відстані від нього. Це означає, що йонний зв'язок не має напрямленості. Крім того, кожний йон утворює дуже велику кількість, практично необмежене число йонних зв'язків, тому поняття валентності елемента в йонних сполуках втрачає сенс.

## ВИСНОВКИ

- **Йони** — це заряджені частинки, які утворюються з електронейтральних атомів унаслідок втрати або приєднання електронів.
- Позитивно заряджені йони називають катіонами, негативно заряджені — **аніонами**.
- Хімічний зв'язок, який виникає в результаті притягання протилежно заряджених йонів, називають **йонним**.
- Йонний зв'язок утворюється між атомами типових металічних і неметалічних елементів.
- До йонних сполук не застосовують поняття «молекула» і «валентність».



### Початковий рівень

1. Який зв'язок називають йонним?
2. Наведіть приклади сполук з йонним зв'язком.

**Середній рівень**

3. Чому поняття «валентність» не застосовують до йонних сполук?
4. Виберіть формули сполук, у яких хімічний зв'язок: а) ковалентний неполярний; б) ковалентний полярний; в) йонний.  
 $H_2$ ,  $HBr$ ,  $Na_2O$ ,  $CaO$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $O_2$ ,  $NO_2$ ,  $K_3N$ ,  $NH_3$ ,  $N_2$ ,  $NF_3$ ,  $F_2$ ,  
 $OF_2$ ,  $MgF_2$ .

**Достатній рівень**

5. Сформулюйте дві відмінності йонного зв'язку від ковалентного.

**Високий рівень**

6. Користуючись рядом електронегативності, назвіть по дві речовини, в яких Оксиген утворює зв'язок: а) йонний; б) ковалентний.
- 7.\* Який зв'язок у магній сульфаті  $MgSO_4$  йонний, а який — ковалентний?

**§ 19. Ступінь окиснення****Опрацювавши параграф, ви:**

- поглибите свої знання про валентність;
- дізнаєтеся, що таке ступінь окиснення хімічного елемента;
- навчитеся визначати ступінь окиснення елемента за формулою сполуки і складати формули сполук за відомими ступенями окиснення елементів.

**1. Валентність**

Ви вже знаєте, що атоми різних хімічних елементів можуть присднувати різну кількість інших атомів, тобто виявляти різну валентність. Валентність характеризує здатність атомів сполучатися з іншими атомами. Вивчивши будову атома і типи хімічного зв'язку, розглянемо детальніше це поняття.

Валентністю називають число одинарних хімічних зв'язків, які атом утворює з іншими атомами в молекулі, наприклад:



Кількість хімічних зв'язків — це число спільних електронних пар:



Оскільки пари електронів утворюються лише під час утворення ковалентного зв'язку, то валентність атомів можна визначити тільки в ковалентних сполуках.

Як ви пригадуєте, у структурній формулі молекули хімічні зв'язки зображують рисками. Число рисок, які відходять від символу елемента, і є його валентність.

Валентність завжди має додатне ціле значення від 1 до 8.

Як ви вже знаєте, вища валентність хімічного елемента в оксиді зазвичай дорівнює номеру групи, в якій він розміщений.

**?** Складіть формули вищих оксидів Карбону і Фосфору.

Щоб визначити валентність неметалічного елемента у його сполуці з Гідрогеном, потрібно від 8 відняти номер групи.

**?** Складіть формули сполук Нітрогену і Сульфуру з Гідрогеном.

У найпростіших випадках валентність дорівнює числу неспарених електронів в атомі, тому, наприклад, Оксиген (має 2 неспарені електрони) виявляє валентність II, а Гідроген (містить один неспарений електрон) — I.

Проте атом може перебувати і в збудженому стані, внаслідок чого кількість неспарених електронів збільшується (див. §13).

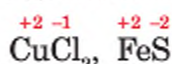
**?** Яку валентність може виявляти Хлор у сполуках (врахуйте основний і збуджені стани атома Хлору)?

## 2. Ступінь окиснення

У йонних сполуках (тобто сполуках, утворених за допомогою йонного зв'язку) немає спільних пар електронів, тому для цих речовин поняття валентності як числа хімічних зв'язків не має сенсу. Для усіх класів сполук, незалежно від виду хімічних зв'язків, прийнятне більш універсальне поняття, яке називають ступенем окиснення.

**Ступінь окиснення** — це умовний заряд на атомі, який обчислюють із припущення, що всі полярні зв'язки мають йонний характер.

На відміну від валентності, ступінь окиснення може мати додатне і від'ємне значення. У найпростіших йонних сполуках ступені окиснення співпадають із зарядами йонів. Наприклад, у калій хлориді  $KCl$  ( $K^+Cl^-$ ) Калій має ступінь окиснення +1, а Хлор -1, у кальцій оксиді  $CaO$  ( $Ca^{2+}O^{2-}$ ) Кальцій виявляє ступінь окиснення +2, а Оксиген -2. Це правило поширюється на всі оксиди металічних елементів: у них ступінь окиснення металічного елемента дорівнює заряду йона елемента (Натрію +1, Барію +2, Алюмінію +3), а ступінь окиснення Оксигену дорівнює -2. Ступінь окиснення позначають арабською цифрою, яку записують над символом елемента, подібно до валентності:

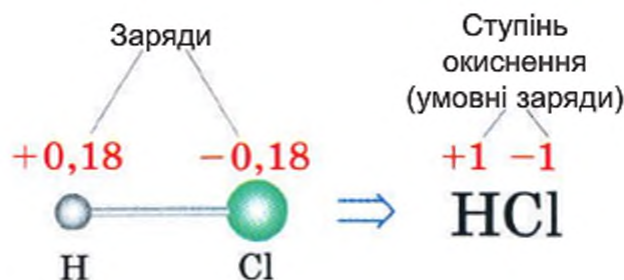


Зверніть увагу на те, що позначення ступеня окиснення дещо відрізняється від позначення заряду йона: записуючи ступінь окиснення, спочатку вказують знак заряду (+ чи -), а потім число, наприклад:  $\overset{-1}{Cl}$ ,  $\overset{+2}{Mg}$ ,  $\overset{+3}{Al}$ . Заряд йонів записують у зворотному порядку: спочатку число (крім одиниці, яку не вказують), а потім знак:  $F^-$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $O^{2-}$ .

Хоча ступінь окиснення і валентність — різні поняття, інколи їх використовують одне замість іншого. Так, коли зазначають, що валентність Натрію в натрій хлориді дорівнює 1, то мають на увазі ступінь окиснення Натрію, що дорівнює +1. Металічні елементи рідко утворюють ковалентні зв'язки, тому під їх валентністю у сполуках мають на увазі їхній ступінь окиснення. Наприклад, називаючи речовину ферум(III) оксидом, ми маємо на увазі, що Ферум у цій сполуці виявляє ступінь окиснення +3.

Ступінь окиснення елемента в простій речовині дорівнює нулю:





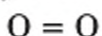
Мал. 18. Реальні заряди і ступінь окиснення атомів у молекулі гідроген хлориду.

### 3. Визначення ступеня окиснення елемента за хімічною формулою сполуки

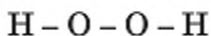
Розглянемо, як визначають ступені окиснення в ковалентних сполуках. Гідроген хлорид  $\text{HCl}$  — речовина з полярним ковалентним зв'язком. Спільна електронна пара в молекулі  $\text{HCl}$  зміщена до атому Хлору, який має більшу електронегативність. Подумки перетворимо зв'язок  $\text{H} - \text{Cl}$  на йонний (це дійсно відбувається у водному розчині), повністю змістивши електронну пару до атому Хлору (мал. 18). Він набуває заряду  $-1$ , а Гідроген  $+1$ . Отже, Хлор у цій речовині має ступінь окиснення  $-1$ , а Гідроген  $+1$ :



Ступінь окиснення і валентність споріднені поняття. У багатьох ковалентних сполуках абсолютне значення ступеня окиснення елементів дорівнює їх валентності. Щоправда, існують випадки, коли валентність відрізняється від ступеня окиснення. Це властиво простим речовинам, де ступінь окиснення атомів дорівнює нулю, а валентність числу спільних електронних пар:

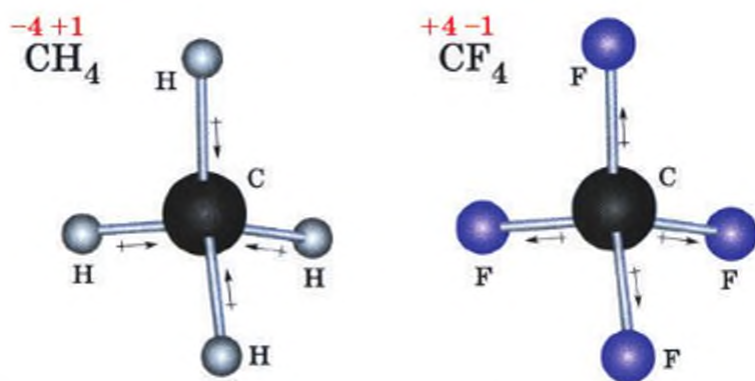


Валентність Оксигену дорівнює 2, а ступінь окиснення 0. В молекулі гідроген пероксиду



Оксиген двовалентний, а Гідроген одновалентний. Ступінь окиснення Гідрогену дорівнює  $+1$ , а Оксигену  $-1$ :





Мал. 19. Моделі молекул метану  $\text{CH}_4$  і карбон(IV) флуориду  $\text{CF}_4$ . Полярність зв'язків позначена стрілками

Один і той самий елемент у різних сполуках може мати як додатні, так і від'ємні ступені окиснення залежно від електронегативності сполучених з ним атомів. Розглянемо, наприклад, дві сполуки Карбону — метан  $\text{CH}_4$  і карбон(IV) флуорид  $\text{CF}_4$ .

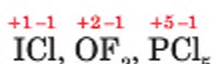
Карбон має більшу електронегативність, ніж Гідроген, тому в метані електронна густина зв'язку  $\text{C} - \text{H}$  зміщена від Гідрогену до Карбону, і кожен з чотирьох атомів Гідрогену має ступінь окиснення  $+1$ , а атом Карбону  $-4$ . В молекулі  $\text{CF}_4$  електрони усіх зв'язків зміщені від атомів Карбону до атомів Флуору, ступінь окиснення яких дорівнює  $-1$ , отже, Карбон має ступінь окиснення  $+4$  (мал. 19). Запам'ятайте, що ступінь окиснення найбільш електронегативного атома у сполучі завжди від'ємний.

Будь-яка молекула електронейтральна, тому сума ступенів окиснення всіх атомів дорівнює нулю. Користуючись цим правилом, за відомим ступенем окиснення одного елемента у сполучі можна визначити ступінь окиснення іншого.

Як приклад розглянемо хлор(I) оксид  $\text{Cl}_2\text{O}$ . Ви вже знаєте, що атом Оксигену в оксидах має ступінь окиснення  $-2$ . Оскільки молекула в цілому електронейтральна, то обидва атоми Хлору мають сумарний заряд  $+2$ . Звідси випливає, що на кожному з них заряд  $+1$ , тобто Хлор має ступінь окиснення  $+1$ :



Для того, щоб правильно розставити знаки ступеня окиснення різних атомів, достатньо порівняти їх електронегативності. Атом з більшою електронегативністю буде мати від'ємне значення ступеня окиснення, а з меншою — додатне. Символ більш електронегативного елемента записують у формулі сполуки на останньому місці:



Визначаючи ступінь окиснення елементів у сполуках, дотримуються таких правил.

1. Ступінь окиснення елемента у простій речовині дорівнює нулю.

2. Флуор найбільш електронегативний хімічний елемент, тому ступінь окиснення Флуору у всіх речовинах, крім  $\text{F}_2$ , дорівнює  $-1$ .

3. Оксиген — найбільш електронегативний елемент після Флуору, тому ступінь окиснення Оксигену у всіх сполуках, крім флуориду  $\text{OF}_2$ , від'ємний і в більшості випадків дорівнює  $-2$ , а в гідроген пероксиді  $\text{H}_2\text{O}_2$   $-1$ .

4. Ступінь окиснення Гідрогену дорівнює  $+1$  у сполуках з неметалічними елементами,  $-1$  у сполуках з металічними;  $0$  у простій речовині  $\text{H}_2$ .

5. Ступені окиснення металічних елементів у сполуках завжди додатні. Ступінь окиснення металічних елементів головних підгруп, як правило, дорівнює номеру групи. Металічні елементи побічних підгруп часто мають декілька значень ступенів окиснення.

6. Максимальний додатній ступінь окиснення хімічних елементів дорівнює номеру групи (виняток —  $\overset{+2}{\text{Cu}}$ ). Мінімальний ступінь окиснення металічних елементів дорівнює  $0$ , а неметалічних — різниці між номером групи і номером 8.

7. Сума добутоків ступенів окиснення елементів на число їхніх атомів у сполуці дорівнює  $0$ .

#### 4. Складання формули сполуки за відомими ступенями окиснення елементів

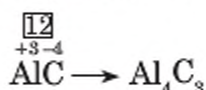
Знаючи ступені окиснення елементів, можна скласти формулу сполуки, наприклад алюміній карбід (сполуки Алюмінію і Карбону).

1. Запишемо символи Алюмінію і Карбону поруч AlC. На першому місці запишемо символ Алюмінію, оскільки це металічний елемент і має меншу електронегативність.

2. Визначасмо за періодичною системою число зовнішніх електронів: в Алюмінію — три електрони, у Карбону — чотири. Атом Алюмінію віддає свої три зовнішні електрони Карбону і набуває при цьому ступеня окиснення +3, який дорівнює заряду йона. Атом Карбону, навпаки, приймає чотири електрони, яких йому не вистачає до заповітної вісімки, і набуває при цьому ступінь окиснення -4.

3. Запишемо ці значення у формулу  $\overset{+3}{\text{Al}}\overset{-4}{\text{C}}$ .

4. Знайдемо найменше спільне кратне для них, воно дорівнює 12. Потім визначимо індекси, поділивши найменше спільне кратне на відповідні значення ступенів окиснення:



Легко помітити, що аналогічно виводять формулу ковалентної сполуки за валентністю чи визначають валентність елемента за формулою сполуки.

## ВИСНОВКИ

- **Валентність** — це число хімічних зв'язків утворених атомом у молекулі. Валентність — додатне ціле число. Поняття «валентність» застосовують тільки до ковалентних сполук.
- **Ступінь окиснення** — умовний заряд на атомі, який обчислюють із припущення, що всі полярні зв'язки мають йонний характер.
- Ступінь окиснення може бути і додатним, і від'ємним. Ступінь окиснення елементів у простих речовинах дорівнює нулю. Поняття «ступінь окиснення» застосовують до будь-яких сполук: як ковалентних, так і йонних.



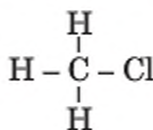


### Початковий рівень

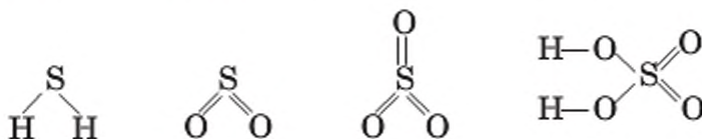
1. Що таке валентність хімічного елемента?
2. Яку валентність виявляють Оксиген і Гідроген у сполуках?
3. Чому дорівнює ступінь окиснення елемента у простій речовині?
4. Яке значення ступеня окиснення — додатне чи від'ємне — металічних елементів у сполуках?

### Середній рівень

5. Що таке ступінь окиснення елемента?
6. За структурною формулою визначте валентність усіх елементів у молекулі хлорометану  $\text{CH}_3\text{Cl}$ :



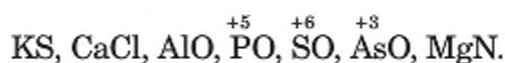
7. Визначте валентність Сульфуру в таких сполуках за їх структурними формулами:



### Достатній рівень

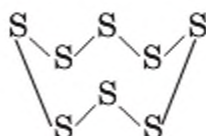
8. Яку валентність у сполуках виявляють Літій, Берилій, Бор? Врахуйте можливість розпарування електронів зовнішнього рівня.
9. Визначте ступені окиснення елементів у йонних сполуках:  $\text{LiBr}$ ,  $\text{MgF}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{BaS}$ ,  $\text{K}_3\text{N}$ ,  $\text{Ca}_3\text{P}_2$ .
10. Визначте ступені окиснення елементів у сполуках з Гідрогеном:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$ .
11. Визначте ступені окиснення неметалічних елементів в оксидах:  $\text{Cl}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ .

12. Складіть формули сполук за відомими ступенями окиснення елементів:



### Високий рівень

13. Зобразіть структурні формули таких молекул:  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{OF}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Визначте валентність і ступені окиснення Оксигену в цих молекулах.
14. Визначте валентності і ступені окиснення елементів у простих речовинах за їх формулами:  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{S}_8$ . Структурна формула молекули  $\text{S}_8$ :



15. Наведіть формули речовин, у яких ступені окиснення Оксигену і Карбону дорівнюють їх валентностям.
16. Наведіть по дві формули речовин, у яких ступені окиснення Оксигену відрізняються від його валентності.
17. Наведіть формули сполук Нітрогену з додатними і від'ємними ступенями окиснення.
- 18.\* Розрахуйте ступені окиснення Карбону у сполуках:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CCl}_4$ , якщо ступінь окиснення Гідрогену дорівнює +1, а Хлору -1. Карбон у всіх цих молекулах чотиривалентний.

## § 20. Кристалічні ґратки

Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:

- про будову і властивості твердих тіл;
- про атомні, йонні та молекулярні кристали;
- про фізичні властивості речовин із різними типами кристалічних ґраток.

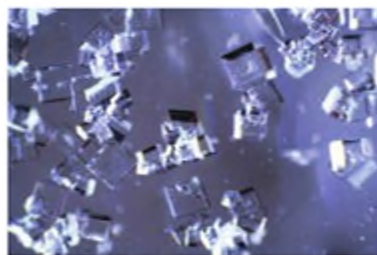
## 1. Властивості і будова твердих речовин

Тверді речовини різноманітні за властивостями: вони мають різну густину, бувають кольоровими та безбарвними, пластичними і крихкими; можуть проводити електричний струм, притягуватися магнітом. Під час нагрівання до певної температури багато твердих речовин плавляться, тобто перетворюються на рідину, а деякі (йод, нафталін) сублімують — одразу переходять в газуватий стан, минаючи рідкий. Деякі тверді речовини, наприклад малахіт, під час нагрівання розкладаються.

Усі тіла, які складаються з твердих речовин, на відміну від рідких та газуватих, мають певну форму і об'єм. Ці властивості пояснюються тим, що частинки, які утворюють тверде тіло, не можуть вільно рухатись одна відносно іншої.

За будовою і фізичними властивостями тверді речовини поділяють на аморфні та кристалічні. *Аморфні речовини* не мають впорядкованої структури, окремі частинки в них розміщені хаотично, недарма слово «аморфос» перекладається з грецької мови як «той, що не має форми». Прикладами таких речовин є смоли, гума, більшість полімерів, тобто речовини, які складаються з дуже великих молекул. Під час нагрівання вони не плавляться при певній температурі, а постійно розм'якшуються, перетворюючись на рідину.

Переважає більшість твердих речовин, у тому числі, добре відомі вам кухонна сіль та цукор, мають кристалічну будову, тобто складаються із кристалів. Окремі кристали мають форму симетричних многогранників — куба, октаедра, піраміди, призми тощо (мал. 20). Проте великі правильні кристали трапляються рідко. Зазвичай зустрічають зрощені кристали чи їх уламки. Якщо кристалічну речовину подрібнити до порошку, то побачити кристали не можна навіть у потужний мікроскоп, але речовина при цьому все одно зберігає кристалічну будову.



Мал. 20. Кристали кухонної солі під мікроскопом



Мал. 21. Кристал кухонної солі, розколотий на шматки

Кристали кухонної солі часто мають форму куба. Якщо натиснути на такий кристал лезом ножа, то він не розсипається на порошок, а розпадається на окремі шматки, кожен із яких хоча б частково зберігає форму початкового кристала (мал. 21).



Мал. 22. Лід під мікроскопом. Видно обриси окремих кристалів, що мають форму шестигранників. Чорні точки на фотографії — це бульбашки повітря і тала вода

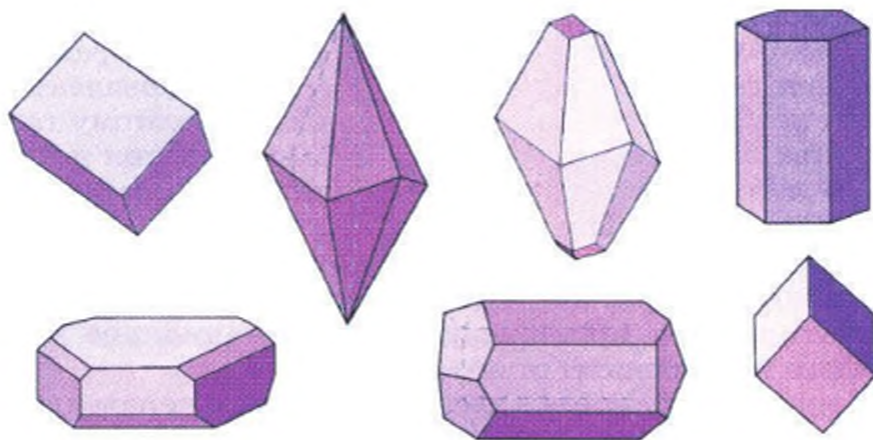
Це свідчить про те, що частинки в кристалах розміщені у певному порядку і утворюють правильну геометричну структуру — кристалічні ґратки.

Точки, в яких містяться частинки, називають вузлами ґратки.

За зовнішнім виглядом кристалу можна зробити висновок про розміщення частинок у кристалічних ґратках. Легко помітити, наприклад, що для кухонної солі характерні кубічні ґратки. Кристали льоду мають шестигранну (гексагональну) форму (мал. 22).

Така ж симетрія характерна і для окремих сніжинок.

Форми кристалів однієї і тієї ж речовини можуть бути дуже різноманітними, оскільки залежно від умов (температура і розчинник) різні грані кристалів ростуть з різною швидкістю. Кристали кухонної



Мал. 23. Кристали кальциту різної форми

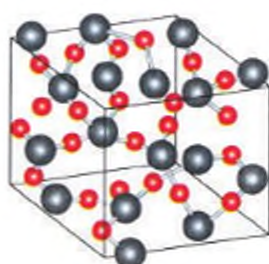
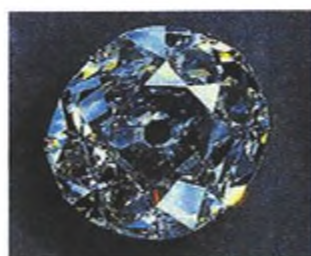
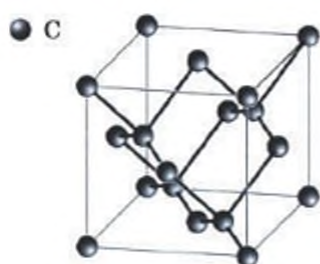
солі, які виростили з розчину, що містить домішки інших речовин, мають форму октаєдрів. Особливо різноманітні форми кристалів кальциту — однієї з різновидів кальцій карбонату (мал. 23).

Залежно від характеру частинок, які утворюють кристал, і від типу хімічного зв'язку між ними розрізняють чотири типи кристалічних ґраток: атомні, йонні, молекулярні і металічні. (Металічні кристалічні ґратки вивчаються у курсі хімії дещо пізніше).

## 2. Атомні кристалічні ґратки

У вузлах атомних кристалічних ґраток містяться окремі атоми, сполучені один з одним ковалентними зв'язками. Наприклад, у кристалі алмазу атоми Карбону утворюють просторовий тривимірний каркас, в якому кожен атом сполучений з чотирма іншими (мал. 24). Число найближчих сусідів атома називають координаційним числом. У кристалах кварцу  $\text{SiO}_2$  (мал. 25) кожен атом Силіцію сполучений з чотирма атомами Оксигену, а кожен атом Оксигену — з двома атомами Силіцію.

Ковалентні зв'язки в атомних кристалах надзвичайно міцні, тому речовини з атомними ґратками практично нерозчинні у воді. Щоб зруйнувати ковалентні зв'язки, необхідна велика енергія, тому такі речовини мають високі температури плавлення і кипіння. Алмаз, наприклад, плавиться при температурі близько  $4000^\circ\text{C}$  і підвищеному тиску.



Мал. 24. Модель атомної кристалічної ґратки і кристала алмазу

Мал. 25. Будова кварцу

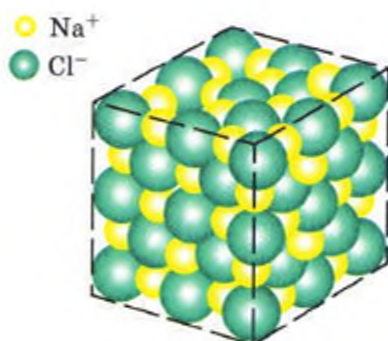
### 3. Йонні кристалічні ґратки

У вузлах йонних кристалів містяться різнойменно заряджені йони, які утримуються за рахунок електростатичного притягання. Координаційне число кожного йона залежить від його радіуса.

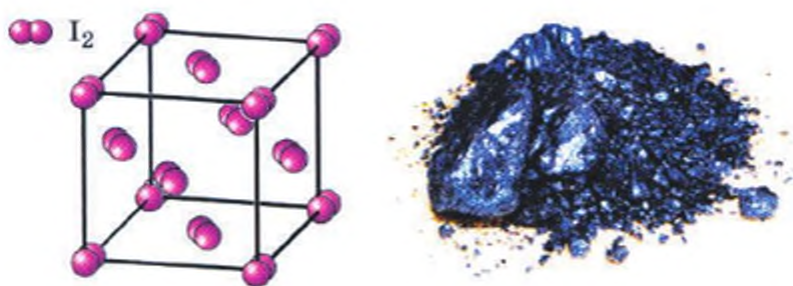
Йонні кристалічні ґратки характерні для речовин з йонним зв'язком. (Пригадайте, що речовини з йонним зв'язком називають йонними сполуками). Як приклад розглянемо кристалічні ґратки кухонної солі — натрій хлориду (мал. 26).

У натрій хлориді йони Натрію та Хлору чергуються таким чином, що кожен йон  $\text{Na}^+$  знаходиться в оточенні шести йонів  $\text{Cl}^-$ , а кожен йон  $\text{Cl}^-$  оточений шістьма йонами  $\text{Na}^+$ . Це означає, що координаційне число обох йонів дорівнює шести.

Речовини з йонними кристалічними ґратками досить тугоплавкі і часто добре розчинні у воді. Вони майже нелеткі і саме тому не мають запаху. Йонні кристали не проводять електричний струм, оскільки в них немає вільних електронів, а самі йони не можуть



Мал. 26. Кристал і модель йонної кристалічної ґратки натрій хлориду



Мал. 27. Модель молекулярної кристалічної ґратки і кристали йоду

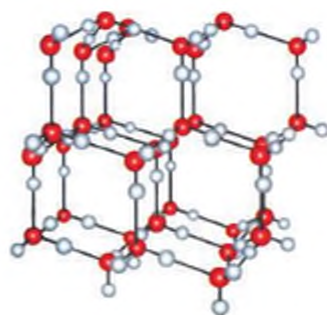
вільно переміщатися по кристалу. Йонні сполуки крихкі, оскільки навіть невеликий зсув частинок у кристалічних ґратках наближають один до одного однойменно заряджені йони, відштовхування між якими призводить до появи тріщин у кристалі і, навіть, до його руйнування.

#### 4. Молекулярні кристалічні ґратки

Молекулярні кристали складаються з молекул, які слабо притягуються одна до одної. Наприклад, кристали йоду складаються з молекул  $I_2$  (мал. 27), а в вузлах кристалічних ґраток льоду містяться молекули  $H_2O$  (мал. 28).

Молекулярну структуру мають у твердому стані багато сполук неметалічних елементів — вуглекислий газ  $CO_2$  («сухий лід»), амоніак  $NH_3$ , гідроген хлорид  $HCl$ , а також більшість органічних сполук, наприклад, етанол  $C_2H_5OH$ , глюкоза  $C_6H_{12}O_6$ , сахароза  $C_{12}H_{22}O_{11}$  та інші. Такі сполуки називають молекулярними.

У молекулярних кристалах зв'язки між молекулами значно слабші, ніж між атомами в молекулі. Ці зв'язки легко зруйнувати, тому речовини, які у твердому стані мають молекулярні кристалічні ґратки, плавляться і киплять при низькій температурі. За звичайних умов вони є газами, рідинами чи легкоплавкими твердими речовинами. Багато молекулярних сполук мають запах.



Мал. 28. Фрагмент кристалічної структури льоду

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 1

Ознайомлення з фізичними властивостями речовин атомної, молекулярної та йонної будови.

1. Розгляньте натрій хлорид. Який агрегатний стан натрій хлориду за звичайних умов?

2. До кристалічних чи аморфних речовин належить ця речовина?

3. Декілька кристалів натрій хлориду покладіть у порцелянову ступку і обережно розітріть товкачиком. Чи вдасться його подрібнити?

4. Ложечкою для сипучих речовин насипте у пробірку натрій хлорид, долейте 3–4 мл води і розмішайте скляною паличкою. Чи розчиняється натрій хлорид у воді?

5. Запишіть температуру плавлення натрій хлориду.

6. Розгляньте пісок. Який агрегатний стан силіцій(IV) оксиду за звичайних умов?

7. До кристалічних чи аморфних речовин належить ця речовина?

8. Декілька кристалів піску покладіть у порцелянову ступку і спробуйте розтерти товкачиком. Чи вдасться його подрібнити?

9. Ложечкою для сипучих речовин насипте пісок у пробірку, долейте 3–4 мл води і розмішайте скляною паличкою. Чи розчиняється пісок у воді?

10. Запишіть температуру плавлення піску.

11. Який агрегатний стан води за звичайних умов?

12. Запишіть температуру замерзання і температуру кипіння води.

☞ *...деякі речовини (наприклад, сірка S і кварц  $SiO_2$ ) можуть мати як кристалічну, так і аморфну будову.*

**ВИСНОВКИ**

- Тверді речовини бувають кристалічними та аморфними. У кристалах частинки строго впорядковані і утворюють кристалічні ґратки, а в аморфних вони розміщені хаотично.



- Залежно від характеру частинок, які утворюють кристали, розрізняють атомні, йонні і молекулярні кристалічні ґратки.
- Речовини з атомними ґратками практично нерозчинні у воді, мають високі температури плавлення і кипіння.
- Речовини з йонними кристалічними ґратками тугоплавкі, часто добре розчинні у воді, не проводять електричний струм, крихкі.
- Речовини з молекулярними кристалічними ґратками плавляться і киплять при низькій температурі; за звичайних умов вони є газами, рідинами чи легкоплавкими твердими речовинами; багато сполук мають запах.



### Початковий рівень

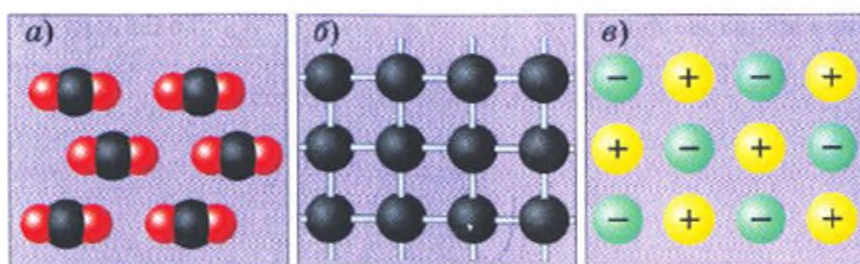
1. Назвіть спільні властивості усіх твердих речовин.
2. Чим відрізняються кристалічні речовини від аморфних?
3. Наведіть приклади кристалічних і аморфних речовин.

### Середній рівень

4. Дайте визначення понять: кристалічні ґратки, координаційне число.
5. Наведіть по одному прикладу твердих речовин які під час нагрівання: а) розкладаються; б) плавляться; в) сублимують.

### Достатній рівень

6. Карборунд (силіцій карбід  $\text{SiC}$ ) має температуру плавлення  $2830^\circ\text{C}$  і по твердості близький до алмазу. Який тип кристалічних ґраток має ця речовина?
7. Ванілін — безколірна кристалічна речовина з присмним запахом. Які кристалічні ґратки він має?
8. Деяка безколірна речовина добре розчинна у воді і має високу температуру кипіння. Зробіть припущення про тип її кристалічних ґраток. Чи має ця речовина запах?
9. На малюнку 29 наведені схеми трьох типів кристалічних ґраток. Назвіть їх і наведіть по одному прикладу речовин кожного типу.



Мал. 29. Схеми кристалічних ґраток різних типів

10. Заповніть таблицю.

Властивості речовин	Типи кристалічних ґраток		
	Атомні	Йонні	Молекулярні
Температури плавлення і кипіння			
Запах			
Розчинність у воді			
Приклади речовин			

### Високий рівень

- Визначте ступінь окиснення, валентність і координаційне число атомів Карбону в алмазі.
- Із поданого переліку виписіть окремо формули речовин з кристалічними ґратками: а) атомними б) йонними в) молекулярними. CaCl<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>(тв.), CuO, Br<sub>2</sub>(тв.), C(алмаз), NaNO<sub>3</sub>, HCl (тв.), KBr, CO<sub>2</sub>(тв.), H<sub>2</sub>O(тв.).
- Білий фосфор плавиться при 44 °С, а червоний фосфор при значно вищій температурі. Який висновок можна зробити про типи їхніх кристалічних ґраток?
- \* Поясніть, чому кварц SiO<sub>2</sub> і вуглекислий газ CO<sub>2</sub> мають різні фізичні властивості попри подібний склад. Укажіть типи кристалічних ґраток у цих речовинах.

### Виконайте навчальний проект

- Залежність фізичних властивостей речовин від типів кристалічних ґраток.

# Розділ 3

## Кількість речовини. Розрахунки за хімічними формулами

- Кількість речовин
- Молярна маса
- Закон Авогадро. Молярний об'єм газів
- Відносна густина газів



$$N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$$



## § 21. Кількість речовини

Опрацювавши параграф, ви:

- зрозумієте, що таке кількість речовини;
- дізнаєтеся, скільки частинок містить 1 моль речовини;
- навчитеся розв'язувати задачі з використанням поняття «кількість речовини».

Уявіть собі продовольчий магазин, у який завезли цукор. Цукор складається із дуже маленьких кристалів органічної сполуки сахарози. Для того, щоб дізнатися кількість цукру, не треба перераховувати один за одним всі кристали, потрібно лише поррахувати привезені мішки. Схожий спосіб використовують і в хімії для визначення кількості тієї чи іншої речовини.

Кількість речовини означає, скільки найменших частинок (структурних одиниць) даної речовини міститься у тому чи іншому зразку. Для речовин молекулярної будови такими частинками є молекули, в решті випадків структурна одиниця відповідає хімічній формулі, наприклад для кварцу —  $\text{SiO}_2$ , кухонної солі —  $\text{NaCl}$ , заліза —  $\text{Fe}$ . Кількість речовини позначають латинською буквою  $n$ .

Атоми і молекули, з яких складається речовина, дуже малі, тому не дивно, що їх число в навколишньому світі величезне. Навіть у дуже маленькому кристалі цукру число молекул перевищує мільярд мільярдів. Хіміки, не маючи можливості перерахувати окремі молекули, для вимірювання кількості речовини використовують спеціальну одиницю — моль. (Слово «*моль*» не відмінюється, коли перед ним числове значення записане цифрами: 2 *моль* водню реагують з 1 *моль* кисню. Якщо числове значення кількості речовини записане словами, то слово «*моль*» відмінюється: два *моля* водню реагують з одним *молем* кисню).

**Моль** — це така кількість речовини, що містить  $6,02 \cdot 10^{23}$  структурних частинок (атомів, молекул, йонів тощо).


**АВОГАДРО Амадео**  
(1776–1856).

Італійський фізик і хімік.  
Увів поняття «молекула»  
і «молекулярна маса».

У 1814 році відкрив важливий для фізики і хімії закон, названий його ім'ям. На основі цього закону Авогадро розробив метод визначення молекулярних і атомних мас. Він перший встановив, що формула води —  $H_2O$ , а не  $HO$ , як вважали раніше. Стала Авогадро була введена в науку через багато років після смерті вченого.

Число  $6,02 \cdot 10^{23}$  називають *числом Авогадро* на честь італійського вченого Амадео Авогадро. Це число вибрали для визначення моля, тому що саме стільки атомів міститься у 12 г ізотопу Карбону  $^{12}C$ , який використовують як стандарт для визначення атомної одиниці маси.

Число Авогадро чисельно дорівнює *сталій Авогадро* яку позначають  $N_A$ . Ця стала, на відміну від числа Авогадро, має розмірність моль $^{-1}$ . Таким чином

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

Поняття «моль» можна застосовувати не тільки для молекул, але й для атомів, йонів, електронів тощо.

Знаючи сталу Авогадро, можна будь-яку кількість речовини виразити в молях. Якщо речовина містить  $N$  молекул (чи структурних одиниць), то кількість речовини дорівнює:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

Знаючи кількість речовини в молях можна знайти число частинок:

$$N = n \cdot N_A$$

**ЗАДАЧА 1.** У класній кімнаті міститься  $4,93 \cdot 10^{26}$  молекул кисню. Знайдіть кількість речовини кисню.

*Дано:*

$$N(O_2) = 44,93 \cdot 10^{26}$$

$$n(O_2) = ?$$

*Розв'язання.*

I спосіб.

Оскільки

$$n = \frac{N}{N_A}, \text{ то}$$

$$n(O_2) = \frac{N(O_2)}{N_A} = \frac{4,93 \cdot 10^{26}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 819 \text{ моль}$$

## II спосіб.

Використаємо визначення моля:

В 1 моль  $O_2$  міститься  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул;

в  $x$  моль  $O_2$  міститься  $4,93 \cdot 10^{26}$  молекул

$$x = \frac{1 \text{ моль} \cdot 4,93 \cdot 10^{26}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 819 \text{ моль}$$

Відповідь:  $n(O_2) = 819$  моль.

ЗАДАЧА 2. Скільки атомів Сульфуру містять 2 моль сірки?

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання.</i>
$n(S) = 2$ моль	$N(S) = N_A \cdot n(S)$
$N(S) = ?$	$N(S) = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 2 \text{ моль} =$ $= 12,04 \cdot 10^{23} \text{ атомів} = 1,204 \cdot 10^{24} \text{ атомів.}$

Відповідь: 2 моль сірки містять  $1,204 \cdot 10^{24}$  атомів Сульфуру.

Поняття «моль» відіграє важливу роль у розрахунках за формулами речовин і рівняннях хімічних реакцій.

Наприклад, формула води  $H_2O$  може означати і одну молекулу води, і один моль цієї речовини. Із формули води випливає, що молекула  $H_2O$  містить два атоми Гідрогену і один атом Оксигену. А якщо ми візьмемо не одну молекулу, а один моль води, тобто  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул? Тоді й атомів буде у  $6,02 \cdot 10^{23}$  разів більше: один моль води містить два молі атомів Гідрогену і один моль атомів Оксигену.

ЗАДАЧА 3. Визначте кількість атомів Нітрогену й Оксигену (в молях) у 0,5 моль нітроген(V) оксиду.

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання.</i>
$n(N_2O_5) = 0,5$ моль	<b>I спосіб.</b>
$n(N) = ?$	Формула нітроген(V) оксиду $N_2O_5$ .
$n(O) = ?$	Згідно з цією формулою:
	а) в 1 моль $N_2O_5$ міститься 2 моль атомів $N$
	в 0,5 моль $N_2O_5$ міститься $x$ моль атомів $N$ ,
	звідки:
	$x = \frac{0,5 \text{ моль} \cdot 2 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 1 \text{ моль}$

б) в 1 моль  $N_2O_5$  міститься 5 моль атомів  $O$ ,  
в 0,5 моль  $N_2O_5$  міститься  $y$  моль атомів  $O$ ,  
звідки:

$$y = \frac{0,5 \text{ моль} \cdot 5 \text{ моль}}{1 \text{ моль}} = 2,5 \text{ моль}$$

#### II спосіб.

Можна обійтись і без пропорцій. Достатньо зазначити, що атомів Нітрогену в  $N_2O_5$  у два рази більше, ніж молекул, тому:

$$n(N) = 2n(N_2O_5) = 2 \cdot 0,5 \text{ моль} = 1 \text{ моль},$$

а атомів Оксигену — у п'ять разів більше, тому:

$$n(O) = 5n(N_2O_5) = 5 \cdot 0,5 \text{ моль} = 2,5 \text{ моль}.$$

*Відповідь:*  $n(N) = 1$  моль;  $n(O) = 2,5$  моль.

- ☉ ...якщо одним молям монеток вартістю 1 копійка покрити всю поверхню Землі, включаючи моря і океани, то отримаємо шар товщиною 1 км.

### ВИСНОВКИ

- **Кількість речовини** — це кількість частинок (атомів, молекул, йонів тощо).
- Кількість речовини виражають у молях.
- **Моль** — це така кількість речовини, що містить  $6,02 \cdot 10^{23}$  структурних частинок (атомів, молекул, йонів тощо).
- Число частинок  $N$ , стала Авогадро  $N_A$  і кількість речовини  $n$  зв'язані формулами:

$$n = \frac{N}{N_A}; \quad N = n \cdot N_A$$



#### Початковий рівень

1. Що таке кількість речовини?
2. Дайте визначення поняття «моль».

3. Яку величину називають сталою Авогадро?
4. Одиницею вимірювання кількості речовини є
- |           |           |
|-----------|-----------|
| А) моль   | В) г      |
| Б) г/моль | Г) л/моль |

### Середній рівень

5. У склянці міститься 1 моль води. Обчисліть число молекул води у склянці. Плівка золота містить  $3,01 \cdot 10^{19}$  атомів Ауруму. Обчисліть кількість речовини золота (в молях).

### Достатній рівень

6. Скільки молів атомів Оксигену міститься у вуглекислому газі (карбон (IV) оксиді), кількість речовини якого: а) 1 моль; б) 4 моль; в) 0,3 моль.
7. Обчисліть кількість речовини сульфур(VI) оксиду  $SO_3$ , якщо відомо, що кількість речовини атомів Оксигену становить: а) 1 моль; б) 3 моль; в) 0,18 моль.

### Високий рівень

8. Скільки молів електронів міститься в одному молі: а) заліза; б) натрій хлориду?
9. Де більша кількість речовини Оксигену: у 3 моль карбон(II) оксиду чи 2 моль карбон(IV) оксиду?
10. Яка кількість речовини алюміній хлориду  $AlCl_3$  містить  $9,03 \cdot 10^{23}$  йонів Хлору? Скільки йонів Алюмінію у такій порції сполуки?
11. У якій кількості речовини амоніаку  $NH_3$  міститься стільки ж атомів Гідрогену, скільки їх у: а) 3 моль води; б) 6 моль гідроген сульфіді  $H_2S$ ; в) 12 моль метану  $CH_4$ ?
- 12.\* Подумайте, як можна наглядно продемонструвати, наскільки велике число Авогадро.



## § 22. Молярна маса

**Опрацювавши параграф, ви:**

- дізнаєтеся, що таке «молярна маса речовини», в яких одиницях вона вимірюється;
- навчитеся обчислювати молярну масу простих і складних речовин;
- зрозумієте різницю між відносною молекулярною і молярною масами;
- навчитеся розв'язувати задачі з використанням молярної маси.

Як ви вже знаєте, 1 моль будь-якої речовини містить  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул (або інших структурних одиниць).

А як дізнатися, скільки молів води міститься у склянці чи скільки молекул у повітрі, яким ви дихаєте у класі? Безпосередньо виміряти число молекул чи кількість речовини не можна, таких приладів ще не винайшли. Виміряти можна інші фізичні величини, наприклад, масу речовини  $m$ . Також під час розрахунків хіміки використовують ще одну величину — *молярну масу речовини*.

**Молярна маса** — це маса 1 моль речовини.

Молярну масу позначають  $M$ ; одиницею вимірювання молярної маси є грам на моль (г/моль).

Молярна маса, виражена в г/моль, чисельно дорівнює відносній молекулярній масі речовини.

**?** Яка відносна атомна маса Феруму?

Яка відносна молекулярна маса води?

Яка відносна формульна маса кальцій карбонату?

$$M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль}.$$

Між масою  $m$ , кількістю речовини  $\nu$  і її молярною масою  $M$  існує взаємозв'язок, який описується формулою:

$$M = \frac{m}{\nu}$$

**Молярна маса** — це фізична величина, що дорівнює відношенню маси речовини до її кількості.

Щоб розрахувати кількість речовини, потрібно знати її масу і молярну масу:

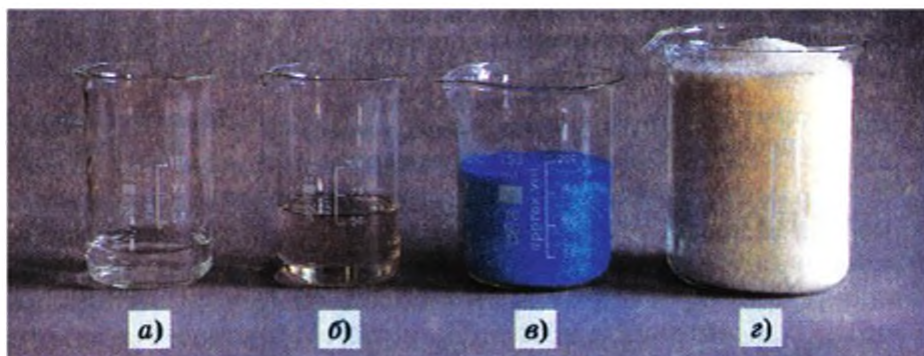
$$n = \frac{m}{M}$$

За кількістю речовини можна розрахувати її масу в грамах:

$$m = n \cdot M$$

Хоча молярна маса  $M$  і відносна молекулярна маса  $M_r$  мають однакові чисельні значення, між ними є дві важливі відмінності, які треба зрозуміти та запам'ятати. По-перше, молярна маса описує один моль речовини, тоді як відносна молекулярна маса — одну молекулу. По-друге молярна маса не є відносною величиною і, на відміну від відносної молекулярної маси, вимірюється у г/моль.

Зважимо речовини кількістю один моль. Легко помітити, що вони мають різну масу і займають різний об'єм (мал. 30). Так, один моль цукру важить 342 г і займає близько третини кілограмового пакета, один моль води — 18 г, за об'ємом — це одна столова ложка. Таким чином, різні речовини, узяті в однаковій кількості, наприклад 1 моль, мають різні маси. Чим же тоді подібні ці зразки речовин? Вони містять однакову кількість молекул чи інших частинок, з яких вони складаються. У столовій ложці (18 г) води міститься стільки ж молекул, скільки в 342 г цукру, а саме  $6,02 \cdot 10^{23}$ . Молекули цукру набагато важчі в порівнянні з молекулами води, тому один моль цукру і важить значно більше ніж один моль води. Очевидно, що чим більша маса однієї молекули, тим більша молярна маса речовини.



Мал. 30. Деякі речовини кількістю 1 моль: а) — вода; б) сульфатна кислота; в) мідний купорос; г) цукор

**ЗАДАЧА 1.** Обчисліть масу сульфатної кислоти  $\text{H}_2\text{SO}_4$  кількістю речовини 2 моль.

*Дано:*

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = ?$$

*Розв'язання.*

1. Знаходимо молярну масу сульфатної кислоти.

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2A_r(\text{H}) + A_r(\text{S}) + 4A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98.$$

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}.$$

2. Далі розрахунки можна здійснювати за формулою або за допомогою пропорції.

I спосіб.

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 196 \text{ г}.$$

II спосіб.

Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

1 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  має масу 98 г,

2 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  мають масу  $x$  г; звідки:

$$x = \frac{2 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г}}{1 \text{ моль}} = 196 \text{ г}$$

*Відповідь:*  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 196 \text{ г}.$

**ЗАДАЧА 2.** Обчисліть кількість речовини амоніаку, якщо його маса становить 51 г.

*Дано:*

$$m(\text{NH}_3) = 51 \text{ г}$$

$$n(\text{NH}_3) = ?$$

*Розв'язання.*

1. Обчислюємо молярну масу амоніаку.

$$M_r(\text{NH}_3) = 14 + 3 \cdot 1 = 17$$

$$M(\text{NH}_3) = 17 \text{ г/моль}.$$

2. Знаходимо кількість речовини амоніаку:

$$n(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NH}_3)}{M(\text{NH}_3)} = \frac{51 \text{ г}}{17 \text{ г/моль}} = 3 \text{ моль}$$

*Відповідь:*  $n(\text{NH}_3) = 3 \text{ моль}.$

ЗАДАЧА 3. Скільки атомів міститься у шматку заліза масою 14 г?

Дано:

$$m(\text{Fe}) = 14 \text{ г}$$

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

Розв'язання.

Як і в інших задачах, тут можна використати два способи: розрахунок за формулою чи скласти пропорцію.

I спосіб.

1. Знайдемо кількість речовини заліза.

$$n(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})} = \frac{14 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль.}$$

2. Обчислимо кількість атомів Феруму:

$$\begin{aligned} N(\text{Fe}) &= n(\text{Fe}) \cdot N_A = \\ &= 0,25 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = \\ &= 1,5 \cdot 10^{23} \text{ атомів.} \end{aligned}$$

II спосіб.

У 56 г (одному молі) заліза міститься  $6,02 \cdot 10^{23}$  атомів Феруму;

в 14 г заліза міститься  $x$  атомів Феруму, звідки:

$$x = \frac{14 \text{ г} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{56 \text{ г}} = 1,5 \text{ моль} \cdot 10^{23} \text{ атомів.}$$

Відповідь:  $N(\text{Fe}) = 1,5 \cdot 10^{23}$  атомів.

ЗАДАЧА 4. Маса деякої речовини, узятя кількістю речовини 0,4 моль, становить 25,6 г. Обчисліть молярну масу речовини.

Дано:

$$m(\text{реч.}) = 25,6 \text{ г}$$

$$n(\text{реч.}) = 0,4 \text{ моль}$$

$$M(\text{реч.}) = ?$$

Розв'язання.

$$M(\text{реч.}) = \frac{m(\text{реч.})}{n(\text{реч.})} = \frac{25,6 \text{ г}}{0,4 \text{ моль}} = 64 \text{ г/моль.}$$

Відповідь:  $M(\text{реч.}) = 64 \text{ г/моль.}$

**ВИСНОВКИ**

- Маса 1 моль речовини називають **молярною масою**.
- Молярна маса чисельно дорівнює відносній молекулярній масі.
- Взаємозв'язок між масою  $m$ , молярною масою  $M$  і кількістю речовини  $\nu$  описують формули:

$$\nu = \frac{m}{M}; \quad m = \nu \cdot M; \quad M = \frac{m}{\nu}$$

**Початковий рівень**

1. Молярну масу позначають буквою  
 А)  $M_r$                       Б)  $M$                       В)  $N$                       Г)  $n$
2. Який запис позначає молярну масу натрію?  
 А)  $A(\text{Na})$                       В)  $m(\text{Na})$   
 Б)  $A_r(\text{Na})$                       Г)  $M(\text{Na})$
3. Одиницею вимірювання молярної маси є  
 А) г                                      В) моль<sup>-1</sup>  
 Б) моль                                Г) г/моль
4. Дайте визначення молярної маси.
5. Що спільного і в чому відмінність між молярною масою і відносною молекулярною масою?

**Середній рівень**

6. Яка речовина має найменшу молярну масу?
7. Розрахуйте молярні маси таких речовин за їх формулами:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ .
8. Обчисліть кількість речовини: а) 16 г сірки S; б) 24 г кисню  $\text{O}_2$ ; в) 126 г нітратної кислоти  $\text{HNO}_3$ ; г) 500 г кальцій карбонату  $\text{CaCO}_3$ ; д) 18 кг води.

**Достатній рівень**

9. У зразку речовини масою 2,8 г міститься 0,05 моль речовини. Визначте молярну масу речовини.

10. Скільки молекул і атомів міститься у 160 г рідкого кисню?
11. Зразок сульфатної кислоти має масу 49 г. Обчисліть кількість речовини: а) сульфатної кислоти; б) Сульфуру; в) Гідрогену; г) Оксигену в цьому зразку.

### Високий рівень

12. Де міститься більше молекул — у 100 г кисню  $O_2$  чи в 100 г азоту  $N_2$ ?
13. Де міститься більше молекул — у 200 г кисню  $O_2$  чи в 200 г озону  $O_3$ ?
14. Молярна маса сполуки Карбону з Гідрогеном дорівнює 16 г моль. Встановіть формулу цієї сполуки.
- 15.\* Використовуючи визначення молярної маси, відносної молекулярної маси і атомної одиниці маси, доведіть, що молярна маса чисельно дорівнює відносній молекулярній масі.

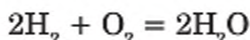
## § 23. Закон Авогадро. Молярний об'єм газів

### Опрацювавши параграф, ви:

- дізнаєтеся, як співвідносяться об'єми газів у хімічних реакціях;
- зрозумієте, чому в однакових об'ємах різних газів за однакових умов міститься однакове число молекул;
- усвідомите, який об'єм газу називають молярним;
- начнетеся розв'язувати задачі з використанням молярного об'єму газів.

### 1. Співвідношення об'ємів газів у хімічних реакціях

Розглянемо реакцію між воднем і киснем, яку описує таке хімічне рівняння:



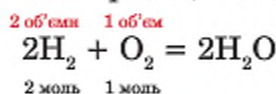
Як видно з рівняння, одна молекула кисню реагує з двома молекулами водню. Але на практиці в реакцію вступають величезні кількості частинок. Припустимо, що реагують  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул кисню (1 моль). Тоді очевидно, що кількість молекул водню, які вступають у реакцію, у два рази більша:  $2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$ , тобто 2 моль.

Зробимо висновок: коефіцієнти біля формул речовин у рівнянні реакції відповідають кількостям речовин.

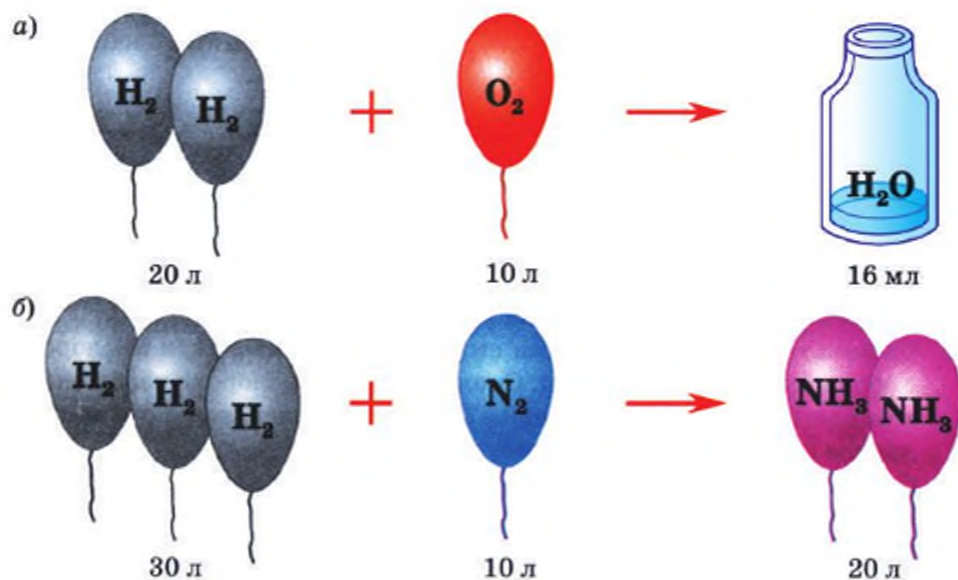
Досліджуючи реакцію водню з киснем, французький учений Ж.Л. Гей-Люссак виявив, що два об'єми водню завжди сполучаються з одним об'ємом кисню, утворюючи воду. Вивчивши іще декілька реакцій, Гей-Люссак встановив, що, коли гази реагують між собою, їхні об'єми завжди відносяться один до одного як невеликі цілі числа (мал. 31). Цей закон називають *законом об'ємних співвідношень*.

## 2. Закон Авогадро

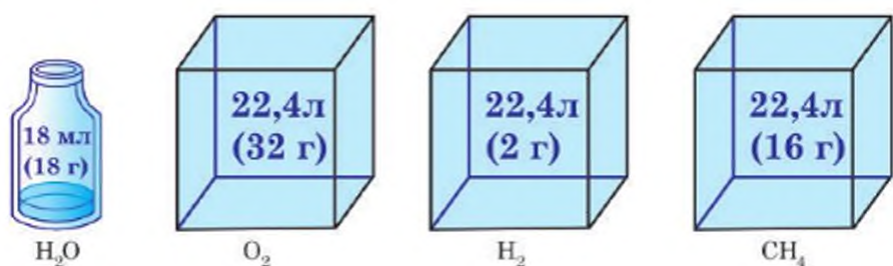
Знову запишемо рівняння реакції між воднем і киснем:



Згідно з цим рівнянням, два моля водню реагують з одним молем кисню. Якщо врахувати, що об'єм водню теж у два рази більший за об'єм кисню, то очевидно, що 1 моль будь-якого із цих газів займає однаковий об'єм.



**Мал. 31.** Об'єми газів, що вступають у реакцію та утворюються внаслідок реакції, співвідносяться як цілі числа: а – два об'єми водню (20 л) реагують з одним об'ємом кисню (10 л); б – три об'єми водню (30 л) реагують з одним об'ємом азоту (10 л), утворюючи два об'єми амоніаку (20 л)



Мал. 32. Об'єми речовин кількістю 1 моль

До цього ж висновку можна прийти на основі закону, який сформулював А. Авогадро і який названий його ім'ям:

В однакових об'ємах різних газів за однакових умов (температури і тиску) міститься однакове число молекул.

### 3. Молярний об'єм газів

Знаючи, що один моль будь-якої речовини містить певне число молекул, можна зробити висновок про те, що всі гази кількістю речовини 1 моль за одних і тих самих умов займають однаковий об'єм (мал. 32). Об'єм 1 моль речовини називають *молярним об'ємом*.

Значення молярного об'єму газів залежить від температури і тиску. В хімії молярний об'єм газів вимірюють за нормальних умов (скорочено н. у.): за температури 0 °С і атмосферному тиску 101,3 кПа (або 760 мм рт. ст.).

За нормальних умов молярний об'єм будь-якого газу дорівнює 22,4 л/моль.

Молярний об'єм позначають  $V_M$ .

По аналогії з молярною масою визначають молярний об'єм  $V_M$  як відношення об'єму  $V$  до кількості речовини  $\nu$ :

$$V_M = \frac{V}{\nu}$$

Знаючи молярний об'єм газу, можна визначити кількість речовини  $\nu$ , що міститься в об'ємі  $V$  за нормальних умов:



$$n = \frac{V}{V_M}$$

Газ кількістю  $v$  молей займає об'єм:

$$V = n \cdot V_M$$

Для порівняння маси одиниці об'єму різних тіл використовують фізичну величину — густину:

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ де}$$

Де:  $\rho$  — густина тіла;

$m$  — маса тіла;

$V$  — об'єм тіла.

Для газів справедливим є співвідношення:

$$\rho(\text{газу}) = \frac{M}{V_M}$$

Де:  $\rho(\text{газу})$  — густина газу;

$M$  — молярна маса газу;

$V_M$  — молярний об'єм газу.

Із цієї формули можна отримати формулу для обчислення молярної маси газу, якщо відома його густина:

$$M = \rho(\text{газу}) \cdot V_M$$

#### 4. Розв'язування задач з використанням молярного об'єму газів

**ЗАДАЧА 1.** Яку кількість речовини становить водень об'ємом 44,8 л (н. у.)?

*Дано:*

$$V(\text{H}_2) = 44,8 \text{ л}$$

$$n(\text{H}_2) = ?$$

*Розв'язання.*

Кількість речовини водню обчислюємо за відповідною формулою:

$$n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_M} = \frac{44,8 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 2 \text{ моль.}$$

*Відповідь:*  $n(\text{H}_2) = 2 \text{ моль.}$

ЗАДАЧА 2. Який об'єм за н. у. займає кисень кількістю речовини 0,5 моль?

<p><i>Дано:</i>  <math>n(\text{O}_2) = 0,5</math> моль  <hr/> <math>V(\text{O}_2) = ?</math></p>	<p><i>Розв'язання.</i>          Об'єм кисню обчислюємо за відповідною формулою:  <math>V(\text{O}_2) = V_M \cdot n(\text{O}_2) =</math>  <math>= 22,4 \text{ л/моль} \cdot 0,5 \text{ моль} = 11,2 \text{ л.}</math></p>
--	--

*Відповідь:*  $V(\text{O}_2) = 11,2 \text{ л.}$

ЗАДАЧА 3. Обчисліть об'єм 32 г метану  $\text{CH}_4$  за нормальних умов.

<p><i>Дано:</i>  <math>m(\text{CH}_4) = 32</math> г  <hr/> <math>V(\text{CH}_4) = ?</math></p>	<p><i>Розв'язання.</i>  <u>I спосіб.</u>          1. Обчислюємо кількість речовини метану:  <math>n(\text{CH}_4) = \frac{m(\text{CH}_4)}{M(\text{CH}_4)} = \frac{32 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 2 \text{ моль.}</math>  <math>M(\text{CH}_4) = 12 + 4 \cdot 1 = 16 \text{ г/моль.}</math>          2. Обчислюємо об'єм метану за відповідною формулою:  <math>V(\text{CH}_4) = n(\text{CH}_4) \cdot V_M =</math>  <math>= 2 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 44,8 \text{ л.}</math>  <u>II спосіб.</u>          1. Обчислюємо кількість речовини метану:  <math>n(\text{CH}_4) = \frac{m(\text{CH}_4)}{M(\text{CH}_4)} = \frac{32 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 2 \text{ моль.}</math>  <math>M(\text{CH}_4) = 12 + 4 \cdot 1 = 16 \text{ г/моль.}</math>          2. Обчислюємо об'єм метану складанням пропорції:          1 моль <math>\text{CH}_4</math> займає за н. у. об'єм 22,4 л          2 моль <math>\text{CH}_4</math> займають за н. у. об'єм <math>x</math> л  <math>x = V(\text{CH}_4) = 2 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 44,8 \text{ л.}</math></p>
--	---

*Відповідь:*  $V(\text{CH}_4) = 44,8 \text{ л.}$

ЗАДАЧА 4. Розрахуйте густину вуглекислого газу за н. у.

<p><i>Дано:</i></p> $\frac{\text{CO}_2}{\rho(\text{CO}_2) - ?}$	<p><i>Розв'язання.</i></p> $\rho(\text{CO}_2) = \frac{M(\text{CO}_2)}{V_M} = \frac{44 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,96 \text{ г/л.}$ $M(\text{CO}_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ г/моль.}$
---	---

*Відповідь:*  $\rho(\text{CO}_2) = 1,96 \text{ г/л.}$

ЗАДАЧА 5. Обчисліть об'єм (н. у.)  $3,01 \cdot 10^{26}$  молекул чадного газу CO.

<p><i>Дано:</i></p> $\frac{N(\text{CO}) = 3,01 \cdot 10^{26} \text{ молекул}}{V(\text{CO}) - ?}$	<p><i>Розв'язання.</i></p> <p>1. Обчислюємо кількість речовини чадного газу.</p> $n(\text{CO}) = \frac{N(\text{CO})}{N_A} = \frac{3,01 \cdot 10^{26} \text{ молекул}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ молекул/моль}} = 500 \text{ моль.}$ <p>2. Обчислюємо об'єм чадного газу.</p> $V(\text{CO}) = V_M \cdot n(\text{CO}) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 500 \text{ моль} = 11200 \text{ л} = 11,2 \text{ м}^3.$
--	---

*Відповідь:*  $V(\text{CO}) = 11,2 \text{ м}^3.$

ЗАДАЧА 6. Скільки молекул міститься в 448 л (н. у.) амоніаку NH<sub>3</sub>?

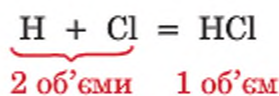
<p><i>Дано:</i></p> $\frac{V(\text{NH}_3) = 448 \text{ л}}{N(\text{NH}_3) - ?}$	<p><i>Розв'язання.</i></p> <p>1. Обчислюємо кількість речовини амоніаку.</p> $n(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3)}{V_M} = \frac{448 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 20 \text{ моль;}$ <p>2. Обчислюємо кількість молекул амоніаку.</p> $N(\text{NH}_3) = N_A \cdot n(\text{NH}_3) = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ молекул/моль} \cdot 20 \text{ моль} = 1,204 \cdot 10^{25} \text{ молекул.}$
---	---

*Відповідь:*  $N(\text{NH}_3) = 1,204 \cdot 10^{25} \text{ молекул.}$

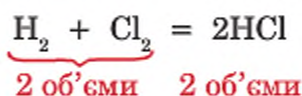
- ☞ ...за кімнатної температури (25 °C) і атмосферного тиску молярний об'єм газів децю більший:  $V_M = 24,4$  л/моль.
- ☞ ...молярний об'єм рідких і твердих речовин, на відміну від молярного об'єму газів, практично не залежить від тиску і температури, проте він різний у різних речовин. Наприклад, за звичайних умов один моль води займає об'єм 18 мл, етанолу — 58 мл, золота —  $10 \text{ см}^3$  ( $1 \text{ см}^3 = 1 \text{ мл}$ ). Молярний об'єм можна знайти, якщо відома молярна маса  $M$  і густина  $\rho$ :

$$V_M = \frac{M}{\rho}$$

- ☞ ...закон Авогадро відіграв дуже важливу роль у розвитку атомно-молекулярного вчення. За його допомогою Авогадро встановив, що молекули газуватих простих речовин (кисень, азот, водень, хлор) двоатомні. Відомо, наприклад, що під час взаємодії водню і хлору загальний об'єм залишається постійним, отже, число молекул також не змінюється. Якщо припустити, що водень і хлор одноатомні, то в результаті реакції сполучення об'єм повинен був би зменшитись у 2 рази:



Оскільки об'єм не змінюється, то це означає, що молекули водню і хлору містять по 2 атоми і реакція відбувається за рівнянням:



Аналогічно були встановлені формули води, амоніаку, вуглекислого газу та інших газоподібних речовин.

### ВИСНОВКИ

- Об'єми газів, що вступають у реакцію та утворюються внаслідок реакції, співвідносяться як цілі числа (закон об'ємних співвідношень Гей-Люссака).

- В однакових об'ємах газів за однакових температури і тиску міститься однакова кількість молекул (закон Авогадро).
- Об'єм 1 моль речовини називають молярним об'ємом.
- Молярний об'єм газів залежить від температури і тиску. За нормальних умов (температурі 0 °С і тиску 101,3 кПа) молярний об'єм будь-якого газу дорівнює 22,4 л/моль.
- Об'єм газу  $V$ , молярний об'єм  $V_M$  і кількість речовини  $\nu$  зв'язані формулами:

$$n = \frac{V}{V_M}; \quad V = n \cdot V_M$$



### Початковий рівень

1. Як співвідносяться об'єми газів у хімічних реакціях?
2. Сформулюйте закон Авогадро.
3. Які умови називають нормальними?
4. Чому дорівнює молярний об'єм газів за нормальних умов?

### Середній рівень

5. Який об'єм займають за нормальних умов: а) 2 моль азоту; б) 0,5 моль кисню; в) 0,25 моль азоту?

### Достатній рівень

6. Скільки молекул кисню міститься за нормальних умов: а) в 1 м<sup>3</sup>; б) в 1 кг?
7. Скільки молекул міститься всередині гумової кулі об'ємом 5,6 л (н. у.), заповненої воднем? Чи зміниться відповідь, якщо в умові задачі водень замінити на: а) азот; б) невідомий газ; в) водопровідну воду?
8. Який об'єм займають за нормальних умов: а) 10 г водню; 10 моль водню?
9. Де міститься більше молекул амоніаку — у 100 г чи в 100 л (н. у.)?

### Високий рівень

10. У якому об'ємі амоніаку  $\text{NH}_3$  міститься в 3 рази більше молекул, ніж у 100 літрах метану  $\text{CH}_4$ ? Об'єми газів виміряні за однакових умов.
11. Є два гази, взяті за однакових умов: 10 л метану  $\text{CH}_4$  і 20 л хлору  $\text{Cl}_2$ . В якому із них міститься більше молекул, а в якому — більше атомів і у скільки разів?
- 12.\* Поясніть, як з допомогою закону Авогадро можна встановити, що формула води  $\text{H}_2\text{O}$ , а не  $\text{HO}$ .

## § 24. Відносна густина газів

Опрацювавши параграф, ви:

- дізнаєтеся, що таке відносна густина одного газу за іншим;
- зрозумієте, як обчислюють відносну густина газів;
- навчитеся розв'язувати задачі з використанням відносної густини газів.

Формулюючи свій закон, Авогадро писав: «Густина різних газів є мірою мас їх молекул».

Розглянемо два гази — А і Б — кількістю речовини один моль, взятих за однакових умов. Пригадайте, що густина газу можна знайти як відношення молярної маси до молярного об'єму:

$$\rho = \frac{M}{V_M}$$

Щоб дізнатися, у скільки разів газ В важчий за газ А, треба густина газу В поділити на густина газу А. Цю величину називають відносною густиною газу В за газом А і позначають  $D_A(\text{B})$ :

$$D_A(\text{B}) = \frac{\rho(\text{B})}{\rho(\text{A})} = \frac{\frac{M(\text{B})}{V_M}}{\frac{M(\text{A})}{V_M}} = \frac{M(\text{B})}{M(\text{A})}$$

Молярні об'єми газів однакові, тому густина газу за даних умов прямо пропорційна його молярній масі. Відношення густин двох газів дорівнює відношенню їхніх молярних мас.

Відносна густина показує, у скільки разів один газ важчий за інший за даних умов, і є безрозмірною величиною.

Відносну густина газів часто порівнюють з повітрям. Середню молярну масу повітря приймають рівною 29 г/моль. Якщо молярна маса газу менша за це значення, то газ легший за повітря.

**ЗАДАЧА.** Обчисліть відносну густина хлору за воднем і повітрям.

<p><i>Дано:</i></p> <p><math>\text{Cl}_2</math></p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p><math>D_{\text{H}_2}(\text{Cl}_2) — ?</math></p> <p><math>D_{\text{пов.}}(\text{Cl}_2) — ?</math></p>	<p><i>Розв'язання.</i></p> <p><math>M(\text{Cl}_2) = 2 \cdot 35,5 = 71 \text{ г/моль}</math></p> <p><math>M(\text{H}_2) = 2 \cdot 1 = 2 \text{ г/моль}</math></p> <p><math>M(\text{пов.}) = 29 \text{ г/моль}</math></p> <p>1. Обчислюємо відносну густина хлору за воднем.</p> $D_{\text{H}_2}(\text{Cl}_2) = \frac{M(\text{Cl}_2)}{M(\text{H}_2)} = \frac{71 \text{ г/моль}}{2 \text{ г/моль}} = 35,5$ <p>2. Обчислюємо відносну густина хлору за повітрям.</p> $D_{\text{пов.}}(\text{Cl}_2) = \frac{M(\text{Cl}_2)}{M(\text{пов.})} = \frac{71 \text{ г/моль}}{29 \text{ г/моль}} = 2,45$
---	---

*Відповідь:*  $D_{\text{H}_2}(\text{Cl}_2) = 35,5$ ;  $D_{\text{пов.}}(\text{Cl}_2) = 2,45$ .

### ВИСНОВКИ

- Відносна густина показує, у скільки разів один газ важчий за інший.
- Відносна густина** — величина безрозмірна.

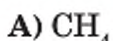


### Початковий рівень

1. Який фізичний зміст відносної густини одного газу за іншим?
2. Напишіть формулу для обчислення відносної густини газу.

### Середній рівень

3. Укажіть формулу газу, важчого за повітря:



4. У даному переліку укажіть найлегший газ.  
А)  $C_4H_{10}$                       В)  $C_2H_6$   
Б)  $CH_4$                          Г)  $C_2H_2$
5. У скільки разів кисень важчий за: а) водень; б) повітря? Гази знаходяться за однакових температур і тиску.

#### Достатній рівень

6. Знайдіть відносну густина гелію і неону: а) за воднем; б) за повітрям.
7. Поясніть, чому відносні густини усіх газів за воднем більші від 1.
8. Знайдіть відносну густина за гелієм таких газів:  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $SO_2$ .

#### Високий рівень

9. Відносна густина деякого газу за киснем дорівнює 2. Чому дорівнює відносна густина цього газу за воднем?
- 10.\* Оксид Карбону і оксид Нітрогену мають однакову густина за однакових умов. Встановіть формули оксидів.
- 11.\* Обчисліть середню молярну масу повітря.



# Розділ 4

## Основні класи неорганічних сполук

- Оксиди
- Основи
- Кислоти
- Солі
- Властивості оксидів
- Розрахунки за хімічними рівняннями
- Властивості основ
- Властивості кислот
- Властивості солей
- Амфотерні гідроксиди
- Добування оксидів
- Добування основ і амфотерних гідроксидів
- Добування кислот
- Добування солей
- Генетичні зв'язки між основними класами неорганічних сполук



Як ви пам'ятаєте з курсу хімії 7 класу, всі речовини поділяють на *органічні* і *неорганічні*. До органічних речовин належать майже всі сполуки Карбону. Неорганічні речовини — це прості речовини, а також речовини, утворені іншими елементами.

На даний час відомо близько 800 000 неорганічних речовин. Щоб орієнтуватися у такій величезній кількості речовин, їх поділяють на окремі класи — *окси́ди, основи, амфотерні гідрокси́ди, кислоти і солі*.



Склад, властивості, поширеність у природі, використання та вплив на довкілля неорганічних речовин ми й будемо вивчати у наступних параграфах.

## § 25. Оксиди

Опрацювавши параграф, ви:

- повторите, які речовини називають оксидами;
- дізнаєтеся, як утворюють назви оксидів;
- навчитеся складати формули оксидів за їхніми назвами;
- дізнаєтеся, де використовують оксиди.

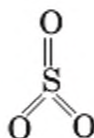
### 1. Склад і назви оксидів

Пригадайте з курсу хімії 7 класу, що

**оксиди** — сполуки, утворені двома хімічними елементами, одним із яких є Оксиген.

У формулах оксидів символ Оксигену записують на другому місці.

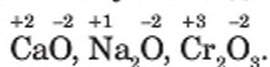
В оксидах атоми Оксигену сполучаються з атомами інших елементів і не сполучаються між собою:



Загальна формула оксидів  $\text{E}_x\text{O}_y$ , де  $\text{E}$  — хімічний елемент,  $x$  та  $y$  — індекси у формулі оксиду. Для одновалентних елементів загальна формула оксидів  $\overset{\text{I}}{\text{E}}_2\overset{\text{II}}{\text{O}}$  (як ви пам'ятаєте, Оксиген виявляє сталу валентність II); для двовалентних —  $\text{EO}$  тощо.

**?** Складіть загальну формулу оксидів елементів, які виявляють валентність V і VII.

Ступінь окиснення Оксигену в оксидах дорівнює  $-2$ :



Майже всі хімічні елементи утворюють оксиди. Винятками є Флуор і три інертні елементи — Гелій, Неон, Аргон.

Назви оксидів елементів, які мають постійну валентність, складається з двох слів: назви елемента і слова «оксид», наприклад:  $MgO$  — магній оксид,  $Na_2O$  — натрій оксид.

? Дайте назви таким оксидам:  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $Al_2O_3$ .

Складіть формули оксидів за їхніми назвами: барій оксид, літій оксид, бор оксид.

Якщо елемент утворює декілька оксидів, то у назві римською цифрою в дужках вказують значення валентності елемента, наприклад:

$MnO$  — манган(II) оксид

$Mn_2O_3$  — манган(III) оксид

$MnO_2$  — манган(IV) оксид.

? Дайте назви таким оксидам:  $Cu_2O$ ,  $CuO$ ,  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ .

Якщо валентність хімічного елемента в оксиді збігається з номером групи, у якій він розміщений, то оксид називають вищим:  $CO_2$  — карбон(IV) оксид (вищий оксид Карбону),  $SO_3$  — сульфур(VI) оксид (вищий оксид Сульфуру),  $P_2O_5$  — фосфор(V) оксид (вищий оксид Фосфору).

? Складіть формули вищих оксидів Арсену і Селену.



Мал. 33. Вода



Мал. 34. Пісок

## 2. Поширеність оксидів у природі

Найпоширенішим оксидом на Землі є гідроген оксид — вода. Вона наповнює океани, моря, озера й річки, пара води входить до складу повітря. Вода міститься в організмах тварин і рослин (мал. 33).

Силіцій(IV) оксид є у природі у вигляді піску (мал. 34). Як правило, пісок забруднений домішками (оксидами Феруму), які надають йому жовтого забарвлення.

Чисті кристали силіцій(IV) оксиду називають кварцом, вони прозорі і безбарвні. У природі зустрічаються великі кристали кварцу (гірського кришталю) (мал. 35).

Кристалики  $\text{SiO}_2$  у вигляді включень є в граніті та інших гірських породах, при руйнуванні яких утворюється пісок.

До складу глини входять силіцій(IV) оксид  $\text{SiO}_2$  та алюміній оксид  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Дуже поширені у природі залізні руди — оксиди Феруму:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (мал. 36).

У повітрі міститься невелика кількість вуглекислого газу (карбон(IV) оксиду). Сірчистий газ (сульфур(IV) оксид) є у вулканічних газах (мал. 37).

### 3. Використання оксидів

Вода відіграє унікальну роль як речовина, яка визначає можливість існування і саме життя природи на Землі. Вона впливає на клімат, є середовищем, в якому відбуваються усі процеси в живих організмах. Велике значення має вода у промисловості, для транспорту, у будівництві. Особливо багато води потребують хімічна промисловість, металургійні підприємства, текстильні фабрики, цукрові заводи. Багато води витрачається у побуті.

З оксидів Феруму  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (вони є у складі залізних руд) добувають залізо. Кальцій оксид  $\text{CaO}$  використовують для одержання гашеного вапна. Цинк оксид  $\text{ZnO}$  використовують для виготовлення білої фарби, хром(III) оксид  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  — зеленої, ферум(III) оксид  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — коричневої. Силіцій(IV) оксид  $\text{SiO}_2$  застосовують у будівництві. Прозорі кристали корунду  $\text{Al}_2\text{O}_3$  використовують у ювелірній промисловості як



Мал. 35. Гірський криштал



Мал. 36. Залізні руди



Мал. 37. Вулкан



Мал. 38. Рубін



Мал. 39. Сапфір

дорогоцінні камені: рубін — червоного кольору (мал. 38), сапфір — синього кольору (мал. 39). Непрозорі кристали корунду застосовують для виготовлення шліфувальних матеріалів. Карбон(II) оксид CO використовують як відновник під час виплавки металів і як паливо. Карбон(IV) оксид CO<sub>2</sub> використовують під час виробництва газованих напоїв.

### ■ Якщо хочете знати хімію глибше...

- ➔ ...сполуки елементів з Оксигеном, у яких є зв'язок між двома атомами Оксигену, називають **пероксидами**, наприклад, гідроген пероксид:  $H - O - O - H$ . Ступінь окиснення Оксигену у пероксидах дорівнює  $-1$ :  $H_2\overset{+1}{O}\overset{-1}{O}_2$
- ➔ ...до оксидів не належить оксиген флуорид  $OF_2$ , ступінь окиснення Оксигену у якому дорівнює  $+2$ :  $O\overset{+2}{F}\overset{-1}{F}_2$ .
- ➔ ...інколи у назві оксиду зазначають кількість атомів Оксигену за допомогою грецького числівника, наприклад:
  - CO — карбон монооксид;
  - CO<sub>2</sub> — карбон діоксид;
  - SO<sub>2</sub> — сульфур діоксид;
  - SO<sub>3</sub> — сульфур триоксид.
- ➔ ...деякі оксиди мають ще й тривіальні назви, наприклад: CO — чадний газ, CO<sub>2</sub> — вуглекислий газ, SO<sub>2</sub> — сірчистий газ, CaO — палене або негашене вапно, MgO — палена магnezія.
- ➔ ...деякі хімічні елементи утворюють оксиди різних типів. Наприклад, CrO (нижча валентність II) — основний оксид; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (валентність III) — амфотерний оксид; CrO<sub>3</sub> (вища валентність VI) — кислотний оксид. MnO (нижча валентність II) — основний оксид, Mn<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (вища валентність VII) — кислотний оксид.

☞ ...кристали гірського кристалю іноді досягають великих розмірів, було знайдено кристал масою 70 т.

## ВИСНОВКИ

- **Оксиди** — сполуки, утворені двома хімічними елементами, одним із яких є Оксиген.
- Назви оксидів складаються з назви елемента і слова «оксид». Якщо елемент має змінну валентність, то у назві після назви елемента у дужках зазначають його валентність.
- Оксиди поширені у природі і використовуються у різних сферах діяльності людини.



### Початковий рівень

1. Як поділяють речовини?
2. Як класифікують неорганічні речовини?
3. Укажіть хімічний елемент, що обов'язково входить до складу оксидів:
 

А) Нітроген	В) Оксиген
Б) Карбон	Г) Гідроген
4. У поданому переліку укажіть формули оксидів:  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{MgO}$ .
5. Укажіть формулу хром(III) оксиду:
 

А) $\text{CrO}$	В) $\text{Cr}(\text{OH})_3$
Б) $\text{Cr}_2\text{O}_3$	Г) $\text{CrO}_3$
6. Укажіть формулу нітроген(II) оксиду:
 

А) $\text{N}_2\text{O}$	Б) $\text{N}_2\text{O}_5$	В) $\text{N}_2\text{O}_3$	Г) $\text{NO}$
-------------------------	---------------------------	---------------------------	----------------

### Середній рівень

7. Напишіть формули оксидів Літію, Селену(IV), Барію, Хрому(II), Натрію, Хрому(III), Карбону(II), Феруму(III), Мангану(IV), Фосфору(V), Карбону(IV), Феруму(II).
8. Запишіть формули сполук, що мають такі назви: а) нітроген(II) оксид; б) фосфор(III) оксид; в) бор оксид; г) арсен(V) оксид.





20. Обчисліть масу карбон(II) оксиду об'ємом 5,6 л (н.у.)
21. Обчисліть об'єм (н.у.), який займають  $2,408 \cdot 10^{23}$  молекул сульфур(IV) оксиду.
22. Обчисліть відносну густину карбон(IV) оксиду за воднем.
23. Укажіть відповідність між кількістю речовини оксиду і його масою:

<i>Кількість речовини оксиду</i>	<i>Маса оксиду</i>
1) 0,5 моль літій оксиду	А) 15 г
2) 0,1 моль барій оксиду	Б) 14,4 г
3) 0,2 моль ферум(II) оксиду	В) 16 г
4) 0,1 моль ферум(III) оксиду	Г) 15,3 г
	Д) 16,5 г

24. Укажіть відповідність між об'ємом газуватого оксиду і його масою:

<i>Об'єм оксиду</i>	<i>Маса оксиду</i>
1) 5,6 л нітроген(I) оксиду	А) 14 г
2) 11,2 л карбон(II) оксиду	Б) 7,5 г
3) 5,6 л нітроген(II) оксиду	В) 11 г
4) 5,6 л сульфур (IV) оксиду	Г) 11,5 г
	Д) 16 г

### Високий рівень

25. Укажіть відповідність між кількістю речовини оксиду і кількістю речовини (моль) Оксигену, яку він містить:

<i>Кількість речовини оксиду</i>	<i>Кількість речовини Оксигену (моль)</i>
1) 0,3 моль натрій оксиду	А) 0,5
2) 0,2 моль кальцій оксиду	Б) 0,4
3) 0,2 моль алюміній оксиду	В) 0,2
4) 0,1 моль фосфор (V) оксиду	Г) 0, 6
	Д) 0,3

26. Укажіть відповідність між об'ємом газуватого оксиду і кількістю речовини (моль) Оксигену, яку він містить:

<i>Об'єм оксиду</i>	<i>Кількість речовини Оксигену (моль)</i>
1) 11,2 л сульфур(IV) оксиду	А) 1
2) 22,4 л карбон(IV) оксиду	Б) 2
3) 5,6 л нітроген(IV) оксиду	В) 3
4) 67,2 л нітроген(II) оксиду	Г) 2,5
	Д) 0,5

27. Обчисліть масові частки елементів у вищому оксиді Фосфору.

28.\* Вищий оксид деякого хімічного елемента головної підгрупи IV групи масою 22 г займає об'єм 11,2 л (н. у.). Визначте масову частку Оксигену у цьому оксиді.

## § 26. Основи

**Опрацювавши параграф, ви:**

- повторите, які речовини називають основами;
- закріпите, як утворюють назви основ;
- навчитеся складати формули основ за їхніми назвами;
- дізнаєтеся, де використовують основи.

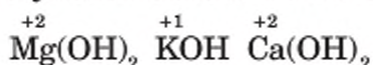
### 1. Склад основ

Пригадайте з курсу хімії 7 класу, що речовини, які мають формули  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$  належать до класу основ. На основі вивченого матеріалу у 8 класі ми вже зможемо сформулювати визначення, що таке основи.

**Основами** називають сполуки, які складаються з катіонів металічного елемента і гідроксид-аніонів  $\text{OH}^-$ .

Гідроксид-аніони також називають гідроксильною групою або гідроксигрупою. Гідроксильна група одновалентна.

Загальна формула основ  $\text{Me}(\text{OH})_n^{+n}$ . Число гідроксид-аніонів в основі визначається ступенем окиснення металічного елемента:



## 2. Назви основ

Назва основи складається з назви металічного елемента і слова «гідроксид». Наприклад,  $\text{NaOH}$  — натрій гідроксид,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  — барій гідроксид.

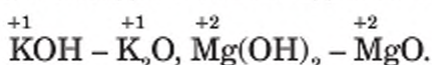
**?** Назвіть такі основи:  $\text{KOH}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

Якщо металічний елемент має змінну валентність і утворює декілька гідроксидів, то в дужках римською цифрою вказують значення валентності після назви елемента:  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  — ферум(II) гідроксид.

**?** Дайте назви основам (металічні елементи, які утворюють основи, мають змінну валентність):  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CuOH}$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .

## 3. Взаємозв'язок основ і оксидів

Кожній основі відповідає певний оксид. Ступінь окиснення металічного елемента в оксиді і в основі однаковий.



**?** Які оксиди відповідають барій гідроксиду і натрій гідроксиду?

## 4. Використання основ

Основ у природі немає.

Кальцій гідроксид використовують у будівництві, для приготування бордоської суміші (засобу боротьби із хворобами та шкідниками рослин).

Вапняне молоко (суспензія кальцій гідроксиду і води) у виробництві цукру, соди, інших речовин.

Вапняна вода (розчин кальцій гідроксиду у воді) використовують у лабораторній практиці. Натрій гідроксид використовують для очищення нафти, виробництва мила, у текстильній промисловості.

Калій гідроксид та літій гідроксид застосовують в акумуляторах.

- ☞ ...деякі основи мають тривіальні назви:  $\text{NaOH}$  — їдкий натр, або каустична сода;  $\text{KOH}$  — їдке калі;  $\text{Ca(OH)}_2$  — гашене вапно.

### ВИСНОВКИ

- **Основи** — це сполуки, які складаються з катіонів металічного елемента і гідроксид-аніонів  $\text{OH}^-$ .
- Назва основи складається з назви металічного елемента і слова «гідроксид».



### Початковий рівень

1. Укажіть валентність гідроксильної групи:  
 А) I                      Б) II                      В) III                      Г) IV
2. Укажіть формулу основи:  
 А)  $\text{Na}_2\text{O}$                       Б)  $\text{Na}_2\text{S}$                       В)  $\text{NaOH}$                       Г)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

### Середній рівень

3. Укажіть загальну формулу основ:  
 А)  $\text{M}_x\text{O}_y$                       Б)  $\text{H}_x\text{E}$                       В)  $\text{M(OH)}_n$                       Г)  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$
4. Укажіть молярну масу (г/моль) магній гідроксиду:  
 А) 169                      Б) 126                      В) 58                      Г) 85
5. Із поданого переліку виберіть формули основ:  $\text{KOH}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{Ba(OH)}_2$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$ .
6. Дайте назви основам, які мають формули:  $\text{LiOH}$ ,  $\text{Cr(OH)}_2$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$ ,  $\text{Fe(OH)}_2$ .

### Достатній рівень

7. Напишіть формули основ, які містять такі катіони:  $\text{Cr}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ . Назвіть їх.
8. Напишіть формули оксидів, які відповідають таким основам: натрій гідроксид, манган(II) гідроксид, барій гідроксид, купрум(I) гідроксид, купрум(II) гідроксид.

9. Укажіть загальну кількість речовини (моль) йонів, які містяться в 2,5 моль калій гідроксиду:  
 А) 5                      Б) 6                      В) 7                      Г) 8
10. Укажіть масу (г) 10 моль кальцій гідроксиду:  
 А) 74                      Б) 148                      В) 200                      Г) 740

### Високий рівень

11. Укажіть число протонів і електронів у гідроксид-аніоні:  
 А) 9 і 10                      Б) 9 і 9                      В) 9 і 8                      Г) 8 і 9
12. У якій порції речовини більше йонів: магній гідроксиді кількості речовини 3 моль чи калій гідроксиді кількості речовини 4 моль?
13. Яка маса кальцій гідроксиду містить стільки йонів, скільки молекул міститься в 66 г карбон(IV) оксиду?
- 14.\* Установіть формулу основи, якщо масові співвідношення металічного елемента, Оксигену і Гідрогену дорівнюють 32 : 16 : 1, а ступінь окиснення металічного елемента становить +2.

## § 27. Кислоти

**Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:**

- яку будову мають кислоти;
- формули і назви деяких кислот;
- як визначати валентність кислотного залишку;
- про поширеність кислот у природі і їх використання.

### 1. Склад і будова кислот

Пригадайте з курсу 7 класу, що внаслідок взаємодії оксидів неметалічних елементів з водою утворюються кислоти:  $\text{H}_3\text{PO}_4$  — ортофосфатна кислота,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  — карбонатна кислота.

**Кислоти** — це складні речовини, молекули яких містять один чи декілька атомів Гідрогену (які під час хімічних реакцій здатні заміщуватися на атоми металічного елемента) і кислотні залишки.

Усі кислоти мають молекулярну будову.

У молекулах кислот атоми Гідрогену зв'язані з кислотним залишком ковалентним полярним зв'язком.

Атом чи групу атомів у молекулі кислоти, які сполучені з атомами Гідрогену, називають *кислотним залишком*.

**?** Запишіть у зошиті формулу карбонатної кислоти і підкресліть кислотний залишок.

Валентність кислотного залишку дорівнює числу атомів Гідрогену у молекулі кислоти.

**?** Яка валентність кислотного залишку у карбонатній кислоті?

Елемент, що утворює кислоту, називають кислототворним. Наприклад, у карбонатній кислоті кислототворним елементом є Карбон.

**?** Який кислототворний елемент в ортофосфатній кислоті?

## 2. Формули і назви деяких неорганічних кислот

У формулах кислот підкреслено кислотні залишки і вказано значення їх валентності.

$\overset{\text{I}}{\text{HF}}$	флуоридна	$\overset{\text{II}}{\text{H}_2\text{SO}_4}$	сульфатна
$\overset{\text{I}}{\text{HCl}}$	хлоридна	$\overset{\text{III}}{\text{H}_3\text{PO}_4}$	ортофосфатна
$\overset{\text{I}}{\text{HBr}}$	бромідна	$\overset{\text{I}}{\text{HNO}_3}$	нітратна
$\overset{\text{I}}{\text{HI}}$	йодидна	$\overset{\text{II}}{\text{H}_2\text{CO}_3}$	карбонатна
$\overset{\text{II}}{\text{H}_2\text{S}}$	сульфідна	$\overset{\text{II}}{\text{H}_2\text{SiO}_3}$	силікатна
$\overset{\text{II}}{\text{H}_2\text{SO}_3}$	сульфітна		

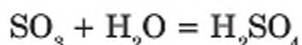
## 3. Класифікація кислот

Кислоти класифікують за різними ознаками.

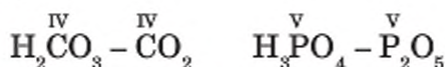
1) *За наявністю чи відсутністю Оксигену у складі кислоти:*

- безоксигенові кислоти ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HBr}$  тощо). Безоксигеновими кислотами є водні розчини сполук неметалічних елементів головних підгруп VI та VII груп із Гідрогеном:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$  тощо).

- оксигеновмісні кислоти ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HNO}_3$  та інші). Оксигеновмісні кислоти, як правило, є гідратами оксидів неметалічних елементів:



Для кожної оксигеновмісної кислоти існує відповідний оксид. В кислоті і в оксиді кислотворний елемент має одне й те саме значення валентності:



2) За основністю, яка визначається числом атомів Гідрогену, що здатні під час реакцій заміщуватися на атоми металічного елемента:

- одноосновні ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HNO}_3$ );
- двоосновні ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ );
- трьохосновні ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ).

3) За силою, що визначається активністю кислоти під час хімічних реакцій.

- сильні кислоти:  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- кислоти середньої сили:  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{HF}$
- слабкі кислоти:  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ .

#### 4. Поширеність у природі

Під час вивержень вулканів в атмосферу надходить гідроген сульфід  $\text{H}_2\text{S}$  і сульфур(IV) оксид  $\text{SO}_2$ . Розчин гідроген сульфіду у воді є сульфідною кислотою. Унаслідок розчинення сульфур(IV) оксиду у воді утворюється сульфітна кислота.

Сульфідна кислота міститься у водах мінеральних джерел; хлоридна кислота — у шлунковому соку; карбонатна кислота входить до складу природних мінеральних вод; нітратна і сульфітна містяться у дощовій воді.

#### 5. Використання кислот

Хлоридну кислоту використовують для одержання хлоридів Цинку, Феруму, Мангану; для очищення поверхні металів від оксидів перед лудінням, нікелюванням, хромуванням; у виробництві фарб і ліків.

Сульфатну кислоту використовують у виробництві інших кислот, солей, добрив, барвників, ліків, під час очищення нафтопродуктів.

Нітратну кислоту використовують у виробництві добрив, вибухових речовин, барвників.

Ортофосфатну кислоту використовують під час виробництва добрив і мийних засобів.

### ВИСНОВКИ

- **Кислоти** — це складні речовини, молекули яких містять один чи декілька атомів Гідрогену і кислотні залишки. Атоми Гідрогену у молекулі кислоти під час хімічних реакцій здатні заміщуватися на атоми металічного елемента.
- Розрізняють **оксигеновмісні** та **безоксигенові кислоти**; **одно-, дво- та трьохосновні кислоти**; **слабкі, середньої сили та сильні кислоти**.
- Кислоти поширені у природі.
- Кислоти використовують у промисловості.



### Початковий рівень

1. Укажіть хімічний елемент, що обов'язково входить до складу кислот:  
 А) Гідроген      Б) Оксиген      В) Сульфур      Г) Нітроген
2. Серед поданих формул виберіть формули кислот:  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{AgCl}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .
3. Укажіть формулу одноосновної кислоти:  
 А)  $\text{H}_3\text{PO}_4$       Б)  $\text{H}_2\text{S}$       В)  $\text{HNO}_3$       Г)  $\text{H}_2\text{SO}_3$
4. Укажіть формулу одноосновної безоксигенової кислоти:  
 А)  $\text{H}_2\text{S}$       Б)  $\text{H}_2\text{SiO}_3$       В)  $\text{HNO}_3$       Г)  $\text{HF}$
5. Позначте хімічну формулу оксигеновмісної кислоти:  
 А)  $\text{HCl}$       Б)  $\text{H}_2\text{S}$       В)  $\text{HNO}_3$       Г)  $\text{HBr}$
6. Установіть відповідність між назвою кислоти і її використанням:



*Назва кислоти*

- 1) карбонатна
- 2) хлоридна
- 3) ортофосфатна
- 4) нітратна

*Використання кислоти*

- А) виробництво мінеральних добрив
- Б) під час паяння металів
- В) очищення поверхні металів від іржі
- Г) виготовлення газованих напоїв
- Д) у харчовій промисловості

**Середній рівень**

7. Укажіть значення валентності кислотного залишку сульфідної кислоти:
  - А) I
  - Б) II
  - В) III
  - Г) IV
8. Укажіть кислоту, валентність кислотного залишку якої дорівнює III:
  - А) нітратна
  - Б) сульфатна
  - В) хлоридна
  - Г) ортофосфатна
9. У якому варіанті відповіді вказано оксигеновмісні кислоти?
  - 1) хлоридна кислота
  - 2) силікатна кислота
  - 3) сульфідна кислота
  - 4) сульфідна кислота
  - 5) бромідна кислота

*Варіанти відповіді.*

- А) 1,3
- Б) 2,5
- В) 2,4
- Г) 3,4

**Достатній рівень**

10. Розмістіть порції кислот у порядку збільшення їх маси:
  - А) 0,1 моль карбонатної кислоти
  - Б) 0,3 моль сульфідної кислоти
  - В) 0,1 моль сульфатної кислоти
  - Г) 0,2 моль силікатної кислоти
11. Обчисліть масові частки елементів у карбонатній кислоті.

12. Напишіть формули оксидів, які відповідають а) сульфатній, б) сульфідній і в) силікатній кислотам.
13. Знайдіть кількість речовини сульфатної кислоти масою 19,6 г.

### Високий рівень

14. Укажіть кількість речовини Оксигену у 0,5 моль сульфатної кислоти:
- А) 1,5                      Б) 2,0                      В) 2,5                      Г) 3,0
15. Установіть відповідність між кількістю речовини кислоти і її масою (г) :
- | <i>Кількість речовини кислоти</i> | <i>Маса (г) кислоти</i> |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 1) 0,5 моль сульфатної кислоти    | А) 29,2                 |
| 2) 0,8 моль хлоридної кислоти     | Б) 35                   |
| 3) 0,2 моль ортофосфатної кислоти | В) 39                   |
| 4) 0,5 моль силікатної кислоти    | Г) 19,6                 |
|                                   | Д) 49                   |
- 16.\* У воді об'ємом 1 л розчинили гідроген хлорид об'ємом 30 л (н. у.). Обчисліть масову частку гідроген хлориду в одержаному розчині.

## § 28. Солі

Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:

- які речовини називають солями;
- як називають солі;
- як складають формули солей;
- про поширеність солей у природі;
- де використовують солі.

### 1. Склад і будова солей

**Солі** — це сполуки, які складаються з катіонів металічного елемента й аніонів кислотного залишку.

Наприклад, сіль натрій хлорид  $\text{NaCl}$  складається з катіонів Натрію  $\text{Na}^+$  і аніонів кислотних залишків хлоридної кислоти  $\text{Cl}^-$ ; сіль алюміній сульфат  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  складається із катіонів Алюмінію  $\text{Al}^{3+}$  і аніонів кислотних залишків сульфатної кислоти  $\text{SO}_4^{2-}$  (значення заряду кислотного залишку збігається з числовим значенням його валентності зі знаком мінус).

Солі — йонні сполуки, катіони металічних елементів та аніони кислотних залишків з'єднані йонним зв'язком.

## 2. Назви солей

Назви солей складаються з назви металічного елемента і назви кислотного залишку відповідної кислоти, наприклад:

$\text{Na}_2\text{SO}_4$  — натрій сульфат;

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  — кальцій нітрат.

**?** Як називають солі карбонатної, силікатної та ортофосфатної кислот?

Якщо металічний елемент має змінну валентність, то у назві солі зазначають його валентність, наприклад:

$\text{CuCl}$  — купрум(I) хлорид,  $\text{CuCl}_2$  — купрум(II) хлорид.

Деякі солі мають тривіальні назви:

$\text{NaCl}$  — кухонна сіль;

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  — кальцинована сода;

$\text{K}_2\text{CO}_3$  — поташ;

$\text{KNO}_3$  — калійна селітра;

$\text{Na}_2\text{SO}_4$  — глауберова сіль;

$\text{KClO}_3$  — бертолетова сіль.

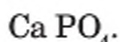
**?** Назвіть солі за їх формулами:  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ .

## 3. Формули солей

Для виведення формули солі потрібно знати заряд катіона металічного елемента і заряд аніона кислотного залишку, а також пам'ятати про те, що будь-яка сполука є електронейтральною.

Наприклад, потрібно скласти формулу кальцій ортофосфату.

Запишемо символ Кальцію і формулу кислотного залишку ортофосфатної кислоти поруч



Визначасмо за періодичною системою число зовнішніх електронів: у Кальцію — два електрони. Атом Кальцію під час утворен-

ня хімічного зв'язку віддає свої два зовнішні електрони і перетворюється на йон із зарядом  $2+$ . Кислотний залишок  $\text{PO}_4$  в молекулі ортофосфатної кислоти сполучений із трьома атомами Гідрогену, тому він тривалентний і заряд його йона  $3-$ . (Заряди йонів можна також з'ясувати, скориставшись таблицею розчинності на форзаці підручника).

Запишемо ці значення у формулу  $\text{Ca}^{2+} \text{PO}_4^{3-}$ .

Знайдемо найменше спільне кратне для них, воно дорівнює 6. Потім визначимо індекси, поділивши найменше спільне кратне на відповідні значення ступенів окиснення:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

**?** Складіть формули солей за їхніми назвами: натрій силікат, магній сульфат.

#### 4. Поширеність у природі

Значну частину земної кори складають силікати. У природі зустрічаються поклади натрій хлориду, натрій нітрату, кальцій нітрату, калій хлориду, кальцій карбонату (який є основою складовою крейди, вапняку і мармуру, а також яєчної шкаралупи). Сульфіді Цинку, Купруму, Плюмбуму, Стануму та інші є в рудах. Існують поклади апатитів, складовою частиною яких є кальцій ортофосфат; магнезиту, що складається із магній карбонату; бариту, до складу якого входить барій сульфат (мал. 40).

#### 5. Використання солей

Натрій хлорид  $\text{NaCl}$  використовують у харчовій промисловості, у хімічній промисловості — для добування натрій гідроксиду, харчової соди, металічного натрію, хлору, хлоридної кислоти.



Мал. 40. Мінерали, основою складовою яких є солі:  
а) апатит; б) магнезит; в) барит

Нітрати та ортофосфати застосовують як добрива.

Солі використовують як засоби захисту рослин від хвороб та шкідників, як лікарські речовини.

### ВИСНОВКИ

- **Солі** — це йонні сполуки, які складаються з катіонів металічного елемента й аніонів кислотного залишку.
- Назви солей складаються з назви металічного елемента і назви кислотного залишку.
- Формули солей складають, виходячи із принципу електронейтральності хімічної сполуки із врахуванням зарядів йонів, які утворюють сіль.
- Солі поширені у природі. Солі широко використовують у побуті, техніці і промисловості.



### Початковий рівень

1. Які сполуки називають солями?
2. Як утворюють назви солей?
3. Укажіть формулу цинк сульфіді:  
 А)  $ZnSO_3$       Б)  $ZnSiO_3$       В)  $ZnS$       Г)  $ZnSO_4$
4. Позначте формулу солі хлоридної кислоти:  
 А)  $KF$       Б)  $KCl$       В)  $Na_2SO_4$       Г)  $NaNO_3$
5. Користуючись таблицею розчинності, вкажіть розчинні солі:
  - 1) кальцій карбонат
  - 2) аргентум(I) хлорид
  - 3) барій сульфат
  - 4) аргентум(I) нітрат
  - 5) кальцій хлорид
 Варіанти відповіді.  
 А) 1,2      Б) 3,4      В) 2,5      Г) 4,5

### Середній рівень

6. Дайте назви солям, що мають такі формули:  $KCl$ ,  $Al_2S_3$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $BaSO_3$ ,  $Zn(NO_3)_2$ ,  $K_3PO_4$ .

7. Напишіть формули натрій ортофосфату, кальцій нітрату, калій сульфату, магній карбонату, літій сульфіді, барій сульфату, ферум(III) хлориду, хром(III) нітрату, барій ортофосфату.
8. У якому варіанті відповіді вказано солі безоксигенових кислот?

- 1) калій хлорид  
2) калій сульфат  
3) натрій ортофосфат  
4) барій сульфід  
5) барій сульфат

*Варіанти відповіді.*

- А) 2,3                      Б) 1,4                      В) 2,5                      Г) 3,4

9. Укажіть загальну формулу сульфатів металічних елементів із ступенем окиснення +1:

- А)  $\text{MeSO}_4$                       В)  $\text{Me}_2\text{SO}_3$   
Б)  $\text{Me}_2\text{SO}_4$                       Г)  $\text{Me}_2(\text{SO}_4)_3$

10. Укажіть загальну формулу хлоридів металічних елементів із ступенем окиснення +3:

- А)  $\text{MeCl}$                       В)  $\text{MeCl}_3$   
Б)  $\text{MeCl}_2$                       Г)  $\text{MeCl}_4$

11. Укажіть загальну формулу, яка описує склад сульфату, утвореного хімічним елементом із протонним числом 12:

- А)  $\text{Me}_2\text{SO}_4$                       В)  $\text{MeSO}_4$   
Б)  $\text{MeS}$                       Г)  $\text{MeSO}_3$

12. Укажіть йони, з яких складається алюміній сульфат:

- А)  $\text{Al}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$                       В)  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$   
Б)  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{S}^{2-}$                       Г)  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$

13. Масова частка Оксигену у купрум(II) сульфаті дорівнює

- А) 10,0%                      Б) 32,0%                      В) 16,0%                      Г) 40,0%

**Достатній рівень**

14. При розчиненні 10 г солі у воді масою 90 г утворюється розчин з масовою часткою розчиненої речовини  
 А) 10%                      Б) 11 %                      В) 9,9%                      Г) 10,1%
15. Яка загальна кількість йонів міститься у 2 моль алюміній хлориду?
16. Складіть формули солей, які складаються з таких йонів:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ .

**Високий рівень**

17. Якщо упарити 500 г розчину з масовою часткою солі 10% доти, поки масова частка солі не становитиме 14%, то маса випарованої при цьому води складатиме  
 А) 50 г                      Б) 143 г                      В) 94 г                      Г) 70 г
18. До розчину масою 200 г з масовою часткою калій сульфату 12 % додали воду об'ємом 600 мл. Розрахуйте масову частку солі в отриманому розчині.
19. Визначте масову частку солі у розчині, якщо у 200 г розчину міститься 0,1 моль натрій сульфату.
20. У порції калій сульфату міститься 2 моль сульфат-іонів. Яка кількість речовини і яка маса йонів Калію у цій порції сполуки?
21. Установіть формули солей, що мають такий склад:  
 а)  $w(\text{Na}) = 32,39\%$ ;  $w(\text{S}) = 22,54\%$ ;  $w(\text{O}) = 45,07\%$ ;  
 б)  $w(\text{K}) = 56,52\%$ ;  $w(\text{C}) = 8,70\%$ ;  $w(\text{O}) = 34,78\%$ .

**§ 29. Властивості оксидів**

**Опрацювавши параграф, ви:**

- дізнаєтеся, як класифікують оксиди;
- вивчите будову, фізичні і хімічні властивості оксидів.

## 1. Класифікація оксидів

Оксиди поділяють на *солетворні* та *несолетворні*.

Оксиди, які не утворюють солей, називають **несолетворними**.

До несолетворних оксидів належать  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SiO}$ ,  $\text{GeO}$ .

Оксиди, які під час хімічних реакцій утворюють солі, називають **солетворними**.

Солетворні оксиди поділяють на *основні*, *кислотні* та *амфотерні*.

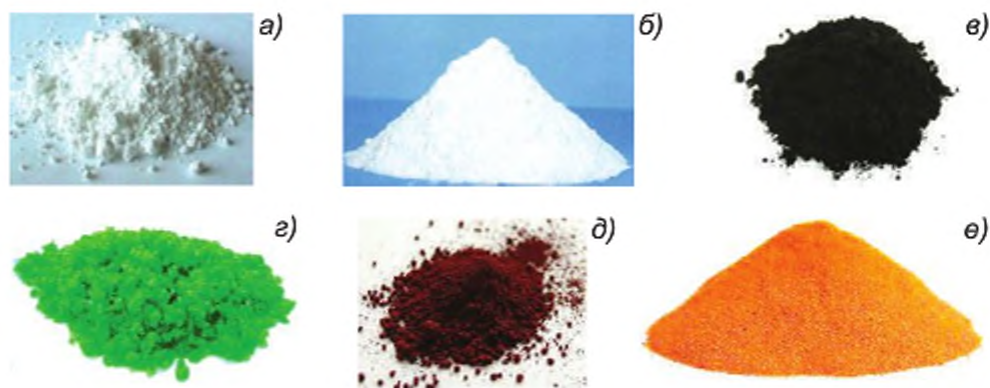
Серед сполук із загальною формулою  $\text{Me}_2\text{O}$  (де  $\text{Me}$  — металічний елемент) є лише основні оксиди. До основних оксидів належить і більшість сполук, склад яких відповідає формулі  $\text{MeO}$ . Оксиди  $\text{Me}_2\text{O}_3$  і  $\text{MeO}_2$  переважно є амфотерними, а сполуки  $\text{Me}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MeO}_3$  і  $\text{Me}_2\text{O}_7$  належать до кислотних оксидів (мал. 41).

Неметалічні елементи утворюють кислотні й несолетворні оксиди.

## 2. Будова і фізичні властивості основних оксидів

**Основними** називають оксиди, гідрати яких є основами.

До основних оксидів належать оксиди лужних і лужноземельних елементів (Магнію, Кальцію, Стронцію, Барію, Радію), а також усіх інших металічних елементів у нижчих ступенях окиснення.



**Мал. 41.** Оксиди металічних елементів мають різне забарвлення.  
 Основні оксиди: а) кальцій оксид; б) магній оксид; в) купрум(II) оксид.  
 Амфотерні оксиди: г) хром(III) оксид; д) ферум(III) оксид;  
 Кислотний оксид: е) ванадій(V) оксид



Тип хімічного зв'язку в основних оксидах — йонний (мал. 42), тому усі основні оксиди за звичайних умов — тверді речовини з високими температурами плавлення. Не розчиняються у воді, деякі реагують з нею.

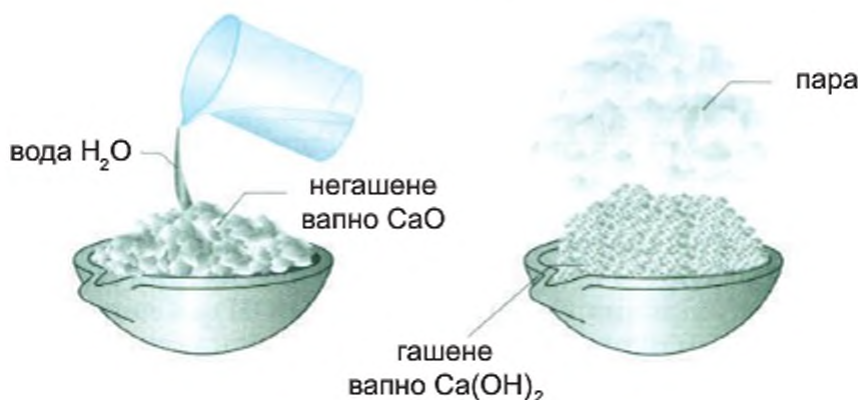
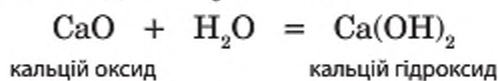
? З яких йонів складається кальцій оксид, натрій оксид?

### 3. Хімічні властивості основних оксидів

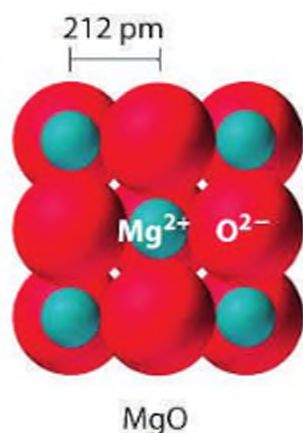
*Взаємодія з водою.*

Вивчимо цю реакцію на прикладі взаємодії кальцій оксиду (у промисловості його називають негашеними, або паленим вапном) з водою (мал. 43). Кальцій оксид — речовина білого кольору.

Кальцій оксид помістимо у порцелянову чашку і будемо порціями додавати воду. Кальцій оксид поглинає воду, і через деякий час шматочки вапна починають розігріватися і розсипатися на дрібний порошок. Виділення теплоти — зовнішній ефект хімічної реакції. Її продуктом є гашене вапно — кальцій гідроксид  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , що належить до класу основ:

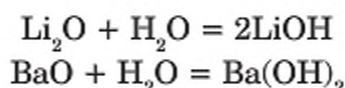


Мал. 43. Гасіння вапна



Мал. 42. Магній оксид

Подібно до кальцій оксиду з водою реагують інші оксиди лужних і лужноземельних елементів, в результаті реакції утворюються основи:



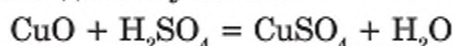
**?** Напишіть рівняння реакції між калій оксидом і водою.

До якого типу належать реакції між оксидами і водою?

Основні оксиди багатьох інших металічних елементів з водою не взаємодіють. Як правило, це оксиди, яким відповідають нерозчинні основи.

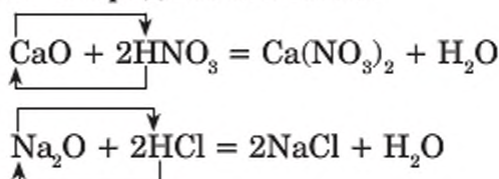
*Взаємодія з кислотами.*

Помістимо у пробірку чорний порошок купрум(II) оксиду так, щоб прикрити дно пробірки, і додамо 1–2 мл сульфатної кислоти. Для кращого перебігу реакції суміш злегка нагріємо у полум'ї спиртівки. Помітимо, що чорний порошок розчинився, а розчин набув синього забарвлення внаслідок утворення купрум(II) сульфату, який належить до класу солей:



Отже, продуктами взаємодії основних оксидів з водою є сіль і вода.

Розглянемо реакції між кальцій оксидом і нітратною кислотою та натрій оксидом і хлоридною кислотою:



Як видно з хімічних рівнянь, реагенти обмінялися своїми складовими частинами; такі реакції називають *реакціями обміну*.

Реакції, під час перебігу яких складні речовини обмінюються своїми складовими, називають **реакціями обміну**.

#### 4. Будова і фізичні властивості кислотних оксидів

**Кислотними** називають оксиди, гідрати яких є кислотами.

До кислотних належать оксиди типових неметалічних елементів —  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , а також оксиди металічних елементів у вищих ступенях окиснення (+5 і вище):  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ .

Тип хімічного зв'язку у кислотних оксидах — ковалентний полярний. Оксиди, утворені неметалічними елементами, мають здебільшого молекулярну будову (наприклад,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ), іноді — атомну (наприклад,  $\text{SiO}_2$ ).

Оксиди молекулярної будови мають невисокі температури плавлення і кипіння. За звичайних умов кислотні оксиди можуть перебувати у газоподібному стані ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ), рідкому ( $\text{Cl}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ) і твердому ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ). Чимало таких оксидів є леткими, розчинними у воді (внаслідок чого утворюються кислоти), деякі мають запах.

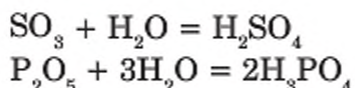
Оксиди з атомною будовою — тверді речовини з високими температурами плавлення і кипіння, нерозчинні у воді.

Чим вища валентність неметалічного елемента в оксиді, тим більшою мірою виражені кислотні властивості оксиду і відповідної кислоти. Так, за звичайних умов реакція оксиду  $\text{SO}_2$  з водою є оборотною, а оксид  $\text{SO}_3$  взаємодіє з нею повністю; кислота  $\text{H}_2\text{SO}_3$  належить до кислот середньої сили, а  $\text{H}_2\text{SO}_4$  — сильна.

## 5. Хімічні властивості кислотних оксидів

*Взаємодія з водою.*

Більшість кислотних оксидів взаємодіють з водою з утворенням кислот:

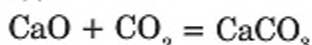


Силіцій(IV) оксид  $\text{SiO}_2$  із водою не взаємодіє.

**?** Напишіть рівняння реакції між карбон(IV) оксидом і водою.

*Взаємодія з основними оксидами.*

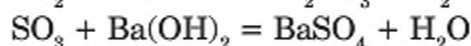
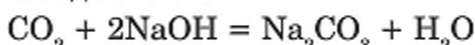
Унаслідок реакції між основними і кислотними оксидами утворюються солі, наприклад:



**?** Напишіть рівняння реакції між магній оксидом і сульфур(VI) оксидом.

*Взаємодія з основами.*

Кислотні оксиди взаємодіють з основами, в результаті реакції утворюються сіль і вода:



**?** Напишіть рівняння реакції між сульфур(IV) оксидом і калій гідроксидом.

**6. Амфотерні оксиди**

**Амфотерними** називають оксиди, які залежно від умов виявляють властивості основних і кислотних оксидів.

Амфотерні оксиди у реакціях із кислотами і кислотними оксидами поведуть себе, як основні оксиди; у реакціях із лугами і основними оксидами — як кислотні оксиди.

До амфотерних належать оксиди:  $\text{BeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{SnO}$ ,  $\text{SnO}_2$  та деякі інші. Цим оксидам відповідають амфотерні гідроксиди  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  тощо.

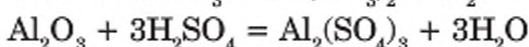
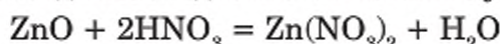
Усі амфотерні оксиди — йонні сполуки, тому за звичайних умов є твердими речовинами.

**7. Хімічні властивості амфотерних оксидів**

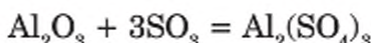
Амфотерні оксиди з водою не взаємодіють.

*Взаємодія з кислотами.*

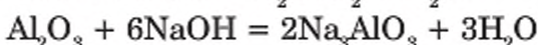
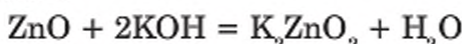
Амфотерні оксиди взаємодіють з кислотами з утворенням солей:

*Взаємодія з кислотними оксидами.*

Амфотерні оксиди реагують із кислотними оксидами з утворенням солей:

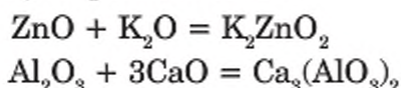
*Взаємодія з лугами.*

Амфотерні оксиди під час сплавлення реагують із лугами з утворенням солей:



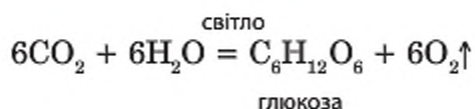
*Взаємодія з основними оксидами.*

Амфотерні оксиди реагують з оксидами лужних та лужноземельних елементів з утворенням солей:



## 8. Вплив оксидів на довкілля

Завдяки карбон(IV) оксиду відбувається фотосинтез: зелені рослини поглинають із повітря  $\text{CO}_2$ , засвоюють з ґрунту воду, внаслідок чого синтезують глюкозу і виділяють у повітря кисень:



Карбон(IV) оксид спричинює парниковий ефект, тобто підвищення середньої температури на планеті.

Під час горіння палива, гниття органічних решток, у багатьох металургійних і хімічних виробництвах утворюється велика кількість оксидів неметалічних елементів:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}_2$  та інших. Потрапляючи в атмосферу, оксиди взаємодіють з водяною парою, яка міститься в повітрі, утворюючи кислоти, і у вигляді кислотних опадів повертаються назад на землю, завдаючи великої шкоди природі й народному господарству.

## ВИСНОВКИ

- Оксиди поділяють на солетворні та несолетворні, солетворні — на основні, кислотні та амфотерні.
- **Основними** називають оксиди, гідрати яких є основами. Основні оксиди — йонні сполуки. Оксиди лужних і лужноземельних елементів взаємодіють з водою з утворенням лугів. Основні оксиди взаємодіють із кислотами з утворенням солей і води.
- **Кислотними** називають оксиди, гідрати яких є кислотами. Кислотні оксиди мають, як правило, молекулярну будову (інколи — атомну). Кислотні оксиди реагують з водою з утворенням кислот, з основами — з утворенням солей і води, з основними оксидами — з утворенням солей.

- **Амфотерними** називають оксиди, які залежно від умов виявляють властивості основних і кислотних оксидів. Амфотерні оксиди реагують з основними оксидами і основами, з кислотними оксидами і кислотами.
- Реакції, під час перебігу яких складні речовини обмінюються своїми складовими, називають реакціями обміну.
- Оксиди впливають на довікля.



### Початковий рівень

1. Які оксиди називають: а) солетворними? б) несолетворними?
2. Як поділяють солетворні оксиди?
3. Які оксиди називають основними?
4. Які оксиди називають кислотними?
5. Які реакції називають реакціями обміну?
6. Укажіть групу речовин, яка містить лише оксиди:
 

А) $\text{CaO}$ , $\text{CaS}$ , $\text{NO}_2$	В) $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , $\text{CrO}_3$ , $\text{Cr}_2\text{O}_3$
Б) $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{Na}_2\text{O}$ , $\text{NaCl}$	Г) $\text{K}_2\text{O}$ , $\text{BaO}$ , $\text{Cu}_2\text{O}$

### Середній рівень

7. Укажіть загальну формулу вищих оксидів елементів головної підгрупи VII групи:
 

А) $\text{E}_2\text{O}_7$	Б) $\text{E}_2\text{O}_5$	В) $\text{E}_2\text{O}_3$	Г) $\text{E}_2\text{O}$
---------------------------	---------------------------	---------------------------	-------------------------
8. Укажіть оксид, який має йонну будову:
 

А) $\text{K}_2\text{O}$	Б) $\text{H}_2\text{O}$	В) $\text{P}_2\text{O}_5$	Г) $\text{SO}_2$
-------------------------	-------------------------	---------------------------	------------------
9. Укажіть оксид, який має молекулярну будову:
 

А) $\text{Na}_2\text{O}$	Б) $\text{CO}_2$	В) $\text{BaO}$	Г) $\text{Li}_2\text{O}$
--------------------------	------------------	-----------------	--------------------------
10. Укажіть оксид, який має атомну будову:
 

А) $\text{SrO}$	Б) $\text{SO}_3$	В) $\text{SiO}_2$	Г) $\text{SO}_2$
-----------------	------------------	-------------------	------------------
11. Укажіть тип оксидів, які утворюють металічні елементи головної підгрупи I групи:
 

А) основні	В) амфотерні
Б) кислотні	Г) несолетворні



23. Встановіть відповідність між кількістю речовини оксиду і загальним числом йонів в оксиді:

<i>Кількість речовини</i>	<i>Загальне число йонів</i>
1) 1 моль магній оксиду	А) $1,204 \cdot 10^{24}$
2) 1 моль калій оксиду	Б) $1,806 \cdot 10^{24}$
3) 2 моль барій оксиду	В) $2,408 \cdot 10^{24}$
4) 2 моль натрій оксиду	Г) $3,612 \cdot 10^{24}$
	Д) $4,816 \cdot 10^{24}$

24. Складіть рівняння хімічної реакції між фосфор(V) оксидом і кальцій оксидом.
25. Напишіть рівняння реакції оксидів Натрію, Магнію, Цинку і Алюмінію із хлоридною та нітратною кислотами.
26. Деякі оксиди застосовують у лабораторній практиці як осушувачі. Які з оксидів —  $\text{CuO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  — придатні для цього? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

#### Високий рівень

27. Напишіть рівняння реакції оксидів Сульфуру(VI), Карбону(IV), Фосфору(V) з натрій гідроксидом і кальцій гідроксидом. Дайте назви продуктам реакцій.
28. Напишіть рівняння реакцій оксидів Цинку і Алюмінію з лугами під час сплавлення.
29. У якому варіанті відповіді вказано пару оксидів, які будуть взаємодіяти між собою:
- 1)  $\text{CaO}$  та  $\text{SiO}_2$
  - 2)  $\text{K}_2\text{O}$  та  $\text{CaO}$
  - 3)  $\text{SO}_2$  та  $\text{CO}_2$
  - 4)  $\text{CO}_2$  та  $\text{MgO}$
  - 5)  $\text{BaO}$  та  $\text{Na}_2\text{O}$
- Варіанти відповіді.*
- А) 2,3                      Б) 1,5                      В) 3,4                      Г) 1,4
30. Установіть відповідність між оксидом і продуктом його реакції з водою:



*Формула оксиду*

- 1)  $\text{SiO}_2$
- 2)  $\text{SO}_3$
- 3)  $\text{Na}_2\text{O}$

*Продукт реакції з водою*

- А) кислота
- Б) нерозчинна основа
- В) луг
- Г) реакція не відбувається

31. Установіть відповідність між реагентами і продуктами реакції:

*Реагенти*

- 1) несолетворний оксид + вода
- 2) основний оксид + кислота
- 3) кислотний оксид + вода
- 4) основний оксид + вода

*Продукти реакції*

- А) сіль + вода
- Б) кислота
- В) луг
- Г) амфотерний гідроксид
- Д) реакція не відбувається

32. Установіть відповідність між оксидом і продуктом його реакції з водою:

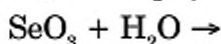
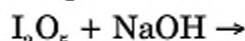
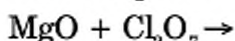
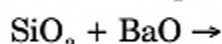
*Формула оксиду*

- 1)  $\text{P}_2\text{O}_5$
- 2)  $\text{CaO}$
- 3)  $\text{Al}_2\text{O}_3$

*Продукт реакції з водою*

- А) реакція не відбувається
- Б) амфотерний гідроксид
- В) кислота
- Г) основа

33.\* Допишіть схеми реакцій і складіть хімічні рівняння:



## § 30. Розрахунки за хімічними рівняннями

**Опрацювавши параграф, ви навчитеся:**

- обчислювати масу, об'єм і кількість речовини реагентів та продуктів реакції за хімічними рівняннями.

За хімічними рівняннями можна обчислювати масу, об'єм і кількість речовини реагентів і продуктів реакції.

Для того, щоб розв'язувати розрахункові задачі з хімії, користуються такою послідовністю дій.

1. Записують скорочену умову задачі.

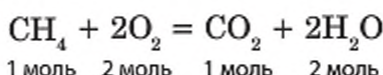
2. Складають рівняння хімічної реакції.

3. Над відповідними формулами у рівнянні реакції записують дані з умови задачі, а над формулами речовин, масу, об'єм чи кількість речовини яких потрібно знайти —  $x$  та  $y$ .

4. Під формулами записують молярну масу чи молярний об'єм (для газуватих речовин), враховуючи коефіцієнт біля формули.

5. Складають пропорцію і розв'язують її.

Пам'ятайте, що коефіцієнти в рівнянні реакцій біля формул речовин означають співвідношення кількостей речовин реагентів і продуктів реакції:



$$n(\text{CH}_4) : n(\text{O}_2) : n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 2 : 1 : 2$$

**ЗАДАЧА 1.** Обчисліть масу кислоти, яка утвориться внаслідок взаємодії 40 г сульфур(VI) оксиду з достатньою кількістю води.

*Дано:*

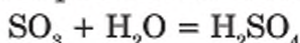
$$m(\text{SO}_3) = 40 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = ?$$

*Розв'язання.*

I спосіб.

1. Складаємо рівняння хімічної реакції:



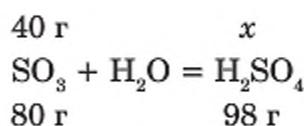
Згідно з рівнянням:  $n(\text{SO}_3) : n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 : 1$

2. Обчислимо молярні маси речовин, вказані в умові задачі:

$$M(\text{SO}_3) = 80 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}$$

3. У рівнянні реакції під формулами сполук записуємо масу 1 моль  $\text{SO}_3$  і масу 1 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Над формулою  $\text{SO}_3$  записуємо наведену в умові задачі масу (40 г), над формулою  $\text{H}_2\text{SO}_4$  — невідому масу, яку позначаємо  $x$ .



4. Обчислюємо масу сульфатної кислоти.

Складаємо пропорцію:

унаслідок взаємодії 80 г  $\text{SO}_3$  утворюється  
98 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$

унаслідок взаємодії 40 г  $\text{SO}_3$  утворюється  
 $x$  г  $\text{H}_2\text{SO}_4$

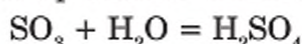
Розв'язуємо пропорцію:

$$\frac{80}{40} = \frac{98}{x};$$

$$x = m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{40 \cdot 98}{80} = 49 \text{ (г)}.$$

II спосіб.

1. Складаємо рівняння хімічної реакції:



2. Обчислюємо кількість речовини  $\text{SO}_3$ :

$$n(\text{SO}_3) = \frac{m(\text{SO}_3)}{M(\text{SO}_3)} = \frac{40 \text{ г}}{80 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

3. Знаходимо кількість речовини  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

Оскільки згідно з рівнянням

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

$$n(\text{SO}_3) = n(\text{H}_2\text{SO}_4), \text{ тому}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \text{ моль}$$

4. Обчислюємо масу сульфатної кислоти.

$$\begin{aligned}
 m(\text{H}_2\text{SO}_4) &= n(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) = \\
 &= 0,5 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 49 \text{ г}.
 \end{aligned}$$

*Відповідь:*  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 49 \text{ г}$ .

У задачах, що передбачають розрахунки за рівняннями хімічних реакцій, слід віддавати перевагу способу розв'язання через кількість речовини як більш раціональному.

ЗАДАЧА 2. Яка маса лугу утвориться внаслідок взаємодії 2 моль натрій оксиду з достатньою кількістю води?

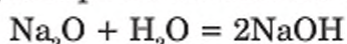
Дано:

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

$$m(\text{NaOH}) = ?$$

Розв'язання.

1. Складаємо рівняння хімічної реакції.



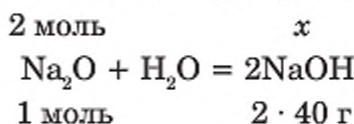
2. Як видно з хімічного рівняння,

$$n(\text{Na}_2\text{O}) : n(\text{NaOH}) = 1 : 2.$$

3. Обчислюємо молярну масу NaOH.

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль.}$$

4. Під формулою  $\text{Na}_2\text{O}$  записуємо його кількість речовини згідно з рівнянням реакції — 1 моль. Під формулою NaOH записуємо масу 1 моль, помножену на 2 (згідно з коефіцієнтом у рівнянні реакції). Над формулою  $\text{Na}_2\text{O}$  записуємо кількість речовини натрій оксиду, наведену у рівнянні реакції (2 моль), над формулою NaOH — невідому масу, яку позначаємо  $x$ .



5. Обчислюємо масу натрій гідроксиду. Для цього складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

унаслідок взаємодії 1 моль  $\text{Na}_2\text{O}$  утворюється 80 г NaOH

унаслідок взаємодії 2 моль  $\text{Na}_2\text{O}$  утворюється  $x$  г NaOH

$$\frac{1}{2} = \frac{80}{x};$$

$$x = m(\text{NaOH}) = \frac{2 \cdot 80}{1} = 160 \text{ г.}$$

Відповідь:  $m(\text{NaOH}) = 80 \text{ г.}$

**ЗАДАЧА 3.** Яка маса калій гідроксиду і який об'єм (н.у.) карбон(IV) оксиду прореагували, якщо внаслідок реакції утворилося 0,2 моль калій карбонату?

*Дано:*

$$n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,2 \text{ моль}$$

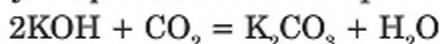
$$m(\text{KOH}) \text{ — ?}$$

$$V(\text{CO}_2) \text{ — ?}$$

*Розв'язання.*

I спосіб.

Записуємо рівняння хімічної реакції:

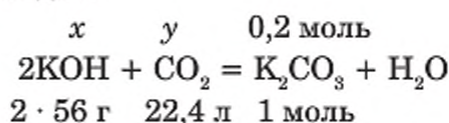


2. Обчислюємо молярну масу калій гідроксиду:

$$M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль}$$

3. Під формулою KOH записуємо масу 1 моль, помножену на 2 (враховуємо коефіцієнт біля формули калій гідроксиду у рівнянні реакції); під формулою карбон(IV) оксиду — об'єм 1 моль газу за н. у.; під формулою  $\text{K}_2\text{CO}_3$  — кількість речовини 1 моль (відповідно до коефіцієнта у хімічному рівнянні).

Над формулою  $\text{K}_2\text{CO}_3$  записуємо кількість речовини, відому з умови задачі, — 0,2 моль; над формулами KOH і  $\text{CO}_2$  —  $x$  та  $y$  відповідно:



4. Обчислюємо масу калій гідроксиду.

Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

унаслідок взаємодії 112 г KOH утворюється 1 моль  $\text{K}_2\text{CO}_3$

унаслідок взаємодії  $x$  г KOH утворюється 0,2 моль  $\text{K}_2\text{CO}_3$

$$\frac{112}{x} = \frac{1}{0,2};$$

$$x = m(\text{KOH}) = \frac{112 \cdot 0,2}{1} = 22,4 \text{ (г)}.$$

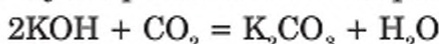
5. Обчислимо об'єм карбон(IV) оксиду.  
Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:  
унаслідок взаємодії 22,4 л  $\text{CO}_2$  утворюється  
1 моль  $\text{K}_2\text{CO}_3$   
унаслідок взаємодії  $y$  л  $\text{CO}_2$  утворюється  
0,2 моль  $\text{K}_2\text{CO}_3$

$$\frac{22,4}{y} = \frac{1}{0,2};$$

$$y = V(\text{CO}_2) = \frac{22,4 \cdot 0,2}{1} = 4,48 \text{ (л)}$$

ІІ спосіб.

1. Записуємо рівняння хімічної реакції:



2. Обчислимо молярну масу калій гідроксиду:

$$M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль}$$

3. Знаходимо кількість речовини калій гідроксиду.

Згідно з рівнянням реакції:

$$n(\text{KOH}) : n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 2 : 1, \text{ звідки } n(\text{KOH}) = 2 \cdot n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 0,2 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль.}$$

4. Обчислимо масу калій гідроксиду:

$$m(\text{KOH}) = n(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH}) = 0,4 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 22,4 \text{ г.}$$

5. Знаходимо кількість речовини карбон(IV) оксиду.

Згідно з рівнянням реакції:

$$n(\text{CO}_2) : n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 1 : 1, \text{ тобто: } n(\text{CO}_2) = n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,2 \text{ моль.}$$

6. Обчислимо об'єм карбон(IV) оксиду:

$$V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot V_M = 0,2 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 4,48 \text{ л.}$$

*Відповідь:*  $m(\text{KOH}) = 22,4 \text{ г}; V(\text{CO}_2) = 4,48 \text{ л.}$

**ВИСНОВКИ**

- За хімічними рівняннями можна обчислювати масу, об'єм і кількість речовини реагентів чи продуктів реакції за пропорцією чи за формулами, які відображають зв'язок між цими величинами.

**Початковий рівень**

1. Як співвідносяться між собою кількості речовин реагентів і продуктів реакції у таких хімічних рівняннях:
  - a)  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$ ;
  - b)  $\text{SO}_3 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;
  - в)  $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$ ?

**Середній рівень**

2. Напишіть рівняння реакцій між:
  - a) літій оксидом і водою;
  - б) калій оксидом і фосфор(V) оксидом;
  - в) натрій оксидом і сульфатною кислотою.

Укажіть співвідношення кількостей речовин реагентів і продуктів реакції.

3. Яка кількість речовини сульфатної кислоти утвориться, якщо прореагує 0,5 моль сульфур(VI) оксиду з достатньою кількістю води?

**Достатній рівень**

4. Яка маса кальцій оксиду вступила у реакцію з водою, якщо внаслідок реакції утворилося 0,8 моль кальцій гідроксиду?
5. Який об'єм (н. у.) сульфур(IV) оксиду прореагував із водою, якщо внаслідок реакції утворилося 16,4 г сульфитної кислоти?
6. Обчисліть кількість речовини магній оксиду і об'єм (н. у.) карбон(IV) оксиду, необхідних для добування 4,2 г магній карбонату.

**Високий рівень**

7. Обчисліть масу продукту реакції, який утвориться під час взаємодії 0,7 моль оксиду елемента з порядковим номером 20 і достатньою кількістю вищого оксиду елемента з порядковим номером 6.

8. Унаслідок взаємодії 24,8 г оксиду елемента головної підгрупи I групи з водою утворилося 32 г луѓу. Установіть формули оксиду і луѓу.
9. Унаслідок взаємодії 22 г вищого оксиду елемента головної підгрупи IV групи з водою утворилося 31 г кислоти. Установіть назву невідомого хімічного елемента.
- 10.\* 4,59 г барій оксиду розчинили у 200 г води. Обчисліть масову частку луѓу в добутому розчині.
- 11.\* 5,6 л сульфур(IV) оксиду розчинили у 800 г води. Обчисліть масову частку кислоти в добутому розчині.

## § 31. Властивості основ

**Опрацювавши параграф, ви:**

- дізнаєтеся, як класифікують основи;
- вивчите будову, фізичні і хімічні властивості основ.

### 1. Класифікація основ

Основи поділяють на *водорозчинні* і *нерозчинні* у воді.

Більшість основ не розчиняється у воді. Малорозчинними є гідроксиди  $Mg(OH)_2$ ,  $Ca(OH)_2$  і  $Sr(OH)_2$ , а добре розчинними — основи, утворені лужними елементами (Li, Na, K, Rb, Cs), і сполука  $Ba(OH)_2$ . Водорозчинні основи, а також малорозчинний кальцій гідроксид  $Ca(OH)_2$  називають *лугами*.

### 2. Будова та фізичні властивості основ

Основи — йонні сполуки, у вузлах їхніх кристалічних ґраток містяться катіони металічних елементів  $Me^{n+}$  та гідроксид-аніони. Графічні формули для основ не використовують.

Всі основи — тверді речовини. Деякі мають характерне забарвлення, наприклад  $Cu(OH)_2$  — голубого кольору (*мал. 44*).

Луѓи — милкі на дотик, роз'їдають шкіру й тканини, тому їх називають їдкими. Якщо розчин луѓу потрапив на руку, треба змити його великою кількістю проточної води. Потім, щоб знешкодити залишки луѓу, обробити уражене місце розчином оцтової кислоти і знову промити проточною водою.





Мал. 44. Деякі основи мають характерне забарвлення:  
 а) нікол(II) гідроксид; б) кобальт(II) гідроксид; в) купрум(II) гідроксид;  
 г) феруму(II) гідроксид

### 3. Хімічні властивості лугів

1) Розчини лугів змінюють забарвлення індикаторів. (Пригадайте з курсу 7 класу: які речовини називають індикаторами? Які індикатори ви знаєте?)

У розчинах лугів фіолетовий лакмус набуває синього забарвлення, безбарвний фенолфталеїн — малинового, оранжевий метилоранж — жовтого, універсальний індикатор — синьо-зеленого. Зміна кольору індикатора спричинена наявністю у розчині лугу гідроксид-аніонів  $\text{OH}^-$ . Цю властивість лугів використовують для розпізнавання їх серед інших речовин (мал. 45).

### КОЛЬОРИ ІНДИКАТОРІВ У РОЗЧИНАХ КИСЛОТ І ЛУГІВ

Індикатори	Колір індикатора у середовищі		
	нейтральному	лужному	кислому
Лакмус	фіолетовий	синій	червоний
Фенолфталеїн	безбарвний	малиновий	безбарвний
Метилоранж	оранжевий	жовтий	рожевий
Універсальний індикатор	жовто-зелений	синьо-фіолетовий	червоний

Мал. 45. Колір індикатора в середовищі

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД №2

**Дія розчинів лугів на індикатори**

1. У першу пробірку налейте 0,5 мл розчину натрій гідроксиду, в другу — 0,5 мл розчину кальцій гідроксиду. До обох пробірок додайте по 1–2 краплі розчину лакмусу. Що спостерігаєте?

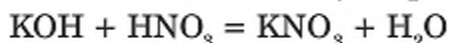
2. В одну порожню пробірку налейте 0,5 мл розчину натрій гідроксиду, в іншу — 0,5 мл розчину кальцій гідроксиду. До обох пробірок додайте по 1–2 краплі розчину метилового оранжевого. Що спостерігаєте?

3. В одну чисту пробірку налейте 0,5 мл розчину натрій гідроксиду, в іншу — 0,5 мл розчину кальцій гідроксиду. До обох пробірок додайте по 1–2 краплі розчину фенолфталеїну. Що спостерігаєте?

4. У першу пробірку налейте 0,5 мл розчину натрій гідроксиду, в другу — 0,5 мл розчину кальцій гідроксиду. До обох пробірок додайте по 1–2 краплі розчину універсального індикатора. Що спостерігаєте?

5. Вам видані дві пробірки без написів із прозорими розчинами. В одній із пробірок — розчин барій гідроксиду, у другій — сульфатна кислота. Використовуючи індикатор, розпізнайте речовини. Опишіть ваші спостереження та зазначте, у якій із пробірок міститься кожна речовина.

2) *Луги взаємодіють із кислотами, утворюючи сіль і воду:*



**?** До якого типу — сполучення, обміну чи розкладу — належить реакція між калій гідроксидом і нітратною кислотою?

Запам'ятайте, що

реакції обміну між основою і кислотою називають **реакціями нейтралізації**.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 3

**Взаємодія лугів з кислотами в розчині**

1. Налейте у пробірку 1 мл розчину натрій гідроксиду і додайте 1–2 краплі розчину фенолфталеїну. Що спостерігаєте?

2. Додайте у цю ж пробірку 2–3 мл розчину нітратної кислоти. Що спостерігаєте? Напишіть рівняння реакції. Чому розчин у пробірці знебарвився?

3. Декілька крапель розчину з пробірки за допомогою піпетки помістіть на предметне скельце, яке затисніть тигельними щипцями, і обережно випарте у полум'ї спиртівки. Що спостерігаєте?

4. Напишіть формулу і назву речовини, кристали якої виявили на предметному склі.

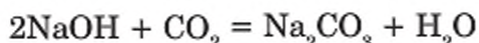
5. У порожню пробірку налейте 1–2 мл розчину барій гідроксиду і 1–2 краплі розчину фенолфталеїну. Що спостерігаєте?

6. У цю ж пробірку додайте 2–3 мл розчину сульфатної кислоти. Що спостерігаєте? Поясніть ваші спостереження і напишіть відповідне рівняння хімічної реакції.

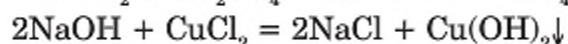
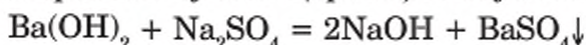
7. До якого класу належать продукти взаємодії між лугом і кислотою?

8. До якого типу належать реакції між лугом і кислотою?

3) *Луги взаємодіють із кислотними оксидами з утворенням солі і води.*



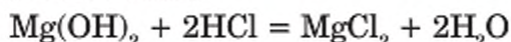
4) *Луги взаємодіють із розчинними солями, якщо утворена основа або сіль нерозчинні у воді. Ці реакції відбуваються у розчині:*



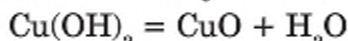
#### 4. Хімічні властивості нерозчинних основ

1) *Нерозчинні у воді основи не змінюють колір індикаторів.*

2) *Нерозчинні основи реагують із кислотами, внаслідок реакції утворюються сіль і вода:*



3) *Нерозчинні основи під час нагрівання розкладаються на оксид металічного елемента і воду:*



#### ВИСНОВКИ

- Луги змінюють забарвлення індикаторів; реагують із кислотами і кислотними оксидами, з розчинними солями.

- Нерозчинні основи не змінюють забарвлення індикаторів; реагують із кислотами, розкладаються під час нагрівання.
- Реакції обміну між основою і кислотою називають реакціями нейтралізації.



### Початковий рівень

- Укажіть забарвлення лакмусу у присутності кальцій гідроксиду:
 

А) червоне	В) синє
Б) оранжеве	Г) рожеве
- Укажіть забарвлення фенолфталеїну у присутності натрій гідроксиду:
 

А) синє	В) червоне
Б) фіолетове	Г) малинове
- Укажіть забарвлення метилового оранжевого у присутності барій гідроксиду:
 

А) жовте	Б) рожеве	В) малинове	Г) оранжеве
----------	-----------	-------------	-------------
- У якому варіанті відповіді правильно вказано нерозчинні основи:
  - барій гідроксид
  - калій гідроксид
  - купрум(II) гідроксид
  - магній гідроксид
  - натрій гідроксид

Варіанти відповіді.

А) 1,2	Б) 3,4	В) 3,5	Г) 2,4
--------	--------	--------	--------
- Реакція  $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  належить до реакцій
 

А) розкладу	В) заміщення
Б) сполучення	Г) обміну
- Реакція  $\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t} \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$  належить до реакцій
 

А) розкладу	В) заміщення
Б) сполучення	Г) обміну

**Середній рівень**

7. Виберіть речовину, з якою реагує калій гідроксид:  
 А) алюміній(III) хлорид                      В) ферум(II) гідроксид  
 Б) натрій гідроксид                              Г) магній(II) оксид
8. Виберіть речовину, з якою взаємодіє купрум(II) гідроксид:  
 А) натрій нітрат                                  В) нітратна кислота  
 Б) калій силікат                                  Г) барій сульфат
9. Позначте рівняння реакції, що характеризує хімічні властивості нерозчинних основ:  
 А)  $MgCl_2 + 2NaOH = Mg(OH)_2 \downarrow + 2NaCl$   
 Б)  $Fe(OH)_2 = FeO + H_2O$   
 В)  $2NaOH + SO_3 = Na_2SO_4 + H_2O$   
 Г)  $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$
10. Позначте рівняння реакції, яке характеризує хімічні властивості лугів:  
 А)  $BaO + SO_3 = BaSO_4$   
 Б)  $K_2O + H_2O = 2KOH$   
 В)  $Cu(OH)_2 = CuO + H_2O$   
 Г)  $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O$
11. Укажіть речовину, яка взаємодіє з лугом у розчині:  
 А)  $Ca(OH)_2$               Б)  $FeCl_2$               В)  $MgO$               Г)  $H_2O$
12. Укажіть продукти термічного розкладання магній гідроксиду:  
 А)  $Mg$  і  $H_2O$                                       В)  $MgO$  і  $H_2$   
 Б)  $Mg$  і  $H_2O_2$                                       Г)  $MgO$  і  $H_2O$
13. Проаналізуйте твердження й укажіть, чи є поміж них правильні.  
 I. Калій гідроксид реагує із купрум(II) сульфатом у розчині з утворенням нерозчинної основи.  
 II. Калій гідроксид під час нагрівання розкладається на калій оксид і воду.  
 А) правильне лише I                              В) обидва правильні  
 Б) правильне лише II                              Г) немає правильних

## Достатній рівень

14. Напишіть рівняння реакцій між натрій гідроксидом і: а) карбон(IV) оксидом; б) сульфур(VI) оксидом; в) фосфор(V) оксидом.
15. Напишіть рівняння реакцій між калій гідроксидом і: а) хлоридною кислотою; б) карбонатною кислотою; в) ортофосфатною кислотою.
16. Напишіть рівняння реакцій між магній гідроксидом і: а) нітратною кислотою; б) сульфатною кислотою.
17. Допишіть схеми реакцій, які відбуваються, і складіть хімічні рівняння:
- $$\text{NaOH} + \text{BaCO}_3 \rightarrow$$
- $$\text{KOH} + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow$$
- $$\text{Ba(OH)}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow$$
- $$\text{KOH} + \text{Fe(NO}_3)_2 \rightarrow$$
- $$\text{Mn(OH)}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow$$
- $$\text{Ni(OH)}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow$$
- $$\text{Ba(OH)}_2 + \text{CaCO}_3 \rightarrow$$

## Високий рівень

18. Яку масу купрум(II) сульфату використали для реакції з натрій гідроксидом, якщо внаслідок реакції випало 4,9 г осаду?
19. Обчисліть масу купрум(II) гідроксиду, що утвориться під час взаємодії 4,05 г купрум(II) хлориду з достатньою кількістю калій гідроксиду.
20. Обчисліть об'єм вуглекислого газу (н. у.), необхідний для перетворення 37 г кальцій гідроксиду на кальцій карбонат.
- 21.\* Який об'єм хлоридної кислоти з масовою часткою розчиненої речовини 16% (густина 1,079 г/см<sup>3</sup>) потрібно витратити для нейтралізації 50 см<sup>3</sup> розчину калій гідроксиду з масовою часткою розчиненої речовини 22% (густина 1,196 г/см<sup>3</sup>)?
- 22.\* На нейтралізацію 22,7 г суміші калій гідроксиду і барій гідроксиду витратили 18,9 г нітратної кислоти. Визначте масову частку калій гідроксиду у суміші.

## § 32. Властивості кислот

**Опрацювавши параграф, ви:**

- ознайомитеся із фізичними властивостями кислот;
- вивчите хімічні властивості кислот;
- навчитеся передбачати можливість перебігу реакції між кислотою і металом.

### 1. Фізичні властивості кислот. Заходи безпеки під час роботи з кислотами

Кислоти мають низькі температури плавлення.

Кислоти можуть бути твердими ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ) або рідкими ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ).

Багато кислот є водорозчинними і змішуються з водою у будь-яких співвідношеннях (силікатна кислота  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  у воді не розчиняється).

Унаслідок розчинення сульфатної кислоти у воді відбувається дуже сильне розігрівання.

Нітратна кислота є легкою (тобто переходить у газуватий стан навіть при невеликому нагріванні). Леткі кислоти мають запах.

Оскільки безоксигенові кислоти є водними розчинами газів ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HI}$  тощо), то ці гази виділяються з розчинів навіть за звичайних умов.

Карбонатна і сульфідна кислоти існують лише у водному розчині.

Майже всі неорганічні кислоти — отруйні речовини, тому під час роботи з кислотами потрібно виявляти максимальну обережність.

При потрапленні розчину кислоти на шкіру слід змити його проточною водою, потім обробити розбавленим розчином соди (щоб знешкодити залишки кислоти) і знову добре промити водою.

### 2. Хімічні властивості кислот

#### 1) Дія на індикатори.

Водні розчини кислот змінюють забарвлення індикаторів: фіолетовий лакмус набуває червоного забарвлення, оранжевий метиловий оранжевий — рожевого, універсальний індикатор набуває червоного забарвлення. Фенолфталеїн залишається безбарвним.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 4

## Дія водних розчинів кислот на індикатори

1. У першу пробірку налейте 0,5 мл хлоридної кислоти, у другу — 0,5 мл розчину сульфатної кислоти, у третю — 0,5 мл розчину ортофосфатної кислоти (у пробірці це буде шар висотою приблизно 0,5 см). У кожен пробірку додайте 1–2 краплі розчину лакмусу. Що спостерігаєте?

2. У три порожні пробірки налейте по 0,5 мл хлоридної, сульфатної та ортофосфатної кислот. У кожен пробірку додайте по 1–2 краплі розчину фенолфталеїну. Чи спостерігаєте якісь зміни?

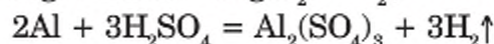
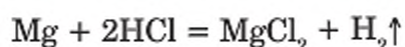
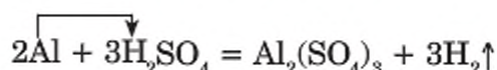
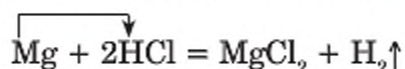
3. У три чисті пробірки налейте по 0,5 мл хлоридної, сульфатної та ортофосфатної кислот. У кожен пробірку додайте по 1–2 краплі розчину метилового оранжевого. Що спостерігаєте?

4. Яким індикатором не можна виявити кислоту?

5. Вам видані дві пробірки без написів із прозорими розчинами. В одній із пробірок — розчин натрій хлориду, в іншій — хлоридна кислота. Розпізнайте, у якій із пробірок міститься кислота.

## 2) Взаємодія з металами.

Характерною властивістю кислот є їх взаємодія з металами:



Унаслідок таких реакцій утворюється сіль (як, наприклад, у поданих реакціях магній хлорид  $\text{MgCl}_2$ , алюміній сульфат  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) і виділяється водень  $\text{H}_2$ . У цих реакціях атоми металічного елемента (Mg, Al) заміщують атоми Гідрогену у молекулі кислоти.

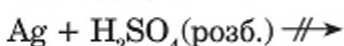
Реакцію між простою і складною речовинами, під час перебігу якої атоми простої речовини заміщують атоми одного з елементів у складній речовині, утворюючи нову просту і нову складну речовину, називають **реакцією заміщення**.



Проте не всі метали реагують із кислотами так, як у вищенаведених реакціях. Для передбачення можливості перебігу реакції між металом і кислотою користуються рядом активності металів, складеним М.М. Бекетовим на основі багаточисельних дослідів:

Li K Ba Ca Na Mg Al Mn Cr Zn Fe Cd Ni  
Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Ag Pt Au

Метали, розміщені в ряду активності лівіше водню, реагують із кислотами з утворенням солі і виділенням водню. Метали, розміщені правіше водню, або не реагують із кислотами зовсім:



або реагують з утворенням солі та інших продуктів, а водень не виділяється.



**БЕКЕТОВ Микола Миколайович**  
(1827–1911).

Український і російський фізико-хімік, член Петербурзької академії наук. У 1865 р. захистив докторську дисертацію «Дослідження над явищами витіснення одних металів іншими». У цій класичній праці виклав свою теорію витіснення металів, установив ряд активності металів.

### ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 5

#### Взаємодія хлоридної кислоти з металами

1. Насипте шпателем (або ложкою для сипучих речовин) у чисту пробірку порошок цинку так, щоб прикрити дно пробірки, і долийте 1–2 мл хлоридної кислоти. Що спостерігаєте?

2. Напишіть рівняння хімічної реакції, назвіть продукти реакції.

3. У порожню пробірку помістіть залізні опурки та додайте 1–2 мл хлоридної кислоти. Опишіть ваші спостереження та напишіть рівняння відповідної хімічної реакції; укажіть назви продуктів реакції.

Насипте порошок магнію, додайте 1–2 мл хлоридної кислоти. Що спостерігаєте? Напишіть рівняння відповідної хімічної реакції; укажіть назви продуктів реакції.

5. У порожню пробірку насипте порошок алюмінію, додайте 1–2 мл хлоридної кислоти. Що спостерігаєте? Напишіть рівняння відповідної хімічної реакції; укажіть назви продуктів реакції.

6. У чисту пробірку помістіть мідні ошурки, долийте 1–2 мл хлоридної кислоти. Чи спостерігаєте якісь зміни?

7. Спостерігайте за інтенсивністю виділення бульбашок водню під час реакцій.

8. Який метал найенергійніше реагує із хлоридною кислотою?

9. Який метал найменш енергійно реагує із хлоридною кислотою?

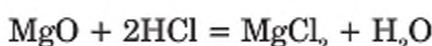
10. Який метал не реагує із хлоридною кислотою?

11. Розмістіть досліджувані метали в ряд за зменшенням активності.

12. Чи відповідає складений вами ряд розміщенню досліджуваних металів у ряді активності металів?

### 3) Взаємодія з основними оксидами.

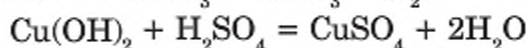
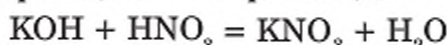
Кислоти взаємодіють з основними оксидами з утворенням солі та води:



**?** Напишіть рівняння реакції між кальцій оксидом і нітратною кислотою.

### 4) Взаємодія з основами.

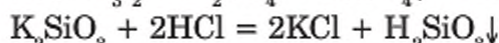
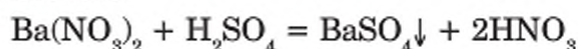
Кислоти реагують з розчинними та нерозчинними основами, в результаті реакцій утворюється сіль і вода. (Пригадайте, що такі реакції називають реакціями нейтралізації).



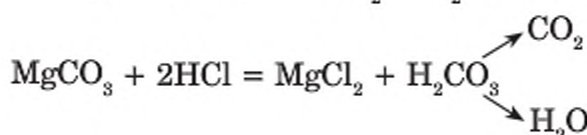
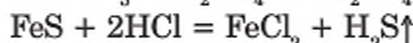
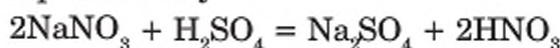
### 5) Взаємодія із солями.

Кислоти взаємодіють із солями, якщо:

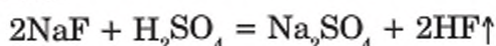
— унаслідок реакції утворюється нерозчинна у воді сіль або нерозчинна у воді кислота:



— кислота, яка утворюється внаслідок реакції, є леткою або розкладається з утворенням газу:

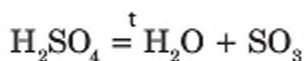
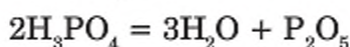
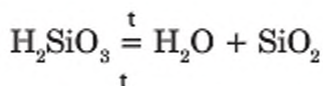


— кислота, що вступає у реакцію, є сильною, а кислота, яка утворюється, слабкою:

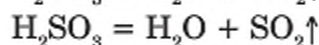
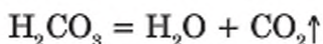


**?** До якого типу належать реакції між кислотою і сіллю?

Під час нагрівання оксигеновмісні кислоти розкладаються на воду та кислотний оксид:



Карбонатна і сульфатна кислоти розкладаються за кімнатної температури:



## ВИСНОВКИ

- За звичайних умов кислоти перебувають у твердому або рідкому стані, багато кислот розчиняються у воді.
- Кислоти змінюють забарвлення індикаторів.
- Кислоти реагують з металами, які в ряду активності розміщені лівише водню, з утворенням солі і води.
- Кислоти взаємодіють з основними оксидами, основами і солями.
- Оксигеновмісні кислоти розкладаються під час нагрівання.



### Початковий рівень

1. Укажіть нерозчинну у воді кислоту:  
 А)  $\text{H}_2\text{SO}_4$       Б)  $\text{H}_2\text{SiO}_3$       В)  $\text{HNO}_3$       Г)  $\text{H}_3\text{PO}_4$
2. Укажіть забарвлення лакмусу у розчині нітратної кислоти:  
 А) червоне      В) жовте  
 Б) фіолетове      Г) синє

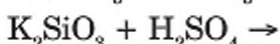
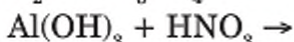
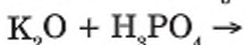
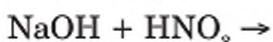
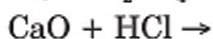
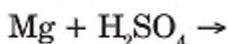


- 1) натрій оксид + хлоридна кислота
- 2) натрій гідроксид + нітратна кислота
- 3) калій + сульфатна кислота
- 4) кальцій оксид + сульфідна кислота
- 5) ферум(III) гідроксид + сульфатна кислота

*Варіанти відповіді.*

- А) 1,3                      Б) 2,5                      В) 2,4                      Г) 3,5

11. Допишіть схеми реакцій і складіть хімічні рівняння:



### Високий рівень

12. Укажіть відповідність між кількістю речовини кислоти і масою (г) калій гідроксиду, необхідного для повної нейтралізації кислоти:

*Кількість*

*речовини кислоти*

*Маса (г)*

*калій гідроксиду*

- 1) 0,1 моль сульфідної кислоти

А) 11,2

- 2) 0,1 моль нітратної кислоти

Б) 44,8

- 3) 0,2 моль карбонатної кислоти

В) 33,6

- 4) 0,3 моль сульфідної кислоти

Г) 22,4

Д) 5,6

13. Укажіть відповідність між масою металу і об'ємом (л, н. у.) водню, який виділиться під час реакції металу з розбавленою сульфатною кислотою:

*Маса металу*

*Об'єм (л) водню*

- 1) 2,4 г магнію

А) 1,12

- 2) 5,4 г алюмінію

Б) 2,24

- 3) 26 г цинку

В) 6,72

- 4) 28 г заліза

Г) 8,96

Д) 11,2

14. У результаті реакції достатньої кількості хлоридної кислоти з 5 г суміші порошків міді і цинку виділилося 0,56 л водню (н. у.). Обчисліть масову частку міді у суміші.
15. Під час взаємодії 7,2 г металу з кислотою виділилося 6,72 л водню. Установіть назву металу, якщо відповідний металічний елемент виявляє у своїх сполуках ступінь окиснення +2,
16. На барій гідроксид подіяли хлоридною кислотою масою 200 г з масовою часткою  $\text{HCl}$  7,3%. Обчисліть масу барій хлориду, що утворився в результаті хімічної реакції.
17. На нейтралізацію 10 г розчину з масовою часткою натрій гідроксиду 10% витрачено 20 г розчину нітратної кислоти. Визначте масову частку кислоти у розчині.
- 18.\* Яку масу розчину нітратної кислоти з масовою часткою розчиненої речовини 25,2% потрібно затратити на взаємодію із 200 г розчину кальцій гідроксиду з масовою часткою розчиненої речовини 29,6%?
- 19.\* На 8,9 г суміші магнію і цинку подіяли розбавленою сульфатною кислотою, взятою у надлишку; унаслідок реакції виділилося 4,48 л водню. Яка масова частка магнію у суміші?

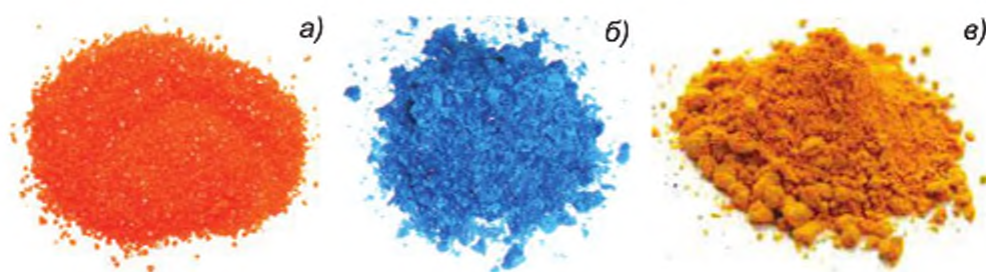
## § 33. Властивості солей

Опрацювавши параграф, ви:

- ознайомитеся з фізичними властивостями солей;
- вивчите хімічні властивості солей;
- навчитеся прогнозувати можливість перебігу реакції між металом і сіллю у розчині.

### 1. Фізичні властивості солей

Солі — тверді кристалічні речовини. Солі мають різний колір (мал. 46) і характеризуються неоднаковою розчинністю у воді (див. таблицю розчинності на форзаці підручника). Оскільки солі — йонні сполуки, то вони мають високі температури плавлення (за умови, якщо не розкладаються під час нагрівання): натрій хлорид плавиться при температурі 801 °С, натрій сульфат — при температурі 884 °С.

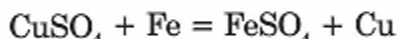


Мал. 46. а) амоній дихромат; б) купрум(II) нітрат; в) ферум(III) хлорид

## 2. Хімічні властивості солей

### 1) Взаємодія з металами.

Розчинні солі взаємодіють у водному розчині з металами. Внаслідок реакції утворюється нова сіль та інший метал:



Метал-реагент «витісняє» з розчинів солей метали, які у ряду активності металів розміщені після нього, і не «витісняє» металів, що стоять перед ним.

Метали, які у ряду активності металів розміщені лівіше магнію, не використовують для реакцій, оскільки вони реагують з водою.

**?** Напишіть рівняння реакції між аргентум(I) нітратом і міддю.

Чи відбувається реакція між цинк нітратом і свинцем?

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 6

### Взаємодія металів із солями у водному розчині

1. У три пробірки налейте по 2–3 мл розчину купрум(II) нітрату. Обережно (по стінці пробірки) опустіть у першу пробірку очищений від іржі залізний цвях, у другу — декілька гранул цинку, у третю — декілька гранул алюмінію. Зачекайте кілька хвилин. Опишіть, що спостерігаєте.

2. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються.

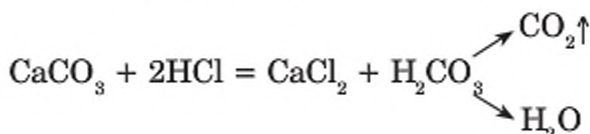
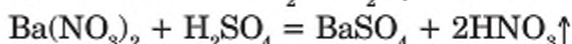
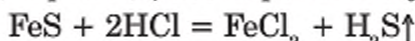
3. У три пробірки налейте по 2–3 мл розчину цинк хлориду. У першу пробірку опустіть залізний цвях, у другу — гранули алю-

мінію, у третю — шматочки мідного дроту і зачекайте 2–3 хвилини. Що спостерігаєте?

4. Напишіть рівняння хімічної реакції, що відбувається.

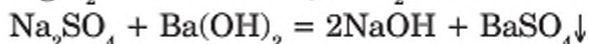
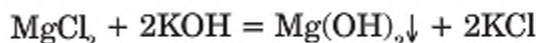
2) *Взаємодія з кислотами.*

Солі взаємодіють із кислотами, внаслідок реакції утворюються нова сіль і нова кислота. Реакція відбувається за умови, якщо внаслідок реакції утворюється летка кислота або слабша кислота від тієї, яка взята для реакції, або нерозчинна у кислотах сіль.



3) *Взаємодія з лугами.*

Розчинні солі реагують з лугами лише в розчині, внаслідок реакції утворюється нова основа і нова сіль. Реакція відбувається, якщо внаслідок реакції утворюється нерозчинна сіль або нерозчинна основа.



Нерозчинні солі з лугами не взаємодіють.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 7

### Взаємодія солей з лугами у водному розчині

1. Налийте у пробірку 1 мл розчину купрум(II) сульфату і додайте 1–2 мл розчину натрій гідроксиду. Що спостерігаєте?

2. Напишіть рівняння хімічної реакції, яка відбулася. Вкажіть формулу і назву речовини, яка випала в осад.

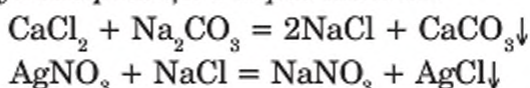
3. Налийте у пробірку 1–2 мл розчину натрій сульфату і додайте 0,5 мл розчину барій гідроксиду. Що спостерігаєте?

4. Напишіть рівняння хімічної реакції, яка відбулася. Вкажіть формулу і назву речовини, яка випала в осад.

7. До якого типу хімічних реакцій належить взаємодія між солями і лугами?



4) Розчинні солі взаємодіють між собою лише у розчині, внаслідок реакції утворюються нові солі. Реакція відбувається, якщо хоч би один із продуктів реакції є нерозчинним.



## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 8

### Реакція обміну між солями в розчині

1. Налийте у пробірку 1 мл розчину калій ортофосфату і додайте 1 мл розчину аргентум(I) нітрату. Що спостерігаєте?
2. Напишіть рівняння відповідної реакції. Вкажіть формулу і назву речовини, яка випала в осад.
3. Налийте у пробірку 1 мл розчину манган(II) хлориду і додайте 1 мл розчину калій карбонату. Що спостерігаєте?
4. Напишіть рівняння відповідної реакції. Вкажіть формулу і назву речовини, яка випала в осад.

### ВИСНОВКИ

- **Солі** — кристалічні речовини; вони мають високі температури плавлення, різну розчинність у воді.
- Солі взаємодіють у розчині з металами, лугами, кислотами, іншими солями.



### Початковий рівень

1. Укажіть кислоту, всі солі якої розчинні у воді:  
А) HCl      Б) HNO<sub>3</sub>      В) H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>      Г) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
2. Скориставшись таблицею розчинності, виберіть у поданому переліку нерозчинні солі: FeCl<sub>2</sub>, FeF<sub>3</sub>, AgBr, AgNO<sub>3</sub>, BaSO<sub>4</sub>, BaCl<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.
3. Укажіть, за яких умов метал реагує із сіллю: коли сіль у кристалічному стані чи міститься у розчині?
4. До якого типу належать реакції між лугом і сіллю?

## Середній рівень

5. Виберіть речовину, з якою взаємодіє калій хлорид:
- А) натрій нітрат                      В) аргентум(І) нітрат  
Б) силіцій оксид                      Г) барій сульфат
6. Хімічна взаємодія можлива між:
- А Cu і HCl                              В) Ag і  $Mg(NO_3)_2$   
Б) Fe і  $Na_3PO_4$                       Г) Zn і  $FeCl_2$
7. Укажіть сіль, яка у розчині взаємодіє із залізом:
- А)  $AgNO_3$                               В)  $Zn(NO_3)_2$   
Б)  $Al(NO_3)_3$                               Г)  $NaNO_3$
8. Вкажіть метал, який взаємодіє з цинк нітратом у розчині.
- А) Pb                              Б) Mg                              В) Ag                              Г) Cu
9. Укажіть рядок, у якому обидві солі не реагують із розбавленою нітратною кислотою:
- А)  $Na_2CO_3$  і  $FeCl_2$                       В)  $BaCl_2$  і  $CaSO_4$   
Б)  $Al_2(SO_4)_3$  і  $K_2S$                       Г)  $Na_2S$  і  $K_2CO_3$
10. Укажіть речовину, яка реагує з натрій карбонатом:
- А) калій хлорид                      В) калій нітрат  
Б) калій сульфат                      Г) магній хлорид
11. Проаналізуйте твердження й укажіть, чи є поміж них правильні.
- I. Солі взаємодіють із кислотами з утворенням нової солі і нової кислоти. Реакція відбувається за умови, якщо кислота-продукт сильніша за кислоту-реагент.
- II. Розчинні солі взаємодіють між собою у розчині з утворенням нових солей. Реакція відбувається, якщо хоч би один із продуктів реакції є нерозчинним.
- А) правильне лише I                      В) обидва правильні  
Б) правильне лише II                      Г) немає правильних
12. Проаналізуйте твердження й укажіть, чи є поміж них правильні.



17. Позначте речовини, унаслідок взаємодії яких випадає осад:
- А) натрій карбонат + хлоридна кислота
  - Б) калій гідроксид + хлоридна кислота
  - В) натрій сульфат + магній нітрат
  - Г) натрій гідроксид + магній хлорид
18. Укажіть пару солей, які взаємодіють між собою:
- А) натрій хлорид + калій нітрат
  - Б) барій сульфат + кальцій хлорид
  - В) магній сульфат + калій карбонат
  - Г) кальцій карбонат + барій нітрат
19. У якому варіанті відповіді вказано солі, які реагують з лугами?
- 1)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
  - 2)  $\text{FeCl}_2$
  - 3)  $\text{FeS}$
  - 4)  $\text{FeCO}_3$
  - 5)  $\text{BaCO}_3$

*Варіанти відповіді.*

- А) 1,2                      Б) 3,4                      В) 4,5                      Г) 2,5

20. У якому варіанті відповіді вказано солі, які внаслідок взаємодії з лугами утворюють нерозчинні у воді гідроксиди?
- 1)  $\text{NaCl}$
  - 2)  $\text{K}_2\text{CO}_3$
  - 3)  $\text{NaNO}_3$
  - 4)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
  - 5)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

*Варіанти відповіді.*

- А) 2,3                      Б) 4,5                      В) 2,4                      Г) 1,3

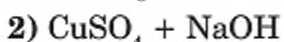
21. Установіть відповідність між реагентами і продуктами реакції:

*Реагенти*

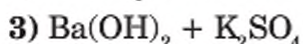
*Продукти реакції*



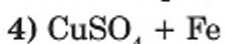
А) реакція не відбувається



Б) сіль + сіль



В) сіль + нерозчинна основа



Г) сіль + луг

Д) сіль + метал

22. Обчисліть масу осаду, який випаде внаслідок взаємодії 10,6 г натрій карбонату з надлишком розчину кальцій хлориду.

23. Обчисліть об'єм (н. у.) карбон(IV) оксиду, який виділиться при дії надлишку хлоридної кислоти на 5 г кальцій карбонату.

24. Яка маса солі утвориться внаслідок нейтралізації 22,4 г калій гідроксиду нітратною кислотою?

### Високий рівень

25. Яка маса алюміній оксиду утвориться при нагріванні алюміній гідроксиду, добутого за реакцією 42,6 г алюміній нітрату із необхідною кількістю розчину лугу?

26. Унаслідок розкладання 4,2 г карбонату, утвореного металічним елементом із ступенем окиснення +2, утворилося 1,12 л (н. у.) карбон(IV) оксиду і оксид металічного елемента. Установіть формулу карбонату.

27.\* Суміш магній сульфату і кальцій нітрату масою 28,4 г розчинили у воді і додали надлишок розчину барій хлориду. Випав осад масою 23,3 г. Визначте масові частки солей у вихідній суміші.

28.\* 18,8 г суміші калій сульфіді і натрій сульфіді помістили в розчин цинк хлориду у надлишку. При цьому утворився осад масою 19,4 г. Визначте масову частку солей у початковій суміші.

29.\* Цинкову пластинку занурили в розчин плюмбум(II) нітрату. Через деякий час пластинку промили, висушили і зважили. Її маса збільшилась на 1,02 г. Обчисліть масу свинцю, який виділився на пластинці.

## § 34. Амфотерні гідроксиди

Опрацювавши параграф, ви:

- дізнаєтеся, які гідроксиди називають амфотерними;
- вивчите властивості амфотерних гідроксидів.

### 1. Будова та фізичні властивості амфотерних гідроксидів

**Амфотерні гідроксиди** — це гідроксиди, які виявляють основні або кислотні властивості залежно від природи речовини, з якою вони реагують.

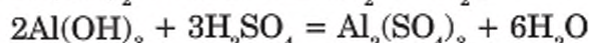
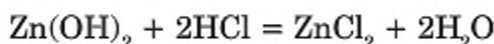
До амфотерних гідроксидів належать  $\text{Be}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Sn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  та деякі інші.

Тип зв'язку між атомом металічного елемента і гідроксильними групами — ковалентний полярний.

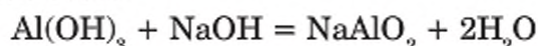
Усі амфотерні гідроксиди — тверді речовини, нерозчинні у воді. Деякі забарвлені ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$  — бурий,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  — сіро-зелений).

### 2. Хімічні властивості амфотерних гідроксидів

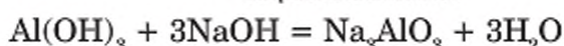
1) Унаслідок взаємодії амфотерних гідроксидів із кислотами утворюються солі і вода:



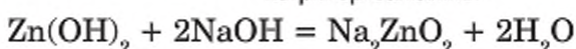
2) У результаті сплавлення лугів з алюміній гідроксидом залежно від молярних співвідношень реагентів утворюються солі — мета- або ортоалюмінати, із цинк гідроксидом — цинкати, а також вода:



натрій метаалюмінат

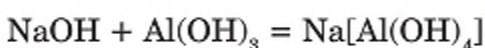


натрій ортоалюмінат

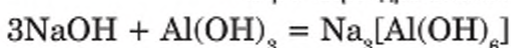


натрій цинкат

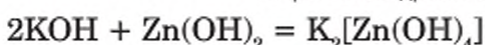
3) У результаті взаємодії амфотерних гідроксидів із лугами у розчині утворюються комплексні сполуки:



натрій тетрагідроксиалюмінат

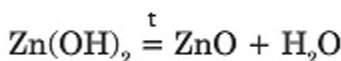


натрій гексагідроксиалюмінат



калій тетрагідроксицинкат

4) При нагріванні амфотерні гідроксиди розкладаються на оксид відповідного металічного елемента і воду:



☞ ...слово «амфотерність» походить від грецького «амфотерос», що означає «обидва», «той і інший».

## ВИСНОВКИ

- Амфотерні гідроксиди взаємодіють і з кислотами, і з лугами. Амфотерні гідроксиди розкладаються під час нагрівання.



### Початковий рівень

1. Які гідроксиди називають амфотерними?
2. Укажіть формулу амфотерного гідроксиду:
 

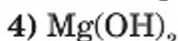
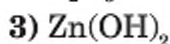
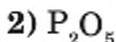
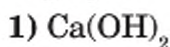
А) $\text{Ba(OH)}_2$	В) $\text{KOH}$
Б) $\text{Mg(OH)}_2$	Г) $\text{Zn(OH)}_2$
3. Укажіть молярну масу (г/моль) алюміній гідроксиду:
 

А) 98	Б) 78	В) 40	Г) 100
-------	-------	-------	--------

### Середній рівень

4. Установіть відповідність між формулою речовини і її класифікаційною належністю:

Формула



Класифікаційна належність

А) луг

Б) основний оксид

В) нерозчинна основа

Г) амфотерний гідроксид

Д) кислотний оксид

5. У якому варіанті відповіді правильно вказано амфотерні гідроксиди?
- 1) калій гідроксид
  - 2) цинк гідроксид
  - 3) магній гідроксид
  - 4) барій гідроксид
  - 5) алюміній гідроксид
- Варіанти відповіді.*
- А) 1,2                      Б) 4,5                      В) 2,5                      Г) 3,4
6. Напишіть рівняння реакції термічного розкладу алюміній гідроксиду.
7. Обчисліть масову частку Оксигену у цинк гідроксиді.

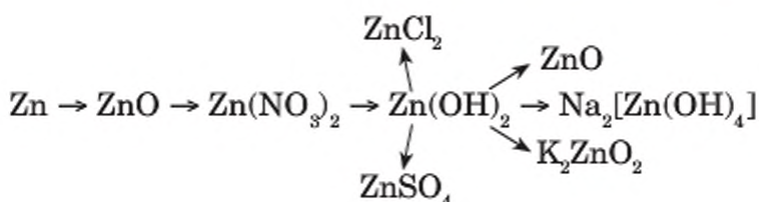
#### Достатній рівень

8. Укажіть речовину, яка під час реакції з лугом у розчині утворює осад, що розчиняється у надлишку луку:
- А)  $\text{AlCl}_3$                       В)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$   
Б)  $\text{NaOH}$                       Г)  $\text{CaCO}_3$
9. У пробірку з розчином цинк хлориду учень додав по краплях розчин калій гідроксиду до утворення осаду, який потім розділив на дві пробірки. У I пробірку він додав надлишок розчину калій гідроксиду, у II — надлишок хлоридної кислоти. Унаслідок цього осад у
- А) I пробірці розчинився                      В) I і II розчинився  
Б) II розчинився                      Г) I і II не розчинився
10. Яка маса алюміній оксиду утвориться внаслідок термічного розкладання 0,2 моль алюміній гідроксиду?

#### Високий рівень

11. Напишіть рівняння хімічних реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:





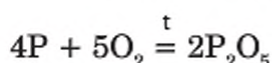
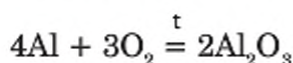
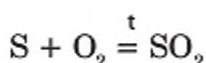
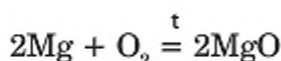
12. Унаслідок термічного розкладання 0,2 моль нерозчинного гідроксиду, утвореного хімічним елементом із ступенем окиснення +3, утворилося 5,4 г води. Назвіть хімічний елемент.
- 13.\* Установіть формулу гідроксиду, утвореного хімічним елементом із ступенем окиснення +3, якщо масова частка Оксигену у гідроксиді дорівнює 46,60%.

## § 35. Добування оксидів

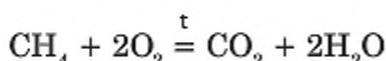
Опрацювавши параграф, ви:

- дізнаєтеся про способи добування оксидів.

1. Оксиди утворюються унаслідок горіння простих речовин (як металів, так і неметалів), наприклад:



2. Під час згоряння складних речовин на повітрі або у кисні утворюються, як правило, оксиди тих хімічних елементів, які утворюють складну речовину (винятком є речовини, що містять галогени та Нітроген) (мал. 47):



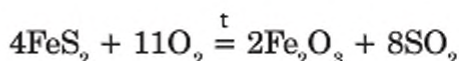
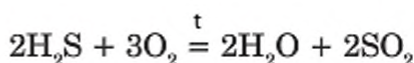
Мал. 47. Горіння метану



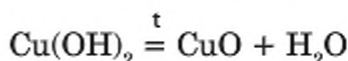
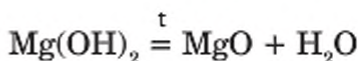
**Мал. 48.** Розкладання купрум(II) гідроксиду під час нагрівання



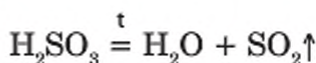
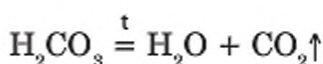
**Мал. 49.** Розкладання кальцій карбонату під час нагрівання



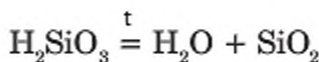
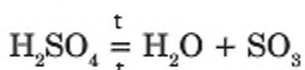
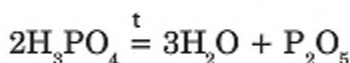
**3.** Нерозчинні гідроксиди під час нагрівання розкладаються на оксид відповідного металічного елемента і воду (мал. 48):



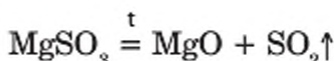
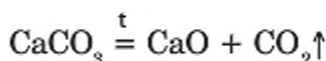
**4.** За звичайних умов нестійкі кислоти розкладаються на кислотний оксид і воду, наприклад:



Деякі кислоти розкладаються під час нагрівання:



**5.** Газуваті оксиди добувають під час термічного розкладання солей (мал. 49):



**ВИСНОВКИ**

- Оксиди добувають під час горіння простих і складних речовин, а також термічним розкладанням нерозчинних гідроксидів, кислот і деяких солей.

**Початковий рівень**

1. Яка проста речовина згоріла у кисні, якщо продуктом реакції є: а) карбон(IV) оксид; б) сульфур(IV) оксид; в) фосфор(V) оксид?
2. Які оксиди утворюються внаслідок згорання складних речовин, утворених:
  - а) Гідрогеном і Карбоном;
  - б) Гідрогеном і Сульфуром;
  - в) Цинком і Сульфуром?

**Середній рівень**

3. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна добути кальцій оксид, силіцій(IV) оксид, карбон(IV) оксид із простих речовин. До якого типу належать ці реакції?
4. Напишіть рівняння реакції термічного розкладання магній карбонату, дайте назви продуктам реакції.
5. Напишіть рівняння реакцій термічного розкладання гідроксидів, унаслідок яких утворюються манган(II) оксид, ферум(II) оксид, ферум(III) оксид.

**Достатній рівень**

6. Яка кількість речовини оксиду утвориться під час взаємодії магнію з киснем об'ємом (н. у.) 11,2 л?
7. Яка маса фосфор(V) оксиду утвориться під час взаємодії 12,4 г фосфору і достатньої кількості кисню?
8. Обчисліть об'єм (н. у.) сульфур(IV) оксиду, що утвориться під час спалювання 12,8 г сірки у достатній кількості кисню.

## Високий рівень

9. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:
- а)  $\text{Ca} \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$   
 б)  $\text{Mg} \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{Mg(NO}_3)_2$   
 в)  $\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$   
 г)  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CaCl}_2$
- 10.\* Унаслідок термічного розкладання 3,9 г кислоти, до складу якої входить елемент головної підгрупи IV групи, утворився оксид масою 3 г. Встановіть формулу оксиду.
- 11.\* Унаслідок розкладання 2,9 г нерозчинної основи, до складу якої входить елемент головної підгрупи II групи, утворився оксид масою 2 г. Встановіть назву елемента.
- 12.\* Під час взаємодії 5,6 г деякого неметалу з надлишком кисню утворилося 12 г оксиду, у якому неметалічний елемент виявляє ступінь окиснення +4. Встановіть формулу утвореного оксиду.

## § 36. Добування основ і амфотерних гідроксидів

Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:

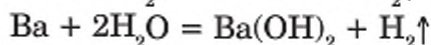
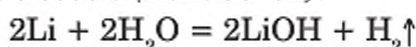
- як добувають луги, нерозчинні основи та амфотерні гідроксиди.



Мал. 51. Взаємодія кальцію з водою

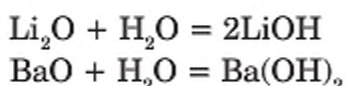
### 1. Добування лугів

1) Луги добувають взаємодією лужних і лужноземельних (крім магнію) металів з водою (мал. 50–52):



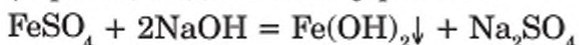
Унаслідок реакції утворюється луг і виділяється водень.

2) Луги також добувають внаслідок взаємодії оксидів лужних і лужноземельних (крім Магнію) елементів з водою:



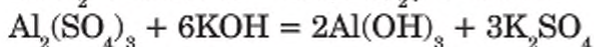
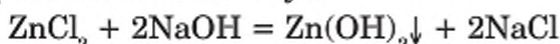
## 2. Добування нерозчинних у воді основ

Нерозчинні у воді основи добувають внаслідок взаємодії розчинних солей відповідного металічного елемента і лугу. Цю реакцію здійснюють у розчині:



## 3. Добування амфотерних гідроксидів

Як і нерозчинні основи, амфотерні гідроксиди добувають під час взаємодії розчинних солей і лугів:



Ці реакції також відбуваються у розчині.



Мал. 52. Взаємодія літію з водою



Мал. 53. Взаємодія калію з водою

## ВИСНОВКИ

- Луги добувають унаслідок взаємодії води і: а) лужних і лужноземельних металів; б) оксидів лужних і лужноземельних елементів.
- Нерозчинні у воді основи та амфотерні гідроксиди добувають реакцією у розчині між розчинною у воді сіллю відповідного металічного елемента та лугом.



### Початковий рівень

1. Реакція  $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH}$  належить до реакцій
 

А) розкладу	В) заміщення
Б) сполучення	Г) обміну
2. Реакція  $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$  належить до реакцій
 

А) розкладу	В) заміщення
Б) сполучення	Г) обміну

3. Укажіть формулу основи, яка може бути одержана реакцією взаємодії відповідного оксиду з водою:  
А)  $Mg(OH)_2$       Б)  $Cu(OH)_2$       В)  $Ba(OH)_2$       Г)  $Fe(OH)_2$
4. Укажіть формулу основи, яка не може бути одержана реакцією взаємодії відповідного оксиду з водою:  
А)  $NaOH$       Б)  $Sr(OH)_2$       В)  $KOH$       Г)  $Mn(OH)_2$

#### Середній рівень

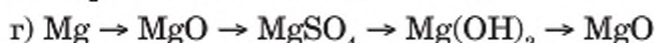
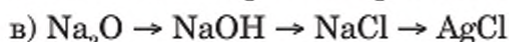
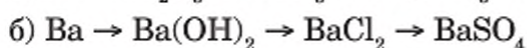
5. Реакція між кальцій гідроксидом і ферум(III) сульфатом належить до реакцій  
А) обміну      В) сполучення  
Б) розкладу      Г) заміщення
6. Напишіть рівняння реакцій добування натрій гідроксиду і кальцій гідроксиду двома способами.
7. Укажіть спосіб добування купрум(II) гідроксиду.  
А) взаємодія міді з водою  
Б) взаємодія розчину купрум(II) сульфату з лугом  
В) взаємодія купрум(II) сульфату з водою  
Г) взаємодія купрум(II) сульфідом з калій гідроксидом

#### Достатній рівень

8. Як, маючи у своєму розпорядженні:  
а) купрум(II) оксид, сульфатну кислоту і натрій гідроксид, добути купрум(II) гідроксид?  
б) ферум(III) оксид, хлоридну кислоту і калій гідроксид, добути ферум(III) гідроксид?
9. Яка маса калій гідроксиду утвориться під час реакції 5 моль калій оксиду з достатньою кількістю води?
10. Яка маса осаду утвориться в результаті взаємодії 11,2 г калій гідроксиду з достатньою кількістю магній нітрату?

#### Високий рівень

11. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



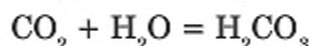
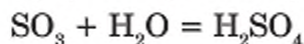
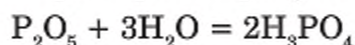
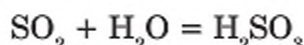
- 12.\* У розчині масою 200 г з масовою часткою кальцій гідроксиду 1% розчинили кальцій оксид масою 5,6 г. Обчисліть масову частку кальцій гідроксиду в розчині, що утворився.

## § 37. Добування кислот

**Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:**

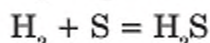
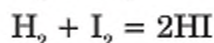
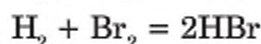
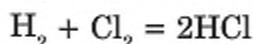
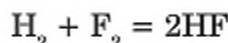
- якими способами можна добути оксигеновмісні і безоксигенові кислоти;
- за яких умов відбуваються реакції з утворенням кислоти.

1. Багато оксигеновмісних кислот добувають під час взаємодії кислотних оксидів з водою:



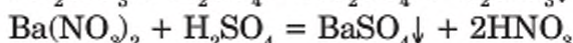
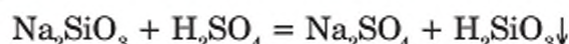
У такий спосіб не можна добути силікатну кислоту  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ , тому що, як ви пригадуєте, силіцій (IV) оксид  $\text{SiO}_2$  не взаємодіє з водою.

2. Безоксигенові кислоти добувають під час розчинення у воді газуватих сполук неметалічних елементів із Гідрогеном, які утворюються внаслідок взаємодії неметалів з воднем:

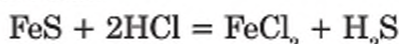


**3.** Кислоти можна одержати внаслідок реакції між сіллю та кислотою, якщо:

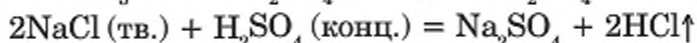
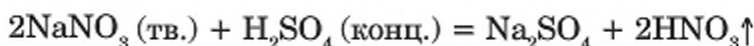
- унаслідок реакції утворюються нерозчинні у воді сіль або кислота:



- кислота, яка вступає у реакцію, є сильною, а кислота, яку потрібно добути — слабка:



Щоб добути сильну летку кислоту, реакцію проводять між її сіллю не в розчині, а у твердому стані й сильною нелеткою кислотою під час нагрівання. Наприклад, щоб добути нітратну кислоту, нагрівають кристалічний натрій нітрат із концентрованою сульфатною кислотою:



### ВИСНОВКИ

- Оксигеновмісні кислоти добувають реакцією між водою і кислотними оксидами.
- Безоксигенові кислоти добувають під час розчинення у воді газоватих сполук неметалічних елементів з Гідрогеном.

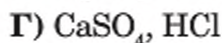
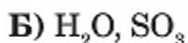
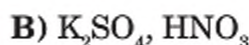
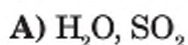


### Початковий рівень

1. У який спосіб добувають оксигеновмісні кислоти? До якого типу належать ці реакції?
2. Як добувають безоксигенові кислоти? Напишіть формули і назви 2–3 безоксигенових кислот.

### Середній рівень

3. Укажіть речовини, за допомогою яких можна отримати сульфатну кислоту:





4. Яку кислоту не можна добути взаємодією відповідного кислотного оксиду з водою?  
 А)  $\text{H}_2\text{CO}_3$       Б)  $\text{H}_2\text{SO}_4$       В)  $\text{H}_2\text{SiO}_3$       Г)  $\text{H}_3\text{PO}_4$
5. У результаті якої хімічної реакції утворюється кислота?  
 А)  $\text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$       В)  $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$   
 Б)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$       Г)  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

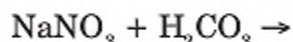
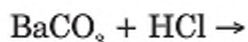
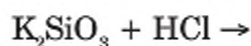
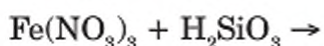
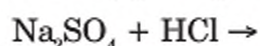
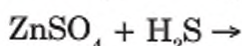
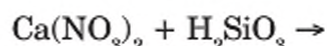
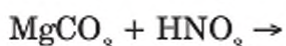
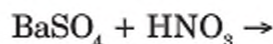
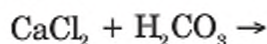
### Достатній рівень

6. У якому варіанті відповіді правильно вказано кислоти, які можна добути унаслідок взаємодії кислотного оксиду із водою:  
 1) сульфідна кислота  
 2) сульфитна кислота  
 3) сульфатна кислота  
 4) ортофосфатна кислота  
 5) хлоридна кислота

*Варіанти відповіді.*

А) 1,2,5      Б) 2,3,4      В) 1,3,5      Г) 3,4,5

7. Допишіть схеми можливих реакцій і складіть хімічні рівняння:



### Високий рівень

8. Яка маса сульфатної кислоти утвориться внаслідок розчинення 0,4 моль сульфур(VI) оксиду у достатній кількості води?
9. Який об'єм (н. у.) карбон(IV) оксиду необхідний для добування 12,4 г карбонатної кислоти?
10. Обчисліть масу ортофосфатної кислоти, яка утвориться внаслідок розчинення 7,1 г фосфор(V) оксиду у достатній кількості води?

11. Для синтезу гідроген хлориду використали 30 л хлору і достатню кількість водню. Яку масу хлоридної кислоти з масовою часткою розчиненої речовини 25% можна добути з цього гідроген хлориду?
12. Обчисліть масову частку сульфатної кислоти у розчині, одержаному розчиненням 40 г сульфур(VI) оксиду у 160 г розчину сульфатної кислоти з масовою часткою  $\text{H}_2\text{SO}_4$  80%.

## § 38. Добування солей

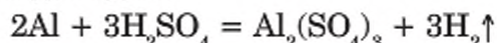
**Опрацювавши параграф, ви дізнаєтеся:**

- якими способами можна добути солі в лабораторії і промисловості.

Реакції, під час перебігу яких утворюються солі, не раз розглядалися у попередніх параграфах. Узагальнимо тепер ці відомості.

1. Солі одержують унаслідок взаємодії кислот із металами.

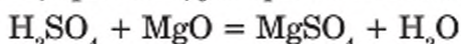
Пригадайте, що у такі реакції вступають метали, які розміщені у ряду активності до водню.



- ?** Напишіть рівняння реакції між цинком і хлоридною кислотою.

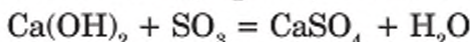
Як правило, для добування солей у такий спосіб використовують розбавлену сульфатну, хлоридну, ортофосфатну та деякі інші кислоти. Силікатна кислота у такі реакції не вступає.

2. Солі добувають унаслідок взаємодії основних оксидів із кислотами. (Яка речовина, крім солі, утворюється внаслідок цієї реакції?)



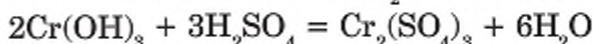
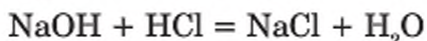
- ?** Напишіть рівняння реакції між кальцій оксидом і нітратною кислотою

3. Солі утворюються внаслідок реакції кислотних оксидів з лугами:



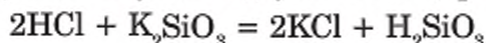
- ?** Напишіть рівняння реакції між натрій гідроксидом і карбон(IV) оксидом.

4. Солі добувають під час взаємодії основ (чи амфотерних гідроксидів) із кислотами:



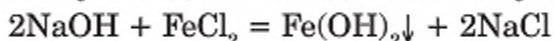
? Напишіть рівняння реакції між магній гідроксидом і нітратною кислотою.

5. Солі також одержують унаслідок взаємодії солей із кислотами. (Пригадайте, за яких умов відбуваються ці реакції?)



? Напишіть рівняння реакції між натрій карбонатом і сульфатною кислотою.

6. Солі добувають унаслідок взаємодії солей із лугами:



Як ви пригадуєте, сіль-реагент повинна розчинятися у воді; а щоб реакція відбулася, серед продуктів має бути або нерозчинна основа, або нерозчинна сіль.

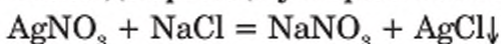
? Напишіть рівняння реакції добування барій сульфату, якщо одним із реагентів є барій гідроксид.

7. Солі утворюються внаслідок реакції між основними і кислотними оксидами.



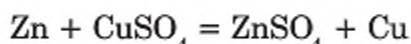
? Напишіть рівняння реакції утворення натрій карбонату таким способом.

8. Солі добувають взаємодією у водному розчині двох розчинних солей, якщо внаслідок реакції утворюється нерозчинна сіль.



? Напишіть рівняння реакції добування кальцій карбонату таким способом.

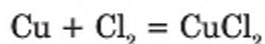
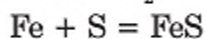
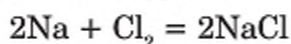
9. Солі можна отримати взаємодією солей із металами у розчині:



Оскільки взаємодія між металом і сіллю відбувається у розчині, то для цих реакцій не використовують натрій, калій, кальцій (тобто метали, які в ряду активності розміщені до магнію), тому що вони реагують з водою.

? Напишіть рівняння реакції між купрум(II) нітратом і залізом.

10. Солі можна одержати внаслідок взаємодії металів з неметалами.



Цим способом одержують солі безоксигенових кислот.

? Напишіть рівняння реакції добування кальцій сульфіді з простих речовин.

### ВИСНОВКИ

- Солі можна добути внаслідок реакцій між кислотою і: а) металом; б) основним оксидом; в) основою; г) сіллю. Солі також одержують реакціями обміну між солями; реакціями між сполуками з кислотними і основними властивостями.



#### Початковий рівень

1. До солей належить кожна із двох речовин:  
 А)  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$                       В)  $\text{KOH}$ ,  $\text{SiO}_2$   
 Б)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$                       Г)  $\text{CaO}$ ,  $\text{NaCl}$
2. Які ви знаєте способи добування солей?
3. Чи можна використати для добування солей хлоридну кислоту і мідь та срібло?

#### Середній рівень

4. Позначте речовини, які можна використати для добування магній броміду:  
 А) неметал і основний оксид              В) метал і неметал  
 Б) кислотний оксид і основа              Г) метал і кислотний оксид
5. Позначте речовини, які можна використати для одержання барій карбонату:  
 А) метал і неметал                              В) основа і кислотний оксид  
 Б) метал і кислотний оксид              Г) основа і неметал
6. Позначте речовини, які можна використати для добування натрій хлориду:  
 А) метал і кислотний оксид  
 Б) основа і кислотний оксид  
 В) основний оксид і кислотний оксид  
 Г) основа і кислота
7. Сіль утвориться внаслідок взаємодії:  
 А)  $\text{Na}_2\text{O}$  і  $\text{SO}_3$                               В)  $\text{Na}_2\text{O}$  і  $\text{CaCO}_3$   
 Б)  $\text{N}_2\text{O}$  і  $\text{CO}_2$                               Г)  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$

8. Кальцій сульфат утворюється внаслідок взаємодії:

- А) барій сульфату з кальцій нітратом у розчині
- Б) сульфур(IV) оксиду з кальцієм
- В) сульфур(VI) оксиду з кальцій гідроксидом
- Г) сульфур(VI) оксиду з калій гідроксидом

**Достатній рівень**

9. Позначте реакцію, в результаті якої можна одержати калій сульфат:

- А) калій + цинк сульфат
- Б) барій сульфат + калій гідроксид
- В) калій оксид + магній сульфат
- Г) калій гідроксид + сульфатна кислота

10. Позначте реакцію, у результаті якої можна одержати купрум(II) нітрат:

- А) барій нітрат + мідь
- Б) аргентум(I) нітрат + мідь
- В) алюміній нітрат + мідь
- Г) натрій нітрат + мідь

11. У якому варіанті відповіді вказано реакції, у результаті яких можна одержати купрум(II) сульфат:

- 1)  $\text{CuO} + \text{SO}_2 \rightarrow$
- 2)  $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
- 3)  $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
- 4)  $\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
- 5)  $\text{Cu}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow$

*Варіанти відповіді.*

- А) 1,3
- Б) 2,4
- В) 1,4
- Г) 2,5

12. У якому варіанті відповіді вказано реакції, у результаті яких можна одержати ферум(II) хлорид?

- 1)  $\text{NaCl} + \text{FeSO}_4 \rightarrow$
- 2)  $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{HCl} \rightarrow$
- 3)  $\text{BaCl}_2 + \text{FeSO}_4 \rightarrow$
- 4)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{HCl} \rightarrow$
- 5)  $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{HCl} \rightarrow$

*Варіанти відповіді.*

- А) 2,3
- Б) 1,4
- В) 1,2
- Г) 3,5

13. Установіть відповідність між сіллю і оксидами, з яких вона утворена:

*Сіль*

- 1)  $\text{CrSO}_4$
- 2)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$
- 3)  $\text{K}_2\text{SO}_4$
- 4)  $\text{K}_2\text{SO}_3$

*Оксиди*

- А)  $\text{Cr}_2\text{O}_3, \text{SO}_3$
- Б)  $\text{K}_2\text{O}, \text{SO}_2$
- В)  $\text{K}_2\text{O}, \text{SO}_3$
- Г)  $\text{Cr}_2\text{O}_3, \text{SO}_2$
- Д)  $\text{CrO}, \text{SO}_3$

14. Установіть відповідність між сіллю і реагентами, з яких вона утворена:

*Сіль*

- 1)  $\text{FeCl}_2$
- 2)  $\text{FeCl}_3$
- 3)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$
- 4)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$

*Реагенти*

- А)  $\text{FeSO}_4, \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
- Б)  $\text{Fe}(\text{OH})_3, \text{HNO}_3$
- В)  $\text{FeO}, \text{HCl}$
- Г)  $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{HCl}$
- Д)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3, \text{KNO}_3$

15. Наведіть приклад одержання солей: а) реакцією заміщення; б) реакцією обміну; в) реакцією сполучення.
16. Обчисліть масу кальцій нітрату, що утворився внаслідок взаємодії 50,4 г нітратної кислоти з кальцій оксидом.

### Високий рівень

17. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна одержати калій сульфід, барій флуорид, натрій бромід, кальцій хлорид із простих речовин.
18. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна одержати цинк хлорид, ферум(II) сульфат, магній хлорид, натрій ортофосфат, калій сульфат унаслідок взаємодії металу і кислоти.
19. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна одержати ферум(II) сульфат, магній хлорид, манган(II) нітрат, магній нітрат, алюміній сульфат унаслідок взаємодії металів із солями у розчині.

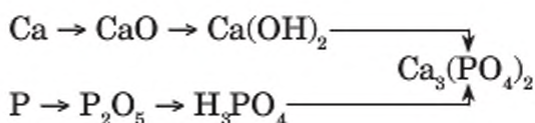
20. Напишіть рівняння реакцій між основою і кислотою, внаслідок яких можна одержати калій хлорид, натрій нітрат, кальцій сульфат, алюміній хлорид, купрум(II) нітрат, барій сульфат.
21. Напишіть рівняння реакцій між оксидом металічного елемента і кислотою, внаслідок яких можна одержати кальцій сульфат, алюміній нітрат, магній хлорид, цинк нітрат, барій нітрат, ферум(II) сульфат.
22. Напишіть рівняння реакцій одержання аргентум(I) хлориду, барій сульфату, магній карбонату під час взаємодії двох солей.
23. Напишіть рівняння реакцій одержання калій сульфату, натрій карбонату, кальцій ортофосфату, барій сульфату і натрій сульфіту під час взаємодії лугів і кислотних оксидів.
24. Напишіть рівняння реакцій одержання кальцій карбонату, магній силікату, натрій сульфіту, калій сульфату, барій ортофосфату, калій силікату, натрій карбонату під час взаємодії основного і кислотного оксидів.
25. Напишіть декілька рівнянь неоднотипних хімічних реакцій, у результаті яких утворюється цинк сульфат.
- 26.\* У результаті взаємодії 14,6 г суміші цинку і цинк оксиду з надлишком хлоридної кислоти виділилося 2,24 л (н. у.) газу. Яка маса солі утворилася?

## § 39. Генетичні зв'язки між основними класами неорганічних сполук

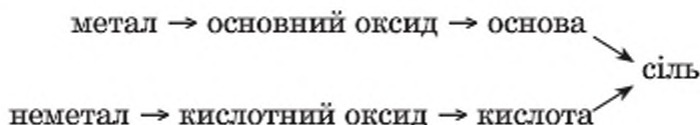
Опрацювавши параграф, ви:

- з'ясуєте генетичні зв'язки між окремими класами неорганічних сполук.

З речовин одного класу можна добути речовини іншого класу. Взаємний зв'язок між окремими речовинами можна зобразити у вигляді схеми:

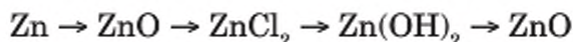


У загальному вигляді:



Такий зв'язок називають *генетичним* (від грецького «генезис» — *походження*).

Для неорганічних речовин можна скласти інші послідовності, у яких кожен наступну речовину добувають із попередньої (таку послідовність інколи називають ланцюжком перетворень), наприклад:



(або у загальному вигляді:

метал  $\rightarrow$  амфотерний оксид  $\rightarrow$  сіль  $\rightarrow$  амфотерний гідроксид  $\rightarrow$  амфотерний оксид).

**?** Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:  $\text{Ba} \rightarrow \text{Ba(OH)}_2 \rightarrow \text{Ba(NO}_3)_2 \rightarrow \text{BaCO}_3$ .

Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: силіцій  $\rightarrow$  силіцій(IV) оксид  $\rightarrow$  натрій силікат  $\rightarrow$  силікатна кислота.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 9

### Розв'язування експериментальних задач

1. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

$\text{CuO} \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu(OH)}_2 \rightarrow \text{CuSO}_4$ . Дайте назви продуктам реакції.

2. До якого типу належать ці реакції?

3. До якого класу неорганічних речовин належать реагенти і продукти реакції?



4. Здійсніть експериментально ці перетворення. Опишіть послідовність ваших дій і зовнішні ефекти хімічних реакцій, які відбуваються.

### ВИСНОВКИ

- **Генетичні зв'язки** — це взаємозв'язки між речовинами, які ґрунтуються на їх походженні та хімічних властивостях.

### Початковий рівень

- Укажіть число елементів і число атомів у складі сполуки, формула якої  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ .  
 А) 3 і 7                      Б) 3 і 8                      В) 4 і 7                      Г) 4 і 9
- Із даного переліку виписіть окремо формули оксидів, основ, кислот, солей:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .
- Укажіть відповідність між формулою речовини та її назвою:  

<i>Формула речовини</i>	<i>Назва речовини</i>
1) $\text{CO}_2$	А) калій карбонат
2) $\text{H}_2\text{SO}_4$	Б) кальцій карбонат
3) $\text{CaCO}_3$	В) карбон(II) оксид
4) $\text{K}_2\text{CO}_3$	Г) сульфатна кислота
	Д) карбон(IV) оксид
- Послідовності оксид — гідроксид — сіль відповідає ряд речовин:  
 А)  $\text{MgO} - \text{LiOH} - \text{KCl}$                       В)  $\text{P}_2\text{O}_5 - \text{ZnSO}_4 - \text{KOH}$   
 Б)  $\text{HCl} - \text{NaOH} - \text{PbI}_2$                       Г)  $\text{CaO} - \text{HCl} - \text{NaOH}$

### Середній рівень

- Яку речовину можна добути взаємодією металу з водою?  
 А)  $\text{Fe}(\text{OH})_2$                       В)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$   
 Б)  $\text{Pb}(\text{OH})_2$                       Г)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

6. Укажіть формулу оксиду, який реагує з водою з утворенням лугу.

- А) BaO                      Б) ZnO                      В) CuO                      Г) FeO

7. У якому рядку наведено формули лише тих речовин, які виявляють амфотерні властивості?

- А)  $AlCl_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Al(OH)_3$                       В) FeO,  $FeCl_3$ ,  $Zn(OH)_2$   
 Б)  $Al_2O_3$ ,  $Al(OH)_3$ , ZnO                      Г) NaOH,  $Ba(OH)_2$ ,  $Al(OH)_3$

8. У якому варіанті відповіді вказано речовини, які реагують між собою у водному розчині?

- 1)  $Na_2SO_4$  і HCl  
 2)  $CaCO_3$  і NaCl  
 3)  $K_2SO_4$  і  $Ba(NO_3)_2$   
 4)  $MgSO_4$  і  $ZnCl_2$   
 5)  $CaCl_2$  і  $Na_2CO_3$

*Варіанти відповіді.*

- А) 1,5                      Б) 2,4                      В) 3,5                      Г) 1,2

9. Визначте речовину «Х», що відповідає схемі перетворень  $Ca \rightarrow X \rightarrow CaCO_3$ .

- А)  $Ca(OH)_2$                       Б)  $Ca_3(PO_4)_2$                       В)  $Ca(NO_3)_2$                       Г)  $CaSO_4$

10. У схемі реакції  $E + H_2O \rightarrow EOH + H_2$  речовиною E є:

- А) калій або калій оксид                      В) натрій або натрій оксид  
 Б) калій або натрій                      Г) калій або кальцій

11. Установіть відповідність між реагентами і продуктами реакцій.

*Реагенти*

*Продукти реакції*

- 1)  $Fe(OH)_3 + HCl \rightarrow$   
 2)  $BaO + SO_3 \rightarrow$   
 3)  $BaO + SO_2 \rightarrow$   
 4)  $Fe(OH)_2 + HCl \rightarrow$

- А)  $BaSO_4$   
 Б)  $FeCl_3, H_2O$   
 В)  $FeCl_2, H_2O$   
 Г)  $BaSO_3$   
 Д)  $Ba(OH)_2$

12. Установіть відповідність між реагентами і продуктами реакції.

<i>Реагенти</i>	<i>Продукти реакції</i>
1) оксид лужного елемента + вода	А) луг
2) основний оксид + кислота	Б) сіль + вода
3) основний оксид + кислотний оксид	В) сіль
4) кислотний оксид + вода	Г) кислота
	Д) нерозчинна основа

13. Установіть відповідність між реагентами і продуктами реакції:

<i>Реагенти</i>	<i>Продукти реакції</i>
1) натрій гідроксид + хлоридна кислота	А) сіль
2) кальцій оксид + вода	Б) кислота
3) сульфур(VI) оксид + вода	В) луг
4) калій оксид + карбон(IV) оксид	Г) нерозчинна основа
	Д) сіль + вода

### Достатній рівень

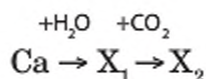
14. Укажіть реактив, за допомогою якого можна розрізнити розчини алюміній сульфату і калій сульфату:

А) КОН                      Б) KCl                      В) HCl                      Г) KNO<sub>3</sub>

15. Визначте речовини X і Y у схемі реакції  $MgCl_2 + X \rightarrow Mg_3(PO_4)_2 + Y$ :

А) Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>                      В) Li<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, LiCl  
 Б) AlPO<sub>4</sub>, AlCl<sub>3</sub>                      Г) Mg<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>

16. Визначте пари речовин, що відповідають сполукам X<sub>1</sub> та X<sub>2</sub> у схемі перетворень



А) Ca(OH)<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>                      В) Ca(OH)<sub>2</sub>, CaO  
 Б) CaO, CaCO<sub>3</sub>                      Г) Ca(OH)<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>

17. Сума всіх стехіометричних коефіцієнтів у рівняннях реакції, що відповідають схемі перетворень купрум(II) сульфат → купрум(II) гідроксид → купрум(II) оксид, дорівнює:

А) 6                      Б) 7                      В) 8                      Г) 9

18. Установіть відповідність між назвою речовини і реагентами, з якими вона може взаємодіяти:

*Назва речовини*

*Реагенти*

1) сульфатна кислота

А)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCl}$

2) барій оксид

Б)  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$

3) аргентум(І) нітрат

В)  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{SO}_3$

4 нвтрій гідроксид

Г)  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Cu}$

Д)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$

19. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:  $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{BaCO}_3$ .

20. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:  $\text{Na} \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{AgCl}$

21. Напишіть рівняння реакцій за схемою:

проста речовина-метал  $\rightarrow$  основний оксид  $\rightarrow$  сіль  $\rightarrow$  основа  $\rightarrow$  оксид

22. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:  $\text{Mg} \rightarrow \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgCl}_2$

23. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:  $\text{K} \rightarrow \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KCl}$

24. Обчисліть кількість речовини ортофосфатної кислоти, яка утвориться при взаємодії 28,4 г фосфор(V) оксиду з достатньою кількістю води.

### Високий рівень

25. Складіть рівняння реакцій за схемою. Визначте речовини X і Y:



А)  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{BaCl}_2$

В)  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

Б)  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$

Г)  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{BaSO}_3$ .

26. Визначте, до якого класу неорганічних сполук належить неорганічна речовина X, що бере участь у реакції за схемою: барій гідроксид + X  $\rightarrow$  барій карбонат + луг.

А) амфотерний гідроксид

В) основний оксид

Б) кислота

Г) солі

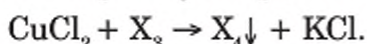
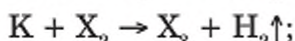
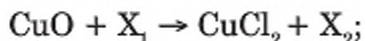
27. Замість класу, до якого належать речовини, напишіть їхні формули; замість крапок вставте пропущені формули; схеми реакцій перетворіть на рівняння:

луг + кислота  $\rightarrow$  калій сульфат + ...

луг + кислота  $\rightarrow$  барій карбонат + ...

основа + кислота  $\rightarrow$  купрум(II) нітрат + ...

28.\* Визначте невідомі речовини  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  і  $X_4$ , якщо вони вступають у реакції, які описуються такими схемами:



### Виконайте навчальні проекти

4. Сполуки основних класів у будівництві і побуті.
5. Хімічний склад і використання мінералів.
6. Вирощування кристалів солей.
7. Вплив хімічних сполук на довкілля і здоров'я людини.

### ДОМАШНІЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

#### Дія на сік буряка лимонного соку, розчину харчової соди, мильного розчину

1. Приготування соку буряка.

Потертий на дрібній терці буряк середнього розміру покладіть на марлю, складену учетверо, і вичавте сік. 1–2 столові ложки соку розведіть у чверті склянки кип'яченої води.

2. Дослідження дії соку лимона на сік буряка.

Розріжте лимон навпіл, і, стискаючи його, вичавте сік у прозору склянку. Наберіть піпеткою розчин соку буряка і додайте по краплях у лимонний сік. Що спостерігаєте?

3. Дослідження дії розчину харчової соди на сік буряка.

1 чайну ложку харчової соди розчиніть у половині склянки кип'яченої води. Наберіть піпеткою розчин соку буряка і додайте по краплях у розчин харчової соди. Що спостерігаєте?

4. Дослідження дії мильного розчину на сік буряка.  
Настругайте ножем 1–2 чайні ложки господарського мила і розчиніть у половині склянки гарячої кип'яченої води, для кращого розчинення вміст склянки ретельно перемішайте чайною ложечкою. Наберіть піпеткою розчин соку буряка і додайте по краплях у розчин мила. Що спостерігаєте?
5. Які висновки можна зробити на основі виконаних дослідів? Чи можна сік буряка використовувати як індикатор (подібно до лакмусу, метилоранжу чи фенолфталеїну)?
6. Результати дослідів, свої висновки та міркування запишіть у робочому зошиті.

### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

#### Дослідження властивостей основних класів неорганічних сполук.

##### Варіант 1

1. Насипте у пробірку трохи порошку магній оксиду. Додайте 2–3 мл хлоридної кислоти, для кращого розчинення нагрійте реакційну суміш у полум'ї спиртівки. (Пригадайте, як правильно нагрівати вміст пробірки). Що спостерігаєте? Напишіть рівняння реакції. Вкажіть тип реакції, дайте назви продуктам реакції. Зазначте, до якого класу неорганічних речовин належать реагенти та продукти реакції.

2. До вмісту першої пробірки додайте 0,5–1 мл розчину натрій гідроксиду. Що спостерігаєте? Напишіть рівняння реакції. Вкажіть тип реакції, назви продуктів реакції. Зазначте, до якого класу неорганічних речовин належать реагенти та продукти реакції.

3. У ту ж пробірку додайте розчин сульфатної кислоти до повного розчинення осаду. Напишіть рівняння реакції. Вкажіть тип реакції, назви продуктів реакції. Зазначте, до якого класу неорганічних речовин належать реагенти та продукти реакції.

4. Напишіть рівняння термічного розкладу магній гідроксиду. Вкажіть тип реакції, дайте назви продуктам реакції, визначте належність до класу неорганічних речовин.

*Варіант 2*

1. Насипте у пробірку трохи ошурків заліза. Обережно додайте розчин сульфатної кислоти. Що спостерігаєте? Напишіть рівняння реакції. Вкажіть тип реакції, назвіть продукти реакції. Зазначте, до яких речовин (простих чи складних) належать реагенти та продукти реакції. До яких класів неорганічних сполук належать складні речовини?

2. До вмісту першої пробірки додайте 0,5–1 мл розчину натрій гідроксиду. Що спостерігаєте? Напишіть рівняння реакції. Вкажіть тип реакції, назви продуктів реакції. Зазначте, до якого класу неорганічних речовин належать реагенти та продукти реакції.

3. У ту ж пробірку додайте хлоридну кислоту до повного розчинення осаду. Напишіть рівняння реакції. Вкажіть тип реакції, назви продуктів реакції. Зазначте, до якого класу неорганічних речовин належать реагенти та продукти реакції.

4. Напишіть рівняння термічного розкладу ферум(II) гідроксиду. Вкажіть тип реакції, назви продуктів реакції і належність до класу неорганічних речовин.

**ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2****Розв'язування експериментальних задач.***Варіант 1*

1. Серед реактивів доберіть потрібні вам для практичного здійснення хімічних перетворень за такою схемою:

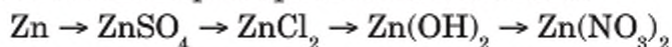


Опишіть послідовність ваших дій, зовнішні ефекти реакцій. Напишіть рівняння реакцій та вкажіть назви продуктів реакції. До якого класу належать реагенти та продукти реакції?

2. Вам видані три пронумеровані пробірки без написів із прозорими безбарвними розчинами натрій гідроксиду, натрій сульфату і сульфатної кислоти. Як розпізнати ці речовини? Складіть план розпізнавання і напишіть відповідні рівняння реакцій.

*Варіант 2*

1. Серед реактивів доберіть потрібні вам для практичного здійснення хімічних перетворень за такою схемою:



Опишіть послідовність ваших дій, зовнішні ефекти реакцій. Напишіть рівняння реакцій та вкажіть назви продуктів реакції. До якого класу належать реагенти та продукти реакції?

2. Вам видані три пронумеровані пробірки без написів із прозорими безбарвними розчинами калій гідроксиду, калій хлориду і хлоридної кислоти. Як розпізнати ці речовини? Складіть план розпізнавання і напишіть відповідні рівняння реакцій.



## Відповіді

---

### §1.

- 21. 32 г.
- 22. 320 г.
- 24. 444 г.

### §2.

- 8. У 2 рази.
- 9.  $w(\text{C}) = 27,27\%$ .
- 10.  $w(\text{S}) = 40\%$ ;  $w(\text{O}) = 60\%$ .
- 11.  $\text{Cu}_2\text{O}$ .
- 13.  $w(\text{Ca}) = 40\%$ ;  $w(\text{C}) = 12\%$ ;  $w(\text{O}) = 48\%$ .
- 15. 192 г.
- 17.  $\approx 19\%$ .

### §3.

- 3. 65 г.
- 4. а) 10%; б) 2%.
- 5. а) 7 г; б) 8 г.
- 6. 5%.
- 7. 20%.
- 8. 900 г.
- 9.  $m(\text{солі}) = 32$  г;  $m(\text{води}) = 168$  г.
- 10.  $m(\text{NaOH}) = 54,58$  г;  $m(\text{H}_2\text{O}) = 400,22$  г.
- 11. 450 г.
- 12.  $w(\text{солі}) = 4\%$ .
- 13.  $w(\text{солі}) = 20\%$ .
- 14.  $w(\text{солі}) = 5\%$ .
- 15. 500 г р-ну з  $w(\text{р. р.}) = 20\%$ ; 300 г р-ну з  $w(\text{р. р.}) = 60\%$ ;

### §4.

- 10.  $w(\text{Na}) = 57,5\%$ .

### §8.

- 12.  $w(^{63}\text{Cu}) = 75\%$ ;  $w(^{65}\text{Cu}) = 25\%$ ;

### §21.

- 5.  $N(\text{H}_2\text{O}) = 6,02 \cdot 10^{23}$  молекул.

6.  $n(\text{Au}) = 5 \cdot 10^{-5}$  моль.
7. а)  $n(\text{O}) = 2$  моль; б)  $n(\text{O}) = 8$  моль; в)  $n(\text{O}) = 0,6$  моль.
8. а)  $n(\text{SO}_3) = 0,33$  моль; б)  $n(\text{SO}_3) = 1$  моль; в)  $n(\text{SO}_3) = 0,06$  моль.
9. а) 56 моль; б) 28 моль.
10. У 3 моль карбон(II) оксиду.
11.  $n(\text{AlCl}_3) = 1,5$  моль.  $N(\text{Al}^{3+}) = 3,01 \cdot 10^{23}$  йонів.
12. а)  $n(\text{NH}_3) = 2$  моль; б)  $n(\text{NH}_3) = 4$  моль; в)  $n(\text{NH}_3) = 16$  моль.

#### §22.

8. а)  $n(\text{S}) = 0,5$  моль; б)  $n(\text{O}) = 0,75$  моль; в)  $n(\text{HNO}_3) = 2$  моль;  
г)  $n(\text{CaCO}_3) = 5$  моль; д)  $n(\text{H}_2\text{O}) = 1000$  моль.
9. 56 г/моль.
10.  $N(\text{O}_2) = 3,01 \cdot 10^{24}$  молекул;  $N(\text{O}) = 6,02 \cdot 10^{24}$  атомів.
12. а)  $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5$  моль; б)  $n(\text{H}) = 1$  моль; в)  $n(\text{S}) = 0,5$  моль;  
г)  $n(\text{O}) = 2$  моль.
13. У 100 г азоту.
14. У 200 г кисню.

#### §23.

5. а) 44,8 л; б) 11,2 л; в) 5,6 л.
6. а)  $N(\text{O}_2) = 2,69 \cdot 10^{25}$  молекул; б)  $N(\text{O}_2) = 1,88 \cdot 10^{25}$  молекул.
7.  $N(\text{H}_2) = 1,505 \cdot 10^{23}$  молекул.
8. а) 112 л; б) 224 л.
9. У 100 г.
10. У 300 л.
11. Більше молекул у 20 л хлору. Атомів у 10 л метану у 1,25 разів більше, ніж хлору.

#### §24.

5. а) у 16 разів; б) в 1,1 разу.
6.  $D_{\text{H}_2}(\text{He}) = 2$ ;  $D_{\text{ном.}}(\text{He}) = 0,14$ ;  
 $D_{\text{H}_2}(\text{Ne}) = 10$ ;  $D_{\text{ном.}}(\text{Ne}) = 0,69$ .
8.  $D_{\text{He}}(\text{H}_2) = 0,5$ ;  $D_{\text{He}}(\text{CH}_4) = 4$ ;  $D_{\text{He}}(\text{N}_2) = 7$ ;  $D_{\text{He}}(\text{O}_2) = 8$ ;  $D_{\text{He}}(\text{SO}_2) = 16$ .
9. 32.

#### §25.

20. 7 г.
21. 8,96 л.
22. 22.
27.  $w(\text{P}) = 43,66\%$ ;  $w(\text{O}) = 56,34\%$ .
28. 72,73%.

**§26.**

12. У магній гідроксиді.

13. 37 г.

**§27.**

11.  $w(H) = 3,23\%$ ;  $w(C) = 19,36\%$ ;  $w(O) = 77,41\%$ .

13. 0,2 моль.

16. 4,66%.

**§28.**

14. А.

15. 8 моль.

17. Б.

18. 3%.

19. 7,1%.

20.  $n(K^+) = 4$  моль;  $m(K^+) = 156$  г.

21. а)  $Na_2SO_4$ ; б)  $K_2CO_3$ .

**§30.**

3. 0,5 моль.

4. 44,8 г.

5. 4,48 л.

6.  $n(MgO) = 0,05$  моль;  $V(CO_2) = 1,12$  л.

7. 70 г.

8.  $Na_2O$ ,  $NaOH$ .

9. Карбон.

10. 2,51%.

11. 2,5%.

**§31.**

18. 8 г.

19. 2,94 г.

20. 11,2 л.

21. 49,67 см<sup>3</sup>.

22. 24,67%.

**§32.**

14. 67,5%.

15. Магній.

16. 41,6 г.

17. 7,875%.

18. 400 г.  
19. 26,97%.

**§33.**

22. 10 г.  
23. 11,2 л.  
24. 40,4 г.  
25. 10,2 г.  
26.  $\text{MgCO}_3$ .  
27.  $w(\text{MgSO}_4) = 42,25\%$ ;  $w(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 57,75\%$ .  
28.  $w(\text{K}_2\text{S}) = 58,51\%$ ;  $w(\text{Na}_2\text{S}) = 41,49\%$ .  
29. 1,49 г.

**§34.**

7. 32,32%.  
10. 10,2 г.  
12. Алюміній.  
13.  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ .

**§35.**

6. 1 моль.  
7. 28,4 г.  
8. 8,96 л.  
10.  $\text{SiO}_2$ .  
11. Магній.  
12.  $\text{SiO}_2$ .

**§36.**

9. 560 г.  
10. 5,8 г.  
12. 4,53%.

**§37.**

8. 39,2 г.  
9. 4,48 л.  
10. 9,8 г.  
11. 391 г.  
12. 88,5%.

**§38.**

26. 27,2 г.

**§39.**

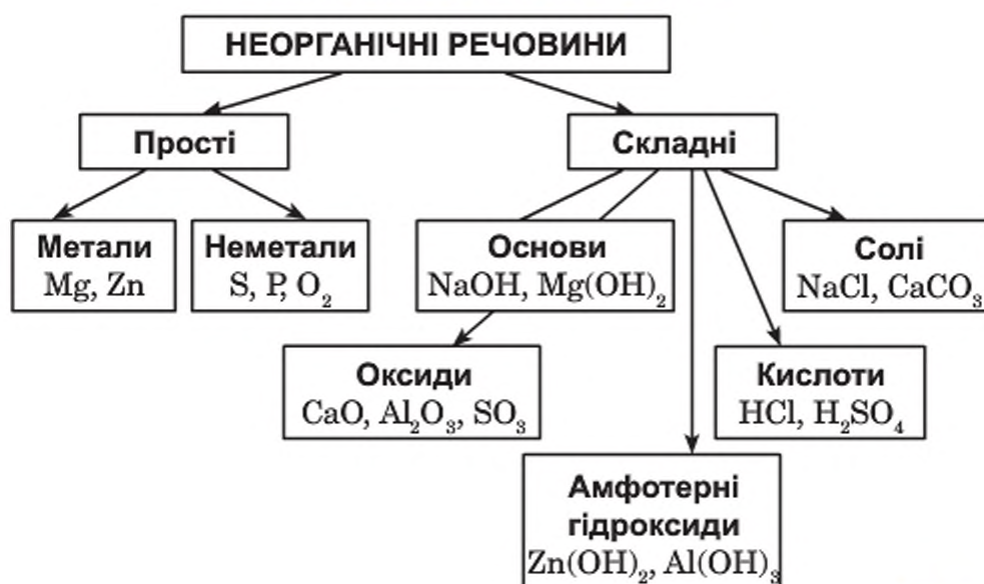
24. 0,4 моль.

## Додатки

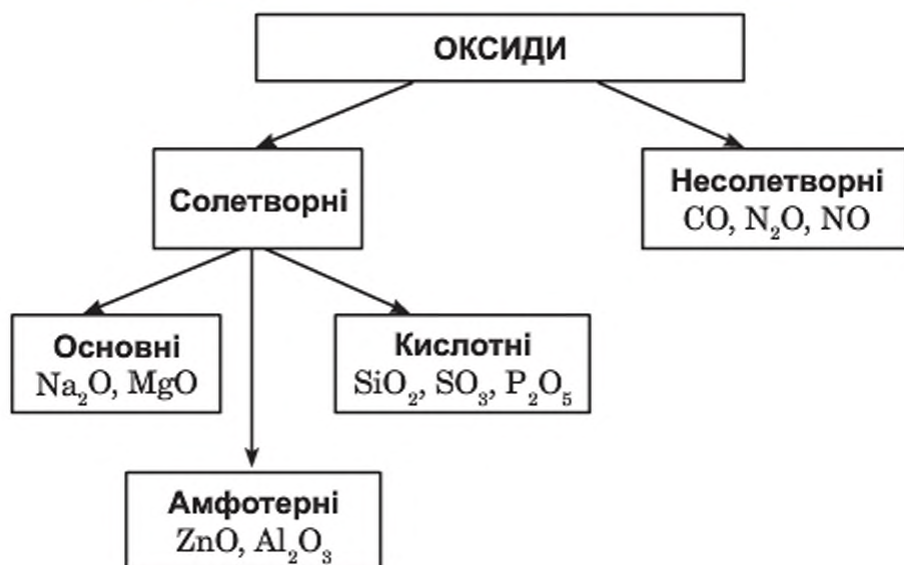
### ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ДЕЯКИМИ ФІЗИЧНИМИ ВЕЛИЧИНАМИ

Фізична величина	Позначення	Рівняння для визначення фізичної величини	Одиниця
Молярна маса	$M$	$M = \frac{m}{n}$ ; $M = 2D_{H_2}$	кг/моль, г/моль, 1 г/моль = = $10^{-3}$ кг/моль
Маса речовини	$m$	$m = V\rho$ ; $m = Mn$	кг, г
Кількість речовини	$n$	$n = \frac{m}{M}$ ; $n = \frac{V}{V_m}$ ; $n = \frac{N}{N_A}$	моль
Об'єм газу	$V$	$V = \frac{m}{\rho}$ ; $V = V_m n$	м <sup>3</sup> , л
Молярний об'єм	$V_m$	$V_m = \frac{V}{n}$ ; $V_m = \frac{M}{\rho}$	м <sup>3</sup> /моль, л/моль
Густина	$\rho$	$\rho = \frac{m}{V}$ ; $\rho = \frac{M}{V_m}$ (для газів)	кг/м <sup>3</sup> , г/см <sup>3</sup> , г/л, г/мл
Відносна густина газів	$D$	$D = \frac{\rho_1}{\rho_2}$ ; $D = \frac{M_1}{M_2}$	–

### КЛАСИФІКАЦІЯ НАЙВАЖЛИВШИХ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН



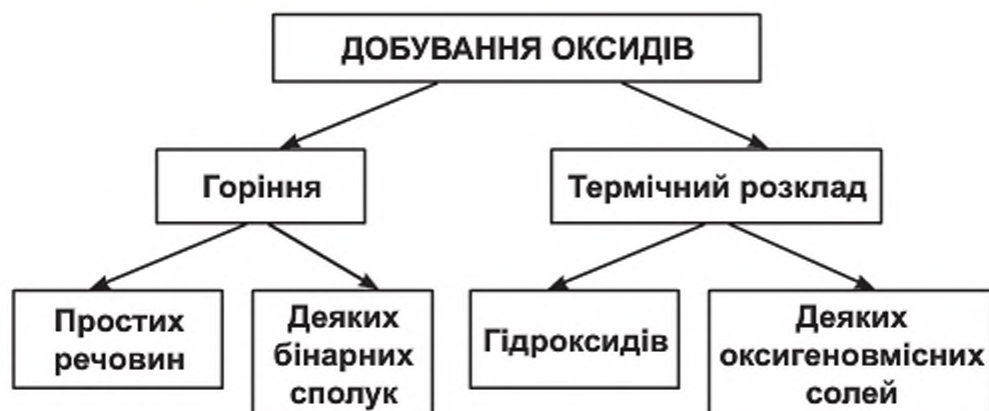
## КЛАСИФІКАЦІЯ ОКСИДІВ ЗА ХІМІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ



## ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОКСИДІВ



## СПОСОБИ ДОБУВАННЯ ОКСИДІВ



## КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВ І ЇХ ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ



## ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АМФОТЕРНИХ ГІДРОКСИДІВ



## СПОСОБИ ДОБУВАННЯ ОСНОВ І АМФОТЕРНИХ ГІДРОКСИДІВ





## ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КИСЛОТ



## СПОСОБИ ДОБУВАННЯ КИСЛОТ



## ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СОЛЕЙ



## СПОСОБИ ДОБУВАННЯ СОЛЕЙ



## Словник

---

### А

**Амфотерні гідрокси́ди** — це гідрокси́ди, які виявляють основні або кислотні властивості залежно від природи речовини, з якою вони реагують.

**Амфотерні окси́ди** — це окси́ди, які залежно від умов виявляють властивості основних і кислотних окси́дів.

**Аніони** — негативно заряджені йони.

**Атом** — це електронейтральна частинка, яка складається з позитивно зарядженого ядра та негативно заряджених електронів.

**Атоми** — це найдрібніші хімічно неподільні частинки речовини.

**Атомна одиниця маси** (а.о.м.) —  $1,66 \cdot 10^{-24}$  г.

### В

**Валентність** — число зв'язків, які даний атом утворює з іншими атомами.

**Вищий оксид** — це оксид, у якому елемент виявляє найбільше значення валентності.

**Відносна атомна маса** показує, у скільки разів маса даного атома більша за  $1/12$  маси нукліда Карбону  $^{12}\text{C}$ .

**Відносна густина** показує, у скільки разів один газ важчий за інший за даних умов, і є безрозмірною величиною.

**Відносна молекулярна маса** — це відношення маси молекули до  $1/12$  маси нукліда Карбону  $^{12}\text{C}$ .

### Г

**Галогени** — елементи головної підгрупи VII групи періодичної системи (Флуор, хлор, Бром, Йод), а також відповідні прості речовини.

**Генетичні зв'язки** — взаємозв'язки між речовинами, які ґрунтуються на їх походженні.

**Групи** — вертикальні стовпчики періодичної системи.

### Д

**Диполь** — це молекула, у якій центри позитивного і негативного зарядів містяться у різних точках.

**Довжина зв'язку** — це відстань між ядрами сполучених атомів.

## Е

**Електрон** — негативно заряджена елементарна частинка, складова атома.

**Енергетичний рівень (електронний шар)** — сукупність електронів з однаковою (або дуже близькою за значенням) енергією.

**Електронегативність** — властивість атома притягувати валентні електрони інших атомів.

**Електронна оболонка** — сукупність електронів у атомі.

**Електронний шар** (див. енергетичний рівень).

**Електронна формула атома** — запис, який відображає будову електронної оболонки атома.

**Електронна формула молекули** — структурна формула молекули, у якій вказані валентні електрони всіх атомів.

## З

**Закон Авогадро:** в однакових об'ємах різних газів за однакових умов (температури і тиску) міститься однакове число молекул.

**Закон збереження маси речовин:** під час хімічної реакції маса речовин залишається незмінною — загальна маса усіх вихідних речовин дорівнює загальній масі усіх продуктів реакції.

**Закон об'ємних співвідношень:** об'єми газів, що вступають у реакцію та утворюються внаслідок реакції, співвідносяться як цілі числа.

**Заряд ядра атома** завжди чисельно дорівнює порядковому (атомному) номеру елемента в періодичній системі.

## І

**Ізотопи** — види атомів одного і того ж хімічного елемента, які мають різну кількість нейтронів у ядрі.

**Індикатор** — речовина, яка змінює своє забарвлення у присутності лугу або кислоти.

**Інертні елементи** — елементи головної підгрупи VIII групи періодичної системи (Гелій, Неон, Аргон, Криптон, Ксенон, Радон).

## Й

**Йони** — заряджені частинки, які утворюються із електронейтральних атомів унаслідок втрати або приєднання електронів.

**Йонний зв'язок** — це зв'язок, який виникає в результаті притягання протилежно заряджених йонів.

## К

**Катіони** — позитивно заряджені йони.

**Кислоти** — складні речовини, молекули яких містять один чи декілька атомів Гідрогену (які під час хімічних реакцій здатні заміщуватися на атоми металічного елемента) і кислотні залишки.

**Кислотний залишок** — частина молекули кислоти, з якою сполучені атоми Гідрогену.

**Кислотні оксиди** — оксиди, яким відповідають кислоти.

**Кількість речовини** — фізична величина, яка визначається кількістю частинок (атомів, молекул, йонів) у певній порції речовини.

**Ковалентний зв'язок** — хімічний зв'язок, який виникає внаслідок утворення спільних електронних пар.

**Кристалічні ґратки** — модель будови кристалічної речовини.

## Л

**Луги** — розчинні у воді основи.

**Лужні елементи** — елементи головної підгрупи І групи періодичної системи (Літій, Натрій, Калій, Рубідій, Цезій, Францій).

## М

**Масова частка елемента  $w(E)$  у складній речовині** — це відношення маси елемента у речовині до відповідної маси речовини.

**Масова частка розчиненої речовини** — це відношення маси розчиненої речовини до маси розчину.

**Молекула** — найдрібніша частинка речовини, що складається з атомів, сполучених між собою хімічними зв'язками.

**Молярна маса** — це маса 1 моль речовини. Молярна маса чисельно дорівнює відносній молекулярній масі.

**Молярний об'єм** — це об'єм 1 моль речовини.

**Молярний об'єм газів** за нормальних умов дорівнює 22,4 л/моль.

**Моль** — це кількість речовини, що містить  $6,02 \cdot 10^{23}$  структурних частинок її.

## Н

**Нейтрон** — електронейтральна частинка з масою 1 а.о.м., складова атомного ядра.

**Неполярний ковалентний зв'язок** — ковалентний зв'язок, у якому одна чи кілька спільних електронних пар розміщені симетрично відносно обох атомів.

**Несолетворні оксиди** — це оксиди, які не взаємодіють із кислотами і основами і не утворюють солей.

**Нуклід** — будь-який вид атомів з певним протонним і нуклонним числом.

**Нуклони** — загальна назва протонів і нейтронів.

**Нуклонне число** — сумарна кількість протонів і нейтронів в ядрі атома.

## О

**Оди́нарний хімічний зв'язок** — це зв'язок, утворений однією парою електронів.

**Оксиди** — сполуки, утворені двома хімічними елементами, одним із яких є Оксиген.

**Орбі́таль** — частина простору в атомі, де перебування електрона найбільш імовірно.

**Основи** — сполуки, які складаються з катіонів металічного елемента і гідроксид-аніонів  $\text{OH}^-$ .

**Основні оксиди** — це оксиди, яким відповідають основи.

## П

**Період** — ряд хімічних елементів, розміщених у порядку зростання їхніх відносних атомних мас, який починається з Гідрогену або лужного елемента і закінчується інертним елементом.

**Періодичний закон:** властивості хімічних елементів, а також утворених ними речовин перебувають у періодичній залежності від зарядів атомних ядер.

**Підрівень** — частина енергетичного рівня з електронами, що мають однакову енергію.

**Подвійний зв'язок** — зв'язок між атомами, утворений двома парами електронів.

**Полярний ковалентний зв'язок** — ковалентний зв'язок, у якому одна чи кілька спільних електронних пар зміщуються в бік одного з атомів.

**Потрійний зв'язок** — це зв'язок, утворений трьома спільними парами електронів.

**Протон** — позитивно заряджена частинка із зарядом  $+1$ , складова атомного ядра; має масу 1 а.о.м.

**Протонне число** — кількість протонів у ядрі атома.

**Прості речовини** утворені атомами одного хімічного елемента.

## Р

**Радіоактивність** — спонтанне випромінювання речовиною електронів та інших частинок.

**Радіус атома** — це відстань між ядром атома і зовнішнім електронним шаром.

**Реакції заміщення** — реакції між простою і складною речовинами, під час перебігу яких атоми простої речовини заміщують атоми одного з елементів у складній речовині, утворюючи нову просту і нову складну речовину.

**Реакції нейтралізації** — реакції обміну між основою і кислотою.

**Реакції обміну** — реакції, під час перебігу яких складні речовини обмінюються своїми складовими.

**Реакції розкладу** — це реакції, під час перебігу яких із однієї речовини утворюються декілька нових речовин.

**Реакції сполучення** — реакції, під час перебігу яких із кількох речовин утворюється одна речовина.

**Речовини** — це все, що має певну масу і займає деякий об'єм у навколишньому просторі.

**Розчини** — однорідні суміші речовин.

## С

**Складні речовини** утворені атомами різних хімічних елементів.

**Спін електрона** — обертання електрона навколо своєї осі.

**Солевотворні оксиди** — це оксиди, які під час хімічних реакцій з кислотами чи основами утворюють солі.

**Солі** — це сполуки, які складаються з катіонів металічного елемента й аніонів кислотного залишку.

**Ступінь окиснення** — це умовний заряд на атомі, який обчислюють із припущення, що всі полярні зв'язки мають йонний характер.

## Ф

**Фотоэффект** — випромінювання електронів речовиною під час освітлення.

## Х

**Хімічна формула** — це позначення атома, молекули або речовини за допомогою символів хімічних елементів та індексів.

**Хімічний зв'язок** — це взаємодія атомів або будь-яких інших частинок, що призводить до виникнення стійких утворень — молекул, йонів, кристалів тощо.

**Хімічний елемент** — це вид атомів з однаковим зарядом ядра.

**Хімія** — наука про речовини та їх перетворення.

## Ч

**Число Авогадро** —  $6,02 \cdot 10^{23}$  атомів, молекул чи йонів в 1 моль речовини.

## Іменний покажчик

---

### А

Авогадро А. (4, 109, 111-112, 118-120, 124-126, 228, 231)

### Б

Бекетов М.М. (177, 180)

Верцеліус Є. Я. (18)

### Г

Гей-Люссак Ж.Л. (119, 124)

### Д

Деберейнер Й. (18-19)

### Л

Льюїс Г. (75)

### М

Менделєєв Д.І. (17, 21, 24-26, 28-29, 34, 70-72, 129, 180)

Меєр Л. (20)

### Н

Ньюлендс Д. (19-20, 23)

### П

Полінг Л. (76)

### С

Склодовська-Кюрі М. (42)



## Предметний покажчик

---

### А

Актиноїди (32, 62, 233)

Амфотерні гідроксиди (130, 156, 190-192, 196-197, 227, 233)

Амфотерні оксиди (156-157, 227, 233)

Аніони (58, 87, 89, 147, 149, 227, 231, 233)

Атом (2-3, 6-7, 9, 12-14, 17, 19-21, 24-27, 29-31, 33-71, 74-91, 93-96, 98-99, 101, 103-106, 108-114, 116, 118, 124, 126, 129, 131, 133-134, 136-139, 142-144, 147-148, 153, 155, 157-160, 168-173, 175-177, 179, 183-187, 190, 198-199, 202-203, 205, 208-209, 218, 227-231, 233, 235-236)

### В

Валентність (6-11, 20, 23, 25, 27-33, 60, 68-70, 74, 89-93, 96-98, 106, 131-132, 134-135, 139-142, 145, 147, 155, 227, 233)

Відносна атомна маса (6, 12, 19, 41-43, 66-67, 70, 113, 227, 233)

Відносна густина (4, 107, 126-128, 227, 233)

Відносна молекулярна маса (5, 11-14, 113-114, 227, 233)

### Г

Галогени (17-18, 20-21, 23-26, 28-30, 78, 83, 87, 129, 193, 227, 233)

Генетичні зв'язки (207, 209, 227, 233)

Групи (18, 20-22, 27, 29-33, 59-64, 66-70, 74, 77-78, 86, 91, 95, 132, 136, 138, 140-142, 158-159, 168, 190, 196, 227-229, 233, 235)

*(Далі сторінки будуть вказані вже  
у кінцевому варіанті оригінал-макета)*

### Д

Диполь §17

Довжина зв'язку §17

### Е

Електронний шар §10

Енергетичний рівень §10

Електрон §7

Електронегативність §15

Електронна оболонка §10

Електронна формула атома §11

Електронна графічна формула атома §11

Електронна формула молекули §16

### З

- Закон Авогадро §23
- Закон збереження маси речовин §1
- Заряд ядра атома §8

### І

- Ізотопи §8
- Інертні елементи §4
- Індикатор §31

### Й

- Йони §18
- Йонний зв'язок §18

### К

- Катіони §18
- Кристалічні ґратки §20
- Кількість речовини §21
- Кислоти §27
- Кислотний залишок §27
- Кислотні оксиди §29
- Ковалентний зв'язок §16

### Л

- Лакмус §31
- Лантаноїди §6
- Лути §31
- Лужні елементи §4

### М

- Масова частка елемента §2
- Масова частка розчиненої речовини §3
- Метилоранж §31
- Молекула §1
- Молярна маса §22
- Молярний об'єм газів §23
- Моль §21

### Н

- Нейтрон §7
- Неполярний ковалентний зв'язок §17
- Несолетворні оксиди §29

Нуклід §8  
Нуклони §7  
Нуклонне число §8

## О

Одинарний хімічний зв'язок §16  
Октави Ньюлендса §4  
Оксиди §1, §25  
Орбіталь §9  
Основи §1, §26  
Основні оксиди §29

## П

Період §6  
Періодична система §6, §12  
Періодичний закон §5, §7  
Підгрупа головна §6  
Підгрупа побічна §6  
Підрівень §10  
Подвійний хімічний зв'язок §16  
Полярний ковалентний зв'язок §17  
Потрійний хімічний зв'язок §16  
Порядковий номер хімічного елемента §5  
Правило октету §15  
Протон §7  
Протонне число §8  
Проста речовина §1

## Р

Радіоактивність §7  
Радіус атома §12  
Реакції заміщення §32  
Реакції нейтралізації §31  
Реакції обміну §29  
Реакції розкладу §1  
Реакції сполучення §1  
Речовина §1  
Розчини §3

## С

- Складна речовина §1
- Спін електрона §9
- Солі §28
- Солеутворні оксиди §29
- Стала Авогадро §21
- Ступінь окиснення §19

## Т

- Тріади Деберейнера §4

## У

- Універсальний індикатор §31

## Ф

- Фенолфталеїн §31
- Фотоефект §7

## Х

- Хімічна формула §1
- Хімічний зв'язок §15
- Хімічний елемент §1, §7
- Хімія §1

## Ч

- Число Авогадро §21

## Я

- Ядро атома §7

## Список рекомендованой літератури

1. Леенсон И.А. Занимательная химия. 8–11 кл.: В 2 ч. — М.: Дрофа, 1996.
2. Василега М.Д. Цікава хімія. — К.: Вища школа, 1997. — 188 с.
3. Аликберова Л.Ю. Полезная химия: задачи и история / Л.Ю. Аликберова, Н.С. Рукк. — М.: Дрофа, 2005. — 187 с.
4. Біблія. «Українське біблійне товариство», 1995.
5. Большая детская энциклопедия. Химия / Под ред. К Люциса. — М.: Русское энциклопедическое общество, 2001. — 620 с.
6. А.І. Гончаров, М. Ю. Корнілов, «Довідник з хімії». Вища школа. — 1998 р.
7. Гроссе Э., Вейсмантель Х. Химия для любознательных. основы химии и занимательные опыты. Пер. с нем., 2-е изд. — Л.: Химия, 1985 — Лейпциг, 1985. — 336 с.
8. Ходос Л.Ф. Вечори цікавої хімії в школі. — К.: Рад. школа, 1980. — 144 с.
9. Крицман В.А. Книга для чтения по неорганической химии. Пособие для учащихся / Сост. В.А. Крицман. — В 2 ч. — М.: Просвещение, 1983.
10. Кокс Ф.Р., Парсондейдж М. Атомы и молекулы. — М.: РОСМЭН, 1997. — 32 с.
11. Леенсон И.А. Занимательная химия. — М.: РОСМЭН, 1999. — 104 с.
12. Миттова И.Я., Самойлов А.М. — История химии с древнейших времен до конца XX века. В 2-х томах. Интеллект, 2012
13. Орловский С.Т. Історія хімії. — К.: Рад. школа, 1979. — 415 с.
14. Энциклопедический словарь юного химика / Под ред. Л.Н. Трифонова. — 3-е изд, испр.и доп. — М.: Педагогика-Пресс, 1999. — 368 с.
15. Энциклопедия для детей. Том 17. Химия. / Глав. ред. В.А. Володин. — М.: Аванта+, 2000. — 640 с.
16. Хімічні знання в давнину. [www.npblog.com.ua/.../himichni-znannja-v-davnynu](http://www.npblog.com.ua/.../himichni-znannja-v-davnynu).

## ЗМІСТ

Слово до учнів.....	3
<b>Повторення найважливіших питань курсу хімії 7 класу.....</b>	<b>5</b>
§ 1. Найважливіші хімічні поняття.....	6
§ 2. Відносна молекулярна маса речовини. Масова частка елемента у складній речовині.....	11
§ 3. Масова частка розчиненої речовини.....	14
<b>РОЗДІЛ 1. Періодичний закон і періодична система хімічних елементів. Будова атома.....</b>	<b>17</b>
§ 4. Короткі історичні відомості про спроби класифікації хімічних елементів. Поняття про лужні, інертні елементи, галогени.....	18
§ 5. Періодичний закон Д.І. Менделєєва.....	24
§ 6. Структура періодичної системи хімічних елементів.....	27
§ 7. Будова атома.....	34
§ 8. Ізотопи.....	38
§ 9. Стан електронів в атомі.....	43
§ 10. Енергетичні рівні та підрівні.....	46
§ 11. Електронні та графічні електронні формули атомів хімічних елементів.....	50
§ 12. Періодична система хімічних елементів з позиції теорії будови атома.....	59
§ 13. Характеристика хімічних елементів за їхнім місцем у періодичній системі та будовою атома.....	65
§ 14. Значення періодичного закону.....	69
<b>РОЗДІЛ 2. Хімічний зв'язок і будова речовини.....</b>	<b>73</b>
§ 15. Природа хімічного зв'язку. Електронегативність елементів.....	74
§ 16. Ковалентний зв'язок, його утворення.....	79
§ 17. Полярний і неполярний ковалентний зв'язок.....	83
§ 18. Йонний зв'язок.....	87
§ 19. Ступінь окиснення.....	90
§ 20. Кристалічні ґратки.....	98
Лабораторний дослід № 1.....	104
<b>РОЗДІЛ 3. Кількість речовини. Розрахунки за хімічними формулами.....</b>	<b>107</b>
§ 21. Кількість речовини.....	108

§ 22. Молярна маса.....	113
§ 23. Закон Авогадро. Молярний об'єм газів .....	118
§ 24. Відносна густина газів .....	126
<b>РОЗДІЛ 4. Основні класи неорганічних сполук.....</b>	<b>129</b>
§ 25. Оксиди .....	131
§ 26. Основи .....	138
§ 27. Кислоти.....	141
§ 28. Солі .....	146
§ 29. Властивості оксидів.....	151
§ 30. Розрахунки за хімічними рівняннями .....	161
§ 31. Властивості основ .....	168
<b>Лабораторний дослід №2 .....</b>	<b>170</b>
<b>Лабораторний дослід № 3 .....</b>	<b>170</b>
§ 32. Властивості кислот.....	175
<b>Лабораторний дослід № 4 .....</b>	<b>176</b>
<b>Лабораторний дослід № 5 .....</b>	<b>177</b>
§ 33. Властивості солей.....	182
<b>Лабораторний дослід № 6 .....</b>	<b>183</b>
<b>Лабораторний дослід № 7 .....</b>	<b>184</b>
<b>Лабораторний дослід № 8 .....</b>	<b>185</b>
§ 34. Амфотерні гідроксиди.....	190
§ 35. Добування оксидів.....	193
§ 36. Добування основ і амфотерних гідроксидів .....	196
§ 37. Добування кислот.....	199
§ 38. Добування солей.....	202
§ 39. Генетичні зв'язки між основними класами неорганічних сполук .....	207
<b>Лабораторний дослід № 9 .....</b>	<b>208</b>
<b>Практична робота № 1 .....</b>	<b>214</b>
<b>Практична робота № 2 .....</b>	<b>215</b>
<b>Відповіді .....</b>	<b>217</b>
<b>Додатки .....</b>	<b>221</b>
<b>Словник .....</b>	<b>227</b>
<b>Іменний покажчик .....</b>	<b>232</b>
<b>Предметний покажчик .....</b>	<b>233</b>
<b>Список рекомендованої літератури .....</b>	<b>237</b>

### Відомості про стан підручника

№	Прізвище та ім'я учня	Навчальний рік	Стан підручника		Оцінка
			на початку року	в кінці року	
1					
2					
3					
4					
5					

*Навчальне видання*

ДЯЧУК Людмила Степанівна  
ГЛАДЮК Микола Миколайович

## **ХІМІЯ**

### **Підручник для 8 класу загальноосвітніх навчальних закладів**

Головний редактор *Богдан Будний*  
Редактор *Антоніна Павліченко*  
Художник *Володимир Басалига*  
Обкладинка *Володимира Басалиги*  
Комп'ютерна верстка *Галини Телев'як*  
Художній редактор *Ростислав Крамар*  
Технічний редактор *Оксана Чучук*

Підписано до друку \_\_\_\_\_. Формат 60x90/16. Папір офсетний.  
Гарнітура CentSchbook. Друк офсетний. Умовн. друк арк. 15. Умовн. фарбо-відб. 60.

Видавництво «Навчальна книга – Богдан»  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного  
реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції  
ДК № 4221 від 07.12.2011 р.

Навчальна книга – Богдан, просп. С. Бандери, 34а, м. Тернопіль, 46002  
Навчальна книга – Богдан, а/с 529, м. Тернопіль, 46008  
тел./факс (0352)52-06-07; 52-19-66; 52-05-48  
[office@bohdan-books.com](mailto:office@bohdan-books.com) [www.bohdan-books.com](http://www.bohdan-books.com)