

Г видавництво  
Гене́за

Ганна ЛАШЕВСЬКА  
Аліна ЛАШЕВСЬКА

# ХІМІЯ

рівень стандарту



11

УДК 57(075.3)  
Л32

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*  
(наказ Міністерства освіти і науки України від 12.04.2019 № 472)

**Видано за рахунок державних коштів.  
Продаж заборонено**

**Лашевська Г.А.**

**Л32** Хімія : (рівень стандарту) : підруч. для 11-го кл. закл. заг. серед. освіти / Ганна Лашевська, Аліна Лашевська. — Київ : Генеза, 2019. — 192 с. : іл.

**ISBN 978-966-11-0996-3.**

Підручник побудовано на основі системно-діяльнісного підходу, що забезпечує різноманітність організаційних форм роботи з урахуванням індивідуальних можливостей кожного учня й учениці, зростання їхнього творчого потенціалу, пізнавальних мотивів, гарантує досягнення очікуваних результатів навчання. Використано компетентнісний підхід у навчанні хімії в закладах загальної середньої освіти, реалізовано наскрізні змістові лінії: «Екологічна безпека і сталий розвиток», «Громадянська відповідальність», «Здоров'я і безпека», «Підприємливість і фінансова грамотність». Значну увагу приділено розв'язуванню розрахункових задач і навчальному хімічному експерименту, зокрема з використанням засобів ужиткової хімії.

**УДК 57(075.3)**

**ISBN 978-966-11-0996-3**

© Лашевська Г.А.,  
Лашевська А.А., 2019  
© Видавництво «Генеза»,  
оригінал-макет, 2019

## Вітаємо вас, одинадцятикласники та одинадцятикласниці!

Цього навчального року ви: **поглибите й розширите** знання з неорганічної та загальної хімії, набуті в попередні роки; **вивчите** хімію неметалічних і металічних елементів згідно з їхнім положенням у періодичній системі хімічних елементів і будовою атомів; **установите** причиново-наслідкові зв'язки між фізичними та хімічними властивостями найважливіших сполук елементів та їхнім використанням; **конкретизуєте** уявлення щодо поширення металічних і неметалічних елементів у природі та найважливіших способів добування металів і неметалів; **дізнаєтеся** про роль хімії у створенні нових матеріалів, розвитку нових напрямів технологій, розв'язанні продовольчої, сировинної, енергетичної, екологічної проблем; **узагальните** світоглядні питання щодо місця хімії поміж інших наук про природу; **ознайомитеся** із зеленою хімією як новою філософією сучасного розвитку хімічної індустрії, наукових досліджень та світогляду молодого покоління хіміків; **удосконалите** вміння безпечно поводитися з найпростішим лабораторним обладнанням і реактивами, безпечно виконувати хімічні досліди; **застосуєте** відомі вам методи пізнання під час демонстрування хімічних дослідів учителем або вчителькою хімії та власноручного виконання їх на уроці чи в позаурочний час; **навчитесь** розв'язувати нові типи розрахункових задач із хімії; **використаєте** вміння працювати з навчальною літературою та іншими джерелами інформації для розширення свого світогляду; **розвине** здатність мислити абстрактно та образно, критично сприймати й аналізувати інформацію.

Реалізувати ці завдання вам допоможе підручник хімії. Роботу з ним вам полегшать такі умовні позначення (пиктограми):



важлива інформація;



завдання, які актуалізують опорні знання або пов'язані із застосуванням щойно здобутих знань;

- найважливіше в параграфі;



репродуктивні запитання, що допомагають засвоїти й відтворити знання;



продуктивні запитання та завдання, які спонукають до мислення;



творчі завдання;



тестові завдання для самоконтролювання знань з теми;



лабораторні досліди;



практичні роботи.

Підручник хімії виконуватиме функції своєрідного «тренажеру», на якому ви зможете вправлятися в сприйманні та обробленні інформації різного формату – алгоритмічних приписів, табличних даних, графіків, діаграм. Вироблення навичок сприймати інформацію й після належного оброблення застосовувати в практичній діяльності забезпечить зростання вашої інформаційної компетентності.

## Зміст, відомості з рубрик



«Проектуймо! Творімо!»,



«Дізнайтеся більше»<sup>1</sup>,

### Цікаво і пізнавально

**предметний та іменний покажчики, «Додатки»** тощо допоможуть вам ефективно використовувати підручник як джерело знань, розширити ерудицію, удосконалити вміння користуватися державною та іноземними мовами.

Хімія приваблива ще й тим, що її положення та висновки часто можна перевірити експериментально. У підручнику є вичерпні інструкції до виконання **лабораторних дослідів і практичних робіт**. Неухильно дотримуйтеся правил безпеки! Це важливо не тільки під час виконання навчальних дослідів, а й у повсякденному житті.

Жоден підручник не в змозі задовольнити потребу допитливого учнівства в пізнанні. Використовуйте для самоосвіти найрізноманітніші джерела інформації (додаткову літературу, Інтернет, повідомлення ЗМІ). Учність критично сприймати інформацію, перевіряти й осмислювати її. Виробляйте власне ставлення до неї, аргументуйте свою позицію. Це допоможе вам стати успішними, компетентними особистостями, справжніми громадянами та громадянками України.

Ми віримо у вас, **УЧНІ та УЧЕНИЦІ**, і зичимо вам успіхів!

*Авторки*

---

<sup>1</sup> Рубрика «Дізнайтеся більше», містить гіперпосилання на додаткові інформаційні джерела державною та іноземними мовами.





## Тема 1. Періодичний закон і періодична система хімічних елементів

Доти, доки не було науково обґрунтованих уявлень про модель (або моделі) атома, не можна було пояснити фізичну сутність явища періодичності; тобто закон періодичності й система елементів, які давали змогу пояснити й передбачити багато того, що належить до сфери вивчення матерії, самі не були пояснені – у цьому й полягав їхній певний емпіризм.

Ю. Соловійов



Грець.  $\acute{\epsilon}\mu\pi\epsilon\iota\rho\acute{\iota}\alpha$  — досвід. *Поясніть*, про що, на вашу думку, ідеться в епіграфі. *Перевірте* свої міркування за допомогою додаткових джерел інформації.

### § 1. Принцип «мінімальної енергії». Електронні формули атомів s-, p-, d-елементів та їхні графічні варіанти

**Після опрацювання параграфа ви зможете:**

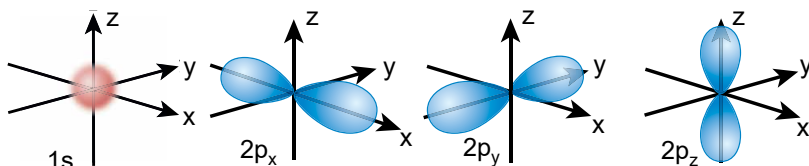
- **називати** s-, p-, d-елементи за їхнім місцем у періодичній системі;
- **наводити приклади** s-, p-, d-елементів;
- **складати** з урахуванням принципу «мінімальної енергії» електронні формули атомів s- та p-елементів 1–4 періодів, Феруму (d-елемента), а також графічні варіанти цих формул;
- **аналізувати** відмінності електронних конфігурацій атомів s-, p-, d-елементів (Ферум) 1–4 періодів.

**Принцип «мінімальної енергії», електронні формули атомів і графічні варіанти цих формул** не є новими для вас поняттями. Щоб з'ясувати, що ви вже знаєте та вмієте, проаналізуйте наведені далі *твердження*. Оцініть відповідність інформації, закладеної в них, вашим попереднім навчальним здобуткам. Зверніть увагу, що деякі слова пропущено, тож вам доведеться випробувати себе в ролі дешифрувальника чи дешифрувальниці. Успішно впоратися із завданням вам допоможуть рисунки 1.1–1.5 та дружня допомога.

**Твердження:**

1) частину простору в атомі, де перебування електрона є найімовірнішим, називають електронною ...; 2) електрони з орбіталями ... форми називають s-електронами; 3) електрони з орбіталями гантелеподібної ... називають ...-електронами; 4) електрони займають енергетичні рівні

Рис. 1.1.  
Розташування  
в просторі  
1-s-орбіталей  
та p-орбіталей



послідовно, за збільшенням їхньої енергії (рис. 1.2): спочатку перший енергетичний рівень, потім – другий, третій тощо. Цей принцип називають «принципом ... енергії»; 5) енергія 3-d підрівня ... за енергію 4-s підрівня; 6) заповнення орбіталей починається з рівня, розташованого найближче до ... атома; 7) електрони, що перебувають в орбіталах однакової форми й розміру, мають однакову ...; 8) електронна ... атома – це умовний запис послідовності його орбіталей із зазначенням кількості електронів у них. Її графічний варіант дає уявлення про кількість спарених і ... електронів в атомі. Частину електронної формули зазвичай замінюють узятим у квадратні дужки символом інертного елемента попереднього періоду. Наприклад, скорочена електронна формула атома Сульфуру така:  $[...] 3s^2 3p^4$ .

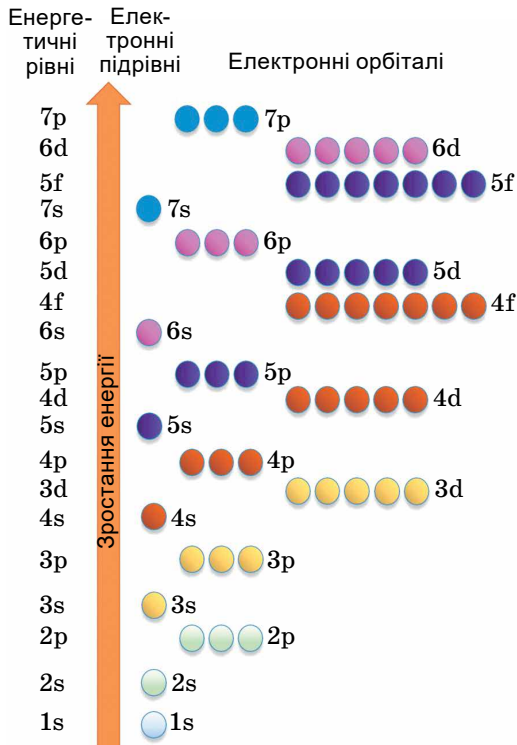


Рис. 1.2. Енергетичні рівні й підрівні

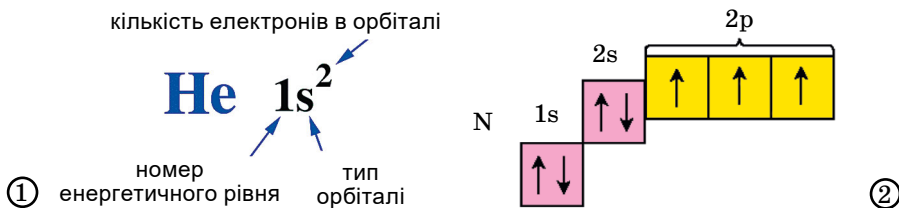


Рис. 1.3. 1. Електронна формула атома Гелію. 2. Графічний варіант електронної формули атома Нітрогену



Зобразіть графічний варіант електронної формули атома Гелію та запишіть електронну формулу атома Нітрогену.

9) в атомах s-елементів електрони заповнюють ...-підрівень зовнішнього енергетичного рівня, в атомах p-елементів – ...-підрівень зовнішнього енергетичного рівня. В атомах елементів побічних підгруп – d-елементів – передзовнішній d-підрівень заповнюють d-електрони.



1. Яка максимальна кількість електронів на третьому енергетичному рівні?  
2. Скільки підрівнів на четвертому енергетичному рівні? Шостому тощо?  
3. Енергія електронів якого підрівня вища: 1s чи 2s, 2s чи 2p, 3d чи 4s? 4. Заповніть таблицю за зразком:

Номер рівня	1		2		3			4			
Позначення підрівнів	s	s	p	s	p	d	s	p	d	f	
Кількість електронних орбіталей						5				7	
Максимальна кількість електронів											

5. Проаналізуйте речення «Sober Physicists Don't Find Giraffes Hiding In Kitchens». Вуслівте припущення, для чого запропоновано цей мнемонічний (грец. та μνημονιχα – мистецтво запам'ятовування) прийом.

### Цікаво і пізнавально

Назви орбіталей (s, p, d та f) походять від якісних характеристик спектральних ліній пов'язаних з ними атомних орбіталей: **sharp** (гострий), **p**incipal (головний), **d**iffuse (розпливчастий), **f**undamental (фундаментальний). Наступні назви дають за абеткою.

Складати електронні формули атомів s-елементів 1–4 періодів та p-елементів 2 й 3 періодів з огляду на принцип «мінімальної енергії» ви навчилися у 8 класі:

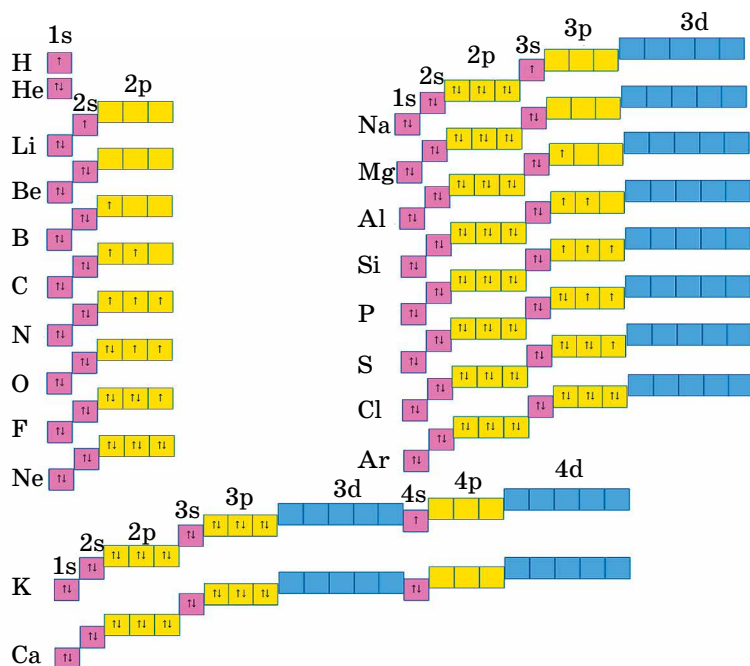


Рис. 1.4. Електронні формули s-елементів 1–4 періодів та p-елементів 2 й 3 періодів



Проаналізуйте рисунок 1.4 та: а) поясніть, чому в атомах Калію та Кальцію електрони розташовані на 4s-, а не на 3d-підрівні; б) складіть скорочені електронні формули кількох s- та p-елементів на свій розсуд.

Складімо електронну формулу елемента четвертого періоду – Феруму. Електрони в його атомі перебувають на чотирьох енергетичних рівнях. Скорочена електронна формула атома Феруму в основному стані така:

[Ar] 3d<sup>6</sup>4s<sup>2</sup>. Розподіл електронів за енергетичними рівнями та підрівнями в атомі Феруму схематично зображено на рисунку 1.5.

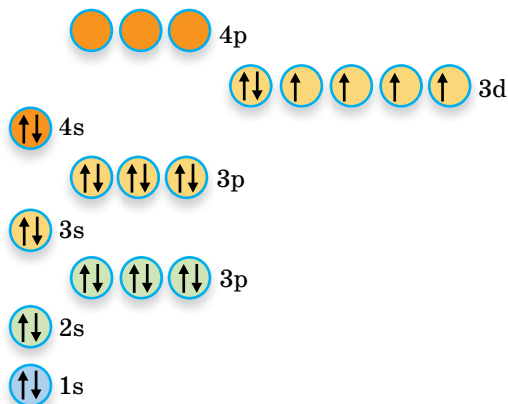


Рис. 1.5



До яких елементів – s- р- чи d- – належить Ферум? Чому?



<http://www.rsc.org/periodic-table>  
<http://periodictable.com/>  
<http://toutestquantique.fr/en/atoms/>

### ПРО ГОЛОВНЕ

- Електронна орбіталь – частина простору в атомі, де перебування електрона є найімовірнішим.
- Електронні орбіталі розрізняють за розміром і формою.
- Електрони заповнюють орбіталі послідовно за зростанням їхньої енергії.
- Електрони розташовані навколо атомного ядра по енергетичних рівнях.
- Електронна формула атома – це умовний запис послідовності його орбіталей із зазначенням кількості електронів у них. Її графічний варіант дає уявлення про кількість спарених і неспарених електронів в атомі.
- За ознакою будови відповідного енергетичного рівня хімічні елементи класифікують на s-, p-, d-елементи тощо.



Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



Застосуйте свої знання й уміння

2. *Порівняйте*: а) 1s- і 2s-орбіталі; б) 2s- і 2p-орбіталі; в) 2p<sub>x</sub> і 2p<sub>y</sub>-орбіталі; г) 2p<sub>x</sub>- і 3p<sub>x</sub>-орбіталі. Результати порівняння *оформте* як таблицю або діаграму Венна.

3. Визначте кількість енергетичних рівнів в атомах: а) Оксигену; б) Хлору; в) Феруму; г) Цезію.

4. *Обчисліть* максимально можливу кількість електронів на четвертому енергетичному рівні.

5. *Визначте* кількість електронів на другому енергетичному рівні: а) мінімальну й максимально можливу – спарених; б) мінімальну й максимально можливу – неспарених.

6. *Визначте* хімічні елементи за їхніми скороченими електронними формулами: а)  $[\text{Ar}]4s^23d^5$ ; б)  $[\text{Kr}]5s^24d^{10}5p^6$ .

7. *Проаналізуйте* електронні формули атомів елементів другого періоду. Який фрагмент у них спільний? Електронній формулі якого хімічного елемента він відповідає? *Запишіть* скорочені електронні формули атомів кількох хімічних елементів другого періоду. *Спрогнозуйте*, електронним формулам атомів яких хімічних елементів відповідатимуть фрагменти, повторювані в електронних формулах атомів хімічних елементів наступних періодів.

8. *Складіть* скорочені електронні формули: а) катіона – складника кухонної солі; б) двозарядного аніона найпоширенішого на Землі хімічного елемента; в) тризарядного катіона найпоширенішого в земній корі металічного елемента; в) аніона неметалічного елемента, сполуки якого в складі зубних паст використовують для профілактики карієсу. *Порівняйте* їх.

\*9. Яка додаткова інформація потрібна, щоб визначити, йон якого хімічного елемента має електронну формулу  $1s^22s^22p^63s^23p^6$ ? *Складіть* кілька завдань на визначення хімічних елементів 1–20 за електронними формулами їхніх йонів.



### Творча майстерня

10. *Придумайте* мнемонічні правила для запам'ятовування принципів заповнення електронами енергетичних рівнів і підрівнів.

11. *Виготовте*: а) моделі s- і p-електронних орбіталей з повітряних кульок округлої й видовженої форм; б) збірно-розбірну модель для демонстрування заповнення електронами орбіталей в атомі (модель може бути площинною або об'ємною, магнітною, з використанням текстильних застібок-липучок тощо на ваш розсуд).

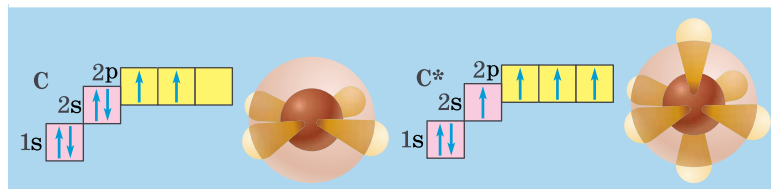
## § 2. Збуджений стан атома. Валентні стани елементів. Можливі ступені окиснення неметалічних елементів другого і третього періодів

**Після опрацювання параграфу ви зможете:**

- **пояснювати** валентність і ступінь окиснення елементів другого та третього періодів в основному й збудженому станах атомів;
- **складати** електронні формули атомів неметалічних елементів другого та третього періодів в основному й збудженому станах, а також графічні варіанти цих формул;
- **порівнювати** можливі ступені окиснення розташованих в одній групі неметалічних елементів другого й третього періодів на основі електронної будови їхніх атомів.

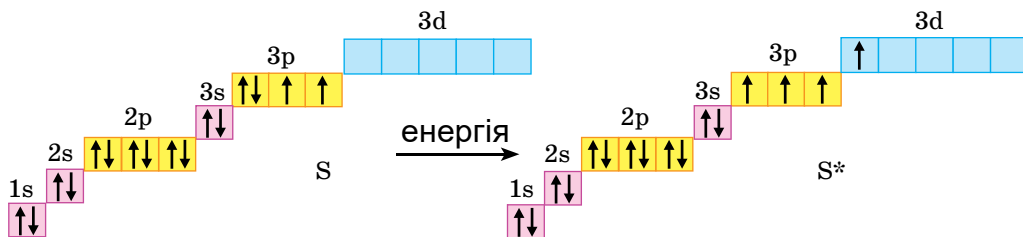
**Збуджений стан атома.** У 9 й 10 класах ви дізналися про основний і збуджений стани атома Карбону та його валентні можливості (мал. 2.1).

Рис. 2.1. Будова атома Карбону в основному і збудженому станах

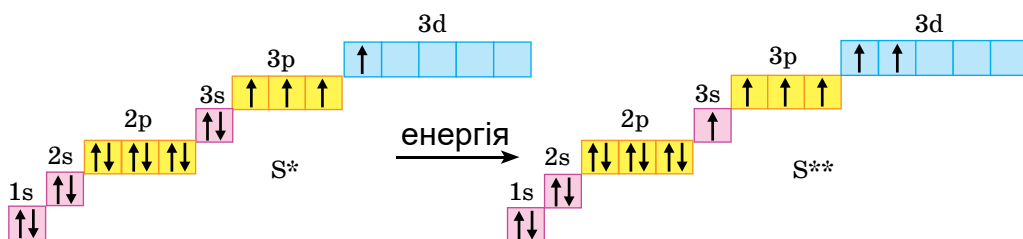


**Пригадайте:** електронні конфігурації атомів з найменшою енергією називають *основними*. Унаслідок отримання енергії ззовні можливий перехід електронів на вищий підрівень, де є вільні орбіталі. Тобто атом переходить у *збуджений стан*.

Такий перехід відбувається внаслідок опромінення або нагрівання речовини. Стан, який потребує для підвищення енергії електрона найменших затрат енергії, називають *першим збудженим станом*. Збуджений стан атома позначають зірочкою – E\*. Наприклад, перший збуджений стан атома Сульфуру зумовлений переходом одного з 3p<sub>x</sub>-електронів на 3d-підрівень:



Другий збуджений стан атома Сульфуру зумовлений переходом на 3d-підрівень одного з 3s-електронів:



*Зверніть увагу:* збуджений стан атома – нестійкий. Тому через деякий час електрон, утративши енергію, переходить на енергетичний підрівень з меншою енергією, унаслідок переходу відбувається випромінювання фотона – порції (кванта) світла.

**Валентні стани елементів та їхні ступені окиснення** пов'язані між собою та зумовлені особливостями будови зовнішнього енергетичного рівня атомів. Виконавши завдання, наведені далі, ви зможете дійти щодо цього певних висновків.

- ?** 1. Сульфур виявляє змінну валентність – II, IV, VI. *Проаналізуйте* графічні варіанти електронних формул атома Сульфуру в основному й збуджених станах, наведені вище. Скільки неспарених електронів в атомі Сульфуру в кожному із станів? Яким значенням валентності Сульфуру вони, на вашу думку, відповідають?
2. *Зобразіть* графічний варіант електронної формули атома Оксигену. Чи можливий його перехід у збуджений стан? Чому?

**Цікаво і пізнавально**

*Валентність* – багатозначний термін. Наприклад, у мовознавстві – це здатність слова визначати кількість і якість залежних від нього слів, зумовлена його семантичними та граматичними властивостями, у психології – позитивна або негативна цінність, значущість об'єкта, події або дії для суб'єкта, їхня мотиваційна (спонукальна) сила.

**Порівняймо** можливі ступені окиснення розташованих в одній групі **неметалічних елементів другого й третього періодів** на основі електронної будови їхніх атомів.



1. *Зобразіть* графічні варіанти електронних формул Флуору та Хлору в основному стані й *проаналізуйте* їх. Атоми якого із цих двох хімічних елементів можуть перейти в збуджений стан? Чому? 2. Скількох електронів не вистачає атому кожного із цих елементів для набуття стійкої 8-електронної структури – октету? 3. Якого ступеня окиснення набудуть Флуор та Хлор, якщо зовнішні енергетичні рівні їхніх атомів стануть завершеними? 4. Скільки неспарених електронів в атомі Флуору й атомі Хлору в основному стані? 5. *Зобразіть* графічні варіанти електронних формул атома Хлору в збудженому стані та *проаналізуйте* їх. 6. Скільки неспарених електронів може віддати атом Хлору в кожному із цих станів? Якого ступеня окиснення набуде Хлор унаслідок цього? 7. *Складіть* хімічні формули фторидів Хлору для основного та першого й другого збуджених станів атома Хлору. 8. *Визначте* ступені окиснення Хлору в речовинах, формули яких  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}$ ,  $\text{NaClO}$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{NaClO}_2$ ,  $\text{KClO}_4$ ,  $\text{Cl}_2$ .

Знання про будову електронних оболонок атомів хімічних елементів, основний і збуджений стан атомів допоможуть вам зрозуміти, чому багато хімічних елементів виявляють змінну валентність, та глибше усвідомити фізичний зміст явища періодичності, про яке йтиметься в наступному параграфі.



<https://www.youtube.com/watch?v=SZ4IDPDzqJ8>

<https://www.youtube.com/watch?v=aQZnMIYO8cM>

[https://www.youtube.com/watch?](https://www.youtube.com/watch?v=A7nkPaTn3iE&list=UUgFokBdfPtIT5DQaD5a02Hw&index=26)

[v=A7nkPaTn3iE&list=UUgFokBdfPtIT5DQaD5a02Hw&index=26](https://toutestquantique.fr/en/quantization/)

<http://toutestquantique.fr/en/quantization/>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- В основному стані енергія електронів в атомі мінімальна.
- Унаслідок отримання енергії ззовні атом може перейти в збуджений стан.
- Збуджений стан атома – нестійкий.
- Валентні стани хімічних елементів та їхні ступені окиснення пов'язані між собою та зумовлені особливостями будови зовнішнього енергетичного рівня атомів.



## Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



## Застосуйте свої знання й уміння

2. *Зобразіть* графічні варіанти електронних формул атомів елементів другого та третього періодів. *Оцініть* можливість переходу їхніх атомів у збуджений стан та їхні валентні можливості. *Порівняйте* кількість збуджених станів у тих з них, що можуть у нього перейти.

3. *Порівняйте* валентні можливості: а) Нітрогену й Фосфору; б) Карбону й Силіцію.

4. *Спрогнозуйте* можливі ступені окиснення неметалічних елементів 2 і 3 періодів, *порівняйте* їх у межах: а) періодів; б) груп.



## Творча майстерня

5. *Розробіть* алгоритм складання графічного варіанта електронної формули атома хімічного елемента.



### § 3. Явище періодичної зміни властивостей елементів і їхніх сполук на основі уявлень про електронну будову атомів

*Після опрацювання параграфа ви зможете:*

- **обґрунтовувати** періодичну зміну властивостей елементів і відповідних простих речовин на основі електронної будови їхніх атомів;
- **висловлювати судження** щодо застосування періодичного закону для передбачення властивостей іще не відкритих елементів.

**Періодична зміна властивостей елементів та відповідних простих речовин** пов'язана з електронною структурою атомів хімічних елементів, зумовлена нею. У періодичній залежності від зміни електронних структур атомів перебувають металічні й неметалічні властивості, значення вищої валентності, електронегативність, радіуси атомів тощо. Порівнявши (*зробіть це*) будову атомів хімічних елементів першого, другого та третього періодів, ви легко дійдете висновку: *подібність властивостей хімічних елементів у головних підгрупах зумовлена періодичним повторенням структури зовнішнього енергетичного рівня їхніх атомів. У цьому полягає фізичний зміст періодичного закону.*

Закономірності зміни властивостей хімічних елементів у періодичній системі ви добре знаєте (рис. 3.1). Наприклад, у періодах зі зростанням протонного числа:

- валентність та ступені окиснення хімічних елементів у вищих оксидах збільшуються;
- валентність хімічних елементів IV–VII груп у летких сполуках з Гідрогеном зменшується від IV до I, вона дорівнює різниці між числом 8 і номером групи, ступені окиснення збільшуються від  $-4$  до  $-1$ ;
- радіус атомів зменшується;
- металічні властивості послаблюються, неметалічні – посилюються;
- основний характер оксидів та гідроксидів послаблюється, кислотний – посилюється.

У головних підгрупах зі зростанням протонного числа:

- валентність хімічних елементів у вищих оксидах та в летких сполуках з Гідрогеном не змінюється;
- радіус атома збільшується;
- неметалічні властивості послаблюються, металічні – посилюються;
- кислотний характер оксидів та гідроксидів послаблюється, основний – посилюється.

**?** Проаналізуйте рис. 3.1 і поясніть, стрілками якого кольору відображено на ньому закономірності зміни в періодичній системі хімічних елементів: а) радіуса атомів; б) електронегативності; в) металічних властивостей; г) неметалічних властивостей.

**?** Визначте найсильнішу й найслабшу кислоту з-поміж водних розчинів летких сполук елементів VII групи з Гідрогеном. 2. У якого з хімічних елементів другого періоду неметалічні властивості виражено най-

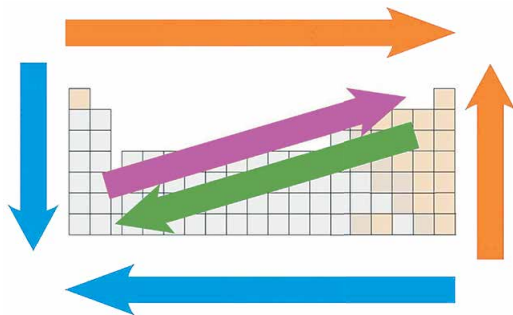


Рис. 3.1. Закономірності зміни в періодичній системі хімічних елементів радіуса атомів, електронегативності, металічних і неметалічних властивостей

сильніше? 3. Як змінюється хімічний характер оксидів та гідроксидів у ряду Na, Mg, Al, Si, S?

**Застосування періодичного закону для передбачення властивостей ще не відкритих елементів** важко переоцінити. На основі періодичного закону Д.І. Менделєєв передбачив існування дванадцятьох нових невідомих науці хімічних елементів, про які до нього ніхто й гадки не мав. Він не лише докладно описав властивості деяких елементів та їхніх сполук, а й спрогнозував ті способи, за допомогою яких вони згодом будуть відкриті. Уже в першому виданні «Основ хімії» Менделєєв залишив п'ять вільних місць за Ураном наприкінці таблиці і за 100 років передбачив відкриття зауранових<sup>1</sup> елементів. Усі прогнози Менделєєва та його послідовників справдилися. Історія науки не знає подібного триумфу.



<https://www.youtube.com/watch?v=ds-s59Drvlk>  
[https://www.e-reading.club/djvureader.php/132825/5/Trifonov - Kak byli otkryty himicheskie elementy.html](https://www.e-reading.club/djvureader.php/132825/5/Trifonov_-_Kak_byli_otkryty_himicheskie_elementy.html)

Менделєєв відкрив новий закон природи. Замість розрізнених, не пов'язаних між собою речовин перед наукою постала єдина струнка система, що об'єднала в одне ціле всі елементи Всесвіту. Цей взаємний зв'язок, ця єдність потребували обґрунтування.

Дослідження Менделєєва створили міцний надійний фундамент для спроб пояснити будову атома: після відкриття періодичного закону стало очевидним, що атоми всіх елементів мають бути побудовані «за одним планом», що в їхній будові відбивається періодичність властивостей елементів.

Усі досягнення сучасної хімії, зокрема атомної і ядерної, включно з атомною енергетикою та синтезом штучних елементів, стали можливими лише завдяки періодичному закону. Водночас успіхи атомної фізики, поява нових методів дослідження, розвиток квантової механіки розширили й поглибили сутність періодичного закону.

### Цікаво і пізнавально

За останні півстоліття періодичну систему хімічних елементів поповнено 17 новими елементами (порядкові номери 102–118). У 2019 році відзначено 100-річчя IUPAC та Міжнародний рік періодичної таблиці. До свят IUPAC та Міжнародною мережею молодих учених у галузі хімії (IYCN) створено періодичну таблицю молодих хіміків і хімікинь: визначено групу зі 118 знаних молодих учених з усього світу. Ця періодична таблиця підкреслила різноманітність кар'єри, творчості та відданості молодих учених, які ведуть хімічну спільноту в наступне століття. Кожен «молодий хімічний елемент» розміщено на веб-сайті IUPAC100 <https://iupac.org/100/pt-of-chemist/>

Закон Менделєєва – фундаментальний закон природи – не лише не застарів, але й не втратив своєї значущості. Навпаки, розвиток науки довів: значення періодичного закону ще остаточно не пізнане й не завершене, воно є значно ширшим, ніж припускав його творець, ніж уважали донедавна науковці. Виявлено, що закону періодичності підпорядковано не лише будову зовнішніх електронних оболонок атомів, а й тонку структуру атомних ядер. Очевидно, що ті закономірності, які керують складним і багато в чому незрозумілим світом елементарних частинок, також мають у своїй основі періодичний характер.

<sup>1</sup> Зауранові елементи – радіоактивні хімічні елементи, розміщені в періодичній системі за Ураном, тобто з протонним числом вище 92. Вони майже не трапляються в природі, їх добувають штучно за допомогою різних ядерних реакцій.

На елементному рівні (макросвіт) періодична система хімічних елементів є узагальненням фактів, виявлених унаслідок спостережень та експериментів. На атомному рівні (рівні мікросвіту) це узагальнення дістало теоретичну основу.



<http://www.rsc.org/periodic-table>  
<http://periodictable.com/>  
<https://www.litmir.me/br/?b=545874&p=1>  
<https://www.litmir.me/br/?b=545877>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Подібність властивостей хімічних елементів у головних підгрупах зумовлене періодичним повторенням структури зовнішнього енергетичного рівня їхніх атомів.
- У періодичній залежності від зміни електронних структур атомів хімічних елементів перебувають металічні й неметалічні властивості, радіус атома, електронегативність, значення вищої валентності, хімічний характер оксидів і гідроксидів.
- Усі досягнення сучасної хімії, зокрема атомної та ядерної, включно з атомною енергетикою та синтезом штучних елементів, стали можливими лише завдяки періодичному закону.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. Щорічний з'їзд Міжнародного товариства матеріалознавців 2006 року визнав найважливішим унеском, що сформував саму наукову дисципліну взагалі, періодичну систему хімічних елементів. Чи *поділяєте* ви цю думку? Відповідь *обґрунтуйте*. 3. Елементу 118 присвоєно назву Оганесон (Oganesson, Og), його відкриття завершило сьомий період періодичної системи. *Поміркуйте й висловіть* припущення, до яких елементів він має бути подібний. Чому? 4. *Складіть* хімічні формули селенатної кислоти, стронцій гідроксиду, *обґрунтуйте* свою відповідь. 5. В атомі хімічного елемента X електрони перебувають на п'ятих енергетичних рівнях. На його зовнішньому енергетичному рівні на два електрони більше, ніж в атомі елемента Y, протонне число якого 13. *Визначте* протонне число елемента X та кількість енергетичних рівнів в атомі елемента Y. 6. *Спрогнозуйте* хімічний характер хром(VI) оксиду. 7. *Поясніть* вислів М.О. Фігуровського «Періодичний закон цілком слушно називають дорововказом у вивченні хімії».



### Творча майстерня

8. Складіть вірш (можна білий) або пісню, де йдеться про явище періодичності у світі хімічних елементів.



### Проектуймо! Творімо!

1. Створення 3D-моделей атомів елементів.
2. Застосування радіонуклідів у медицині.
3. Використання радіоактивних ізотопів як індикаторів у тваринництві, археології.



## Тест-контроль

- Розташуйте хімічні елементи за зростанням валентності у вищих оксидах.  
**A** S    **Б** Br    **В** В    **Г** Si
- Розташуйте хімічні елементи за зменшенням валентності в летких сполуках із Гідрогеном.  
**A** С    **Б** F    **В** Р    **Г** S
- Розташуйте хімічні елементи за посиленням неметалічних властивостей.  
**A** Se    **Б** F    **В** O    **Г** S
- Розташуйте хімічні елементи за послабленням металічних властивостей.  
**A** Mg    **Б** Cs    **В** Li    **Г** Be
- Яка максимальна кількість р-електронів на одному енергетичному рівні?  
**A** 2    **Б** 3    **В** 6    **Г** 8
- Укажіть формулу для обчислення максимального числа електронів  $N_{\max}(\bar{e})$  на енергетичному рівні  $n$ .  
**A**  $N_{\max}(\bar{e}) = 2n^2$                       **Б**  $N_{\max}(\bar{e}) = n$   
**В**  $N_{\max}(\bar{e}) = \frac{1}{2}n^2$                       **Г**  $N_{\max}(\bar{e}) = 2n$
- Розташуйте електронні орбіталі за зростанням їхньої енергії.  
**A** 2p    **Б** 2s    **В** 3d    **Г** 4s
- Укажіть графічний варіант електронної формули атома Нітрогену.  
**A**  $\begin{array}{ccccc} \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow \\ 1s & 2s & 2p_x & 2p_y & 2p_z \end{array}$     **Б**  $\begin{array}{ccccc} \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ 1s & 2s & 2p_x & 2p_y & 2p_z \end{array}$   
**В**  $\begin{array}{ccccc} \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow \\ 1s & 2s & 2p_x & 2p_y & 2p_z \end{array}$     **Г**  $\begin{array}{ccccc} \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ 1s & 2s & 2p_x & 2p_y & 2p_z \end{array}$
- Укажіть правильне зображення електронної будови атома Фосфору.  
**A** [Ne]  $\begin{array}{ccc} \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow\uparrow \\ 3s & & 3p \end{array}$     **Б** [Ne]  $\begin{array}{ccc} \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow \\ 3s & & 3p \end{array}$   
**В** [Ne]  $\begin{array}{ccc} \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ 3s & & 3p & \end{array}$     **Г** [Ne]  $\begin{array}{ccc} \uparrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow \\ 3s & & 3p & \end{array}$
- Яка характеристика атомів змінюється періодично зі зростанням порядкового номера хімічного елемента в періодичній системі?  
**A** масове число                      **Б** кількість протонів і нейтронів в атомному ядрі  
**В** протонне число                      **Г** кількість електронів на зовнішньому енергетичному рівні
- Розташуйте хімічні елементи за зростанням радіусів їхніх атомів.  
**A** N    **Б** Al    **В** Ga    **Г** H
- Розташуйте хімічні елементи за зменшенням радіусів їхніх атомів.  
**A** S    **Б** Se    **В** O    **Г** F



## Тема 2. Хімічний зв'язок та будова речовини

Хімічний зв'язок – центральна, найголовніша проблема хімії. Тому деякі хіміки справедливо вважають, що розкрити природу, характер хімічного зв'язку, закономірності утворення й руйнування його – означає розкрити механізм та сутність процесу перетворення речовин, тобто саму суть хімічного руху.

М.А. Будрейко

### § 4. Ковалентний зв'язок. Донорно-акцепторний механізм утворення ковалентного зв'язку

**Після опрацювання параграфа ви зможете:**

- **наводити приклади** сполук з ковалентним (полярним і неполярним) хімічним зв'язком;
- **пояснювати** утворення ковалентного (полярного й неполярного) зв'язків;
- **обґрунтовувати** природу ковалентного зв'язку;
- **характеризувати** особливості ковалентного зв'язку;
- **використовувати** поняття електронегативності для характеристики ковалентних зв'язків;
- **пояснювати відмінності** в механізмах утворення ковалентних зв'язків у молекулі амоніаку та йоні амонію.

**Хімічним зв'язком**, як ви вже знаєте, називають сили, що втримують частинки (атоми, йони) у молекулах або кристалах. Для утворення хімічного зв'язку між двома атомами потрібно, щоб енергія системи з двох атомів була значно меншою за енергію окремо взятих атомів.

Зв'язок між атомами за рахунок спільних електронних пар називають **ковалентним**.

Якщо двохатомна молекула утворена атомами одного неметалічного елемента, то негативний заряд спільної електронної пари розподілений між ними порівну. Такий зв'язок називають **ковалентним неполярним** (рис. 4.2).

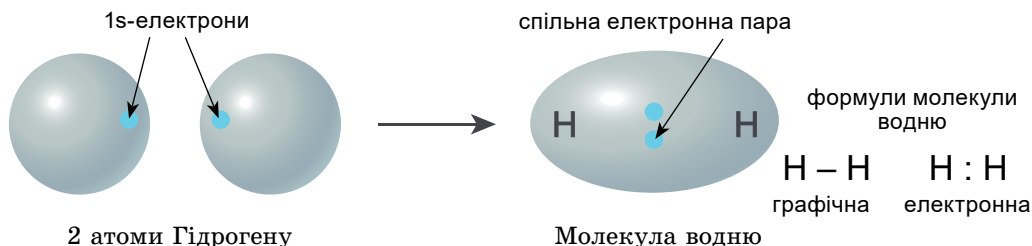


Рис. 4.1. Зображення ковалентного зв'язку в молекулі водню



1. Поясніть значення слова **валентність**. 2. Пригадайте слова, які, так само як і слово **ковалентний**, мають префікс ко-. Висловіть припущення щодо значення слова **ковалентний**. 3. Складіть електронні та графічні формули двохатомних

молекул: фтору, хлору, кисню, азоту. Пам'ятайте, що в графічній формулі кожній спільній електронній парі відповідає одна риска, яка символізує хімічний зв'язок (рис. 4.2).

		підгрупа							
		I A	II A	III A	IV A	V A	VI A	VII A	VIII A
		$ns^1$	$ns^2$	$ns^2np^1$	$ns^2np^2$	$ns^2np^3$	$ns^2np^4$	$ns^2np^5$	$ns^2np^6$
період	2	• Li	• Be •	• B •	• C •	• N •	• O •	• F •	• Ne •
	3	• Na	• Mg •	• Al •	• Si •	• P •	• S •	• Cl •	• Ar •

Рис. 4.2. Будова зовнішнього енергетичного рівня атомів елементів 2 і 3 періодів

**Електронегативність** хімічного елемента ( $\chi$ , вимовляємо  $\chi_i$ ), як ви вже знаєте, – це властивість його атома притягувати спільні з іншим атомом електронні пари. Сучасне поняття про електронегативність запровадив американський науковець Лайнус Полінг (рис. 4.3), який виразив її в умовних одиницях.

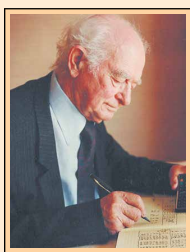


Рис. 4.3. Полінг Лайнус Карл (1901–1994). Американський фізик і хімік. Його праці присвячено переважно вивченню будови молекул і природи хімічного зв'язку. Кількісно визначив (1932) поняття електронегативності, запропонував її шкалу. Заклав основи структурного аналізу білка. Лауреат Нобелівської премії (1954)



Проаналізуйте рисунок 4.8 і поясніть: а) як змінюється електронегативність хімічних елементів у періодах і групах періодичної системи; б) які елементи мають найбільші й найменші значення електронегативності.

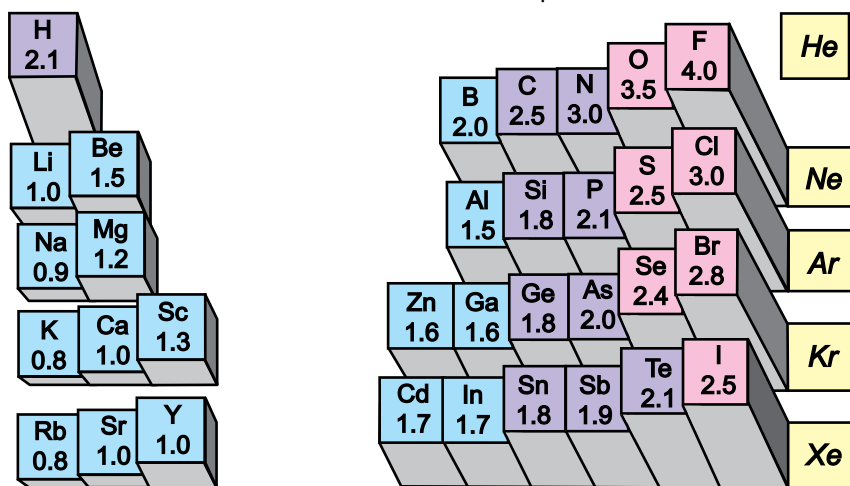


Рис. 4.4. Зміна електронегативності хімічних елементів у періодичній системі

Електронегативність залежить не лише від відстані між ядром і валентними електронами, але й від того, наскільки валентна оболонка атома близька до завершеної. В одному періоді хімічний елемент, атом якого має сім електронів на зовнішній оболонці, виявлятиме вищу електронегативність, ніж елемент, в атомі якого на зовнішній оболонці один електрон. Ковалентний зв'язок, у якому одна чи кілька спільних електронних пар зміщені в бік більш електронегативного атома, називають *полярним* зв'язком (рис. 4.5).

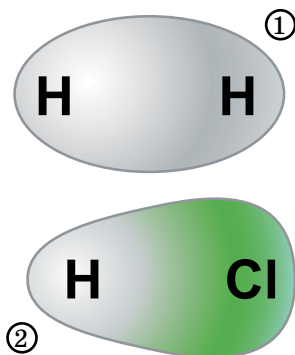


Рис. 4.5. Ковалентний зв'язок: неполярний (1) і полярний (2)

**?** Складіть, використавши рис. 4.2, електронні та графічні формули легких сполук з Гідрогеном Карбону, Нітрогену, Оксигену, Флуору. Скористайтеся даними щодо відносної електронегативності цих елементів і позначте стрілкою напрямок зміщення спільних електронних пар, наприклад  $H \rightarrow Cl$ .

**Донорно-акцепторний механізм утворення ковалентного зв'язку.** Донор (від лат. dono – «дарую») – який віддає що-небудь іншому об'єкту – акцептору (від лат. accipio – приймаю, отримую).

Унаслідок хімічної взаємодії молекул амоніаку  $NH_3$  та метиламіну  $CH_3NH_2$  з молекулами води утворюються *катіони амонію*  $NH_4^+$  та *метамонію*  $CH_3NH_3^+$  відповідно й гідроксид-аніони (рис. 4.6). Пригадайте, про взаємодію амінів з водою йшлося в 10 класі. У цих реакціях атом Нітрогену є донором неподіленої електронної пари, а катіон Гідрогену – акцептором, бо приймає її на вільну 1s орбіталь. Ковалентний зв'язок, що утворився між атомом Нітрогену та протоном, – результат усупільнення ними неподіленої електронної пари атома Нітрогену. Він нічим не відрізняється від інших зв'язків N–H (рис. 4.6) Донорами можуть бути атоми Нітрогену, Оксигену, Фосфору, Сульфуру тощо. Роль акцепторів можуть виконувати протон та атоми з незаповненим октетом, наприклад атоми елементів IIIA групи періодичної системи хімічних елементів.

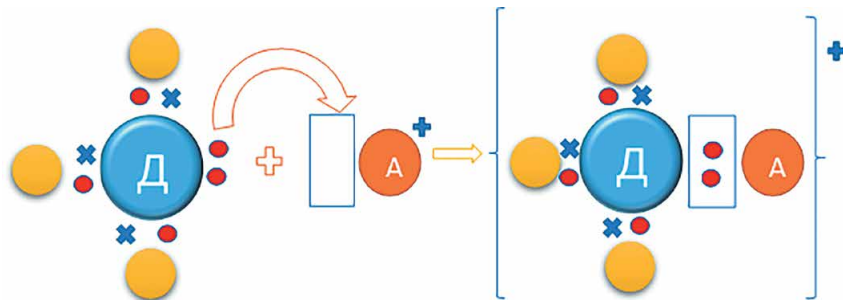
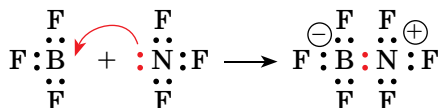


Рис. 4.6. Схема утворення ковалентного зв'язку за донорно-акцепторним механізмом

**?** У загальному вигляді утворення ковалентного зв'язку за донорно-акцепторним механізмом схематично зображено на рисунку 4.6. Проаналізуйте графічні варіанти електронних формул бор(III) флуориду та нітроген(III) флуориду. У якому стані – основному чи збудженому – перебуває атом Бору в бор(III) флуориді? Прокоментуйте рівняння реакції бор(III) флуориду з нітроген(III) флуоридом, зазначте донор та акцептор:





<https://www.youtube.com/watch?v=woypiR5kNok&list=UUgFokBdfPtIT5DQaD5a02Hw&index=22>

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

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Хімічним зв'язком називають сили, які утримують частинки (атоми, йони) в молекулах або кристалах.
- Під час утворення молекул у хімічних реакціях атоми хімічних елементів набувають стійкої зовнішньої оболонки з вісьмох електронів.
- Зв'язок між атомами за рахунок спільних електронних пар називають *ковалентним*. Його зображують за допомогою електронних і графічних формул молекул.
- Якщо двохатомна молекула утворена атомами одного неметалічного елемента, то негативний заряд спільної електронної пари розподілений між ними порівну. Такий зв'язок називають *ковалентним неполярним*.
- Електронегативність хімічного елемента – це властивість його атома притягувати спільні з іншим атомом електронні пари.
- Зі збільшенням протонного числа електронегативність хімічних елементів зростає в періодах і зменшується в підгрупах.
- Ковалентний зв'язок, у якому одна чи кілька спільних електронних пар зміщені в бік більш електронегативного атома, називають *полярним* зв'язком.
- Ковалентний зв'язок може утворюватися внаслідок усупільнення електронів або за донорно-акцепторним механізмом.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

- Виберіть* правильне твердження. Ковалентним неполярним зв'язком сполучені атоми в молекулі речовини, формула якої  
**A** N<sub>2</sub>      **Б** HF  
**В** CO      **Г** ClF
- Укажіть* формулу речовини з ковалентним полярним типом зв'язку.  
**A** H<sub>2</sub>O    **Б** I<sub>2</sub>    **В** KCl    **Г** O<sub>2</sub>
- Під час утворення молекул у хімічних реакціях атоми хімічних елементів намагаються набути стійкої зовнішньої оболонки з  
**A** трьох електронів      **Б** чотирьох електронів  
**В** шістьох електронів    **Г** вісьмох електронів
- Вставте пропущене слово. Для утворення хімічного зв'язку між двома атомами потрібно, щоб енергія системи з двох атомів була... за енергію окремо взятих атомів.  
**A** нижчою      **Б** вищою

6. *Виберіть* запис, у якому символи елементів розміщені за зменшенням їхньої електронегативності.
- А I, Be, C, O  
 Б В, N, C, P  
 В Н, N, K, C  
 Г F, Cl, Br, I
7. Правильним є запис ( $X$ -електронегативність)
- А  $\chi(\text{H}) < \chi(\text{Cl})$     Б  $\chi(\text{S}) > \chi(\text{O})$   
 В  $\chi(\text{O}) < \chi(\text{Br})$     Г  $\chi(\text{H}) > \chi(\text{N})$
8. *Порівняйте* ковалентні зв'язки: а) у молекулах водню й гідроген хлориду; б) у молекулі амоніаку та катіоні амонію. Чим вони подібні і чим відрізняються? Відповідь оформте як таблиці або діаграми Венна.



### Творча майстерня

9. *Складіть* короткі оповідання (вірші, пісні) за мотивами рисунка 4.7.



Рис. 4.7. Спільними зусиллями? Гуртом! Який з двох зв'язків полярний?

10. *Використайте* блоки LEGO, щоб зрозуміло й наочно *пояснити* молодшому учнівству, що таке ковалентний хімічний зв'язок.

## § 5. Йонний зв'язок

*Після опрацювання параграфу ви зможете:*

- *наводити приклади* сполук з йонним хімічним зв'язком;
- *пояснювати* утворення йонного зв'язку;
- *характеризувати* його особливості.

**Йони** – це заряджені частинки, на які перетворюються атоми й молекули внаслідок приєднання або втрачання одного або кількох електронів. Якщо електронейтральна частинка приєднує електрони, вона перетворюється на негативний йон – *аніон*. Цей процес супроводжується виділенням енергії. Натомість *катіон* – позитивний йон – утворюється внаслідок утрачання електронейтральною частинкою електронів. Під час цього процесу енергія поглинається. Протилежно заряджені йони притягуються, між ними виникає *йонний зв'язок*.

### Цікаво і пізнавально

Поняття і термін «йон» увів у 1834 році англійський науковець Майкл Фарадей (рис. 5.1). У перекладі з давньогрецької іόν – той, що йде. Аніон – той, що йде вгору, катіон – той, що йде вниз.



Рис. 5.1. Фарадей Майкл (1791–1867). Англійський науковець. Навчався самотужки, наукові дослідження почав у галузі хімії. Зробив вагомий внесок у розвиток хімічного аналізу, синтетичної органічної хімії, металургії; уперше отримав низку газів у зрідженому стані. Установив кількісні закони електролізу. Увів терміни «йон», «катион», «аніон», «електрод», «електроліт», поняття діелектричної проникності. Досліджував електромагнетизм, створив учення про електромагнітне поле. Член багатьох академій наук і наукових товариств

**Йонний зв'язок** – це зв'язок між катіонами та аніонами. Його можна розглядати як граничний випадок ковалентного полярного зв'язку. Якщо різниця в значеннях електронегативності атомів хімічних елементів дуже велика, спільні електронні пари майже повністю зміщуються до атома більш електронегативного елемента. За цих умов атоми перетворюються на йони. Розгляньмо утворення йонного зв'язку в кристалі натрій хлориду (рис. 5.2).



За рисунком 5.2 *поясніть*, як утворився йонний зв'язок.

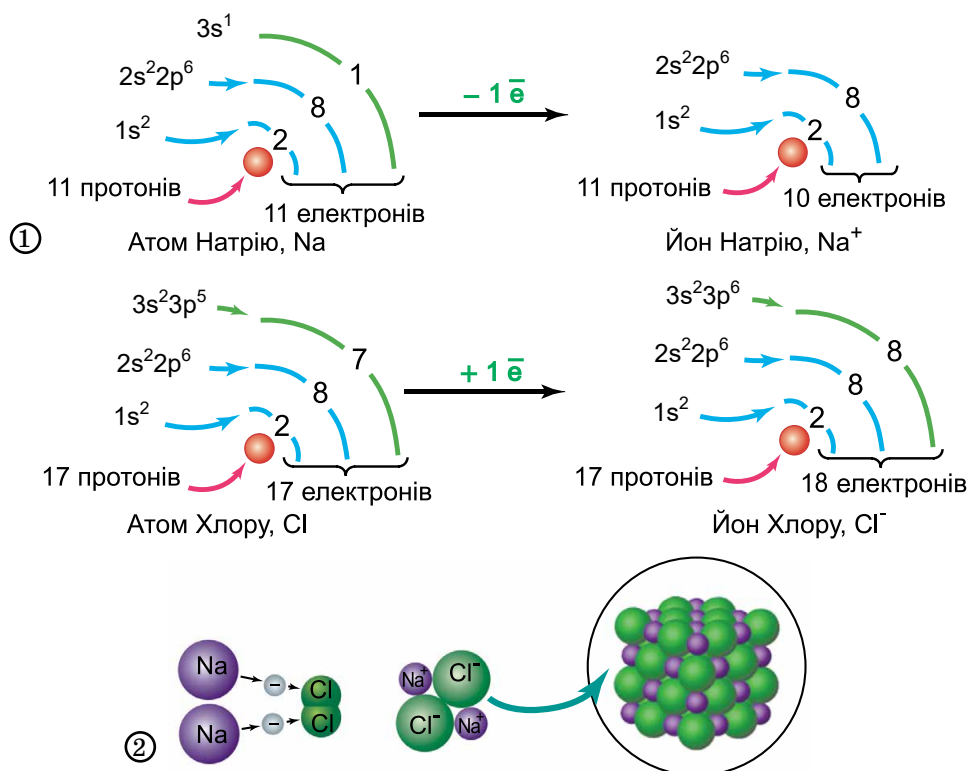


Рис. 5.2. 1. Утворення катіонів Натрію та аніонів Хлору. 2. Утворення хімічного зв'язку між йонами Натрію та Хлору

*Зверніть увагу:* у кристалі натрій хлориду катіон Натрію з усіх боків оточений аніонами Хлору й навпаки. Енергетично найвигідніше, коли кожен йон оточений максимальною кількістю йонів, протилежних за знаком. Однак через відштовхування однойменних йонів один від одного система досягає стійкого стану лише за певного взаємного розташування йонів. Наприклад, у натрій хлориді кожен катіон оточений шістьма аніонами й навпаки.

*Пригадайте:* на катіони перетворюються атоми металічних елементів, на зовнішньому енергетичному рівні яких зазвичай не більше трьох електронів. На аніони перетворюються атоми неметалічних елементів (за винятком інертних), на зовнішньому енергетичному рівні яких – від чотирьох до семи електронів. Атом Гідрогену може утворити як катіон, так і аніон.

**?** *Складіть* електронну формулу атома Гідрогену. *Визначте*, скільки протонів і електронів у його катіоні та аніоні.

*Зверніть увагу:* радіуси йонів відрізняються від атомних радіусів відповідних хімічних елементів. Утрачання атомами електронів зумовлює зменшення їхніх ефективних розмірів, а приєднання електронів – збільшення. Тому радіус катіона завжди значно менший, а радіус аніона завжди трохи більший за радіус атома (рис. 5.3). У межах головної підгрупи радіуси йонів однакового заряду, як і радіуси атомів, зростають зі збільшенням протонного числа (рис. 5.4).

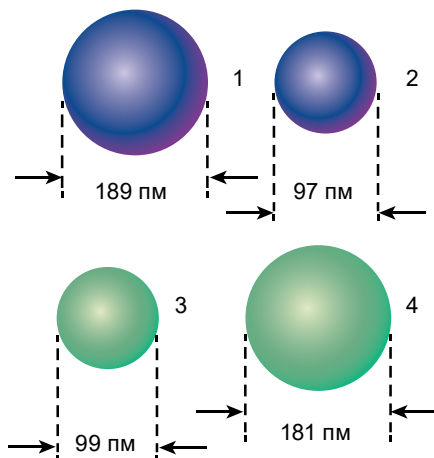


Рис. 5.3. 1. Радіуси атома (1) і катіона (2) Натрію та атома (3) і аніона (4) Хлору в пікометрах

**?** За рисунком 5.4 *схарактеризуйте* закономірності зміни радіусів атомів та йонів елементів у періодах і групах періодичної системи хімічних елементів.

Межа між ковалентним полярним та йонним зв'язком дещо умовна. Різниця електронегативності хімічних елементів дає змогу визначити, наскільки хімічний зв'язок у сполуці відрізняється від ковалентного неполярного (табл. 5.1).

Таблиця 5.1.

Різниця електронегативності ( $\Delta\chi$ ) хімічних елементів	Тип хімічного зв'язку
$\Delta\chi \approx 0$	Ковалентний неполярний
$0,4 < \Delta\chi < 2$	Ковалентний полярний
$\Delta\chi > 2$	Йонний

**?** 1. *Визначте* тип хімічного зв'язку у сполуках:  $F_2$ ;  $O_2$ ;  $CCl_4$ ;  $HCl$ ;  $SO_2$ ;  $OF_2$ ;  $CCl_4$ ;  $HCl$ ;  $SO_2$ ;  $NaF$ . 2. *Порівняйте* ковалентний неполярний, ковалентний полярний та йонний зв'язки (рис. 5.5). *Зверніть увагу:* літерою  $\delta$  (вимовляємо дельта) позначено часткові електричні заряди на атомах у молекулі гідроген хлориду.

Група IA		Група IIA		Група IIIA		Група VIA		Група VIIA	
Li <sup>+</sup> 90	Li 134	Be <sup>2+</sup> 59	Be 90	B <sup>3+</sup> 41	B 82	O 73	O <sup>2-</sup> 126	F 71	F <sup>-</sup> 119
Na <sup>+</sup> 116	Na 154	Mg <sup>2+</sup> 86	Mg 130	Al <sup>3+</sup> 68	Al 118	S 102	S <sup>2-</sup> 170	Cl 99	Cl <sup>-</sup> 167
K <sup>+</sup> 152	K 196	Ca <sup>2+</sup> 114	Ca 174	Ga <sup>3+</sup> 76	Ga 126	Se 116	Se <sup>2-</sup> 184	Br 114	Br <sup>-</sup> 182
Rb <sup>+</sup> 166	Rb 211	Sr <sup>2+</sup> 132	Sr 192	In <sup>3+</sup> 94	In 144	Te 135	Te <sup>2-</sup> 207	I 133	I <sup>-</sup> 206

Рис. 5.4. 1. Закономірності зміни в періодичній системі хімічних елементів радіусів атомів і йонів

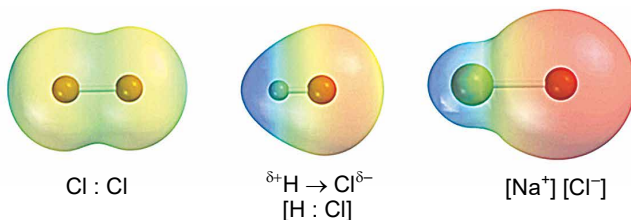


Рис. 5.5. Зміна розподілу електронної густини між ядрами атомів залежно від типу хімічного зв'язку в сполуках



<https://www.youtube.com/watch?v=ZiIMNJ68Axw&index=21&list=UUgFokBdfPtIT5DQaD5a02Hw>  
<https://www.youtube.com/watch?v=kGKLAQ6sgBl&list=UUgFokBdfPtIT5DQaD5a02Hw&index=23>  
<https://www.youtube.com/watch?v=Z-8uVEfm77s&list=UUgFokBdfPtIT5DQaD5a02Hw&index=35>  
<https://www.youtube.com/watch?v=5AOblYlknBc&list=PLi01XoE8jYoi5fl.BY64f6ZUuktgTFb2H3&index=11>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Йонний зв'язок – це зв'язок між катіонами та аніонами.
- Межа між ковалентним полярним та йонним зв'язком дещо умовна.
- Різниця значень електронегативності хімічних елементів дає змогу визначити, наскільки хімічний зв'язок у сполуці відрізняється від ковалентного неполярного.



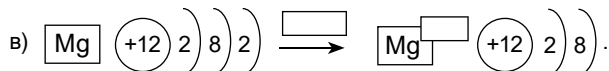
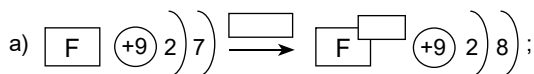
## Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи може- те ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



## Застосуйте свої знання й уміння

2. Якою літерою позначено трійку речовин з йонним типом хімічного зв'язку?  
 А  $K_2O$ ;  $Cs_2S$ ,  $LiF$     Б  $MgO$ ;  $H_2O$ ;  $H_2S$     В  $H_2SO_4$ ;  $CO_2$ ;  $Cl_2$     Г  $MgO$ ;  $SO_3$ ;  $N_2$
3. На прикладі реакції літію з фтором *розгляньте* утворення йонного зв'язку в літій флуориді.
4. *Доповніть* схеми утворення йонів: *зазначте* в прямокутнику над стрілкою, скільки електронів віддано або прийнято, у прямокутнику біля символу йона – його заряд.



5. У йоні якого хімічного елемента вдвічі більше електронів, ніж в атомі Флуору?
6. *Наведіть* приклади атома, катіона й аніона, будова електронної оболонки в яких така сама, як у простого аніона Сульфурі.



## Творча майстерня

7. *Класифікуйте* речовини повсякденного вжитку за типом хімічного зв'язку, підготуйте презентацію свого дослідження. 8. *Використайте* блоки LEGO, щоб зрозуміло й наочно *пояснити* молодшому учнівству, що таке йонний хімічний зв'язок.

## § 6. Водневий зв'язок

**Після опрацювання параграфа ви зможете:**

- **пояснювати** утворення водневого зв'язку;
- **оцінювати** на основі будови молекул води і спиртів можливість утворення водневого зв'язку між молекулами води, спиртів, води та спиртів.

**Водневий зв'язок** не є для вас новим поняттям. Ви вже знаєте, що утворені за рахунок спільних електронних пар зв'язки O–H у молекулі води ковалентні полярні. Вони розміщені під кутом  $104,5^\circ$ , і це зумовлює асиметричність структури й виникнення *диполя* – системи з двох зарядів, протилежних за знаком і однакових за величиною (рис. 6.1).

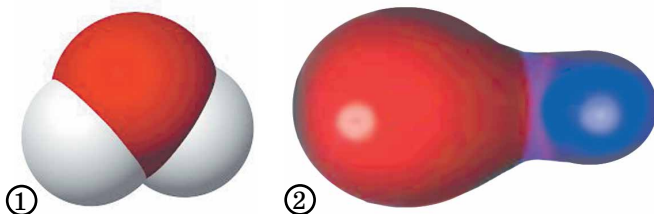


Рис. 6.1. 1. Масштабна модель молекули води.  
 2. Схематичне зображення диполя

Експериментально пересвідчитися, що молекули води полярні, можна за допомогою простого досліду: тонка водяна цівка притягується до виробів, наелектризованих тертям (рис. 6.2).



Рис. 6.2. Цівка води притягується до наелектризованої повітряної кульки. Перевірте цю інформацію експериментально

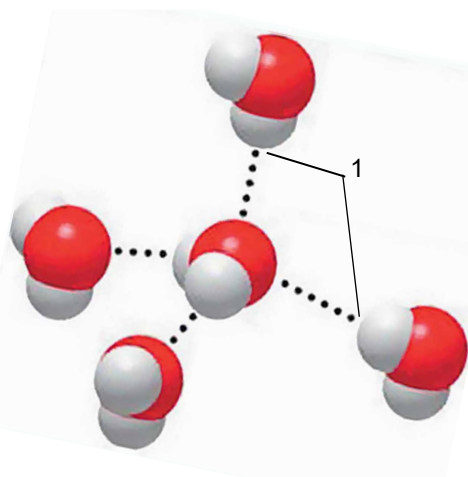


Рис. 6.3. Водневі зв'язки (1) між молекулами води

Асиметричність розподілу електричних зарядів у молекулах води є причиною утворення між ними водневих зв'язків (рис. 6.3).

Водневий зв'язок – слабкий. Він утворюється між електронегативним атомом та атомом Гідрогену, що сполучений хімічним зв'язком з іншим електронегативним атомом. Обидва електронегативні атоми здебільшого є атомами хімічних елементів другого та третього періодів періодичної сис-

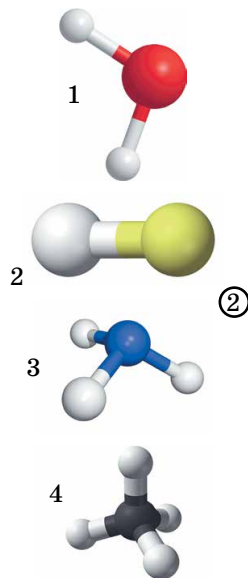
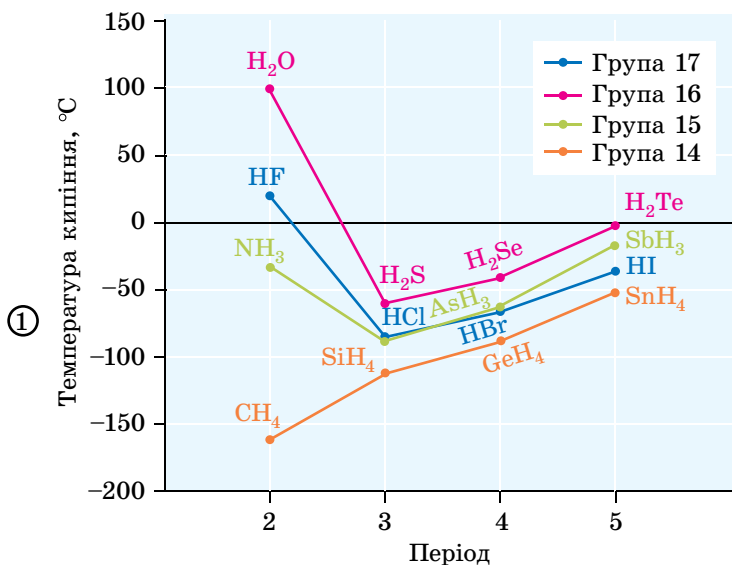


Рис. 6.4. 1. Температури кипіння легких сполук з Гідрогеном. 2. Кулестержневі моделі молекул води (1), гідроген флуориду (2), амоніаку (3) та метану (4)



теми. Ідеться про атоми Нітрогену, Оксигену, Флуору. Переважно водневий зв'язок – це електростатична взаємодія. Її підсилюють малий розмір атомів Гідрогену, що зможливує зближення диполів, які взаємодіють. Водневі зв'язки є причиною аномально високих (порівняно з леткими сполуками інших елементів VIA групи періодичної системи) температур кипіння та плавлення води, а також деяких інших летких сполук з Гідрогеном (рис. 6.4).



1. Проаналізуйте дані щодо температур кипіння, наведені на рисунку 6.4.1, та геометричну форму молекул (рис. 6.4. 2). Чи можуть утворитися водневі зв'язки між молекулами метану? Чому? 2. Зобразіть утворення водневих зв'язків між молекулами гідроген флуориду.

**Утворення водневих зв'язків** можливе не лише між молекулами неорганічних сполук. Ви вже знаєте, що між молекулами спиртів, а також між ними та молекулами води утворюються водневі зв'язки (рис. 6.5).

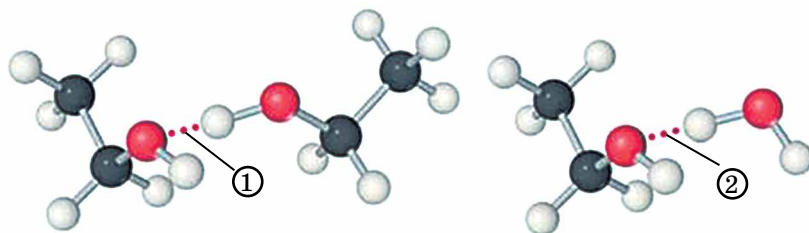


Рис. 6.5. Утворення водневих зв'язків: 1 – між молекулами етанолу; 2 – між молекулами етанолу й води



За рисунком 6.5 *поясніть*: 1) як утворюються водневі зв'язки між молекулами спиртів та між ними й молекулами води; 2) чому температури кипіння спиртів вищі за температури кипіння алканів з приблизно такою масою молекул.

Водневий зв'язок відіграє важливу роль у неорганічній та органічній хімії. Його низька енергія, здатність легко руйнуватися й відновлюватися за звичайної<sup>1</sup> температури водночас із величезною поширеністю зумовлює непересічне значення водневого зв'язку в біологічних системах. Упорядковане розташування поліпептидних ланцюгів у структурі білка, поперечні зв'язки в структурі целюлози та в подвійній спіралі дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) зумовлені водневими зв'язками. Доведено, що вони утворюються на деяких стадіях майже всіх біохімічних процесів. Водневі зв'язки беруть участь у каталітичних і фотохімічних процесах, ферментному бродінні, є складниками механізмів дії лікарських засобів, потрібні для забезпечення життєдіяльності організмів (рис. 6.6).

### Цікаво і пізнавально

Самовідновлюваний за звичайної температури полімерний матеріал (органічне скло) створив 2017 року в Токійському університеті (Японія) Ю. Янагісава (Yu Yanagisawa). Відновлення цілісності внаслідок легкого стискання зумовлено утворенням водневих зв'язків. <https://interestingengineering.com/this-material-heals-under-pressure-rather-than-cracking>



Проаналізуйте цю інформацію та висловіть припущення щодо перспектив використання нового матеріалу.

<sup>1</sup> 20–25 °С, тиск 1 атм.

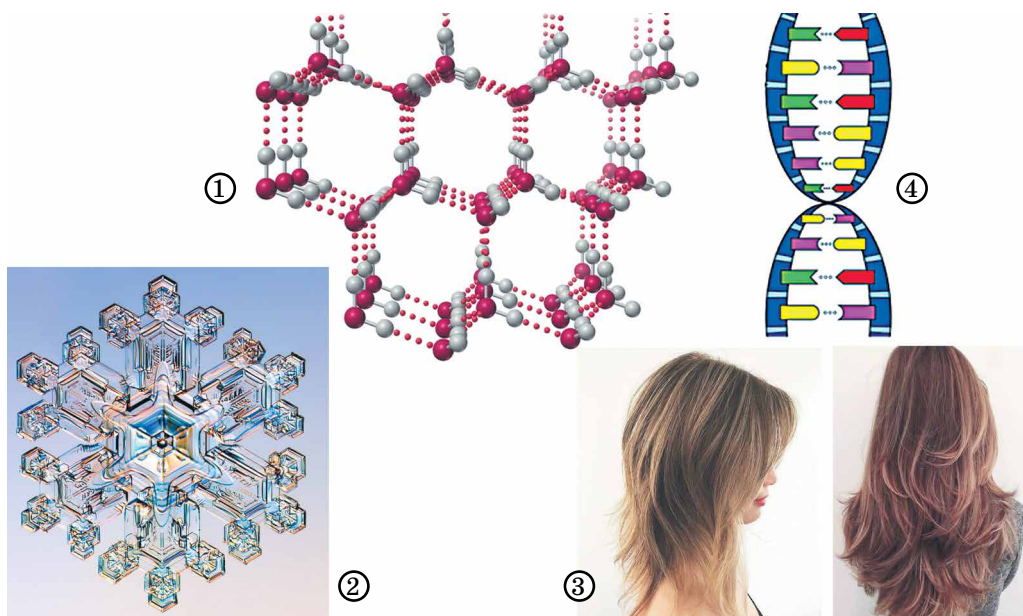


Рис. 6.6. Багатоликий водневий зв'язок. 1. Водневі зв'язки в кристалічній структурі льоду. 2. Сніжинки складаються з кристаликів льоду (висловте припущення, чому в будь-якій сніжинки саме шість променів). 3. Завивання та розпрямлення волосся під дією високої температури послаблює водневі зв'язки між молекулами білка, тому волосся змінює форму, однак швидко воно намокає, то повертається до початкового стану. 4. У подвійній спіралі молекули ДНК нітрогенові основи одного з ланцюгів сполучені з нітрогеновмісними основами іншого ланцюга водневими зв'язками згідно з принципом комплементарності: аденін з'єднується лише з тиміном, гуанін – лише із цитозином



<https://www.youtube.com/watch?v=njWsfApthXc&index=7&t=0s&list=PLi01XoE8jYohmMWyMaSsBwdZQbCjQKVzp>  
<https://www.youtube.com/watch?v=llgLgMnl-11&index=5&list=PLi01XoE8jYohmMWyMaSsBwdZQbCjQKVzp>  
<https://www.youtube.com/watch?v=LGwyBeuVjhU>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Диполь – система з двох зарядів, протилежних за знаком й однакових за величиною.
- Асиметричність розподілу електричних зарядів у молекулах води є причиною утворення між ними водневих зв'язків.
- Водневі зв'язки є причиною аномально високих (порівняно з леткими сполуками інших елементів VIA групи періодичної системи) температур кипіння та плавлення води.
- Перебіг багатьох біологічних процесів та існування живих організмів можливі саме завдяки утворенню та руйнуванню водневих зв'язків.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



Застосуйте свої знання й уміння

2. *Визначте*, якою цифрою на рисунку 6.7 позначено водневий зв'язок. Чим зумовлена можливість його утворення?

3. *Поясніть* можливість утворення водневих зв'язків між молекулами води й амоніаку (рис. 6.8).

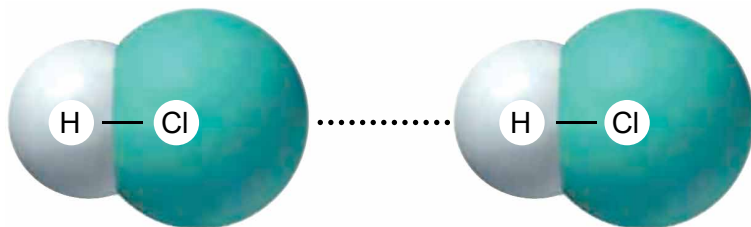


Рис. 6.7

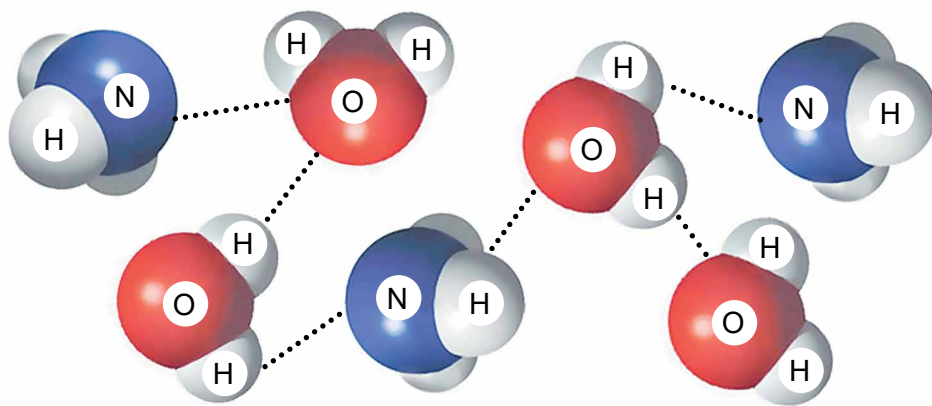


Рис. 6.8



Творча майстерня

4. Підготуйте презентацію «Водневі зв'язки в живих організмах».

## § 7. Металічний зв'язок

*Після опрацювання параграфа ви зможете:*

- **пояснювати** утворення металічного зв'язку;
- **порівнювати** металічний зв'язок з ковалентним та йонним зв'язками.

**В атомах металічних елементів** на зовнішньому енергетичному рівні міститься від одного до трьох електронів, зрідка – чотири. Наприклад, в атомі Натрію на зовнішньому енергетичному рівні один електрон. Віддавши його, цей атом набуває стійкої електронної конфігурації атома Неону. Такої самої конфігурації набувають атоми Магнію та Алюмінію, віддавши відповідно два і три електрони. В атомі Стануму на зовнішньому енергетичному рівні чотири електрони. Унаслідок їхньої втрати утворюється стійка електронна конфігурація атома Криптону.



Залишіть електронні формули атома Неону, атомів і катіонів Натрію, Магнію та Алюмінію та зобразіть їхні графічні варіанти, порівняйте електронну будову зазначених частинок.

Що менше електронів на зовнішньому енергетичному рівні і що більший радіус атома, то легше атом металічного елемента перетворюється на катіон.

Які частинки є в кристалічних ґратках металів? Понад століття тому німецький фізик Пауль Друде (рис. 7.1) запропонував теорію, згідно з якою метал складається з атомів, катіонів і вільних електронів, так званого електронного газу.



Рис. 7.1. Друде Пауль (1867–1906). Німецький фізик, автор теорій електронної провідності металів, поляризації світла, відбитого від металевої поверхні, дисперсії світла

Електрони в металі безладно рухаються, переходять від атомів до катіонів. Натомість атоми й катіони лише злегка коливаються навколо свого положення в кристалічних ґратках. Тобто в металічних кристалічних ґратках (рис. 7.2. А) валентні електрони усупільнені (не пов'язані з певними атомами) – це особливість металічного зв'язку. Тому під впливом навіть невеликої різниці потенціалів ці електрони починають рухатися впорядковано (рис. 7.2. Б) у напрямку, зумовленому зовнішнім електричним полем, виникає електричний струм.

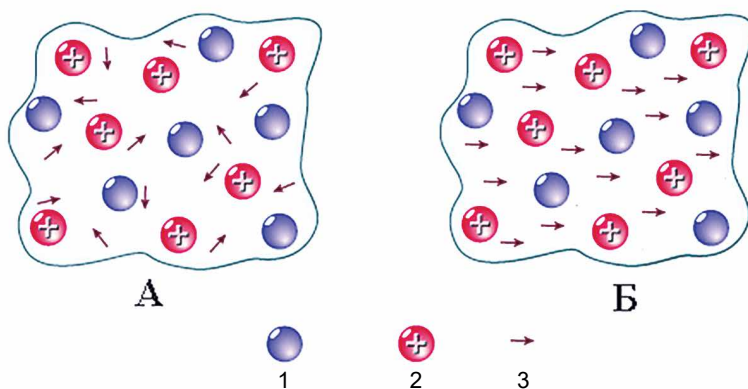


Рис. 7.2. Схематичне зображення металічних кристалічних ґраток. Атоми (1) металічного елемента та його катіони (2) взаємоперетворюються внаслідок втрачання електронів (3) зовнішнього рівня атомами та приєднання їх катіонами. А. Хаотичний рух усупільнених електронів. Б. Спрямований рух електронів за наявності різниці потенціалів

Пластичність і ковкість багатьох металів також можна пояснити особливостями металічного зв'язку. Ви легко зрозумієте це, коли роздивитесь рисунок 7.3.

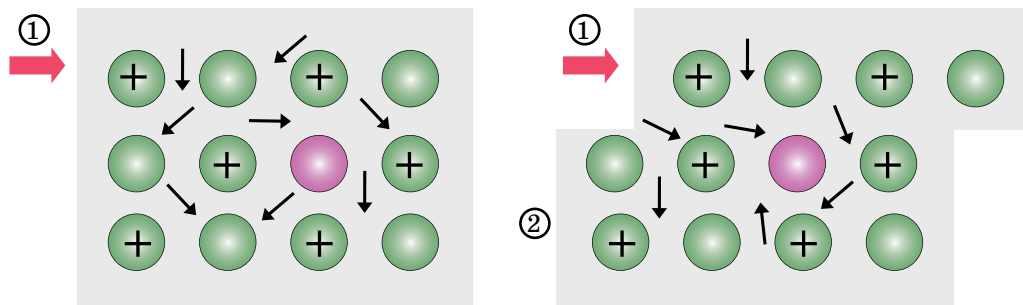


Рис. 7.3. Унаслідок удару чи іншого механічного впливу (1) відбувається зсув шарів йонів у шматку металу (2), однак це не спричиняє його руйнування, оскільки всі електрони, які забезпечують існування хімічних зв'язків, – спільні



Ви, звісно, пам'ятаєте з курсу хімії 8 класу, що алмаз дуже твердий, але крихкий. *Пригадайте* тип кристалічних ґраток алмазу. *Назвіть* зв'язки, які руйнуються внаслідок деформації цього кристала.

### Цікаво і пізнавально

Для майбутніх фізиків і матеріалознавців зауважимо, що описані уявлення про хімічний зв'язок у металах є дуже спрощеними, хоча й дають змогу наочно пояснити зумовленість фізичних властивостей металів їхньою будовою. Наступним кроком наближення до істини вважатимемо модель, згідно з якою частинки кристалічних ґраток металу зв'язані між собою двома типами зв'язків. Перекривання електронних хмар зумовлює утворення міцних ковалентних зв'язків. Ці самі електронні хмари утворюють спільну для всього кристала електронну хмару, яка внаслідок впливу зовнішнього електричного поля дуже легко пересувається в шматку металу вздовж напрямку, зумовленого полем.

Ми з'ясували, що спільні фізичні властивості (*назвіть їх*) металів зумовлені подібністю будови їхніх кристалічних ґраток і особливим типом хімічного зв'язку – металічним. Однак метали відрізняються один від одного, тобто мають особливі властивості. Причина цього – відмінності в будові атомів металічних елементів і різноманітність кристалічних ґраток металів (рис. 7.4).



1. Згідно з дослідженнями фахівців у світі нині є понад 3 млрд не використовуваних мобільних телефонів, які користувачі зберігають удома. Один телефон у середньому містить 8,75 г міді, 3,81 г кобальту, 3 г заліза, 1 г олова, 0,4 г танталу, 0,25 г срібла, 0,024 г золота, 0,009 паладію. *Обчисліть* маси (т) зазначених металів у такій кількості телефонів. *Поясніть*, чому не можна викидати старі телефони на смітник. 2. *Поясніть*, чому кришки металевих кастрюль роблять не вставними, а накладними; а в чайника обов'язково передбачають зазор між шийкою та кришкою. 3. Зробіть логічний висновок з таких тверджень: «Усі метали проводять електричний струм», «Мідь є металом».

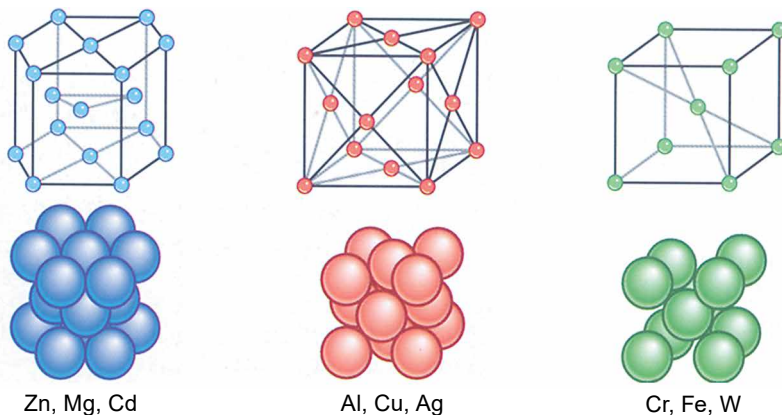


Рис. 7.4. Кристалічні ґратки деяких металів



<https://www.youtube.com/watch?v=eVv3TpaQ2-A&t=0s&list=PLIIVwaZQkS2op2kDuFihStNsS49LaxkZ&index=22>

<https://www.youtube.com/watch?v=vOuFTuvf4qk&index=3&list=PLI01XoE8jYoi5fLBY64f6ZUuktgTFb2H3>

[https://www.youtube.com/watch?v=S08qdOTd0w0&start\\_radio=1&list=RDS08qdOTd0w0](https://www.youtube.com/watch?v=S08qdOTd0w0&start_radio=1&list=RDS08qdOTd0w0)

## ПРО ГОЛОВНЕ

- В атомах металічних елементів на зовнішньому енергетичному рівні міститься від одного до трьох електронів, зрідка – чотири. Металічні елементи легко віддають електрони, унаслідок чого утворюються катіони.
- Кристалічні ґратки металів складаються з катіонів та атомів, між якими хаотично рухаються усупільнені електрони. Такий хімічний зв'язок називають металічним. Саме він зумовлює фізичні та хімічні властивості металів – насамперед їхні високі тепло- та електропровідність.



## Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



## Застосуйте свої знання й уміння

2. *Висловте* припущення, як змінюватиметься електропровідність металів з підвищенням температури та *обґрунтуйте* його. *Перевірте* свої міркування, скориставшись різними джерелами інформації.

3. *Порівняйте*: а) металічний та йонний зв'язки; б) металічний та ковалентний неполярний зв'язки. Відповідь *оформте* як таблицю або діаграму Венна.



## Творча майстерня

4. *Підготуйте* презентацію «Металічні зв'язки навколо мене».



## § 8. Кристалічний і аморфний стани твердих речовин. Залежність фізичних властивостей речовин від їхньої будови

**Після опрацювання параграфу ви зможете:**

- **наводити приклади** аморфних і кристалічних речовин;
- **пояснювати відмінності** між аморфними й кристалічними речовинами;
- **прогнозувати** фізичні властивості речовин на основі їхньої будови та будову речовин на основі їхніх фізичних властивостей;
- **висловлювати судження** щодо залежності між використанням речовин та їхньою будовою й властивостями.

**Тверді речовини** зазвичай мають *кристалічну* будову, якій притаманне правильне розташування частинок у строго визначених точках простору (рис. 8.1).

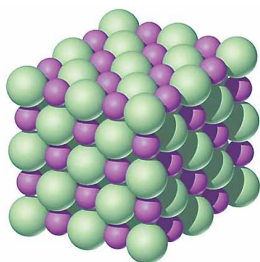


Рис. 8.1. Кристали галіту (кам'яної солі NaCl) мають кубічну форму, їх легко розколоти за гранями куба



Яким кольором у моделі кристала галіту (рис. 8.1) позначено катіони Натрію, а яким – аніони Хлору? *Обґрунтуйте* свою думку

**Кристали** (від грец. κρυσταλλος – лід, гірський криштал, кристал) – тіла, що мають природну зовнішню форму правильних симетричних багатогранників, зумовлену їхньою внутрішньою структурою (рис. 8.2).



- Al
- Be
- Si
- O

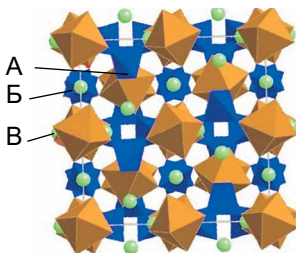
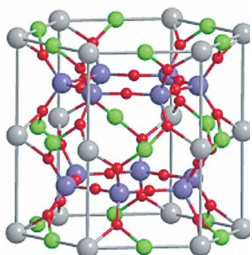


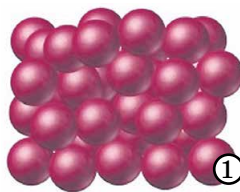
Рис. 8.2. Багатогранний світ кристалів.

1. Берил  $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ .
2. Гранат  $\text{R}_3^{2+}\text{R}_2^{3+}(\text{SiO}_4)_3$ , де  $\text{R}^{2+} = \text{Ca}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$ , а  $\text{R}^{3+} = \text{Al}^{3+}, \text{Fe}^{3+}$ .  
A –  $\text{SiO}_4^{4-}$ , тетраедр;  
B –  $\text{R}^{2+}$ ; B –  $\text{R}^{3+}$

**Аморфні речовини** (від давн.-грец. α – не- і морфη – вид, форма) не мають кристалічної структури (рис. 8.3.1) і, на відміну від кристалів, не



Рис. 8.3.1. Модель будови аморфної речовини. 2. Бурштин – аморфна речовина



розщеплюються з утворенням кристалічних граней (*пригадайте, ви вже вивчали це на уроках фізики*). Аморфними є скло, пластичні маси, смоли, бурштин тощо (рис. 8.3.2).

Аморфні речовини утворюються внаслідок швидкого охолодження розплавів або конденсації газу на охолоджену поверхню, тож атоми не встигають зайняти правильні положення. Згодом аморфні речовини кристалізуються (рис. 8.4).

Аморфні речовини не мають чітко визначеної температури плавлення (*висловіть припущення чому*). Унаслідок нагрівання вони розм'якають та перетворюються на в'язку рідину.

### Цікаво і пізнавально

Аморфний метал або металеве скло (bulk metallic glass, BMG) має аморфну структуру. Такі матеріали в 50 разів міцніші за пластик, удесятеро – за алюміній, утричі – за сталь. Металеве скло майже неможливо подрятати.



*Висловіть припущення, для чого можна використати металеве скло. Порівняйте свій прогноз з думкою автора розробки.*

<https://www.youtube.com/watch?v=Bd37OrlvT5M>



Рис. 8.4. 1. Кристалізація сахарози (*яка її молекулярна формула?*) на поверхні льодяників відбувається порівняно швидко

**Кристалічні ґратки** – модель, за допомогою якої описують внутрішню будову кристалів. Точки простору, у яких розташовані структурні частинки речовини в кристалі, називають *вузлами кристалічних ґраток*. Природа частинок у вузлах кристалічних ґраток та сили взаємодії між частинками визначають тип ґраток: *йонні, атомні, молекулярні та металічні*.

**Атомні кристали.** Типовим прикладом таких речовин є алмаз (рис. 8.5). Він не проводить електричний струм (*поясніть чому*). Це надзвичайно стійка форма існування Карбону (*поясніть чому*). У бору, силіцію, германію, арсену, кварцу також атомні кристалічні ґратки (*спрогнозуйте властивості цих речовин, перевірте свої припущення, використавши додаткові джерела інформації*).

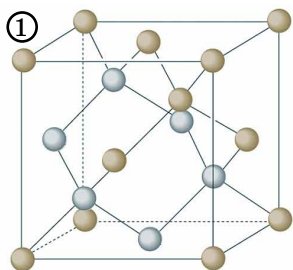


Рис. 8.5. 1. Кристалічні ґратки алмазу. 2. Діаманти – огранені алмази



За рисунком 8.5 *поясніть*, якими зв'язками сполучені атоми в алмазі. *Порівняйте* всі щонайближчі між'ядерні відстані й усі кути між чотирма зв'язками атома Карбону в ньому. Чи є в кристалічних ґратках алмазу вільні електрони? Чому?

Речовини, що мають атомні кристалічні ґратки, плавляться за високих температур (*поясність чому*). Наприклад, температура плавлення кварцу  $\text{SiO}_2$  становить  $1725^\circ\text{C}$ . Атомні ґратки і в надзвичайно твердого бор(III) нітриду  $\text{BN}$ , а також у найтугоплавкішої з усіх відомих речовин – гафній карбїду  $\text{HfC}$  ( $3959 \pm 84^\circ\text{C}$ ). Речовини з атомними кристалічними ґратками майже нерозчинні в будь-яких розчинниках, мають низьку реакційну здатність (*поясність чому*).

**Молекулярні кристалічні ґратки** побудовані з молекул (*наведіть приклади речовин з молекулярними кристалічними ґратками*). Зазвичай у них низькі температури плавлення й кипіння (*поясність чому*). На рисунку 8.6 зображено кристалічні ґратки йоду, у вузлах яких – молекули  $\text{I}_2$ . Атоми Йоду в молекулі сполучені досить міцними зв'язками (*якими саме?*), а молекули між собою – слабкими силами. Тому вже за незначного нагрівання йод не плавиться, а переходить з кристалічного стану в газуватий (сублімується), за охолодження пара йоду кристалізується.

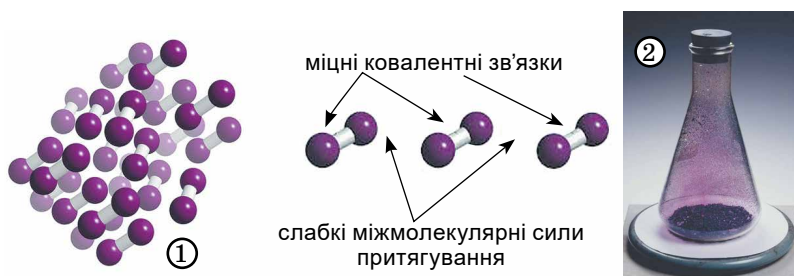


Рис. 8.6.  
1. Кристалічні ґратки йоду.  
2. Сублімація та кристалізація йоду

Міцність молекулярних кристалів залежить від розмірів і складності молекул. Наприклад, багато органічних речовин, у молекулах яких десятки тисяч і більше атомів, узагалі не плавляться. Це зумовлено тим, що міцність зв'язків між молекулами загалом вища за міцність зв'язків усередині молекули.

**?** Пригадайте молекулярні формули крохмалю та целюлози й поясність, чому ці речовини починають руйнуватися раніше, ніж плавитися.

Важливо розуміти, що хімічна активність речовин молекулярної будови залежить передусім від міцності внутрішньомолекулярних зв'язків – адже саме вони руйнуються під час хімічних реакцій.

**Йонні кристали** зазвичай тверді, але крихкі. Поясність цей факт за рисунком 8.7. У речовин з йонними кристалічними ґратками високі температури плавлення (*поясність чому*). Також характерною ознакою йон-

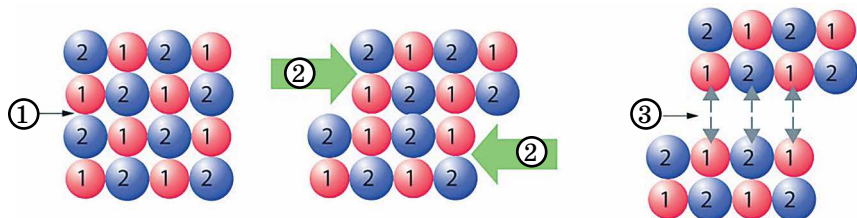


Рис. 8.7. Руйнування йонних кристалічних ґраток унаслідок механічного впливу.  
1. Місце впливу. 2. Зсування шарів йонів. 3. Руйнування внаслідок відштовхування між однаково зарядженими йонами

них речовин є електропровідність їхніх розплавів і водних розчинів (*пояс- нить чому*).

**Які частинки розташовані у вузлах металічних кристалічних ґраток**, а які безладно рухаються між ними, ви вже знаєте з попереднього параграфа (*назвіть їх*). Така особливість металічних кристалічних ґраток зумовлює блиск<sup>1</sup>, високу електро- та теплопровідність металів, їхню ковкість (рис. 8.8).



Рис. 8.8. Фізичні властивості металів зумовлені їхньою будовою. 1. Не все те золото, що блищить. 2. Удар блискавки в блискавичник Ейфелевої вежі (Париж, Франція, 2018 рік). 3. Металева піч для обігріву приміщень та приготування їжі (буржуйка) була популярна в першій половині ХХ століття. 4. Куй залізо, поки гаряче



Перевагою й водночас недоліком пічки-буржуйки, корпус якої виготовляють зі сталі або чавуну, є те, що вона швидко нагрівається й не менш швидко холодне. *Поясність, чим це зумовлено!*

**\*Кристалічна структура графіту** (рис. 8.9) зовсім не схожа на структуру алмазу, хоча обидві речовини є простими речовинами Карбону. Три електрони зовнішнього енергетичного рівня кожного атома Карбону в графіті беруть участь в утворенні ковалентних (*яких саме?*) зв'язків з іншими атомами Карбону. Четвертий електрон кожного з них є спільним

<sup>1</sup> У металів блиск зумовлений відбиттям світлових променів від усупільнених електронів. Він є лише в компактних масах металу. Наприклад, порошокподібна мідь не блищить, однак після утрамбовування та шліфування її порошку поверхня металу стає блискучою. Лише порошки магнію та алюмінію блискучі.

для всього атомного шару. Між атомними шарами в графіті діють слабкі сили притягання. На відміну від алмазу графіт непрозорий, має чорний колір (рис. 8.9. 2).

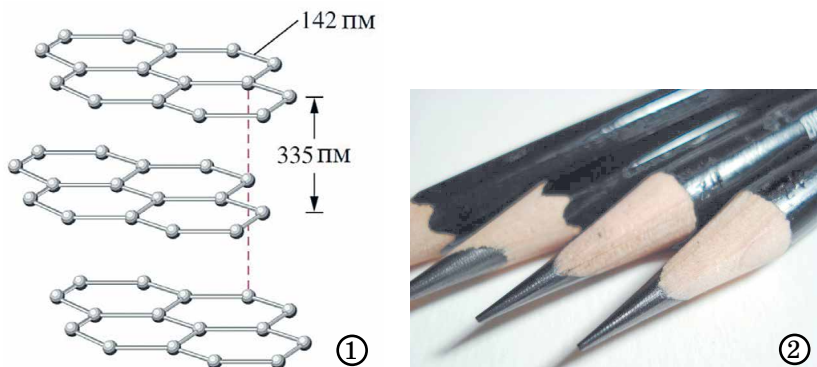


Рис. 8.9. 1. Кристалічні ґратки графіту. 2. Графіт – складник олівців

**?** *Поміркуйте й поясніть.* 1. У якому напрямку – вертикальному чи горизонтальному – графіт є атомним, а в якому – молекулярним кристалом? 2. Чому графіт: а) має високу електропровідність; б) легко розшаровується на лусочки; в) є тугоплавкою речовиною. 3. Графен – новітній матеріал з унікальними властивостями. Якими саме? *Спробуйте спрогнозувати* властивості графену з огляду на те, що він має 2D-структуру, це моноатомний шар графіту. *Перевірте* свій прогноз, скориставшись додатковими джерелами інформації.



<https://www.youtube.com/watch?v=Mrc6ld0VaYI>  
<https://www.youtube.com/watch?v=FWENEXM5S3E>  
<https://www.youtube.com/watch?v=4FLFy3mrjD4>  
<https://www.youtube.com/watch?v=NfNln4R8tg4>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Кристалічній будові речовини на відміну від аморфної притаманне правильне розташування частинок у строго визначених точках простору.
- Природа частинок у вузлах кристалічних ґраток та сили взаємодії між частинками визначають тип ґраток: атомні, йонні, металічні, молекулярні.
- Властивості речовин залежать від їхньої будови й зумовлюють застосування.



*Перевірте себе*

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



*Застосуйте свої знання й уміння*

2. Кварцове скло виготовляють плавленням кварцового піску або гірського кришталю. У чому полягає відмінність у будові кварцового скла та природного кристалу гірського кришталю? 3. Які частинки розташовані у вузлах кристалічних ґраток речовин, хімічні формули яких  $\text{CaO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ? 4. Спрогнозуйте тип кристалічних ґраток у речовинах за описом їхніх властивостей і застосування: а) камфора (компонент мазей, крапель та інших лікарських форм) – безбарвні леткі кристали з характерним запахом; б) ванілін (ароматизатор кондитерських виробів) – безбарвні кристали з приємним за-



пахом; в) бор нітрид BN (боразон) за твердістю наближається до алмазу, водночас він стійкіший до високих температур. Його використовують для виготовлення надтвердих абразивних матеріалів. 5. Карбон(IV) оксид у твердому стані називають сухим льодом. На відміну від звичайного льоду він не тоне, а випаровується. Поясніть це явище. 6. Порівняйте кристалічні ґратки різних типів. Результат порівняння оформте як таблицю або діаграму Венна. \*7. Порівняйте кристалічні ґратки графіту з атомними, молекулярними та металічними кристалічними ґратками. Результат порівняння оформте як таблицю або діаграму Венна.



### Творча майстерня

8. *Визначте* типи кристалічних ґраток у речовинах повсякденного вжитку, *підготуйте* презентацію свого дослідження.



### Проектуймо! Творімо!

4. Застосування рідких кристалів.
5. Використання речовин з різними видами хімічних зв'язків у техніці.
6. Значення водневого зв'язку для організації структур біополімерів.



### Тест-контроль

1. Унаслідок утворення хімічного зв'язку між двома атомами Нітрогену  
**А** енергія поглинається  
**Б** енергія виділяється.  
**В** енергія спочатку поглинається, потім – виділяється.  
**Г** енергія спочатку виділяється, потім – поглинається.
2. Унаслідок утворення хімічного зв'язку між двома атомами Нітрогену утворюється спільна електронна оболонка. Вона подібна до електронної оболонки атома  
**А** Гелію    **Б** Оксигену    **В** Неону    **Г** Літію
3. Ковалентний зв'язок між атомами X–Y виникає за рахунок  
**А** переходу електрона від Y до X.  
**Б** сил електростатичного притягання між атомами X та Y.  
**В** перекривання атомних орбіталей атомів X та Y.  
**Г** переходу пари електронів від Y до X.
4. Ковалентним зв'язком сполучені атоми  
**А** лужних елементів  
**Б** металічних елементів  
**В** неметалічних елементів  
**Г** інертних елементів
5. Ковалентним зв'язком сполучені атоми  
**А** Натрію    **Б** Сульфуру й Флуору    **В** Неону    **Г** Натрію й Хлору
6. У якій речовині два типи хімічного зв'язку – йонний і ковалентний?  
**А** SO<sub>3</sub>    **Б** MgF<sub>2</sub>    **В** KOH    **Г** H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
7. Укажіть аморфну речовину.  
**А** кухонна сіль    **Б** бурштин    **В** алмаз    **Г** йод
8. Укажіть речовину з молекулярними кристалічними ґратками.  
**А** вода    **Б** натрій хлорид    **В** алмаз    **Г** графіт
9. Укажіть речовину з атомними кристалічними ґратками.  
**А** сахароза    **Б** алмаз    **В** карбон(IV) оксид    **Г** калій бромід
10. Укажіть речовину з йонними кристалічними ґратками.  
**А** вода    **Б** графіт    **В** карбон(IV) оксид    **Г** магній оксид



## Тема 3. Хімічні реакції

Хімічні перетворення, хімічні реакції є головним предметом хімії.

М.М. Семенов

### § 9. Необоротні та оборотні хімічні процеси. Хімічна рівновага. Принцип Ле Шательє

Після опрацювання параграфу ви зможете:

- **пояснювати** вплив різних чинників на зміщення хімічної рівноваги;
- **наводити приклади** необоротних та оборотних хімічних реакцій;
- **розрізняти** необоротні та оборотні хімічні реакції;
- **характеризувати** суть хімічної рівноваги;
- **добирати** умови зміщення хімічної рівноваги оборотних процесів на основі принципу Ле Шательє;
- **висловлювати судження** про значення принципу Ле Шательє в керуванні хімічними процесами.

Початкові уявлення про **необоротні та оборотні хімічні процеси** ви дітали в 9 класі й, звісно, пам'ятаєте, що умовами перебігу до кінця (необоротності) реакцій обміну між електролітами в розчині є утворення малодисоційованої речовини, зокрема осаду, води чи виділення газу.



Наведіть кілька прикладів необоротних реакцій обміну між електролітами в розчинах, скориставшись таблицею «Розчинність кислот, основ, амфотерних гідроксидів та солей у воді»<sup>1</sup>.

<https://periodic-table-of-elements.org/SOLUBILITY>

Необоротні реакції відбуваються лише в одному напрямку аж до повної витрати одного з реагентів. Наприклад, реакція горіння магнію необоротна. Вона триватиме доти, доки не витратиться весь магній або (якщо реакція відбувається в закритій системі) кисень, який підтримує горіння (рис. 9.1). Натомість оборотні реакції відбуваються одночасно у двох протилежних напрямках – прямому та оберненому (рис. 9.2).



Рис. 9.1. Горіння магнію

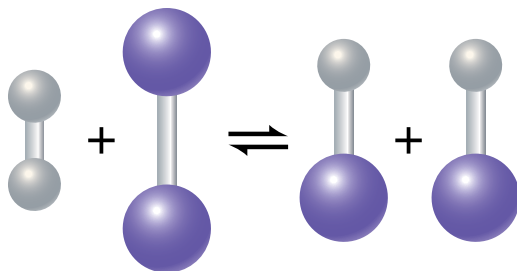


Рис. 9.2. Схематичне зображення оборотної реакції водню з йодом

<sup>1</sup> Її розміщено в Додатку.



Гідроген йодид – продукт взаємодії йоду з воднем – легко розкладається – відбувається обернена реакція. Швидкість прямої реакції спочатку максимальна. Згодом вона зменшується, бо поступово зменшується вміст водню та йоду. Натомість зростає швидкість оберненої реакції – адже вміст гідроген йодиду в реакційному середовищі збільшується. Через певний час після початку реакції швидкість прямої реакції зрівнюється зі швидкістю оберненої. Тому в реакційній суміші є й реагенти й продукти реакції: водень, йод і гідроген йодид.



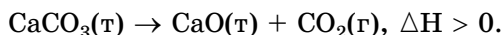
**Реакція необоротна, якщо в реакційній суміші після завершення процесу не можна виявити хоча б один з реагентів.**

**Реакція оборотна, якщо після того, як швидкість оберненої реакції зрівняється зі швидкістю прямої реакції, у реакційній суміші є всі учасники реакції – і реагенти, і продукти.**

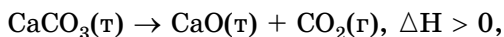


Поясніть, чому в рівняннях оборотних хімічних реакцій замість знака «=» використовують знак « $\rightleftharpoons$ ».

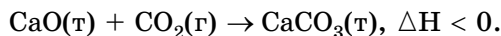
Розгляньмо реакцію термічного розкладання кальцій карбонату. У промисловості її використовують для добування негашеного вапна з вапняку:



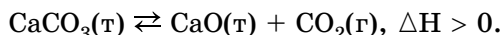
Якщо реакція відбувається у відкритій системі, то газуватий карбон(IV) оксид необоротно залишає сферу реакції. За таких умов реакція триває аж до повної витрати кальцій карбонату. Натомість у закритій системі (рис. 9.3) водночас відбувається як пряма реакція:



так і обернена реакція:



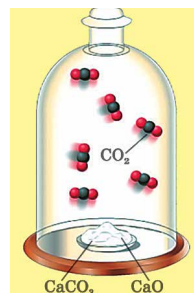
Тобто одночасно відбуваються два процеси – прямий і обернений:



*Зверніть увагу:* пряма реакція *ендотермічна*, а обернена – *екзотермічна*. Кількість теплоти, яка витрачається на розкладання кальцій карбонату, дорівнює кількості теплоти, яка виділяється внаслідок реакції між відповідними оксидами.

Спочатку швидкість прямої реакції буде високою, однак зі зменшенням умісту реагентів пряма реакція поступово уповільнюватиметься. Оскільки внаслідок перебігу прямої реакції зростатиме вміст її продуктів, то пришвидшиться обернена реакція, для якої ці речовини є реагентами. Настане мить, коли швидкість прямої реакції дорівнюватиме швидкості оберненої реакції – система перейде в стан *хімічної рівноваги*. Обидві реакції триватимуть, однак уміст продуктів і реагентів із часом не змінюватимуться.

Рис. 9.3. У закритій системі реакція термічного розкладання кальцій карбонату оборотна. У реакційній суміші є кальцій карбонат, кальцій оксид і карбон(IV) оксид



**Принцип Ле Шательє.** Чи можна зрушити хімічну рівновагу? Адже виробництво сульфатної кислоти, амоніаку, багатьох інших неорганічних і органічних речовин пов'язане з оборотними процесами. Якщо не керувати ними ззовні, неможливо буде отримати цільовий продукт хімічного виробництва. Ви вже знаєте, що на швидкість хімічних реакцій впливають уміст реагентів, температура та (для газуватих речовин) тиск. Тобто, змінивши ці умови, можна пришвидшувати чи уповільнювати як пряму, так і обернену реакції.

У 1864 році Анрі Ле Шательє (рис. 9.5) сформулював загальний принцип зміщення хімічної рівноваги:



**система, що перебуває в стані стійкої хімічної рівноваги, під зовнішнім впливом (зміною температури, тиску, умісту реагентів і продуктів реакції тощо) прагне повернутися до стану рівноваги, компенсуючи дію впливу.**

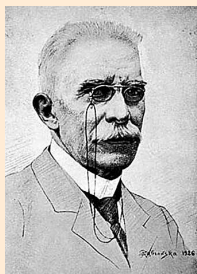
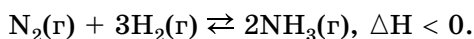


Рис. 9.4. Анрі Луї Ле Шательє (1850–1936, Франція), фізик і хімік, металознавець. Сформулював (1884) загальний закон зміщення хімічної рівноваги. Досліджував високотемпературні процеси, сплави металів, сконструював металографічний мікроскоп. За активної участі Ле Шательє фізична хімія та хімічна технологія перетворилися на самостійні галузі науки, що активно розвиваються. Ле Шательє було удостоєно багатьох нагород: у 1886 р. він став кавалером ордена Почесного легіону, у 1916 р. одержав медаль Деві Лондонського королівського товариства

Розгляньмо приклади керування хімічною рівновагою відповідно до цього принципу. Синтез амоніаку з азоту та водню – оборотний процес:



Пряма реакція супроводжується виділенням тепла, а обернена, відповідно, його поглинанням. Якщо тепло надходить ззовні, то замкнена система має його поглинути – тобто пришвидшиться обернена реакція – розкладання амоніаку. Якщо ж тепло відводити із системи назовні, для компенсації його втрати має пришвидшитися пряма реакція. Тобто внаслідок *підвищення температури* рівновага екзотермічної реакції зміститься ліворуч, а ендотермічної – праворуч. Унаслідок *зниження температури* все відбудеться навпаки.

Ця реакція супроводжується зниженням тиску: за коефіцієнтами перед формулами речовин легко визначити, що в реакцію вступають газу, сумарна кількість речовини яких становить 4 моль, а утворюється газу кількість речовини 2 моль. Тобто якщо підвищити тиск, то для компенсації цієї дії рівновага зміститься в бік прямої реакції. Якщо тиск знизити, то навпаки – у бік оберненої. *Зверніть увагу:* тиск у системі зумовлений лише газуватими речовинами.

Уміст реагентів і продуктів реакції також впливає на швидкість хімічної реакції. Зі збільшенням умісту реагентів та зменшенням умісту продуктів реакції пришвидшується пряма реакція, і навпаки – зі зменшенням умісту реагентів та збільшенням умісту продуктів реакції пришвидшується обернена реакція. *Зверніть увагу:* каталізатор однаковою мірою пришвидшує як пряму, так і обернену реакцію, тому на стан хімічної рівноваги не впливає.



Складіть термохімічне рівняння синтезу гідроген йодиду з простих речовин (реакція ендотермічна, реагенти й продукти – гази). Проаналізуйте зміщення хімічної рівноваги під впливом різних чинників у цій реакції та в реакції термічного розкладання кальцій карбонату.



<https://www.youtube.com/watch?v=Kiidcw39Y0U>  
<https://www.youtube.com/watch?v=dIDgPFEucFM>  
<https://www.youtube.com/watch?v=GKzyVox5N5o>  
<https://www.youtube.com/watch?v=6Bx5eqQec-w>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Необоротні реакції відбуваються лише в одному напрямку, оборотні реакції відбуваються одночасно у двох протилежних напрямках – прямому та оберненому.
- У рівняннях оборотних хімічних реакцій замість знака « $\rightleftharpoons$ » використовують знак « $\rightleftharpoons$ », який указує на одночасний перебіг двох протилежних за напрямками реакцій – прямої ( $\rightarrow$ ) та оберненої ( $\leftarrow$ ).
- Реакція необоротна, якщо в реакційній суміші після завершення процесу не можна виявити хоча б один з реагентів.
- Реакція оборотна, якщо після того, як швидкість оберненої реакції зрівняється зі швидкістю прямої реакції, у реакційній суміші є і як реагенти, так і продукти реакції.
- У стані хімічної рівноваги швидкість прямої реакції дорівнює швидкості оберненої реакції.
- Система, що перебуває в стані стійкої хімічної рівноваги, під зовнішнім впливом прагне повернутися до стану рівноваги, компенсуючи його дію.



## Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи може- те ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



## Застосуйте свої знання й уміння

2. Чому до необоротних процесів відносять горіння деревини, зсідання молока, скисання виноградного соку, а до оборотних – електролітичну дисоціацію гідроген сульфід у водному розчині, утворення гідроген йодиду, перетворення кисню на озон, газування води карбон(IV) оксидом? Складіть рівняння оборотних реакцій. Нітроген(IV) оксид (газ бурого кольору) унаслідок охолодження перетворюється на безбарвний димер. Цей процес оборотний: зміщення хімічної рівноваги визначають за зміною інтенсивності забарвлення газу – з підвищенням температури вона посилюється. На рисунку 9.5 зображено графіки швидкостей прямої та оберненої реакцій. *Визначте*, який з графіків відображає зміну швидкості прямої реакції, який – оберненої. *Поясніть*, який фрагмент графіків відповідає стану динамічної рівноваги.

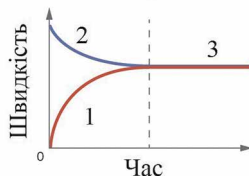
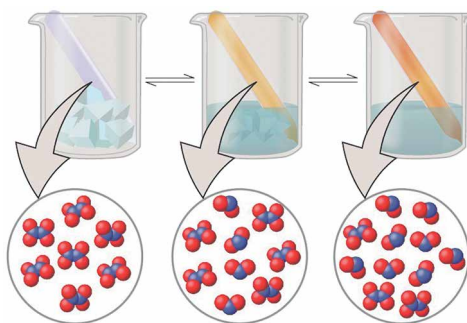
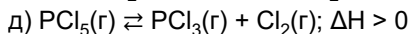
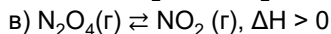
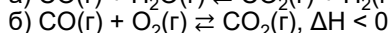
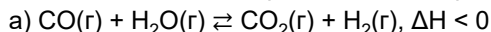


Рис. 9.5.

3. *Перетворіть* схеми наведених оборотних реакцій на хімічні рівняння. *Проаналізуйте* зміщення хімічної рівноваги в цих реакціях під впливом різних чинників:



4. У виробництві сульфатної кислоти використовують оборотну реакцію окиснення сульфур(IV) оксиду до сульфур(VI) оксиду киснем (реакція екзотермічна, реагенти й продукти – гази). *Складіть* термохімічне рівняння цієї реакції, *проаналізуйте* зміщення хімічної рівноваги в ній під впливом різних чинників.



### Творча майстерня

5. *Придумайте* мнемонічне правило для ліпшого розуміння принципу Ле Шательє.  
6. *Дізнайтеся*, де ще, окрім хімії, працює принцип Ле Шательє, і *підготуйте* стисле повідомлення за результатами дослідження.

## § 10. Гідроліз солей

*Після опрацювання параграфа ви зможете:*

- **характеризувати** суть гідролізу солей;
- **експериментально** визначати рН середовища водних розчинів солей за допомогою індикаторів;
- **прогнозувати** можливість реакції гідролізу солей; рН середовища водних розчинів солей;
- **складати** рівняння реакцій гідролізу солей.



Грець. ύδωρ — вода, λύσις – розкладання. *Поясніть*, про що, на вашу думку, ідеться в параграфі. *Пригадайте*, чи траплявся вам цей термін раніше. У якому контексті?

**Розчинні солі – сильні електроліти.** Про це ви дізналися в курсу хімії 9 класу. Тобто у водних розчинах вони дисоціюють повністю та необоротно з утворенням гідратованих йонів.

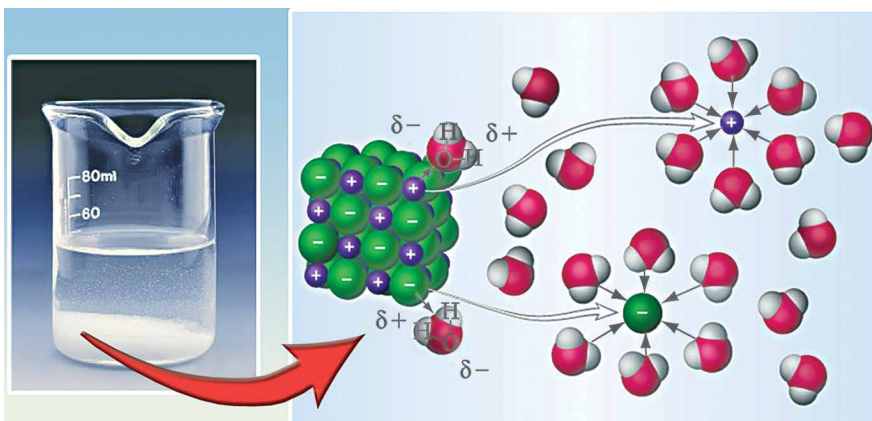


Рис. 10.1. Розчинення натрій хлориду у воді: макро- і мікрорівні



За рисунком 10.1 *поясніть*, які процеси відбуваються під час розчинення у воді натрій хлориду, та *складіть* рівняння його електролітичної дисоціації. Чи є у

водному розчині натрій хлориду катіони Гідрогену або гідроксид-іони? *Спрогнозуйте забарвлення універсального індикаторного папірця в цьому розчині та перевірте свій прогноз експериментально.*



### Лабораторний дослід 1.

#### Визначення рН середовища водних розчинів солей за допомогою індикаторів

*Пригадайте та неухильно виконуйте*

#### ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ



**Обладнання:** штатив з пробірками або пластина із заглибинами, піпетки або скляні палички, універсальний індикаторний папір.

**Реактиви:** водні розчини солей – натрій хлориду, натрій карбонату, алюміній хлориду.<sup>1</sup>

**Завдання.** Визначте рН середовища виданих вам водних розчинів солей.

Результати дослідів запишіть до таблиці за зразком:

Формула солі	Колір універсального індикатора у водному розчині солі	Приблизне значення рН водного розчину солі	Середовище водного розчину солі

**Результати дослідів**, мабуть, виявилися для вас дещо несподіваними. Ви правильно спрогнозували, що середовище водного розчину натрій хлориду нейтральне й, напевно, вважали, що середовище водних розчинів усіх солей має бути нейтральним. Адже внаслідок електролітичної дисоціації солей утворюються катіони металічних елементів<sup>2</sup> й аніони кислотних залишків, а ступінь дисоціації води на катіони Гідрогену й гідроксид-аніони мізерно малий<sup>3</sup>.

Спробуймо з'ясувати причину виявленої суперечності. Проаналізуємо хімічний склад натрій хлориду, натрій карбонату, алюміній хлориду з огляду на те, з яких катіонів і аніонів складаються їхні кристали і продуктами взаємодії яких кислот й основ є ці солі.

Натрій хлорид складається з катіонів Натрію та хлорид-аніонів, тобто є продуктом реакції між сильними електролітами – натрій гідроксидом і хлоридною кислотою. Натрій карбонат складається з катіонів Натрію та карбонат-аніонів, тобто є продуктом реакції між сильною основою натрій гідроксидом і слабкою карбонатною кислотою. Алюміній хлорид складається з катіонів Алюмінію та хлорид-аніонів, тобто є продуктом реакції між слабкою основою алюміній гідроксидом і сильною хлоридною кислотою.

Отже, можна виявити певні закономірності. *Назвіть їх*, проаналізувавши схему на рисунку 10.2.

<sup>1</sup> Та/або інших солей на розсуд учителя або вчительки хімії.

<sup>2</sup> Унаслідок дисоціації солей амонію – катіони амонію.

<sup>3</sup> Лише одна молекула води з 550 000 її молекул дисоціює на катіон Гідрогену та гідроксид-іон.

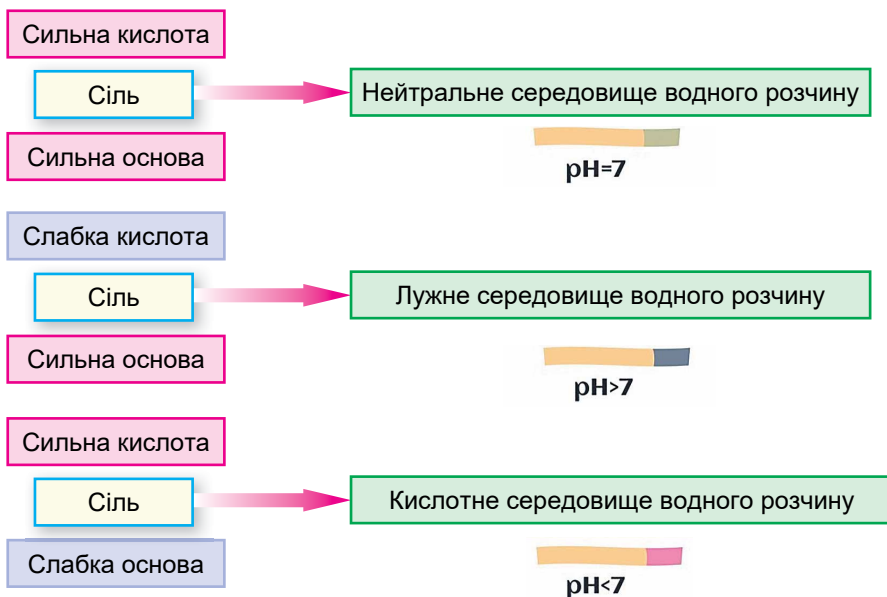
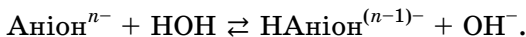


Рис. 10.2. Характер середовища водного розчину солі залежить від сили відповідних кислоти та основи

Звідки ж узявся в розчинах солей надлишок катіонів Гідрогену або гідроксид-іонів? Адже саме вони зумовлюють кисле або лужне середовище. Вочевидь, якщо до складу солі входять йони, яким відповідають слабка основа або слабка кислота, процес розчинення не обмежується лише переходом катіонів й аніонів солі в розчин.

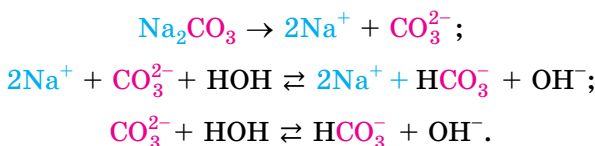
Аніони солі, утвореної слабкою кислотою, узаємодіятимуть з молекулами води. Унаслідок реакції обміну утворюватимуться молекули слабкої кислоти та гідроксид-іони. Тож розчин солі матиме лужну реакцію:



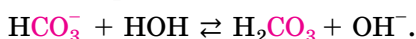
Аналогічно катіони слабкої основи зв'язуватимуть гідроксид аніони з утворенням надлишку катіонів Гідрогену:



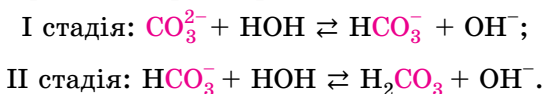
Тож тепер зрозуміло, що відбулося у водному розчині натрій карбонату:



*Зверніть увагу:* карбонат-аніон двозарядний, тож можливе приєднання ним ще одного катіона Гідрогену:



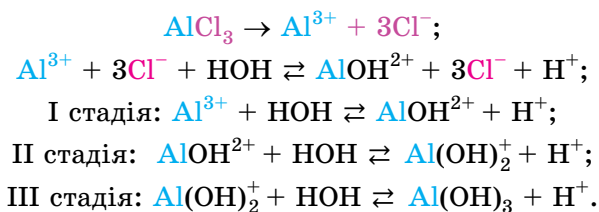
Тобто процес гідролізу натрій карбонату двостадійний:





*Зверніть увагу:* на другій стадії лише незначна частка гідрогенкарбонат-іонів з-поміж тих, що утворилися на першій стадії, зазнає гідролізу. Рівновага гідролізу натрій карбонату на другій стадії зміщена вліво порівняно з рівновагою першої стадії, оскільки на першій стадії утворюється слабший електроліт ( $\text{HCO}_3^-$ ), ніж на другій ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Тому записувати сумарне рівняння й скорочувати формули йонів, що беруть участь у гідролізі, не можна.

Так само поетапно відбувається гідроліз алюміній хлориду:



*Зверніть увагу:* гідроліз на другій стадії відбувається в значно меншому ступені, ніж на першій, а на третій – майже не відбувається. Про це свідчить прозорість розчину. Тобто алюміній гідроксиду утворюється так мало, що на просте око побачити його неможливо.



*Перетворіть* скорочені йонні рівняння кожної зі стадій реакцій гідролізу натрій карбонату та алюміній хлориду на молекулярні.

**А якщо слабкі обидві** – і основа, і кислота, з катіонів й аніонів яких складається сіль? У цьому разі гідроліз також відбувається, бо катіони слабкої основи зв'язують гідроксид аніони, а аніони слабкої кислоти – катіони Гідрогену. Тобто відбуватимуться дві незалежні оборотні реакції. Тож яких йонів –  $\text{H}^+$  чи  $\text{OH}^-$  – у розчині виявиться більше, залежить від ступеня перебігу кожної з них.

Унаслідок зв'язування гідроксид-іонів і йонів Гідрогену їхній вміст у розчині зменшується. Тож згідно з принципом Ле Шательє рівновага реакції обміну між сіллю й водою зміщуватиметься в бік утворення продуктів гідролізу аж до *повного гідролізу* солі в окремих випадках.



Алюміній сульфід у розчині зазнає повного гідролізу. Ця реакція необоротна, бо її продукти – нерозчинний алюміній гідроксид і газуватий водень сульфід – виводяться з реакційного середовища. Складіть рівняння цієї реакції в молекулярній формі, не забувши зазначити утворення осаду й виділення газу.

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Гідроліз солі – реакція йонного обміну між йонами солі та молекулами води, унаслідок якої середовище розчину солі може стати відмінним від нейтрального.
- Гідроліз солі, утвореної слабкою основою й сильною кислотою, – це гідроліз за катіоном. Унаслідок цього середовище розчину стає кислотним;
- $\text{Катіон}^{n+} + \text{НОН} \rightleftharpoons \text{КатіонOH}^{(n-1)+} + \text{OH}^-.$
- Гідроліз солі, утвореної сильною основою та слабкою кислотою, – це гідроліз за аніоном. Унаслідок цього середовище розчину стає лужним.
- $\text{Аніон}^{n-} + \text{НОН} \rightleftharpoons \text{НАніон}^{(n-1)-} + \text{OH}^-.$
- Щоб скласти рівняння реакції гідролізу солі, складаємо рівняння її електролітичної дисоціації. Визначаємо йон слабого електроліту.

Записуємо йонне рівняння реакції гідролізу за участі цього йона. Визначаємо середовище розчину солі.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Спрогнозуйте* характер середовища у водних розчинах цинк сульфату, літій сульфід, ферум(III) хлориду, калій карбонату, натрій етаноату. *Складіть* рівняння відповідних реакцій. 3. *Проаналізуйте* інформацію: 1) алюміній сульфід добувають нагріванням суміші алюмінію із сіркою та зберігають у щільно закоркованій посудині. За зберігання на повітрі він перетворюється на розпливчасту масу з неприємним запахом тухлих яєць; 2) якщо у водний розчин цинк хлориду занурити цинкову пластинку, почнуть виділятися бульбашки газу; 3) унаслідок зливання водних розчинів натрій карбонату та ферум(III) хлориду випадає бурий осад і виділяється газ; 4) середовище водного розчину мила (*пригадайте його хімічний склад*) лужне. *Поясніть* ці явища, *складіть* рівняння відповідних реакцій на підтвердження своїх міркувань. 4. *Поясніть*, добування яких речовин до розчину ферум(III) хлориду підсилить його гідроліз: а) хлоридна кислота; б) натрій гідроксид; в) магній хлорид; г) натрій карбонат. Відповідь *обґрунтуйте*. 5. У таблиці розчинності на місці купрум(II) карбонату прочерк. Лише в 1959 році цю речовину добули за особливих умов – 150 °С в атмосфері вуглекислого газу під тиском 60–80 атм. *Поясніть*, чому не можна добути цю сіль реакцією йонного обміну в розчині. 6. *Порівняйте* відомі вам реакції гідролізу за участі органічних і неорганічних речовин. Відповідь *оформте* як таблицю або діаграму Венна.



### Творча майстерня

7. *Складіть* сенкан «Гідроліз» або/та мнемонічне правило, що дає змогу передбачити характер середовища водного розчину певної солі.

## § 11. Про гідроліз докладніше

**Після опрацювання параграфа ви зможете:**

- **пояснювати** вплив різних чинників на гідроліз солей;
- **обґрунтовувати** вплив гідролізу солей на рН ґрунтів.

**Гідроліз – оборотна реакція.** Тож її перебігом можна керувати згідно з принципом Ле Шательє. Гідроліз солей – процес, обернений реакції нейтралізації, унаслідок якої утворюються сіль та вода. Реакція нейтралізації екзотермічна, тож гідроліз є ендотермічним процесом. Одним з реагентів у реакціях гідролізу є вода, тому розбавлення розчину солі зміщує рівновагу в бік утворення продуктів, тобто підсилює гідроліз.

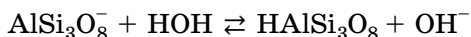
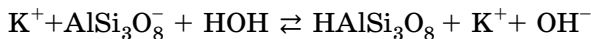
Унаслідок гідролізу в розчині солі утворюється надлишок катіонів Гідрогену (*у якому випадку?*) або гідроксид-іонів (*у якому випадку?*). Якщо один з продуктів гідролізу солі залишає сферу реакції, хімічна рівновага також зсувається праворуч – гідроліз посилюється. Це властиво солям слабких, летких і нестійких кислот – карбонатної, сульфідної, сульфідної.



1. *Спрогнозуйте*, підсилиться чи послабиться гідроліз солі, здатної до нього, унаслідок нагрівання її розчину. 2. *Поясніть*: а) чому для добування реакцією обміну солей слабких основ або слабких кислот потрібно використовувати холодні концентровані розчини реагентів; б) додаванням до сольового розчину лугу або сильної кислоти можна посилити або послабити гідроліз солі. *Наведіть* приклади. 3. На прикладі натрій карбонату *поясніть*, чому внаслідок кип'ятіння його розчину

збільшується лужність середовища. Які два чинники в цьому випадку підсилюють гідроліз?

**Гідроліз солей** є основою багатьох важливих процесів у природі. Наприклад, гідроліз мінералів гірських порід супроводжується зміною каркасної структури польових шпатів, які перетворюються на шаруваті глинисті мінерали (рис. 11.1):



Визначте ступені окиснення хімічних елементів в ортоклазі  $KAlSi_3O_8$ .



Рис. 11.1. 1. Польові шпати, зокрема ортоклаз (1), – найпоширеніші породотвірні мінерали, масова частка яких у земній корі близько 50 %. Унаслідок гідролізу та інших процесів утворюються осадові породи. 2. Каолінові шари над гранітами в Полонському родовищі каолінів (Україна, Хмельниччина)

Також гідроліз солей впливає на показник рН ґрунтів. Висока лужність, як і підвищена кислотність ґрунту, може створювати дуже несприятливі умови для росту й розвитку багатьох культур. Лужні ґрунти мають низьку родючість, оскільки зазвичай важкі, в'язкі, погано пропускають вологу й слабо насичені гумусом. У них високий уміст солей Кальцію й зависоке значення показника рН.



Поясніть, чому: а) високий уміст солей Кальцію зумовлює підвищену лужність ґрунту; б) для зниження лужності ґрунту використовують добриво амоній сульфат або обробляють ділянку водним розчином ферум(II) сульфату, купрум(II) сульфату, алюміній сульфату, амоній нітрату.

Зависока кислотність (рН нижче 5,0) ґрунту призводить до того, що багато поживних речовин переходять у стан, у якому їх не засвоюють рослини. До того ж багато які з корисних бактерій припиняють життєдіяльність за таких умов. Для зменшення кислотності використовують калій карбонат – поташ (поясніть чому).

### Цікаво і пізнавально

Якщо вирощувати гортензію на ділянці, де рівень рН ґрунту становить 6,0–6,2, то на рослині розпускаються рожеві квіти. Якщо ж знизити рН до 5,0–5,2, то виростуть квіти з блакитними або фіолетовими пелюстками. Ґрунт з рН між 5,5–6,0 зумовить фіолетовий колір квітів або суміш рожевого і блакитного на одному кущі гортензії. Якщо полити нейтральний ґрунт слабким розчином ферум(II) сульфату, гортензія забарвиться у фіолетовий (поясніть чому) колір (рис. 11.2).



Рис. 11.2. рН має значення!

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Гідроліз – оборотна реакція.
- Перебігом гідролізу можна керувати згідно з принципом Ле Шательє.
- Гідроліз солей – процес, обернений реакції нейтралізації.
- Гідроліз є ендотермічним процесом.
- Гідроліз солей є основою багатьох важливих процесів у природі.
- Гідроліз солей впливає на показник рН ґрунтів.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Класифікуйте* реакцію гідролізу за ознакою оборотності та тепловим ефектом. 3. *Поясніть*, для чого під час кип'ятіння білизни додають пральну соду – натрій карбонат. 4. Якщо в складі ґрунтових солей переважають сульфат і хлорид Натрію, утворюються солончаки, якщо натрій карбонат – солонці. *Поясніть*, якою, на вашу думку, має бути реакція середовища солончаків та солонців. 5. Алюмокалійовий галун  $[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$  накопичується в болотних ґрунтах морських узбереж і дельт тропіків Америки, Азії та Африки, приморських низовин і боліт Нідерландів, Прибалтики, Скандинавії. *Спрогнозуйте* реакцію середовища цих ґрунтів, відповідь *обґрунтуйте*. 6. Силікатний клей – водний розчин силікатів Натрію та Калію. *Спрогнозуйте* реакцію його середовища й *запропонуйте* доступний експериментальний спосіб перевірки прогнозу в домашніх умовах.



### Творча майстерня

6. *Дослідіть* рН ґрунтів у вашій місцевості. *Перевірте* експериментально, як можна вплинути на цей показник, використавши явище гідролізу солей.

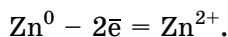
## § 12. Поняття про гальванічний елемент як хімічне джерело електричного струму

**Після опрацювання параграфа ви зможете:**

- **пояснювати** принцип дії гальванічного елемента;
- **оцінювати** негативний вплив на довкілля відпрацьованих гальванічних елементів та **дотримуватися** правил їхньої утилізації.

**Гальванічний елемент** – це пристрій для перетворення хімічної енергії на електричну внаслідок самочинного перебігу окисно-відновних реакцій. На рисунку 12.1 зображено мідно-цинковий гальванічний елемент Данієля – Якобі. Які реакції відбуваються на його електродах?

На аноді окиснюється цинк:



Унаслідок цього атоми Цинку перетворюються на йони, які переходять у розчин, а цинковий анод розчиняється, його маса зменшується. Зверніть увагу, що анод у гальванічному елементі є негативним електродом (за рахунок електронів, отриманих від атомів Цинку) на відміну від процесу електролізу, де його підключено до позитивного полюса зовнішнього джерела електричного струму.

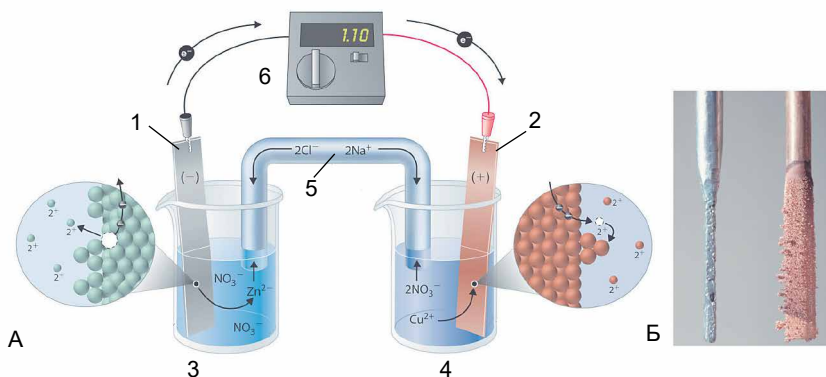
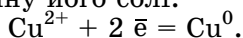
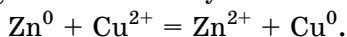


Рис. 12.1. А. Схематичне зображення гальванічного елемента. 1. Цинковий анод. 2. Мідний катод. 3. Водний розчин цинк нітрату (уміст солі 1 моль/л). 4. Водний розчин купрум(II) нітрату (уміст солі 1 моль/л). 5. Сольовий місток (водний розчин натрій хлориду). 6. Гальванометр. Б. Фото анода і катода

Електрони від атомів Цинку зовнішнім електричним колом (металевим провідником) рухаються до катода, де відбувається відновлення катіонів Купруму(II) з водного розчину його солі:



Унаслідок цього утворюються атоми Купруму, які осідають на поверхні катода, маса якого збільшується. Катодом у гальванічному елементі є позитивно заряджений електрод. Сумарне рівняння реакції, що відбувається в мідно-цинковому гальванічному елементі, таке:



Спрямований та упорядкований потік заряджених частинок (у даному випадку електронів) – це електричний струм, який виникає в зовнішньому ланцюзі гальванічного елемента.



**Поясніть**, чому електрони рухаються від атомів Цинку до йонів Купруму, а не навпаки. За потреби скористайтеся рядом активності металів.

### Цікаво і пізнавально

**SALt** (Sustainable Alternative Lighting) – лампа, яка може горіти протягом 8 годин на одній склянці води і двох чайних ложках солі. Волонтер Грінпіс і за сумісництвом інженерка університету De La Salle Айса Міжено (Aisa Mijeno, рис. 12.2) прийшла до ідеї створення «соляного світильника» під час перебування в місцевих філіппінських племенах. Це світлодіодна лампа, джерелом енергії для якої є гальванічний елемент. За словами винахідниці, готовий продукт – сольова батарея – не тільки забезпечить світлом будинки без центральної електромережі, а й дасть змогу заряджати мобільні пристрої (смартфони, планшети) через USB-порт, убудований у бічну частину лампи.



Рис. 12.2. Айса Міжено та її винахід

**Гальванічні елементи й довідкілля.** Від часів Луїджі Гальвані та Алесандро Вольта (рис. 12.3) створено багато різновидів хімічних джерел



струму, які принесли величезну користь людству. Проте масове використання їх приховує неабиякі небезпеки. *Які саме?* Вашого життєвого досвіду цілком достатньо, щоб, проаналізувавши рисунок 12.4, назвати найголовніші з них і запропонувати способи розв'язування цієї нагальної проблеми (*зробіть це*).



Рис. 12.3. 1. Луїджі (Алоїзій) Гальвані (1737–1798, Італія) – медик і фізик, засновник електрофізіології. 2. Алессандро Джузеппе Вольта (1745–1827, Італія) – фізик і фізіолог, засновник електродинаміки. Створив перше найпростіше хімічне джерело струму (1799), яке назвав на честь свого друга, Луїджі Гальвані, гальванічним елементом



Рис. 12.4.



Поясніть, що зображено на рисунку 12.4, та запропонуйте назву до нього.



<https://www.youtube.com/watch?v=Rt7-VrmZuds>  
[https://www.youtube.com/watch?v=C26pH8kC\\_Wk](https://www.youtube.com/watch?v=C26pH8kC_Wk)  
<https://www.youtube.com/watch?v=dz4pNICnC8E>  
<https://www.youtube.com/watch?v=wKKMM-YH4t0>

<http://batareiky.in.ua/Дhttps://www.youtube.com/watch?v=GhbuhT1GDpl>



## ПРО ГОЛОВНЕ

- Гальванічний елемент – це пристрій для перетворення хімічної енергії на електричну внаслідок самочинного перебігу окисно-відновних реакцій.
- Використання батарейок потребує дотримання правил безпеки й правильного утилізування їх.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Опишіть* процеси, які відбуваються в гальванічному елементі, зображеному на рисунку 12.5. *Визначте*, катодом чи анодом є мідна пластинка в ньому, і *поясніть* чому.

3. Схематично *зобразіть* срібно-цинковий гальванічний елемент і *опишіть* процеси, що відбуваються в ньому. 4. Головними складниками сухих гальванічних елементів – батарейок – є цинк, сталь, нікель, манган(IV) оксид, графіт або сажа, папір, пластик, водний розчин калій гідроксиду або цинк хлорид з добавками амоній хлориду, літій хлориду, кальцій хлориду, меркурій(II) хлориду, хром(III) сульфату. *Поміркуйте й поясніть*, які корисні продукти можна добути внаслідок комплексної переробки батарейок. Відповідь *оформте* на власний розсуд, наприклад як ілюстровану схему.

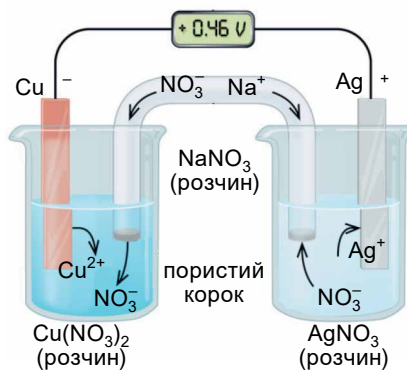


Рис. 12.5. Срібно-мідний гальванічний елемент



### Творча майстерня

5. *Розробіть* сценарій заходу, спрямованого на формування культури використання батарейок для: а) молодшого учнівства; б) мешканців і мешканок вашого будинку.

## § 13. Обчислення за хімічними рівняннями відносного виходу продукту реакції

**Після опрацювання параграфу ви зможете:**

- **обчислювати** за хімічними рівняннями відносний вихід продукту реакції й обґрунтовувати вибраний спосіб розв'язування.

Вихід з будь-якої проблемної ситуації потрібно шукати – тоді неодмінно знайдете його. Наразі проблемну для вас ситуацію може створити пропозиція обчислити відносний вихід продукту реакції. Адже цей тип задач є новим, тож розгляньмо його.

З'ясуємо насамперед, **що таке теоретичний вихід продукту реакції**. Це кількість речовини (маса, об'єм) продукту реакції, обчислена за хімічним рівнянням. Відповідно його позначають  $n_{\text{теор.}}$ ,  $m_{\text{теор.}}$ ,  $V_{\text{теор.}}$ .

Зазвичай на практиці кількість речовини (маса, об'єм) продукту реакції менша за розраховану теоретично – адже поміж реакцій трапляються

оборотні, під час лабораторних і технологічних операцій певну кількість продукту втрачають.

**Практичний вихід продукту реакції** позначають  $n_{\text{практ.}}$ ,  $m_{\text{практ.}}$ ,  $V_{\text{практ.}}$ .

**Відносний вихід продукту реакції** позначають літерою грецької абетки  $\eta$  (вимовляють «ета») та обчислюють за формулою

$$\eta(X) = \frac{n(X)_{\text{практ.}}}{n(X)_{\text{теор.}}}$$

Тобто відносний вихід продукту реакції ( $\eta$ ) – це відношення його практичного виходу ( $n_{\text{практ.}}$ ) до теоретичного ( $n_{\text{теор.}}$ ). Оскільки маси речовини ( $m$ ) та об'єми ( $V$ ) газів прямо пропорційні їхнім кількостям речовин ( $n$ ), для обчислення відносного виходу продукту реакції також використовують такі формули:

$$\eta(X) = \frac{m(X)_{\text{практ.}}}{m(X)_{\text{теор.}}};$$

$$\eta(X) = \frac{V(X_{\text{газ.}})_{\text{практ.}}}{V(X_{\text{газ.}})_{\text{теор.}}}$$

**Чи має відносний вихід продукту реакції одиниці вимірювання?** Як і будь-яка інша відносна величина (наприклад, масова частка хімічного елемента в сполуці, розчиненої речовини в розчині, коефіцієнт корисної дії тощо) *відносний вихід продукту реакції* – величина безрозмірна. Це очевидно з формул, за якими її обчислюють, – адже фізичні величини в їхньому чисельнику та знаменнику мають ті самі одиниці вимірювання, які скорочують. Тобто *відносний вихід продукту реакції* – це частка від одиниці.

Зазвичай відносний вихід продукту реакції виражають у відсотках. Для цього використовують такі формули:

$$\eta(X) = \frac{n(X)_{\text{практ.}}}{n(X)_{\text{теор.}}} \cdot 100 \%;$$

$$\eta(X) = \frac{m(X)_{\text{практ.}}}{m(X)_{\text{теор.}}} \cdot 100 \%;$$

$$\eta(X) = \frac{V(X_{\text{газ.}})_{\text{практ.}}}{V(X_{\text{газ.}})_{\text{теор.}}} \cdot 100 \%$$

Ці формули відображають співвідношення між практичним і теоретичним виходом продукту реакції.

Згідно з формулою  $\eta(X) = \frac{n(X)_{\text{практ.}}}{n(X)_{\text{теор.}}}$  можна виокремити три найважливіші типи задач, в умові яких ідеться про відносний вихід продукту.

Алгоритми їхнього розв'язування наведено на рисунках 13.1–13.3.



З формули  $\eta(X) = \frac{n(X)_{\text{практ.}}}{n(X)_{\text{теор.}}}$  виведіть формули для обчислення практичного

й теоретичного виходів продукту реакції.

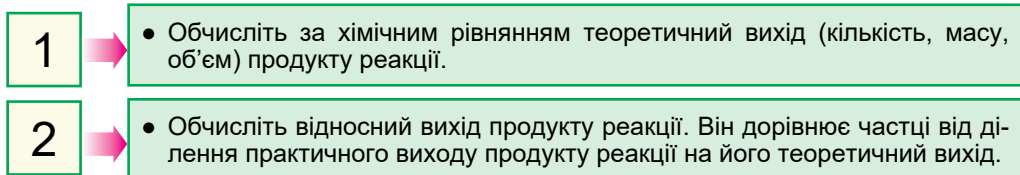


Рис. 13.1. Алгоритм обчислення відносного виходу продукту реакції, якщо відомі його практичний вихід та кількість речовини (маса, об'єм) реагенту

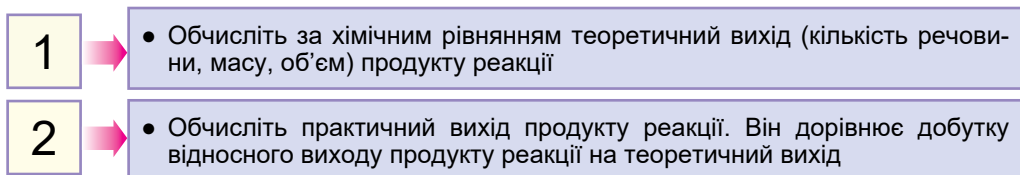


Рис. 13.2. Алгоритм обчислення практичного виходу продукту реакції, якщо відомі його відносний вихід та кількість речовини (маса, об'єм) реагенту

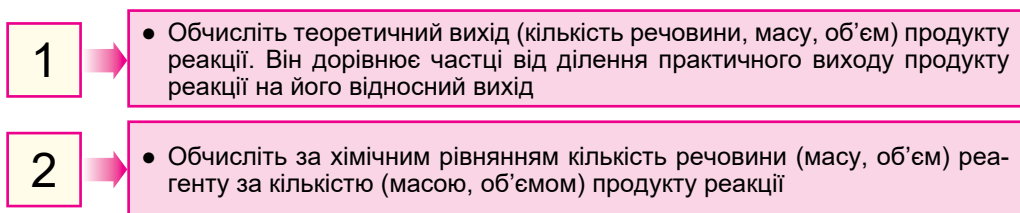


Рис. 13.3. Алгоритм обчислення кількості (маси, об'єму) реагенту, якщо відомі кількість (маса, об'єм) продукту реакції та його відносний вихід

**Розгляньмо приклади таких задач. Задача 1.** Унаслідок дії хлоридної кислоти, узятої в надлишку, на магній оксид масою 20 г та наступного упарювання розчину було добуто безводну сіль масою 47 г. Обчисліть відносний вихід (%) магній хлориду.

Обчислимо кількість речовини магній оксиду:

$$n(\text{MgO}) = 20 \text{ г} : 40 \text{ г/моль} = 0,5 \text{ моль.}$$

За коефіцієнтами в хімічному рівнянні  $\text{MgO} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$  визначаємо, що  $n(\text{MgCl}_2) = n(\text{MgO})$ , тобто  $n(\text{MgCl}_2) = 0,5 \text{ моль}$ .

Обчислимо масу магній хлориду, яка дорівнює добутку його кількості речовини на молярну масу (це теоретичний вихід магній хлориду):

$$m(\text{MgCl}_2)_{\text{теор.}} = 0,5 \text{ моль} \cdot 95 \text{ г/моль} = 47,5 \text{ г.}$$

Обчислимо відносний вихід солі, який дорівнює частці від ділення практичного виходу магній хлориду на теоретичний:

$$\eta(\text{MgCl}_2) = 47 \text{ г} : 47,5 \text{ г/моль} \approx 0,99 \text{ (99 \%)}.$$

**Задача 2.** Обчисліть практичний вихід (г) міді, яка утвориться внаслідок її відновлення надлишком водню з купрум(II) оксиду масою 20 г, якщо відносний вихід міді становить 80 %.

Обчислимо кількість речовини купрум(II) оксиду:

$$n(\text{CuO}) = 20 \text{ г} : 80 \text{ г/моль} = 0,25 \text{ моль}$$

За коефіцієнтами в хімічному рівнянні  $\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$  визначимо, що

$$n(\text{Cu}) = n(\text{CuO}), \text{ тобто } n(\text{Cu}) = 0,25 \text{ моль.}$$

Обчислимо теоретичний вихід міді:

$$m(\text{Cu})_{\text{теор.}} = 0,25 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 16 \text{ г.}$$

Обчислимо практичний вихід міді:

$$m(\text{Cu})_{\text{практ.}} = m(\text{Cu})_{\text{теор.}} \cdot \eta(\text{Cu}) = 16 \text{ г} \cdot 0,8 = 12,8 \text{ г.}$$

**Задача 3.** Обчисліть масу (г) цинку, який прореагував з розбавленою сульфатною кислотою, якщо внаслідок цієї реакції утворився водень об'ємом 4,48 л (н. у.). Відносний вихід водню становить 80 %.

Обчислимо теоретичний вихід водню:

$$V(\text{H}_2)_{\text{теор.}} = 4,48 \text{ л} : 0,8 = 5,6 \text{ л.}$$

Обчислимо кількість речовини водню:

$$n(\text{H}_2) = 5,6 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,25 \text{ моль.}$$

За коефіцієнтами в хімічному рівнянні  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$  визначаємо, що

$$n(\text{Zn}) = n(\text{H}_2), \text{ тобто } n(\text{Zn}) = 0,25 \text{ моль.}$$

Обчислимо масу цинку:

$$m(\text{Zn}) = 0,25 \text{ моль} \cdot 65 \text{ г/моль} = 16,25 \text{ г.}$$

*Зверніть увагу:* задачі цього типу траплятимуться вам у наступних розділах підручника, тож матимете нагоду застосувати для їхнього розв'язування знання та вміння, здобуті під час опрацювання цього параграфа.



[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory\\_Chemistry/Book%3A\\_Introductory\\_Chemistry\\_\(CK-12\)/12%3A\\_Stoichiometry/12.9%3A\\_Theoretical\\_Yield\\_and\\_Percent\\_Yield](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Book%3A_Introductory_Chemistry_(CK-12)/12%3A_Stoichiometry/12.9%3A_Theoretical_Yield_and_Percent_Yield)

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Теоретичний вихід – кількість речовини (маса, об'єм) продукту, обчислена за хімічним рівнянням. Його позначають  $n_{\text{теор.}}$ ,  $m_{\text{теор.}}$ ,  $V_{\text{теор.}}$ .
- Практичний вихід – кількість речовини (маса, об'єм) продукту, одержана внаслідок реакції. Його позначають  $n_{\text{практ.}}$ ,  $m_{\text{практ.}}$ ,  $V_{\text{практ.}}$ .
- Відносний вихід продукту реакції – відношення практичного виходу до теоретичного. Його позначають літерою грецької абетки  $\eta$  (вимовляють «ета») та обчислюють за формулами:

$$\eta(\text{X}) = \frac{n(\text{X})_{\text{практ.}}}{n(\text{X})_{\text{теор.}}}; \quad \eta(\text{X}) = \frac{m(\text{X})_{\text{практ.}}}{m(\text{X})_{\text{теор.}}}; \quad \eta(\text{X}) = \frac{V(\text{X})_{\text{практ.}}}{V(\text{X})_{\text{теор.}}}$$

- Часто відносний вихід продукту реакції виражають у відсотках, використавши для цього формули:

$$\eta(\text{X}) = \frac{n(\text{X})_{\text{практ.}}}{n(\text{X})_{\text{теор.}}} \cdot 100 \% ; \quad \eta(\text{X}) = \frac{m(\text{X})_{\text{практ.}}}{m(\text{X})_{\text{теор.}}} \cdot 100 \% ;$$

$$\eta(\text{X}) = \frac{V(\text{X}_{\text{газ.}})_{\text{практ.}}}{V(\text{X}_{\text{газ.}})_{\text{теор.}}} \cdot 100 \% .$$



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. Сергій та Аліна не могли дійти згоди. Сергій стверджував: те, що практичний вихід продукту реакції менший за теоретичний, суперечить закону збереження маси речовин під час хімічних реакцій. Аліна заперечувала, але їй забракло аргументів. *Уявіть* себе на місці Аліни й *поясніть* Сергію, чому його твердження хибне. 3. Унаслідок дії надлишку розчину сульфатної кислоти на купрум(II) оксид масою 20 г та наступного упарювання розчину було добуто безводну сіль масою 36 г. *Обчисліть* відносний вихід (%) купрум(II) сульфату. 4. *Обчисліть* практичний вихід (г) купрум(II) оксиду, який утвориться внаслідок окиснення міді масою 25,6 г надлишком кисню, якщо відносний вихід міді становить 80 %. 5. *Обчисліть* масу (г) магнію, який прореагував з хлоридною кислотою, якщо внаслідок цієї хімічної реакції утворився водень об'ємом 4,48 л (н. у.). Відносний вихід водню становить 0,88. 6. *Обчисліть* масу (г) барій сульфату, який утвориться внаслідок додавання водного розчину масою 400 г з масовою часткою барій нітрату 7 % до водного розчину масою 200 г з масовою часткою сульфатної кислоти 0,49. Відносний вихід барій сульфату становить 98 %. \*7. *Визначте* відносний вихід (%) вольфраму, якщо внаслідок відновлення алюмінієм з рудного концентрату масою 33,14 кг добули вольфрам масою 12,72 кг. Масова частка вольфрам(VI) оксиду в концентраті становить 70 %. 8. *Порівняйте* поняття «відносний вихід продукту реакції» та «коефіцієнт корисної дії». Результат порівняння *оформте* як таблицю або діаграму Венна.



### Творча майстерня

9. *Складіть і розв'яжіть* задачі вивчених типів. *Запропонуйте* однокласникам і однокласницям розв'язати їх. Чи збіглися ваші розв'язання та відповіді? 10. У математиці багато підходів до розв'язування задач – алгебричний, графічний тощо. *З'ясуйте*, чи можна задачі, розглянуті в цьому параграфі, розв'язати в інші способи. За результатами дослідження *підготуйте* презентацію.



### Проектуймо! Творімо!

7. Гальванічний елемент з картоплі, лимонів.

8. Види та принципи роботи малих джерел електричного струму, утилізація їх.



## Тест-контроль

1. На зміщення хімічної рівноваги в системі  $N_2 (г) + 3H_2 (г) \rightleftharpoons 2NH_3 (г)$ ,  $\Delta H < 0$  не впливає  
А зниження температури  
Б підвищення тиску  
В видалення амоніаку зі сфери реакції  
Г застосування каталізатора.
2. У системі  $Fe_2O_3 (тв) + 3CO (г) \rightleftharpoons 2Fe (тв) + 3CO_2 (г)$ ,  $\Delta H < 0$  на зміщення хімічної рівноваги вправо не впливає  
А збільшення вмісту CO  
Б зменшення температури  
В збільшення тиску  
Г зменшення вмісту  $CO_2$
3. На зміщення рівноваги системи,  $N_2 (г) + O_2 (г) \rightleftharpoons 2NO (г)$ ,  $\Delta H > 0$  не впливає  
А підвищення температури  
Б підвищення вмісту NO  
В підвищення тиску  
Г зменшення вмісту  $N_2$
4. Хімічна рівновага в системі  $CO (г) + 2H_2 (г) \rightleftharpoons CH_3OH (г)$ ,  $\Delta H < 0$  зміститься в бік утворення продукту реакції внаслідок  
А зниження температури  
Б зниження вмісту CO  
В підвищення вмісту  $CH_3OH$   
Г підвищення температури
5. На зміщення хімічної рівноваги в системі  $Fe_3O_4(тв) + CO(г) \rightleftharpoons 3FeO(тв) + CO_2(г)$ ,  $\Delta H < 0$  не вплине  
А зменшення вмісту CO  
Б збільшення температури  
В збільшення тиску  
Г зменшення вмісту  $CO_2$
6. Для збільшення виходу естеру в системі  $C_2H_5OH (р) + CH_3COOH (р) \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 (р) + H_2O (р)$ ,  $\Delta H > 0$  потрібно  
А додати воду  
Б зменшити вміст етанової кислоти  
В збільшити вміст естеру  
Г підвищити температуру
7. Введення каталізатора в систему, що перебуває в стані динамічної рівноваги  
А збільшить швидкість лише прямої реакції  
Б збільшить швидкість лише оберненої реакції  
В збільшить швидкість як прямої, так і оберненої реакції  
Г не вплине на швидкість ні прямої, ні оберненої реакції
8. Гідролізу за аніоном зазнає  
А барій хлорид  
Б натрій сульфат  
В амоній нітрат  
Г натрій сульфід
9. Гідролізу за катіоном зазнає  
А калій бромід  
Б натрій силікат



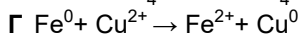
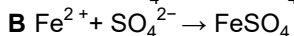
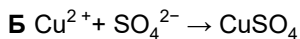
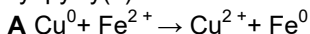
- В** амоній хлорид
- Г** натрій сульфат

10. Проаналізуйте твердження. Чи є поміж них правильні?

- I. Позитивно заряджений електрод гальванічного елемента називають анодом.
- II. Під час роботи гальванічного елемента катод розчиняється.

- А** правильне лише перше
- Б** правильне лише друге
- В** обидва правильні
- Г** немає правильних

11. Укажіть схему реакції, яка відбувається в гальванічному елементі, складеному із залізної та мідної пластин, занурених відповідно в розчини солей феруму(II) та купрум(II).



12. Катодом у гальванічному елементі з нікелевим анодом може бути

- А** алюміній
- Б** магній
- В** плюмбум
- Г** цинк



## Тема 4. Неорганічні речовини та їхні властивості

Люди під час поступового вивчення речовини опановують її, точніше й точніше роблять стосовно неї передбачення, підтверджені дійсністю, ширше й частіше використовують її для своїх потреб, і немає приводу бачити десь межу пізнання й володіння речовиною.

*Д.І. Менделєєв*

### § 14. Обчислення кількості речовини, маси або об'єму продукту за рівнянням хімічної реакції, якщо один з реагентів взято в надлишку

**Після опрацювання параграфа ви зможете:**

- **обчислювати** кількість речовини, масу або об'єм продукту за рівнянням хімічної реакції, якщо один з реагентів взято в надлишку;
- **обґрунтовувати** вибраний спосіб розв'язування.

Обчислювати кількість (об'єм, масу) продукту реакції за масами (об'ємом, кількістю речовини) реагентів, один з яких узятो в надлишку, потрібно за тією речовиною, яка повністю витратиться внаслідок реакції. Адже друга сполука прореагує лише частково – її надлишок не реагуватиме. Тобто кількість продукту реакції буде прямо пропорційна кількості реагенту, що прореагує повністю. Ці співвідношення змодельовано на рисунку 14.1.

А



Б

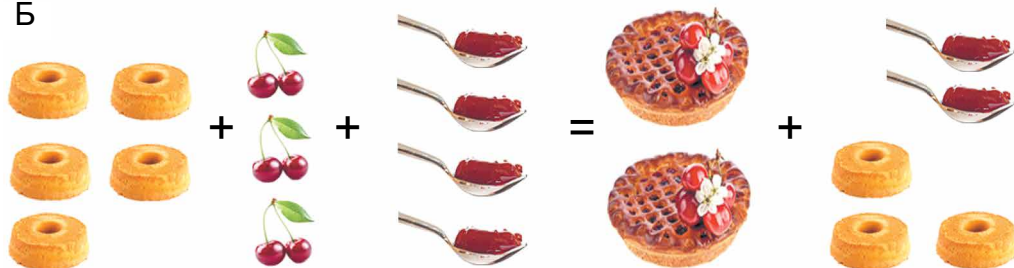


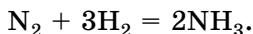
Рис. 14.1. А. Для виготовлення смачної вітамінної канапки знадобляться бісквітна основа (1 штука), свіжі вишні (3 штуки) та малиновий сироп (1 десертна ложка). Б. З п'яти бісквітних основ, трьох пар вишень та чотирьох ложок сиропу згідно з рецептом можна виготовити лише дві канапки. Тож дві ложки сиропу та три бісквітні основи є надлишком

Майбутнім кондитерам і кондитеркам, наприклад, неважко збагнути: якщо для виготовлення солодкої канапки потрібні бісквітна основа, три вишні та ложка малинового сиропу, то з п'яти бісквітних основ, трьох пар вишень і чотирьох ложок сиропу згідно з рецептом можна виготовити лише дві повноцінні канапки. Дві ложки сиропу та три бісквітні основи залишаться невикористаними.

### Цікаво і пізнавально

Стехіометрія (від дав.-грец. στοιχειον – елемент та μετρεῖν – вимірювати) – розділ хімії про кількісні співвідношення реагентів у хімічних реакціях. Співвідношення кількостей реагентів, що дорівнюють співвідношенням коефіцієнтів у стехіометричному рівнянні реакції, називають стехіометричними.

З огляду на здобуті уявлення розглянемо реакцію азоту з воднем. Узаємодію цих речовин описують хімічним рівнянням:



Відповідно до стехіометричних коефіцієнтів кількість речовини водню втричі більша за кількість речовини азоту. Кількість речовини продукту реакції (амоніаку) удвічі більша за кількість речовини азоту й становить дві третини від кількості речовини водню:

$$n(\text{N}_2) : n(\text{H}_2) : n(\text{NH}_3) = 1 : 3 : 2. \text{ Тобто}$$

$$n(\text{NH}_3) = \frac{2}{3}n(\text{H}_2) = 2n(\text{N}_2)$$

За рисунком 14.2 нескладно визначити, який з реагентів узято в надлишку. Очевидно, що в одиничному акті реакції бере участь молекула азоту та три молекули водню. Тобто азот витратиться повністю, а три молекули водню є надлишком цього реагенту

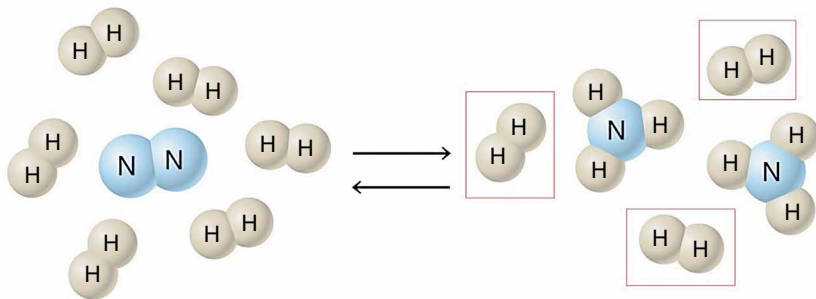


Рис. 14.2. Який з реагентів узято в надлишку?

Оскільки рівні об'єми різних газів за однакових умов містять однакову кількість молекул, можна обґрунтовано стверджувати, що співвідношення між об'ємами реагентів і продукту цієї реакції такі:

$$V(\text{N}_2) : V(\text{H}_2) : V(\text{NH}_3) = 1 : 3 : 2. \text{ Тобто}$$

$$V(\text{NH}_3) = \frac{2}{3}V(\text{H}_2) = 2V(\text{N}_2)$$

Алгоритм розв'язування задач цього типу наведено на рисунку 14.3.

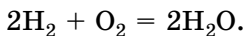
- 1 → • За умовою задачі складіть рівняння реакції
- 2 → • Обчисліть кількості речовин реагентів
- 3 → • Визначте за стехіометричними коефіцієнтами співвідношення між кількостями речовин реагентів (для газів – їхніми об'ємами), щоб з'ясувати, який з них узятий в надлишку
- 4 → • Обчисліть кількість речовини (для газів – об'єм) продукту реакції за кількістю речовини (для газів – об'ємом) реагенту, який під час реакції витратиться повністю
- 5 → • Обчисліть згідно з умовою задачі масу або об'єм (для газуваної речовини) продукту реакції за його кількістю речовини

Рис. 14.3. Алгоритм обчислення маси (об'єму, кількості речовини) продукту реакції за масами (об'ємом, кількістю речовини) реагентів, один з яких узятий в надлишку

### Використаймо цей алгоритм для розв'язування задач.

**Задача 1.** Обчисліть масу (г) води, яка утвориться внаслідок вибуху газової суміші, що складається з водню об'ємом 0,56 л (н. у.) і кисню такого самого об'єму (н. у.) (рис. 14.4).

За умовою задачі складімо рівняння реакції:



Обчислимо кількості речовини реагентів:

$$n(\text{H}_2) = n(\text{O}_2) = 0,56 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,025 \text{ моль}.$$

Визначмо за стехіометричними коефіцієнтами співвідношення між кількостями речовин реагентів, щоби з'ясувати, який з них узятий в надлишку:

$$n(\text{H}_2) : n(\text{O}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = 2 : 1 : 2, \text{ тобто } n(\text{H}_2) = 2n(\text{O}_2).$$

За умовою кількість речовини кисню становить 0,025 моль, тож кількість речовини водню, з яким він реагує, мала б становити 0,05 моль. За умовою кількість речовини водню дорівнює 0,025 моль, отже, він витратиться повністю, а кисень буде у надлишку.

Обчислимо кількість речовини продукту реакції за кількістю речовини реагенту, який під час реакції витратиться повністю. За хімічним рівнянням  $n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2)$ . Тобто  $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,025$  моль.

За умовою задачі маса продукту реакції дорівнюватиме:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,025 \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 0,45 \text{ г}.$$

**Відповідь:**  $m(\text{H}_2\text{O}) = 0,45 \text{ г}$



Розв'яжіть цю задачу, використавши закон об'ємних відношень газів.

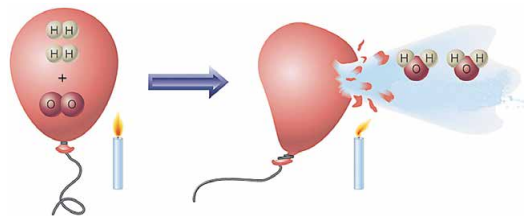
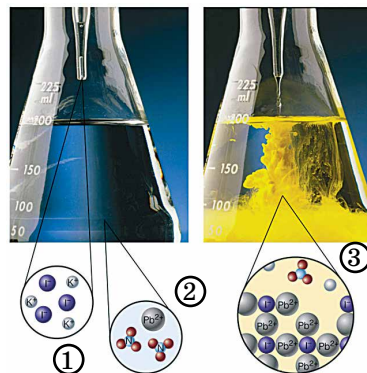


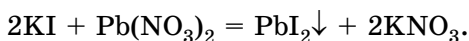
Рис. 14.4. Вибух суміші водню з киснем

Рис. 14.5. Унаслідок реакції між калій йодидом (1) та плюмбум(II) нітратом (2) утворюється яскраво-жовтий осад плюмбум(II) йодиду (3)



**Задача 2.** Обчисліть масу (г) плюмбум(II) йодиду, який утвориться внаслідок змішування двох водних розчинів (рис. 14.5), один з яких містить плюмбум(II) нітрат масою 66,2 г, а другий – калій йодид масою 33,2 г.

За умовою задачі складімо рівняння реакції:



Обчислімо кількості речовин (моль) реагентів:

$$n(\text{KI}) = 33,2 \text{ г} : 166 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль.}$$

$$n(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 66,2 \text{ г} : 331 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль.}$$

За умовою задачі кількість речовини плюмбум(II) нітрату становить 0,2 моль, тож кількість речовини калій йодиду, з яким він реагує, мала б становити 0,4 моль. Тобто плюмбум(II) нітрат буде у надлишку.

Обчислімо кількість речовини продукту реакції за кількістю речовини реагенту, який під час реакції витратиться повністю.

За хімічним рівнянням

$$n(\text{PbI}_2) = \frac{1}{2} n(\text{KI}); n(\text{PbI}_2) = \frac{1}{2} 0,2 \text{ моль} = 0,1 \text{ моль.}$$

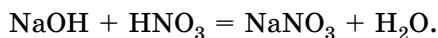
Обчислімо згідно з умовою задачі масу продукту реакції за його кількістю речовини:

$$m(\text{PbI}_2) = 0,1 \text{ моль} \cdot 461 \text{ г/моль} = 46,1 \text{ г.}$$

**Відповідь:**  $m(\text{PbI}_2) = 46,1 \text{ г.}$

**Задача 3.** Обчисліть масу (г) солі, яка утвориться внаслідок добавляння до водного розчину масою 100 г з масовою часткою натрій гідроксиду 0,2 водного розчину нітратної кислоти масою 126 г з масовою часткою розчиненої речовини 10%. Визначте колір лакмусу в розчині, який утвориться внаслідок реакції.

За умовою задачі складімо рівняння реакції:



Обчислімо маси реагентів та їхні кількості речовин. Маса розчиненої речовини дорівнює добутку її масової частки в розчині на його масу:

$$m(\text{NaOH}) = 0,2 \cdot 100 \text{ г} = 20 \text{ г};$$

$$n(\text{NaOH}) = 20 \text{ г} : 40 \text{ г/моль} = 0,5 \text{ моль};$$

$$m(\text{HNO}_3) = 0,1 \cdot 126 \text{ г} = 12,6 \text{ г};$$

$$n(\text{HNO}_3) = 12,6 \text{ г} : 63 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль.}$$

Визначмо за стехіометричними коефіцієнтами співвідношення між кількостями речовин реагентів, щоб з'ясувати, який з них узятो в надлишку:

$$n(\text{NaOH}) : n(\text{HNO}_3) : n(\text{NaNO}_3) = 1 : 1 : 1,$$

тобто  $n(\text{NaOH}) = n(\text{HNO}_3) = n(\text{NaNO}_3)$ .

За умовою задачі кількість речовини натрій гідроксиду становить 0,5 моль, тож кількість речовини нітратної кислоти, з якою він реагує, мала б також становити 0,5 моль. Натрій гідроксид – у надлишку. Тому розчин, який утвориться внаслідок реакції, матиме надлишок гідроксид-аніонів, тож лакмус у ньому набуде синього кольору.

Обчислимо кількість речовини продукту реакції за кількістю речовини (моль) реагенту, який під час реакції витратиться повністю. За хімічним рівнянням

$$n(\text{NaNO}_3) = n(\text{HNO}_3), \text{ тобто } n(\text{NaNO}_3) = 0,2 \text{ моль.}$$

Обчислимо згідно з умовою задачі масу продукту реакції за його кількістю речовини:

$$m(\text{NaNO}_3) = 0,2 \text{ моль} \cdot 85 \text{ г/моль} = 17 \text{ г.}$$

**Відповідь:**  $m(\text{NaNO}_3) = 17 \text{ г}$

*Зверніть увагу:* задачі цього типу траплятимуться вам далі в підручнику, тож матимете нагоду застосувати для їхнього розв'язування знання та вміння, здобуті під час опрацювання цього параграфа.



<http://www.redlandstudios.com/chemistry-limiting-reactant/>  
<https://www.youtube.com/watch?v=ymCZ2ShhBAw>  
<https://www.youtube.com/watch?v=6MHSBs-ed2I>  
<https://www.youtube.com/watch?v=vAe2MlmoLBY>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Обчислювати кількість речовини (масу, об'єму) продукту реакції потрібно за кількістю (масою, об'ємом) тієї речовини, яка повністю витратиться внаслідок реакції.
- Алгоритм розв'язування задач цього типу наведено на рисунку 14.3.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. Більшість учнівства одинадцятого класу сумлінно розв'язувала задачі на обчислення маси (об'єму, кількості) продукту реакції за масами (об'ємом, кількістю речовини) реагентів, один з яких узятو в надлишку. Проте кілька юнаків і юнок зауважили: «Навіщо марнувати стільки часу на виконання домашнього завдання, адже є комп'ютерна програма BestChem, за допомогою якої відповіді можна одержати майже миттєво?». Їхні опоненти й опонентки не знайшли, що відповісти. *Допоможіть* їм переконати однокласників і однокласниць управлятися в розв'язуванні задач цього типу.

3. *Обчисліть*: а) об'єм (л) водень хлориду, який утвориться внаслідок реакції, для проведення якої взято водень об'ємом 1,2 л і хлор об'ємом 2,4 л (об'єми всіх газів виміряно за однакових умов); б) масу (г) осаду, який утвориться внаслідок змішування двох водних розчинів, один з яких містить аргентум(I) нітрат масою 17 г, а другий – натрій хлорид кількістю 0,2 моль; в) масу (г) натрій хлориду, для добування якого взято натрій масою 0,46 г і хлор об'ємом (н. у.) 1,12 л.; г) масу (г) осаду, який утвориться внаслідок змішування водного розчину масою 800 г з масовою часткою натрій сульфату 0,142 з водним розчином масою 400 г з масовою часткою барій нітрату 26,1 %.

4. *Складіть і розв'яжіть* задачі на обчислення кількості речовини (маси, об'єму) продукту реакції за кількістю речовини (масами, об'ємами) реагентів, один з яких узято в



надлишку. *Запропонуйте* однокласникам та однокласницям розв'язати їх. Чи збіглися ваші розв'язання та відповіді? 5\*. У математиці є багато підходів до розв'язування задач – алгебричний, графічний тощо. *З'ясуйте*, чи можна задачі, розглянуті в цьому параграфі, розв'язати в інші способи. За результатами дослідження *підготуйте* презентацію. 6\*. *Напишіть* комп'ютерну програму для розв'язування хімічних задач виченого типу.



### Творча майстерня

7. *Виконайте* попередні розрахунки, сплануйте та *проведіть* дослід, який би начоно продемонстрував, що кількість продукту реакції залежить від кількості реагенту, прореагує повністю. *Використайте* для проведення дослідів пластикові пляшки, гумові повітряні кульки, харчову соду, столовий оцет, саморобні індикатори.

## § 15. Неметали. Загальна характеристика неметалів

*Після опрацювання параграфа ви зможете:*

- **називати** найпоширеніші в природі неметалічні елементи;
- **характеризувати** неметали;
- **оцінювати** біологічне значення неметалічних елементів – Оксигену, Нітрогену, Карбону, Фосфору, галогенів.

**Місце неметалічних елементів у періодичній системі** вам відоме (*схарактеризуйте його за рисунком 15.1*).

1																	18															
H																	He															
3	4											5	6	7	8	9	10	17														
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne															
11	12											13	14	15	16	17	18															
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar															
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36															
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr															
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54															
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe															
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86															
Cs	Ba											Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn						
87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118															
Fr	Ra											Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og						
																		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
																		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
																		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
																		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Рис. 15.1. 1. Металічні елементи. 2. Елементи, прості речовини яких виявляють властивості, проміжні між металами й неметалами. 3. Неметалічні елементи

**Скільки неметалічних елементів у періодичній системі?** Ви зможете самостійно відповісти на це запитання, проаналізувавши рисунок 15.1 (*зробіть це*). Зверніть увагу, що обабіч умовної межі, яка проходить у періодичній системі від Бору до Астату, розташовано хімічні елементи, прості речовини яких виявляють властивості, проміжні між властивостями металів і неметалів.

Яке було співвідношення між кількістю металічних і неметалічних елементів, відомих людству, у Стародавні часи? Золото, срібло, залізо, ртуть, олово, мідь, свинець – сімка металів давнини. Натомість у ті часи було відомо лише два неметали – сірка та вуглець. Свідчення про це збереглися в літературних пам'ятниках давнини – «Лейденському папірусі», «Стокгольмському папірусі», «Природній історії» Гая Плінія-секунда, «Книзі 70» Джабір Ібн Хайяма тощо.

Критерієм металічності або неметалічності простої речовини може бути чимало властивостей. З курсу хімії 7 і 8 класів ви знаєте, що *неметали – прості речовини, які не виявляють властивостей металів*, а саме: металічного блиску, ковкості, погано проводять тепло, електричний струм. Саме легкість проходження електричного струму крізь просту речовину, тобто її електропровідність, є показником, за яким легко визначити ступінь металічності. Однак трапляються й винятки. Графіт, наприклад, добре проводить електричний струм. Так само як і силіцій, арсен та йод, ця речовина має металічний блиск. Тому складно однозначно класифікувати деякі хімічні елементи на рівні *макросвіту* – за властивостями утворених ними простих речовин. Тож *глибинні причини, які зумовлюють металічні або неметалічні властивості хімічних елементів і простих речовин, шукатимемо на рівні мікросвіту*.

**Розгляньмо особливості будови атомів неметалічних елементів.** Ви, звісно, звернули увагу, що всі неметалічні елементи містяться в головних підгрупах періодичної системи, тобто вони належать до s- і p-елементів (табл. 15.1).

Таблиця 15.1. Будова зовнішнього енергетичного рівня атомів неметалічних елементів

Періоди	Будова зовнішнього енергетичного рівня							
	$1s^1$	$1s^2$	$2s^2 2p^1$	$ns^2 np^2$	$ns^2 np^3$	$ns^2 np^4$	$ns^2 np^5$	$ns^2 np^6$
1	H	He						
2			B	C	N	O	F	Ne
3				Si	P	S	Cl	Ar
4					As	Se	Br	Kr
5						Te	I	Xe
6							At	Rn



1. *Визначте*, скільки: а) поміж неметалічних елементів – s-елементів; б) електронів міститься на зовнішньому енергетичному рівні в атомах неметалічних елементів. 2. *Назвіть* неметалічні елементи, на зовнішньому енергетичному рівні атомів яких міститься: а) 1 електрон; б) 2 електрони; в) 3 електрони; г) 8 електронів.

Неметалічні елементи мають порівняно з металічними невеликий (менший за 0,1 нм) атомний радіус (рис. 15.2).

Описані особливості будови атомів неметалічних елементів зумовили їхню високу, порівняно з металічними елементами, електронегативність.

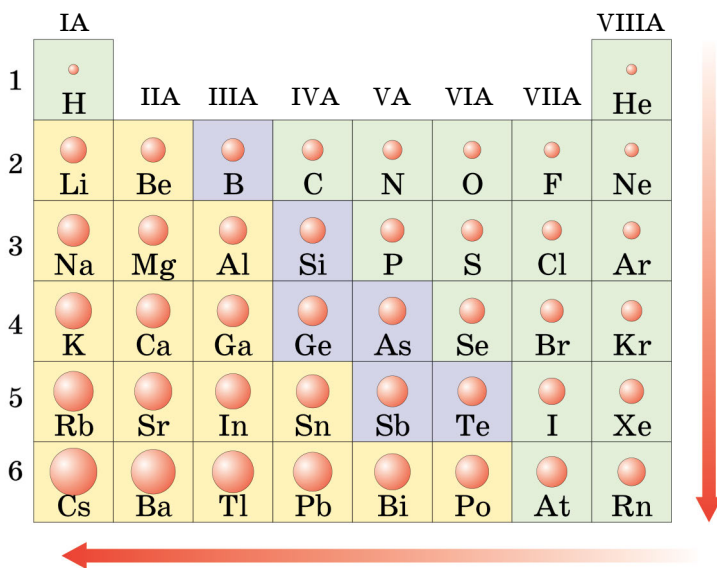


Рис. 15.2. Напрямки зростання радіусів атомів хімічних елементів головних підгруп

Зв'язки в молекулах<sup>1</sup> і кристалах неметалів ковалентні, вільних електронів зазвичай немає, тому ці речовини переважно діелектрики (ізолятори). Щоб узагальнити закономірності зміни властивостей неметалічних елементів зі зростанням їхніх протонних чисел, складімо порівняльну таблицю.

Таблиця 15.2. Закономірності зміни властивостей неметалічних елементів зі зростанням їхнього протонного числа

Ознака порівняння	Періоди	Групи
Заряди ядер атомів		
Радіуси атомів	...	...
Кількість електронів на зовнішньому енергетичному рівні	...	Не змінюється <sup>2</sup>
Кількість валентних електронів		
Електронегативність		...
Окиснювальні властивості <sup>3</sup>	Збільшуються	Зменшуються



Заповніть прогалини в таблиці 15.2 (у зошиті), скориставшись рисунками 15.1 та 15.2.

<sup>1</sup> Інертні елементи за звичайних умов існують у вигляді окремих атомів.

<sup>2</sup> За винятком інертних елементів, бо в атомі Гелію два електрони на зовнішньому енергетичному рівні, у решти – по вісім.

<sup>3</sup> Окиснювальні властивості інертним елементам не притаманні. Гідроген виявляє окиснювальні властивості в реакціях з металами.

Тепер зрозуміло, як пов'язане розміщення неметалічних елементів у періодичній системі з будовою їхніх атомів. Однак не менш важливо мати уявлення щодо **поширення неметалічних елементів у природі**. Адже знання про їхній уміст в оболонках Землі та поза її межами, розуміння закономірностей міграції та колообігів потрібні для створення ефективної системи контролю за станом довкілля, запобігання небажаним наслідкам техногенної діяльності людини.

Близько трьох четвертих від маси земної кори припадає на три неметалічні елементи – Оксиген, Силіцій та Гідроген. Сумарна атомна частка цих елементів ще більша й сягає майже 95 %. Натомість Арсен, Селен, Йод і Телур є досить рідкісними елементами.

На відміну від земної кори, «чемпіонами» Усесвіту за вмістом є Гідроген і Гелій (рис. 15.3). Гідроген – головний складник атмосфери зір, зокрема Сонця. Саме від грец. *ἥλιος* – Сонце – походить і назва Гелію, інертного елемента, жовту лінію якого було виявлено у спектрі сонячної корони. У земній атмосфері найбільші масові частки також у неметалічних елементах – Нітрогену й Оксигену, у ґрунтах – Оксигену та Силіцію, у гідросфері – Оксигену та Гідрогену, у живій природі – Оксигену, Карбону й Гідрогену.



Рис. 15.3. Атомні частки найпоширеніших неметалічних елементів в атмосфері Сонця. Легенда: 1 – H; 2 – He; 3 – O; 4 – N; 5 – Si; 6 – S; 7 – C

Важливе та перспективне завдання – дослідження біологічної ролі неметалічних елементів у функціонуванні організмів. Шість хімічних елементів – Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Фосфор і Сульфур є основою живих систем. Наприклад, масова частка цих елементів в організмі людини становить 97,4 % (рис. 15.4).

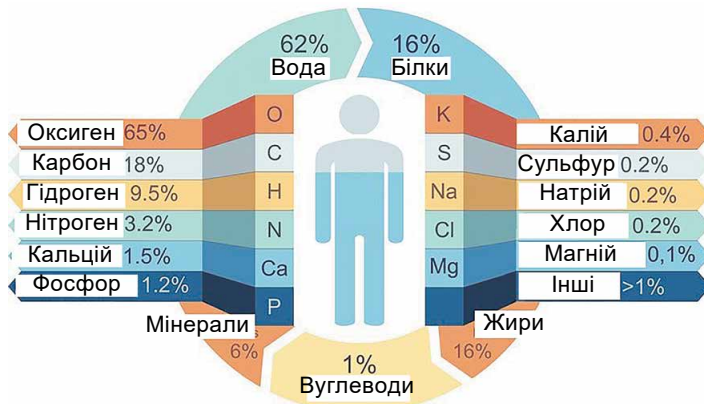


Рис. 15.4. Неметалічні та металічні елементи в організмі людини. Їхні атоми здатні утворювати зв'язки різних типів, що й зумовлює наявність в організмах великого числа найрізноманітніших біомолекул



Назвіть найважливіші органічні речовини – складники живої клітини.

Знання щодо хімічного складу рослин дуже важливі для забезпечення збалансованого харчування людей. Деякі рослини вибірково вибирають хімічні елементи з ґрунту. Злакові накопичують Силіцій і Фосфор, буряки та чай – Флуор. Бобові, цибуля та часник концентрують у собі Сульфур, а сочевиця – Арсен. Селен «полюбляє» кукурудза, Бор – гречка, буряк, бобові, овочеві й плодово-ягідні культури. Йод накопичується в моркві, буряку, капусти, картоплі тощо. Ці відомості також актуальні для фахівців і фахівчинь з рільництва, щоб раціонально вибирати ґрунти та добрива для різноманітних сільськогосподарських культур. Утім не менш важливо забезпечити збалансоване живлення свійських тварин.

З уроків географії ви знаєте, що Україна має багату мінерально-сировинну базу. **Найважливіші природні сполуки неметалічних елементів – складники корисних копалин – та їхні родовища в Україні** відомі вам з курсу географії. Поміж цих сполук є прості й складні, органічні та неорганічні речовини (рис. 15.5).



Визначте: а) найпростішу формулу бурштину; б) масова частка якого з неметалів у бурштині найбільша; в) масова частка якого з хімічних елементів найбільша в граніті.



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

<https://www.youtube.com/watch?v=uN2cVakPD-c>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Неметалічні елементи містяться в правій верхній частині періодичної системи.
- Обабіч умовної межі, яка в періодичній системі проходить від Бору до Астату, розташовані елементи, що виявляють властивості проміжні між властивостями металічних і неметалічних елементів.

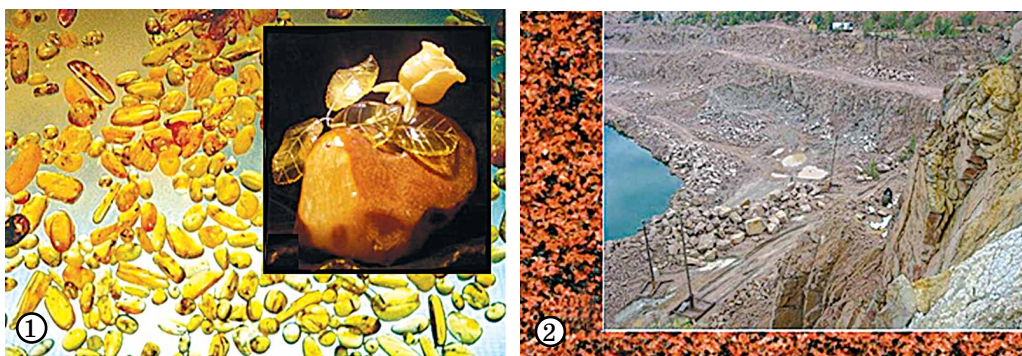


Рис. 15.5. 1. Особливість клесівського бурштину ( $C_{40}H_{64}O_4$ ) – унікальний жовто-зелений колір з різними зеленкуватими та червонястими відтінками. 2. Граніт Лезниківського родовища має високі декоративні властивості, його використано для оздоблення станції метро «Театральна» (Київ). Середній хімічний склад граніту:  $SiO_2$  68–73 %;  $Al_2O_3$  12,0–15,5 %;  $Na_2O$  3,0–6,0 %;  $CaO$  1,5–4,0 %;  $FeO$  0,5–3,0 %;  $Fe_2O_3$  0,5–2,5 %;  $K_2O$  0,5–3,0 %;  $MgO$  0,1–1,5 %;  $TiO_2$  0,1–0,6 %



- Неметалічні елементи належать до головних підгруп: Гідроген і Гелій – s-елементи, решта – p-елементи.
- Електронегативність неметалічних елементів значно більша, ніж у металічних.
- Найпоширеніші хімічні елементи: у земній корі – Оксиген, Силіцій, Гідроген; у Всесвіті – Гідроген і Гелій; у земній атмосфері – Нітроген і Оксиген, у ґрунтах – Оксиген і Силіцій, у біосфері – Оксиген та Гідроген, у живій природі – Оксиген, Карбон та Гідроген.
- Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Фосфор і Сульфур є основою живих систем.
- Україна має багату мінерально-сировинну базу природних сполук неметалічних елементів.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи може ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Проаналізуйте* зміст етикеток вітамінних препаратів, мінеральних вод, харчових продуктів та їжі для домашніх тварин, добрив, гігієнічних і косметичних засобів, інших побутових товарів. Чи є на етикетках відомості про вміст неметалічних елементів? Які із цих елементів є органогенними? Біогенними? Мікро- чи макроелементами? За результатами дослідження *підготуйте* презентацію. 3. *Складіть* хронологічну таблицю відкриття неметалічних елементів. 4. *Визначте*: а) кількість електронів на зовнішньому енергетичному рівні в атомі неметалічного елемента, назва якого лише однією літерою відрізняється від назви протоки між Європою та Азією; б) кількість протонів у ядрі інертного елемента, назва якого складається з імені давньоєгипетського бога Сонця і назви річки; в) на скількох енергетичних рівнях розташовані електрони в атомі неметалічного елемента, з назви якого та скороченого позначення одиниці вимірювання площі земельних угідь можна скласти назву річки; г) до якої групи належить неметалічний елемент, з назви якого та назви ноти можна скласти назву французького міста. 5. *З'ясуйте*, алхімічні знаки яких неметалічних елементів і мінералів розміщені на: а) гербі Бахмутського району Донецької області; б) прапорі міста Новояворівська Львівської області; в) с. Корначівка Солобковецької сільської територіальної громади Ярмолинецького району Хмельницької області; г) державному гербі Республіки Науру. *Складіть* для однокласників і однокласниць завдання, використовивши здобуту інформацію. 6. Теоретичне тлумачення поширеності хімічних елементів – одне з важливих завдань астрофізики. *Висловіть* та *обґрунтуйте* припущення, чому Гідроген і Гелій є найпоширенішими елементами у Всесвіті.



### Творча майстерня

7. У жовтні 2008 року в Японії вийшла друком інноваційна книжка «Періодична таблиця: Вивчення основ хімії за допомогою “мое”». Вона стала надзвичайно популярною навіть поміж тих, кого не цікавила хімія. У цьому виданні кожний зі 118 елементів представлено як мое (симпатична, приваблива дівчинка) – персонаж японських коміксів манга. Тридцять три ілюстратори працювали під керівництвом викладача хімії, аби «олюднити» хімічні елементи, персоніфікувати унікальну сукупність властивостей кожного з них. Персонажі книжки популярні поміж науковців, оскільки будять уяву і стають темою дружньої інтелектуальної бесіди, а далекі від науки юні прихильники манга й аніме починають бачити світ хімії в новому, привабливому ракурсі. *Уявіть* себе в ролі тако-го ілюстратора або ілюстраторки та *створіть* комікс про один з неметалічних елементів.



## § 16. Фізичні властивості неметалів. Алотропія

**Після опрацювання параграфу ви зможете:**

- **характеризувати** фізичні властивості неметалів та **встановлювати залежність** їхніх властивостей від будови;
- **пояснювати** суть явища алотропії; відмінності властивостей алотропних модифікацій Оксигену їхнім кількісним складом та будовою;
- **наводити приклади** алотропних модифікацій Оксигену;
- **обґрунтовувати** значення алотропних перетворень;
- **висловлювати судження** щодо біологічної ролі озону та його застосування.

**Фізичні властивості неметалів** розмаїті та зумовлені особливостями їхнього складу та будови. Знати ці властивості необхідно як для ефективного використання традиційних матеріалів і технологій, так і для створення новітніх.

Неметали молекулярної будови мають невисокі температури плавлення, оскільки сили притягання між їхніми молекулами досить слабкі. Наприклад, кисень, фтор, хлор скраплюються та тверднуть за від'ємних температур. Бром – легка рідина, а внаслідок нагрівання кристалів йоду відбувається їхня сублімація (див. § 8, рис. 8.6).

**Інертні елементи** за звичайних умов існують у вигляді атомів, оскільки мають *завершений зовнішній енергетичний рівень*. У решти простих речовин-неметалів атоми сполучені між собою ковалентними неполярними зв'язками. Деякі неметалічні елементи утворюють двоатомні молекули (*наведіть кілька прикладів*).

У молекулах водню та галогенів зв'язки між атомами ординарні, у молекулі кисню зв'язок між атомами Оксигену подвійний, у молекулі азоту атоми Нітрогену сполучені потрійним зв'язком (рис. 16.1).

Розгляньмо докладніше фізичні властивості азоту – головного складника повітря.

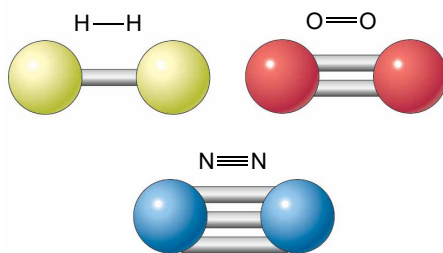


Рис. 16.1. Будова молекул деяких неметалів. Ідентифікуйте їх



З огляду на те, що ви знаєте про азот з повсякденного життя, заповніть прогалини в тексті, наведеному далі.

Молекула азоту неполярна, тож цей газ ... розчиняється у воді. Сили взаємодії між молекулами азоту дуже ..., тому за звичайних умов ця речовина перебуває в ... стані. Він прозорий, ..., не має смаку та .... За температури  $-195,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  азот перетворюється на безбарвну, рухливу, як вода, .... Унаслідок кристалізації азоту за температури  $-209,86\text{ }^{\circ}\text{C}$  утворюється біла снігоподібна маса або великі білосніжні кристали. Рідкий азот застосовують як охолоджувач та в кріотерапії (рис. 16.2).

Неметали, які мають атомні кристалічні ґратки, вирізняються твердістю та тугоплавкістю (*поясніть чому*). Наприклад, температура плавлення силіцію становить  $1410\text{ }^{\circ}\text{C}$ , кристали бору плавляться за  $2075\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а температура кипіння цієї речовини – понад  $3500\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Неметали непластичні, поміж них переважають діелектрики, хоча зрідка трапляються й напівпровідники та провідники електричного стру-

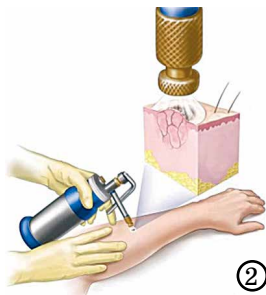


Рис. 16.2. Рідкий азот застосовують у лабораторіях, на виробництві, у медицині як ефективний охолоджувач. 1. Зберігання біологічного матеріалу в посудинах з рідким азотом. 2. Кріохірургія – ефективний метод видалення новоутворень на шкірі

му. Дізнатися більше про фізичні властивості неметалів можна з таблиці 1 *Додатка*.

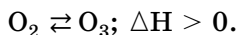
**Скільки загалом неметалів?** Очевидно, що їхня кількість більша за кількість неметалічних елементів. Адже в природі є прості речовини, які істотно відрізняються одна від одної за своїми властивостями, хоча й утворені атомами одного неметалічного елемента. З курсу хімії основної школи ви знаєте, що Оксиген утворює прості речовини кисень та озон. Такі речовини називають *алотропними модифікаціями* (видозмінами), а явище їхнього існування – *алотропією*.

### Цікаво і пізнавально

Термін «алотропія» 1841 року запровадив Й.Я. Берцеліус, слово «алотропія» походить від давньогрецьких слів аллос – інший і тропос – поворот, властивість.

**Чому речовини-алотропи мають різні властивості,** хоча утворені атомами того самого елемента? Пригадаймо: причини відмінностей у властивостях, які ми спостерігаємо на рівні *макросвіту*, потрібно шукати на рівні *мікросвіту*. Алотропні модифікації можуть відрізнятися одна від одної кількісним складом. Наприклад, молекули кисню  $O_2$  та озону  $O_3$  складаються з різної кількості атомів Оксигену. Наслідком цього є те, що кисень не має запаху, а озон дістав свою назву саме через характерний запах. Дізнатися більше про подібність і відмінність алотропних модифікацій Оксигену ви зможете з таблиці 2 *Додатка*.

**Чи здатні алотропні модифікації взаємоперетворюватися?** З кисню в тихому (без світіння та іскр) електричному розряді утворюється озон:



**?** *Перетворіть* схему реакції алотропного перетворення кисню на хімічне рівняння, *проаналізуйте* його. *Класифікуйте* її за тепловим ефектом та ознакою оборотності. Як вплине на хімічну рівновагу цієї реакції підвищення температури та тиску? Чому?

### Цікаво і пізнавально

Уперше озон виявив у 1785 році голландський фізик М. ван Марум за характерним запахом і окиснювальними властивостями. Термін «озон» (від грец.  $O\zeta\omega$  – пахну) запропонував німецький хімік Х.Ф. Шенбейн у 1840 році.

У природі вміст озону в повітрі зростає під час грози, унаслідок цього ми відчуваємо характерний свіжий запах. Найбільше озону утворюється в стратосфері, на висоті 12–50 км, під впливом ультрафіолетового випро-

мінювання Сонця. Загальний уміст озону в атмосфері відповідає шару цього газу завтовшки 3 мм (за стандартного тиску).

**Корисний чи шкідливий озон?** Озоновий шар захищає організми від шкідливого ультрафіолетового випромінювання (рис. 16.3). Тому стратегії збалансованого розвитку людства передбачають захист озонового шару від руйнування. Про важливість цього завдання свідчить те, що 1994 року Генеральна Асамблея ООН проголосила 16 вересня Міжнародним днем охорони озонового шару. Тож під час купівлі аерозольних балончиків, кондиціонера чи холодильника звертайте увагу на маркування товарів. Вибравши товари та технології, використання яких не завдає шкоди озоновому шару, ви не лише дбатимете про власне здоров'я та здоров'я нащадків, а й про збереження життя на Землі.

Знезаражування питної води озоном має низку переваг порівняно з хлоруванням. У медицині озон використовують для дезінфікування та стерилізування. Озонотерапія – новий високоефективний метод лікування, який застосовують у найрізноманітніших галузях медицини. Тому важливо знати властивості цієї алотропної модифікації Оксигену, щоб безпечно використовувати її на благо людини. Адже озон – дуже агресивна й отруйна речовина. Підвищення вмісту в повітрі озону техногенного походження небезпечне для організмів. Унаслідок дії озону пришвидшується старіння конструкційних матеріалів, руйнуються художні фарби – їхні кольори тьмяніють. Тому підвищений уміст цього газу в повітрі небезпечний не лише для організмів, а й для витворів мистецтва.

Докладніше про алотропію деяких інших неметалічних елементів ітиметься в наступному параграфі.



<https://www.youtube.com/watch?v=Gz3lrLoW0og>  
<https://www.youtube.com/watch?v=mVhObSZUQM0>  
<https://www.youtube.com/watch?v=HVvTAc1gE18>  
<https://www.youtube.com/watch?v=dB6Dxsxb8Og>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Неметали молекулярної будови мають невисокі температури плавлення.
- Неметали з атомними кристалічними ґратками вирізняються твердістю та тугоплавкістю.
- Неметали непластичні, поміж них переважають діелектрики, хоча зрідка трапляються й напівпровідники та провідники електричного струму.
- Алотропія – явище існування одного хімічного елемента у вигляді кількох простих речовин з різними властивостями – алотропних модифікацій.
- Алотропні модифікації здатні взаємоперетворюватися.
- Озон  $O_3$  і кисень  $O_2$  – алотропні модифікації Оксигену.
- Озоновий шар захищає організми від шкідливого ультрафіолетового випромінювання.



Рис. 16.3. Озоновий шар захищає організми від шкідливого ультрафіолетового випромінювання



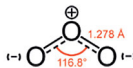
## Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



## Застосуйте свої знання й уміння

2. Розчинність озону у воді за 0 °С – 0,394 кг/м<sup>3</sup> (0,494 л/кг), що вдесятеро вища за



розчинність кисню. *Порівняйте* будову молекул кисню (рис. 16.2) та озону й *поясніть* цей факт. 3. Електрофільтр – це пристрій, у якому очищення газів від аерозольних, твердих або рідких частинок відбувається під дією електричних сил. У результаті дії електричного поля частинки, які набувають заряду в полі коронного розряду, осідають на електродах. *Поясніть*, чому: а) не рекомендовано використовувати електрофільтри для очищення повітря в музеях; б) тиглі, у яких плавлять золото, виготовляють з графіту.



## Творча майстерня

5. *Розробіть* для молодшого учнівства сценарій театралізованої вистави «Озон: користь і шкода» та *втілюйте* його в життя.

## § 17. Фізичні властивості та алотропія Карбону, Сульфуру, Фосфору

**Після опрацювання параграфа ви зможете:**

- **характеризувати** фізичні властивості простих речовин Карбону, Сульфуру, Фосфору та **встановлювати** залежність їхніх властивостей від будови;
- **пояснювати** відмінності властивостей алотропних модифікацій Сульфуру, Карбону, Фосфору їхнім кількісним складом та будовою;
- **наводити** приклади алотропних модифікацій Сульфуру, Карбону, Фосфору;
- **обґрунтовувати** застосування неметалів їхніми фізичними властивостями та значення алотропних перетворень.

**Чи утворюють алотропні модифікації інші неметалічні елементи,** наприклад Карбон, Сульфур, Фосфор тощо? Явище алотропії досить поширене поміж неметалічних елементів. Воно може бути зумовлене не лише відмінністю в кількісному складі, а й особливостями взаємного розташування атомів і молекул у кристалах. Хоча у вузлах кристалічних ґраток алмазу й графіту містяться атоми того самого хімічного елемента Карбону, ці прості речовини мають різну будову кристалічних ґраток та різні властивості (див. § 8). Окрім алмазу й графіту, відомі й інші алотропні модифікації Карбону (рис. 17.1).

**Чи мають алотропні модифікації Карбону практичне значення?** Застосування будь-якої речовини зумовлене комплексом її властивостей. Певні уявлення щодо того, як людина використовує алмаз і графіт, ви маєте з повсякденного життя. Утім алмази не лише матеріал, з якого виготовляють коштовні діаманти для оздоблення ювелірних виробів. Сучасні технології потребують великих монокристалів *синтетичних алмазів*, елітних алмазних шліфувальних порошоків і мікропорошків. Алмазні інструменти для високопродуктивного оброблення металів і каменю, буріння, видобування вугілля та геологічної розвідки, полірувальні пасти для високоточної оптики, суперпрецизійні верстати алмазного мікроточіння та поліру-

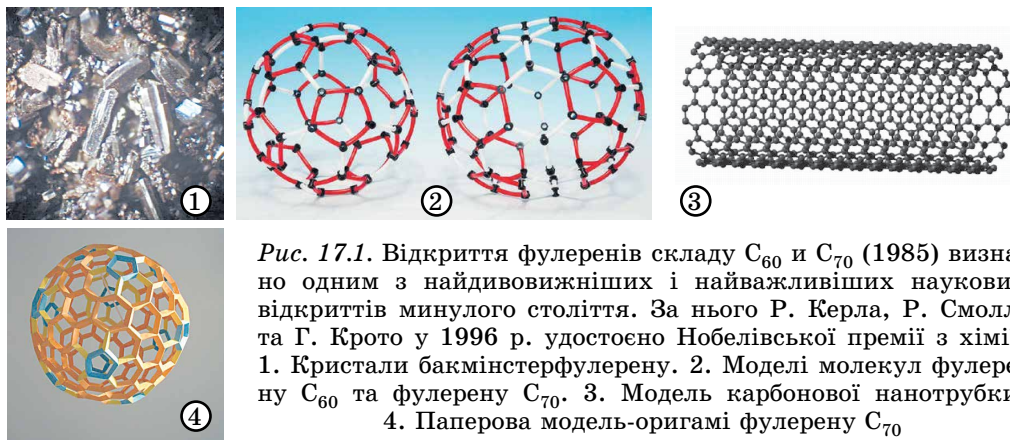


Рис. 17.1. Відкриття фулеренів складу  $C_{60}$  і  $C_{70}$  (1985) визнано одним з найдивовижніших і найважливіших наукових відкриттів минулого століття. За нього Р. Керла, Р. Смоллі та Г. Крото у 1996 р. удостоєно Нобелівської премії з хімії. 1. Кристали бакмінстерфулерену. 2. Моделі молекул фулерену  $C_{60}$  та фулерену  $C_{70}$ . 3. Модель карбонової нанотрубки. 4. Паперова модель-оригамі фулерену  $C_{70}$

вання – цей перелік майже безмежний. Новітні розробки в цій галузі здійснюють і впроваджують у виробництво в одному з найбільших науково-технічних матеріалознавчих центрів Європи – Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

За практичним значенням алмазу не поступається графіт. Висока електропровідність (*пояснить її причину*) зумовила його широке використання в електротехніці. Термічна стійкість зробила графіт незамінним на виробництві, пов'язаному з високотемпературними процесами. Здатність графіту розшаровуватися (*пояснить, чим вона зумовлена*) використовують для виготовлення олівців та різноманітних мастильних матеріалів.

Практичне значення інших алотропних модифікацій Карбону вичерпно характеризують словосполучення – *матеріали нового покоління, матеріали майбутнього*. Докладніше про них ви зможете дізнатися з таблиці 3 (див. Додаток).

### Цікаво і пізнавально

Пошуки вдалих рецептів створення самозбирних мініатюрних об'єктів з атомів – важливий напрям прикладної фізики та біотехнології. Джунга Кім (*Jungah Kim*) з південнокорейського Інституту фундаментальних наук в Пхохані спеціалізується на вирощуванні кристалів з фулерену<sup>1</sup>. Унаслідок змішування фулеренів різних видів її дослідницькій групі вдалося виростити кристали, схожі на квітку клематиса, розміром усього кілька мікронів (рис. 17.2).

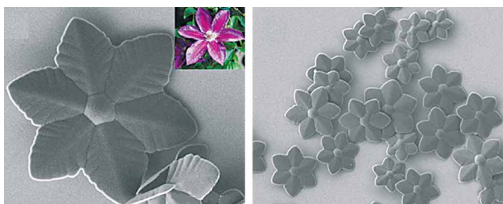


Рис. 17.2. Фулеренові квіточки. Ягідки – попереду...

**Чи здатні алмаз і графіт взаємоперетворюватися**, як, наприклад, кисень та озон? Саме з графіту за високих температур і тиску добувають синтетичні алмази. У вакуумі або інертній атмосфері вже за  $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$  починається графітизація алмазу, яка пришвидшується зі зростанням температури.

<sup>1</sup> Kim, J. *et al.* Unique Crystallization of Fullerenes: Fullerene Flowers. *Sci. Rep.* 6, 32205; doi: 10.1038/srep32205 (2016).



## Цікаво і пізнавально

Виявлено, що перетворення алмазу на графіт унаслідок опромінення м'яким рентгенівським випромінюванням відбувається щонайменше вдвідесятеро швидше за термічний процес. Про це повідомила міжнародна група, що виконувала фізичні дослідження під керівництвом Франца Тавелла (SLAC, США), Свена Толейкіка (DESY, Німеччина) та Беати Заї (Інститут ядерної фізики, Краків) у журналі High Energy Density Physics. [https://www.desy.de/news/news\\_search/index\\_eng.html?openDirectAnchor=1317&two\\_columns=1](https://www.desy.de/news/news_search/index_eng.html?openDirectAnchor=1317&two_columns=1)

**Алотропія Сульфуру** також зумовлена відмінностями в складі та будові утворених цим елементом простих речовин, здатних до взаємоперетворення. Кристалічна сірка – крихка речовина жовтого кольору, не розчиняється у воді. Сірка важча за воду, тому її кристали опускаються на дно посудини. Однак уміщений у посудину з водою порошок сірки спливає на поверхню. Це відбувається тому, що цей неметал водою не змочується. Сірка – діелектрик і від тертя сильно електризується та набуває від'ємного заряду.

Сірка складається із циклічних молекул  $S_8$ , що мають форму корони. Кристалічна сірка плавиться за температури  $113\text{ }^{\circ}\text{C}$ . З розплаву під час повільного охолодження утворюються кристали іншої форми: ромбічна сірка перетворюється на *моноклінну* (рис. 17.3). Унаслідок відмінностей у просторовому розташуванні молекул сірки у кристалах ці алотропні модифікації відрізняються густиною, кольором тощо.

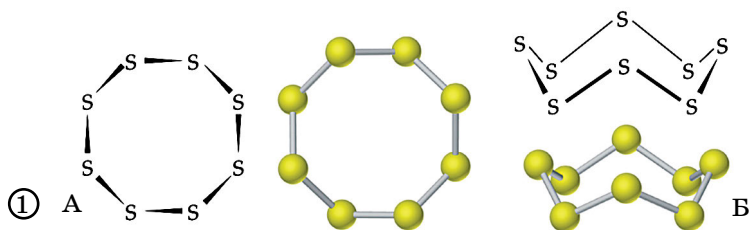
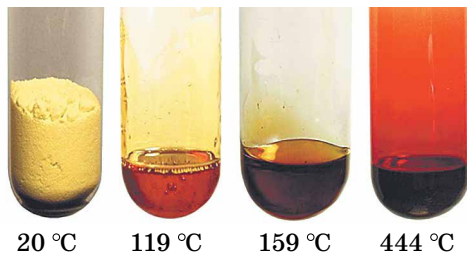


Рис. 17.3. 1. Молекула сірки за звичайних умов має циклічну будову: А – вигляд згори, Б – вигляд збоку. Ромбічна сірка (2) за нагрівання перетворюється на моноклінну сірку (3)

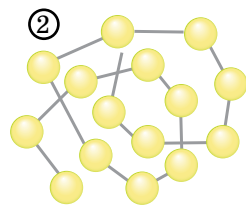
Спостерігати за плавленням сірки (рис. 17.4) не лише цікаво, а й пізнавально.

Рис. 17.4. Плавлення сірки супроводжується зміною будови її молекул і, як наслідок, – змінами кольору, в'язкості розплаву тощо





Унаслідок підвищення температури руйнуються слабкі міжмолекулярні зв'язки в кристалах і вивільняються циклічні молекули  $S_8$ , які набувають певної рухливості. В'язкість цього розплаву менша за в'язкість води. За температури  $195\text{ }^\circ\text{C}$  в'язкість розплаву сірки зростає чи не в 10 000 разів, тому він не виливається з пробірки. Унаслідок руйнування циклів  $S_8$  утворюються відкриті структури, кінцеві атоми яких сполучаються між собою в *полімерні* ланцюги, що містять мільйони атомів



$S_n (n = 2000 - 5000)$

Рис. 17.5. Утворення пластичної сірки (1) та її структура (2)

Сульфур. З подальшим підвищенням температури полімерні ланцюги руйнуються, стають коротшими, тож в'язкість розплаву зменшується. Якщо його температуру різко знизити, виливши в посудину з холодною водою (рис. 17.5), дістанемо *пластичну* сірку, яка за механічними властивостями нагадує гуму чи пластилін: її форму легко можна змінити.

Пластична сірка, так само як й інші алотропні модифікації Сульфур, згодом перетворюється на ромбічну сірку, найстійкішу з-поміж них. Докладніше про властивості ромбічної та моноклінної сірки ви зможете дізнатися з таблиці 4 *Додатка*.

Чи не кожному з тих, хто користується сірниками, відома одна з **алотропних модифікацій Фосфору** – **червоний фосфор**. Він – складник намазки сірникової коробки. Проте назву «Фосфор», що походить від грецького  $\phi\omega\sigma\phi\omicron\rho\varsigma$  та означає «світлоносний», хімічний елемент дістав завдяки іншій алотропній модифікації – *білому* фосфору. Цю речовину 1869 року відкрив гамбурзький алхімік-аматор Бранд (рис. 17.6).

Згодом тривалим нагріванням у закритій посудині білого фосфору добули червоний фосфор. Пізніше добули ще кілька алотропних модифікацій Фосфору (про них ви можете дізнатися з таблиці 1 *Додатка*). Відмінності в будові двох найважливіших алотропних модифікацій Фосфору легко зрозуміти з рисунка (17.7).

Тож не дивно, що як фізіологічна дія, так і фізичні властивості та хімічна активність білого та червоного фосфору істотно різняться. Білий фосфор – дуже отруйний, червоний – малотоксичний. Зовні білий фосфор схожий на парафін, м'який, його легко деформувати, розрізати ножом. Плавиться ця речовина за температури  $44,2\text{ }^\circ\text{C}$ , розчиняється в багатьох органічних розчинниках, наприклад сірковуглеці.

Натомість червоний фосфор розчиняється лише в розплавлених свинці та бісмуті. За нагрівання він не плавиться, а зазнає сублимації, під час

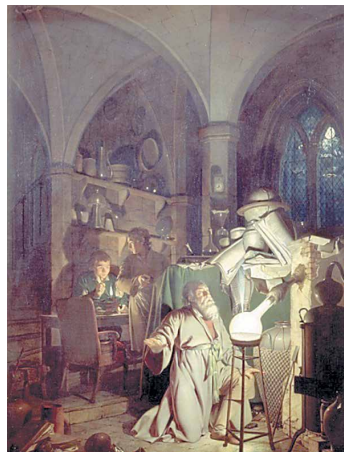


Рис. 17.6. Алхімік, який у пошуках філософського каменю відкрив фосфор. Джозеф Райт (Райт з Дербі), 1771 рік

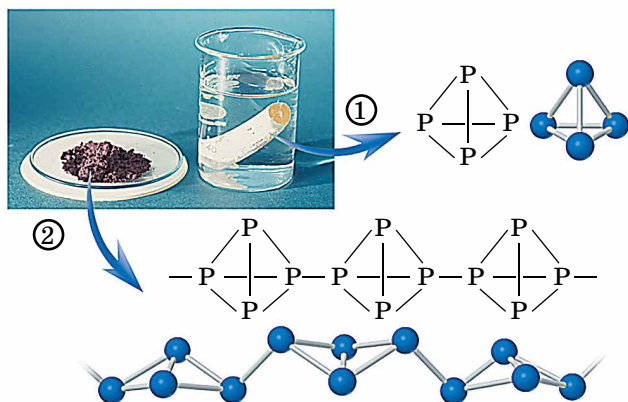


Рис. 17.7. 1. Білий фосфор  $P_4$  – молекулярна речовина. 2. Червоний фосфор  $(P_4)_n$  – полімерна сполука складної будови

якої перетворюється на білий фосфор. Якщо сублимація відбувається в інертній атмосфері, на стінках посудини осідає білий фосфор. Із часом білий фосфор дуже повільно перетворюється на червоний.

### Цікаво і пізнавально

Фосфорний некроз щелепи у XIX столітті був професійним захворюванням персоналу сірникових фабрик, де використовували білий фосфор. 2 липня 1888 року після звільнення однієї з працівниць на Лондонській сірниковій фабриці почався страйк робітниць, який супроводжувався демонстрацією. Працівницю було звільнено за відмову написати спростування до статті відомої журналістки, борця за права жінок Анні Безант про жахливі умови праці і фосфорний некроз зокрема. Ця подія увійшла у світову історію й культуру настільки, що в 1960-х роках слідами тих подій поставлено мюзикл «Дівчата-Сірничниці» (The Matchgirls).

Хімічна активність білого фосфору істотно вища порівняно із червоним. Тому білий фосфор зберігають під шаром води, щоб ізолювати від повітря та запобігти окисненню. Саме повільним окисненням, унаслідок якого виділяється світлова енергія, зумовлений ефект холодного світіння (люмінісценції) білого фосфору. Докладніше про хімічні властивості фосфору та інших неметалів ітиметься в наступному параграфі.



<https://www.youtube.com/watch?v=vep-rJHgwOs>  
<https://www.youtube.com/watch?v=vyy6TCxz8Nc>  
<https://www.youtube.com/watch?v=LjAiHZWdf4s>  
<https://www.youtube.com/watch?v=NdOyFPv7TKY>

### ПРО ГОЛОВНЕ

- Алмаз і графіт – алотропні модифікації Карбону.
- Фулерени та нанотрубки – матеріали нового покоління.
- Ромбічна, моноклінна  $S_8$  і пластична  $S_n$  сірка – алотропні модифікації Сульфуру.
- Білий  $P_4$  і червоний  $(P_4)_n$  фосфор є алотропними модифікаціями Фосфору.
- Знання про фізичні властивості неметалів потрібні як для ефективного використання традиційних матеріалів і технологій, так і для створення новітніх.



## Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи може- те ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



## Застосуйте свої знання й уміння

2. *Поясніть* вислів відомого хіміка Ю.В. Ходакова. «Якщо зважити на природу сил, які має подолати гранільник алмазів, його професію можна було б віднести до хімічних». 3. *Доповніть* пораду домашньому умільцю: «Щоб виготовити пластилін, у розпавлений віск добавляють розпав каніфолі та трохи пігменту. У цю рідку суміш уливають розпавлену сірку, яка, так само як і каніфоль, надає пластиліну ...». 4. Відомий спосіб завантажування сірки насипом у напіввагоны. Його недоліком є утворення пилу під час завантаження, що погіршує умови праці й шкодить довкіллю. З огляду на фізичні властивості сірки *запропонуйте* безпечніший спосіб її завантажування. 5. Ірина та Вадим посперечалися. Вадим стверджував, що алхімік Брандт одержав фосфор, випаривши залишок від перегонки сечі масою близько тонни, яку він зібрав у солдатських казармах. Ірина вважала його твердження недогумим жартом. *Наведіть* аргументи на підтримку твердження Вадима. 6. Якщо в темній кімнаті сірником не дуже сильно, так, щоб він не загорівся, чиркнути по сірниковій коробці, то деякий час на тертці коробки, складником намазки якої є червоний фосфор, буде видно білий світлий слід. *Поясніть* це явище. 7. Сірковуглець – леткий розчинник, що легко випаровується. *Спрогнозуйте*, що відбудеться, якщо просочити розчином білого фосфору в сірковуглець аркуш паперу й залишити його на повітрі.



## Творча майстерня

8. *Складіть* сенкан «Алотропія».

## § 18. Явище адсорбції

**Після опрацювання цього параграфу ви зможете:**

- **пояснювати** суть явища адсорбції;
- **досліджувати** адсорбційну здатність активованого вугілля та аналогічних лікарських засобів;
- **доводити** практичну значущість явища адсорбції.



**Адсорбція** (від *лат.* ad – на, при і *sorbeo* – поглинаю) – **явище поглинання речовини з газоватого середовища чи розчину поверхневим шаром рідини або твердого тіла.**

Адсорбція відома людству з давніх-давен, її широко використовують у наші дні. Ще в Стародавньому Єгипті, Індії, Греції деревне вугілля та глину використовували для очищення води (рис. 18.1), пива, вина та під час лікування отруєнь, дизентерії, гепатиту тощо. У «Каноні лікарської науки» Авіценна (рис. 18.2) описав методи вживання сорбентів як засобу профілактики багатьох хвороб. Лікарі Давньої Русі використовували для цього березове та кісткове вугілля.

*Рис. 18.1.* Очищення води в давнину. У велике глиняне горнятко з дірками в споді насипали шар крупного гравію, потім – шари піску, деревного вугілля, знов піску й гравію. У горнятко наливали воду, яка поступово проходила крізь шари фільтрувальних матеріалів і стікала в посудину





Рис. 18.2. Авіценна (980–1037 (Абу Алі Аль-Хусейн Ібн Абдаллах ібн Сіна) – перський (таджицький) науковець, філософ, лікар, музикант XI ст., автор енциклопедичних праць, у яких систематизовано всі сучасні йому знання

### Цікаво і пізнавально

«Пластунське лікування» – дорогоцінний спадок наших предків. Пластуни на Січі мали свій окремий курінь. Допомогали пластунам їхні тайни-секрети. Насамперед – медичні. Коли ж доводилося пити воду застоюну, болотяну, бо іншої не було, то перед тим ковтали жменьку вугілля, узятого з багаття (невеликий запас його завжди мав із собою пластун). За *Анатолієм Пастернаком*.

**Адсорбційні явища, поширені в живій і неживій природі.** Водні й газові розчини органічних і неорганічних речовин проходять крізь товщі гірських порід і ґрунти – величезні природні *адсорбційні колонії*. Легенева тканина адсорбує кисень, який транспортується в організмі за участю гемоглобіну крові. Обмін речовин і енергії також відбувається внаслідок здатності поверхні біологічних мембран адсорбувати (поглинати) і десорбувати (вивільняти) речовини. Відчуття запаху та смаку теж пов'язані з адсорбцією.

Щоб глибше осягнути суть *явища адсорбції*, виконайте лабораторний дослід з використанням активованого вугілля (рис. 18.3), силікагелю та інших відомих вам з повсякденного життя речовин.



Рис. 18.3. Активоване вугілля.

1. Таблетки активованого вугілля використовують у медицині для зменшення інтоксикації організму під час отруєнь та шлунково-кишкових розладів. 2. Технічне активоване вугілля застосовують для очищення води, цукру тощо



### Лабораторний дослід 2.

#### Дослідження адсорбційної здатності активованого вугілля та аналогічних лікарських засобів

*Пригадайте та неухильно виконуйте*

### ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ



**Обладнання:** штатив з пробірками, піпетки, скляні палички.

**Реактиви:** блідий розчин барвника, активоване вугілля та інші адсорбенти.

**Завдання.** Порівняйте адсорбційну здатність виданих вам сорбентів.

Для цього покладіть у пробірку потовчене активоване вугілля, налийте розчин барвника, закоркуйте й ретельно струшуйте до появи змін. Те

саме проробить з іншим сорбентом. *Опишіть спостереження та сформулюйте висновок.*

**Адсорбцію газуватих речовин свіжопрожареним деревним вугіллям** одночасно (1777) відкрили Карл Шеєле (рис. 18.4) і Фонтана Феліче (рис. 18.5). Відтоді активоване вугілля почали широко застосовувати в традиційній медицині. Згодом було з'ясовано, що обсяг поглинутого газу залежить від його природи та типу активованого вугілля. У 1875 році російський хімік Товій Ловіц відкрив явище *адсорбції вугіллям у рідкому середовищі*, докладно дослідив його та запропонував використовувати деревне вугілля для ефективного очищення води, лікарських препаратів, спирту, вина, різноманітних органічних сполук тощо.



Рис. 18.4. Шеєле Карл Вільгельм (1742–1786). Шведський хімік і фармацевт. Член Королівської шведської АН. Хімію вивчав самотужки. Уперше добув багато неорганічних і органічних речовин. Відкрив хімічні елементи Оксиген, Хлор, Флуор, Барій, Молібден, Вольфрам. Розробив спосіб добування фосфору з кісток. Прибічник теорії флогістону. 1777 р. виявив здатність свіжопрожареного деревного вугілля поглинати газу



Рис. 18.5. Феліче Фонтана (1730–1805) – італійський хімік і натураліст. Професор Пізанського університету, директор природничо-історичного музею у Флоренції. У 1774 р. визначив уміст кисню в атмосферному повітрі. 1777 р. відкрив (одночасно з К. Шеєле) здатність свіжопрожареного деревного вугілля поглинати газу. У 1782 р. виявив утворення горючого газу (суміш водню і чадного газу) унаслідок пропускання водяної пари над розжареним вугіллям

### Цікаво і пізнавально

Деревне вугілля добувають нагріванням деревини без доступу повітря. Завдяки пористій поверхні (площа поверхні вугілля масою 1 г становить 400–800 м<sup>2</sup>) воно добре поглинає газу та розчинені речовини. Задля збільшення поглинальної здатності деревне вугілля обробляють гарячою водяною парою. Таке вугілля називають активованим.

Адсорбцію бойових отруйних речовин з повітря використав М.Д. Зелінський (рис. 18.6, 1), створивши під час Першої світової війни вугільний протигаз).

**Адсорбція – основа численних промислових операцій і наукових досліджень.** Чимало процесів очищення, виокремлення та розділення речовин, каталізу, техніки напівпровідників, медицини, будівництва, оборонної галузі, криміналістики, захисту довкілля ґрунтуються на використанні цього явища. Тобто застосування адсорбції в новітніх і традиційних технологіях слугує задоволенню потреб людини в духовних і матеріальних цінностях, збереженню здоров'я тощо.



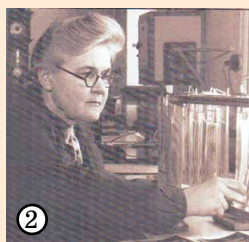
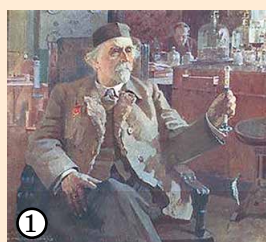


Рис. 18.6. 1. Зелінський Микола Дмитрович (1861–1953) – видатний хімік-органік, уродженець м. Тирасполя. Фундатор наукової школи, академік РАН, один з основоположників органічного каталізу та нафтохімії. Створив вугільний протигаз. Лауреат багатьох державних премій. 2. У дослідженнях М.Д. Зелінського брала участь Лідія Карлівна Лієпіна (1891–1985) – одна з перших жінок, які здобули докторський ступінь з хімії в СРСР, академікня АН Латвії. 3. Розалінд Франклін (1920–1958) – англійська біофізикіня й учена-рентгенографіня, вивчала пористу структуру вугілля. Пізніше це дослідження виявилось цінним для виготовлення сучасних протигазів. Її наукові здобутки сприяли зародженню ідеї про високоміцне вуглецеве волокно. До сліджувала структуру ДНК



<https://www.youtube.com/watch?v=BAfoMXruUHA>  
<https://www.youtube.com/watch?v=djIzXvwIz5U>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Адсорбція – явище поглинання речовини з газуватого середовища чи розчину поверхневим шаром рідини або твердого тіла.
- Активоване вугілля та силікагель – сорбенти.
- Адсорбційні явища поширені в живій і неживій природі.
- На адсорбції активованим вугіллям отруйних речовин з повітря ґрунтується дія протигазу.
- Адсорбція – основа численних промислових операцій і наукових досліджень.



## Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



## Застосуйте свої знання й уміння

2. У холодильнику виник неприємний запах. Дорослі порадили дітям не витратити гроші на купівлю спеціального поглинача запахів, а помістити всередину холодильної камери кілька посудин з активованим вугіллям або шматочками хлібного м'якуша. *Оцініть* слушність запропонованого способу. Відповідь *арґументуйте*. 3. Силікагель – ефективний сорбент рідин і газів. *Запропонуйте* якомога більше способів використання силікагелю в різноманітних побутових ситуаціях. 4. Кобальт(II) хлорид утворює кристалогідрати складу  $\text{CoCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , де  $n = 1, 2, 4, 5, 6$ , колір яких залежить від умісту води. *Поясніть*: а) для чого до деяких силікагелей додають синьо-фіолетовий кобальт(II) хлорид моногідрат; б) як можна регенерувати такий силікагель після вичерпання його адсорбційної здатності; в) чому тривале вживання адсорбентів



усередину може призвести до зниження імунітету та розладу обміну речовин в організмі. 5. Шматочок активованого вугілля об'ємом  $1 \text{ см}^3$  може поглинути амоніак об'ємом (н. у.) у 180 разів більший за об'єм адсорбенту. *Обчисліть* масу технічного амонію хлориду, масова частка домішок натрій хлориду у якому становить 5 %, необхідного для добування амоніаку, який може поглинути шматок активованого вугілля об'ємом  $10 \text{ см}^3$ . 6. Висока адсорбційна здатність волосся зумовлена його пористою структурою та чималою площею активної поверхні. Виявлено, що людське волосся масою 7,5 г може поглинути нафту об'ємом близько 10 мл. З огляду на те, що маса нафтового забруднення Світового океану щорічно становить 10 млн т, *обчисліть* масу волосся, потрібного для повного очищення Світового океану від нафти. *Обчисліть*, чи вистачить для цього волосся населення Землі, якщо за рік у середньому його маса, зістрижена в перукарні з однієї особи, становить 100 г.



### Творча майстерня

7. Підготуйте презентацію «Як я та люди навколо мене використовують адсорбенти». 8. Дослідіть адсорбційні властивості крейди, активованого вугілля, кукурудзяних чи вівсяних пластівців, наповнювача для котячого туалету, використавши водні розчини чорнила, харчових барвників, одеколон тощо. *Порівняйте* адсорбційну здатність різних адсорбентів.

## § 19. Окисні та відновні властивості неметалів

*Після опрацювання цього параграфу ви зможете:*

- **складати** рівняння, що підтверджують окисні властивості неметалів у реакціях з воднем і металами та відновні властивості водню, вуглецю, силіцію в реакціях з оксидами металічних елементів.

**Загальні хімічні властивості неметалів** зумовлені особливостями будови атомів неметалічних елементів (*схарактеризуйте їх*).



*Заповніть* прогалини в наведеному тексті. «Унаслідок цього всі прості речовини неметалічних елементів (окрім ...) можуть виявляти окиснювальні властивості. Найсильнішим окисником поміж них є ... – адже атоми ... не здатні віддавати електрони атомам інших хімічних елементів. Електронегативність ... менша за електронегативність Флуору, але більша, ніж в інших неметалічних елементів. Тому в реакціях з неметалами кисень – ... . Решта неметалів може виявляти в хімічних реакціях як окисні, так і ... властивості».

**Взаємодія з киснем** – реакція, властива всім неметалам, за винятком інертних газів і галогенів. Розгляньмо докладніше окиснення фосфору, азоту, сірки, вуглецю та силіцію.



*Складіть* термохімічні рівняння реакцій, про які йтиметься далі. *Розгляньте* їх з погляду окиснення-відновлення та класифікуйте за відомими вам ознаками.

*Який із цих неметалів найактивніше реагує з киснем?* Пригадайте, білий фосфор  $P_4$  зберігають під шаром води, щоби запобігти його повільному окисненню. Червоний фосфор окиснюється киснем повітря значно важче й повільніше за білий. Продукти окиснення червоного фосфору гігроскопічні, тому внаслідок зберігання в негерметичній тарі він «відсіріває». Температура займання білого фосфору становить близько  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , тож він може спалахнути від необережного натискання чи тертя. Червоний фосфор спалахує за значно вищої температури. Продуктами окиснення обох алотропних модифікацій Фосфору є оксиди цього елемента. За надлишку кисню утворюється фосфор(V) оксид (рис. 19.1).

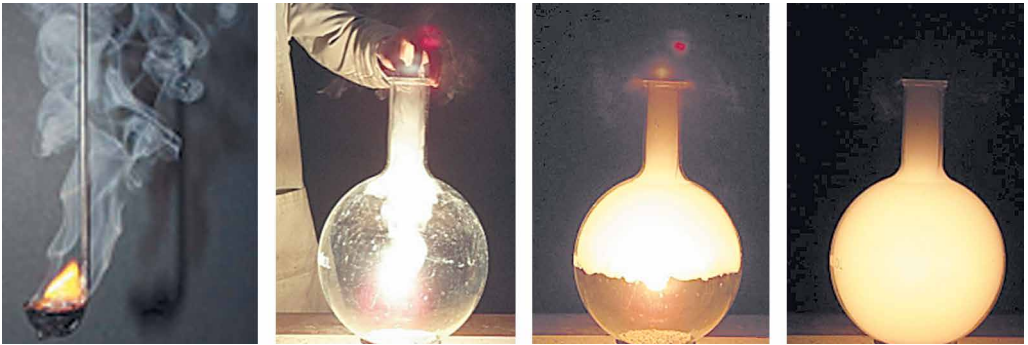


Рис. 19.1. Горіння фосфору супроводжується виділенням теплової та світлової енергії, утворенням густого білого диму фосфор(V) оксиду

За нестачі кисню продуктом окиснення фосфору є фосфор(III) оксид.

Сліпучо-біле полум'я та густий білий дим, які виникають під час згоряння фосфору, зумовили його застосування військовими для створення димових завіс та в запалювальних бомбах. Наразі застосування фосфорних снарядів заборонено міжнародним законодавством.

Хоча Нітроген належить до тієї самої підгрупи, що й Фосфор, реакція азоту з киснем відбувається лише за температури понад  $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$  або в електричному розряді, наприклад під час грози. Продуктом цієї ендотермічної реакції є нітроген(II) оксид. Це зумовлено потрійним зв'язком між атомами Нітрогену в молекулі азоту, для руйнування якого потрібно багато енергії.

Натомість реакція сірки з киснем екзотермічна, хоча й потребує попереднього нагрівання до температури близько  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Розплавлена сірка займається та горить на повітрі майже непомітним блідо-блакитним полум'ям. У кисні горіння сірки пришвидшується, полум'я набуває сліпучо-фіолетового кольору (рис. 19.2).

Продукт реакції горіння сірки – сульфур(IV) оксид – безбарвний, з різким задушливим запахом, так званий сірчистий газ.

Сірка – складник димного пороху, який і в наш час використовують у феєрверках. Також цей неметал – компонент різноманітних запалювальних сумішей. Разом із сіркою в димному поросі є деревне вугілля. Температура його займання вища, ніж у сірки. Горіння без полум'я – характерна ознака горіння вуглецю. За нестачі кисню продуктом згоряння є дуже небезпечний

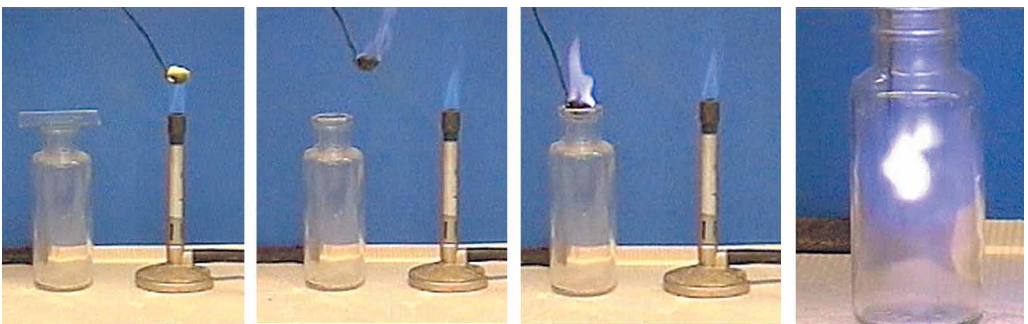


Рис. 19.2. Горіння сірки на повітрі і в посудині з киснем

чадний газ–карбон(II) оксид. Унаслідок повного окиснення вуглецю утворюється карбон(IV) оксид – вуглекислий газ. Зауважмо, що алмаз і графіт згорають лише в чистому кисні за температури близько 700 °С.

Силіцій реагує з киснем лише за нагрівання до температури 400–500 °С, продукт реакції – силіцій (IV) оксид.

Виконавши поставлене перед вами завдання, ви пересвідчилися, що *вуглець, силіцій, азот, фосфор та сірка в реакціях з киснем є ...* Продуктами цих реакцій є оксиди: одні з них кислотні (*які саме?*), інші – несолеутворні (*які саме?*). Докладніше про хімічний характер оксидів неметалічних елементів йтиметься в § 21.

**Реакція з воднем** можлива не для всіх неметалів. Які саме неметали реагують з ним? Розгляньмо це питання докладніше.



*Складіть термохімічні рівняння реакцій, про які йтиметься далі. Розгляньте їх з погляду окиснення-відновлення та класифікуйте за відомими вам ознаками.*

Взаємодію водню з киснем ви вже вивчали. Тож обізнані з практичним значенням водню як екологічно чистого палива та небезпекою вибуху так званої гримучої суміші.

За звичайних умов водень реагує лише з фтором з утворенням гідроген флуориду. Ця реакція відбувається дуже швидко, її перебіг супроводжується вибухом. Реакції водню з іншими галогенами можливі лише за певних умов. Наприклад, водень миттєво реагує з хлором під дією УФ-випромінювання. Значно повільніше відбуваються реакції з бромом та йодом, їхній перебіг можливий лише за нагрівання.

Нагрівання також є умовою взаємодії водню із сіркою. Продуктом екзотермічної реакції є летка сполука Сульфуру з Гідроеном – сірководень. Екзотермічна реакція водню з азотом потребує не лише нагрівання, а й застосування каталізатора та високого тиску. Адже без цих умов швидкість її буде дуже малою (*пояснить чому*). Натомість екзотермічна каталітична реакція водню з вуглецем становить лише теоретичний інтерес (*пояснить чому*). Силіцій і фосфор з воднем майже не взаємодіють.

Виконавши поставлене перед вами завдання, ви пересвідчилися, що *неметали в реакціях з воднем є ...* Докладніше про бінарні сполуки неметалічних елементів з Гідроеном ви дізнаєтеся з наступного параграфа.

**Взаємодія з металами** – характерна властивість багатьох неметалів. Саме в цих реакціях вони найяскравіше виявляють себе як *окисники*. Залежно від хімічної активності реагентів реакції неметалів з металами відбуваються за різних умов та різною швидкістю, супроводжуються різноманітними зовнішніми ефектами.



*Складіть термохімічні рівняння реакцій, про які йтиметься далі. Розгляньте їх з погляду окиснення-відновлення та класифікуйте за відомими вам ознаками.*

Наприклад, реакція сірки із цинком відбувається дуже швидко, супроводжується виділенням теплової та світлової енергії, хоча й потребує попереднього нагрівання. Якщо змішати тонко подрібнені сірку та цинк, а потім торкнутися суміші розпеченим сталевим шпателем, спалахне полум'я, утвориться густий білий дим (рис. 19.3) цинк сульфід.

Азот – малоактивний неметал, тому за стандартних умов без нагрівання реагує лише з літєм. Його взаємодія з іншими металами відбувається за підвищеної температури. Окисні властивості кисню та хлору сильніші



Рис. 19.3. Реакція сірки із цинком

порівняно із сіркою, тому продукт нагрівання міді в кисні (рис. 19.4) – купрум(II) оксид, а продукт окиснення міді паром сірки – купрум(I) сульфід.

Аналогічно продукт спалювання заліза в хлорі – ферум(III) хлорид, а продукт його взаємодії із сіркою – ферум(II) сульфід.

*Зверніть увагу* на назви бінарних сполук – продуктів реакцій неметалів з воднем і металами. Сполуки Оксигену – оксиди, Сульфуру – сульфіди, Хлору – хлориди, Флуору – флуориди. Сполуки Карбону називають карбідами, Фосфору – фосфідами, Силіцію – силіцидами. Виконавши поставлене перед вами завдання, ви пересвідчилися, що *неметали в реакціях з металами є ...*

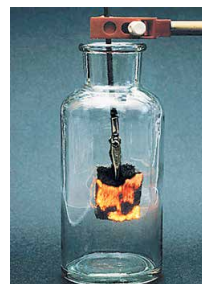


Рис. 19.4. Окиснення міді в атмосфері кисню

**У реакціях з оксидами металічних елементів** деякі неметали також виявляють відновні властивості. Ідеться про водень, вуглець, силіцій тощо. Продуктами цих реакцій є відповідний метал і вищий оксид неметалічного елемента.

**?** *Перетворіть* на хімічні рівняння схеми реакцій: а) вольфрам(VI) оксиду з воднем; б) купрум(II) оксиду з вуглецем; в) купрум(II) оксиду з воднем; г) магній оксиду із силіцієм. *Розгляньте* ці реакції з погляду окиснення-відновлення й *класифікуйте* за відомими вам ознаками.



[https://www.youtube.com/watch?v=\\_7Om-pHYaDU](https://www.youtube.com/watch?v=_7Om-pHYaDU)  
<https://www.youtube.com/watch?v=Rlet3pHelrs>  
<https://www.youtube.com/watch?v=AppyhWb06b8>  
[https://www.youtube.com/watch?v=o\\_x-GoEmBs](https://www.youtube.com/watch?v=o_x-GoEmBs)

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Загальні хімічні властивості неметалів зумовлені особливостями будови атомів неметалічних елементів: невеликими атомними радіусами, наявністю на зовнішньому енергетичному рівні здебільшого від чотирьох до семи електронів.
- У реакціях з киснем неметали виявляють відновні властивості.
- У реакціях з металами та воднем неметали – окисники.
- Водень, вуглець, силіцій у реакціях з оксидами металічних елементів виявляють відновні властивості.



Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Поміркуйте й висловіть* припущення, чому сірка, на відміну від водню, вуглецю та силіцію, не відновлює метали з оксидів металічних елементів. 3. *Обчисліть* об'єм ( $\text{м}^3$ ) (н. у.) сульфур(IV) оксиду, який утвориться внаслідок спалювання на ТЕЦ вугілля масою 1 т, масова частка сірки в якому становить 1,6 %. 4. *Обчисліть*: а) масу (г) продукту реакції, для проведення якої було взято залізо масою 5,6 г і хлор об'ємом 2,24 л (н. у.); б) відносний вихід (%) реакції синтезу амоніаку, якщо з азоту об'ємом 2000  $\text{м}^3$  було добуто амоніак об'ємом 1500  $\text{м}^3$  (об'єми газів виміряно за однакових умов); в) масу (г) нітроген(II) оксиду, який утвориться внаслідок реакції між азотом масою 560 г і киснем такої самої маси, якщо вихід продукту реакції становить 5 % від теоретичного.



### Творча майстерня

5. *З'ясуйте*, як використовують реакції: а) горіння сірки, фосфору, вуглецю в побу-ті; б) оксидів металічних елементів з воднем, вуглецем, силіцієм на виробництві. *Створіть* інфографіку за результатами дослідження.

## § 20. Сполуки неметалічних елементів з Гідрогеном. Особливості водних розчинів цих сполук, їхнє застосування

*Після опрацювання цього параграфу ви зможете:*

- **наводити** приклади сполук неметалічних елементів з Гідрогеном;
- **складати** рівняння реакцій, які характеризують особливості водних розчинів гідроген хлориду, гідроген сульфїду, амоніаку та **обґрунтовувати** ними практичне значення сполук неметалічних елементів з Гідрогеном;
- **порівнювати** особливості водних розчинів гідроген хлориду, гідроген сульфїду, амоніаку.

**Сполуки неметалічних елементів з Гідрогеном** – молекулярні речовини з ковалентними зв'язками різного ступеня полярності. Їхні хімічні формули та назви наведено в таблиці 20.1.<sup>1</sup>

Таблиця 20.1. Формули та назви найпростіших бінарних сполук неметалічних елементів з Гідрогеном<sup>2</sup>

Період	Група				
	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
2	* $\text{B}_2\text{H}_6$ <sup>1</sup> диборан	$\text{CH}_4$ метан	$\text{NH}_3$ <b>амоніак</b>	$\text{H}_2\text{O}$ <b>вода</b>	$\text{HF}$ гідроген флуорид фтороводень
3		$\text{SiH}_4$ силан	$\text{PH}_3$ фосфін	$\text{H}_2\text{S}$ гідроген сульфід сірководень	$\text{HCl}$ гідроген хлорид хлороводень
4			$\text{AsH}_3$ арсин	$\text{H}_2\text{Se}$ гідроген селенід селеноводень	$\text{HBr}$ гідроген бромід бромоводень
5				$\text{H}_2\text{Te}$ гідроген телурид телуроводень	$\text{HI}$ гідроген йодид йодоводень

<sup>1</sup> Найпростішої сполуки Бору  $\text{BH}_3$  не виявлено.

<sup>2</sup> Жирним шрифтом виокремлено ті назви та хімічні формули, які потрібно запам'ятати.



Зіставивши кількісний склад найпростіших сполук з Гідрогеном елементів IVA–VIA груп, нескладно виявити таку закономірність: кількість атомів Гідрогену навколо атома неметалічного елемента дорівнює різниці між числом 8 і номером групи періодичної системи. Причину цього потрібно шукати в будові атомів цих елементів.



*Поясніть* утворення ковалентних зв'язків у летких сполуках Нітрогену, Сульфуру та Хлору з Гідрогеном. *Запишіть* електронні формули їхніх молекул.

**Як впливає електронна та просторова будова молекул неметалічних елементів з Гідрогеном на фізичні властивості цих сполук?** Потрібною умовою виникнення водневих зв'язків є достатня полярність валентних зв'язків атомів Гідрогену в молекулах.



1. За рисунком 4.8 *порівняйте* значення електронегативності Гідрогену, Нітрогену, Сульфуру та Хлору, а за рисунком 5.4 – радіуси їхніх атомів. Проаналізувавши просторову будову молекул амоніаку, гідроген сульфіді та гідроген хлориду (рис. 20.1), *зробіть висновок*, чи полярні молекули цих речовин. *Поясніть* чому. За потреби *скористайтеся* інформацією, наведеною в параграфі 6. У молекулі якої із цих речовин зв'язки найменш полярні?

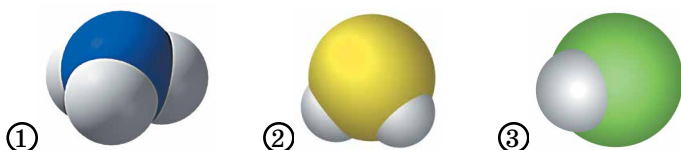


Рис. 20.1. Моделі молекул амоніаку (1), гідроген сульфіді (2) та гідроген хлориду (3)

2. Проаналізуйте графіки залежності температур кипіння летких сполук хімічних елементів з Гідрогеном, зображені на рисунку 6.4. Використавши результати виконання попереднього завдання, *висловіть* припущення, між молекулами якої з речовин – амоніаку, гідроген сульфіді чи гідроген хлориду – є водневі зв'язки. *Обґрунтуйте* свою думку. *Визначте* за цими графіками, у якому агрегатному стані перебувають амоніак, гідроген сульфід, гідроген хлорид за звичайних умов.

За  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  та тиску  $10^5\text{ Па}$  розчинність у воді амоніаку становить  $899\text{ г/л}$ , гідроген хлориду –  $823\text{ г/л}$ , а розчинність гідроген сульфіді мізерно мала. *Про що це може свідчити?* Зокрема, про те, що полярність хімічних зв'язків у молекулах гідроген сульфіді недостатня для утворення водневих зв'язків між ними та молекулами води. Натомість дуже висока розчинність амоніаку та гідроген хлориду у воді свідчить про взаємодію між молекулами цих речовин з молекулами води.

Щоб переконатися в тому, що амоніак добре розчиняється у воді, виконаємо простий, але ефектний дослід. Суху пробірку із цим газом щільно закоркуємо гумовою пробкою, крізь яку проходить голка шприца. Наберемо в шприц воду, до якої попередньо добавимо кілька крапель спиртового розчину фенолфталеїну (рис. 20.2.А). Під'єднаємо шприц до голки та злегка посунемо поршень, щоб витиснути краплю розчину. Цього досить, аби частина амоніаку миттєво розчинилася і в пробірці виник вакуум. Тож далі поршень шприца рухатиметься самоходом (рис. 20.2.Б), утвориться фонтанчик рідини малинового кольору, яка швидко заповнить усю пробірку (рис. 20.2.В, Г).

Зміна кольору фенолфталеїну свідчить, що розчинення амоніаку супроводжується появою в розчині гідроксид-іонів. Звідки вони там виникли, ви дізналися, опрацювавши параграф 4.

Такий самий дослід можна провести й з гідроген хлоридом, використавши не фенолфталеїн (*поясніть чому*), а розчин універсального індика-



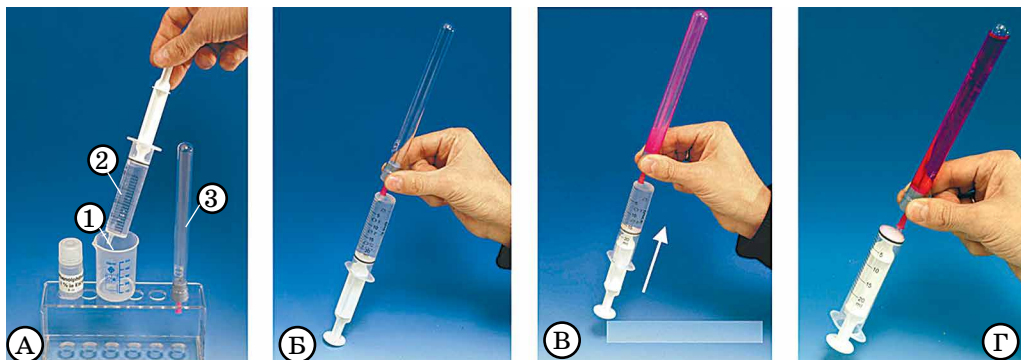


Рис. 20.2. А. Спиртовий розчин фенолфталеїну (1). Шприц, наповнений водою з індикатором (2). Заповнена амоніаком пробірка, закоркована пробкою з голкою від шприца (3). Б. Досить краплини води, аби значна частина амоніаку розчинилася й у пробірці утворився вакуум. В. «Природа не терпить порожнечі», тож рідина всмоктується в пробірку, а поршень шприца рухається самоходом. Г. Яке середовище водного розчину амоніаку?

тора. Зміна його кольору (на який саме?) свідчатиме про появу катіонів Гідрогену в розчині гідроген хлориду. Адже внаслідок взаємодії молекул гідроген хлориду з молекулами води відбувається його електролітична дисоціація. Хлоридна кислота – водний розчин гідроген хлориду – є сильною кислотою. Натомість гідроген сульфід дисоціює в незначному ступені, сульфідна кислота є слабкою.



Складіть рівняння: а) реакції амоніаку з водою; б) електролітичної дисоціації гідроген хлориду; в) першої стадії електролітичної дисоціації гідроген сульфіду; г) реакції амоніаку з гідроген хлоридом; д) реакції амоніаку з гідроген хлоридом у водному розчині в повній та скороченій йонних формах; е) реакції хлоридної кислоти з магнієм, купрум(II) оксидом, калій гідроксидом, цинк гідроксидом, натрій карбонатом, аргентум(I) нітратом; є) сульфідної кислоти з натрій гідроксидом (з утворенням кислоти та середньої солей) та плюмбум(II) нітратом.

### Цікаво і пізнавально

Сірководень – безбарвний, дуже отруйний горючий газ з характерним неприємним запахом тухлих яєць. Запах відчувається за дуже низького вмісту (0,00047 частинок на мільйон) та пригнічує нюх. Цей газ утворюється в результаті вулканічної активності, є складником природного газу й деяких вод. Людське тіло виробляє невелику кількість його як сигнальної молекули.

**Застосування гідроген хлориду, гідроген сульфіду, амоніаку** зумовлено їхніми фізичними та хімічними властивостями. У повсякденному житті трапляється чимало хімічних реакцій за участі хлоридної кислоти. Вона – складник шлункового соку, який сприяє денатурації та набряканню білків, подальшому перетравлюванню їжі. Аби нейтралізувати надмірну кислотність шлункового соку, використовують різноманітні антацидні препарати, які здебільшого містять карбонати Кальцію, Магнію, гідроксиди Магнію та Алюмінію.

Для очищення від шару оксидів поверхню металів обробляють хлоридною кислотою. Реакцію між хлоридною кислотою та карбонатами Кальцію та Магнію геологи використовують для експрес-виявлення карбонатіонів у складі мінералів. Сантехніки застосовують хлоридну кислоту для



Рис. 20.3. Водний розчин амоніаку має бути в кожній аптечці!

видалення накипу – карбонатів Кальцію та Магнію під час промивання системи парового опалення.

Гідроген хлорид використовують в органічному синтезі для добування хлорорганічних сполук, а хлоридну кислоту – у хімічних лабораторіях та промисловості, зокрема для добування хлоридів. Потрібно зважати на те, що перевищення гранично припустимого вмісту гідроген хлориду в повітрі спричиняє катарит верхніх дихальних шляхів, руйнування зубів, виразки на слизовій носовій порожнині. Дія хлороводню на слизові оболонки та шкіру призводить до важких хімічних опіків і порушень дихання.

Викиди гідроген хлориду шкодять живій природі, сприяють руйнуванню металевих конструкцій, архітектурних споруд і пам'ятників.

Усім відомий нашатирний спирт – водний розчин амоніаку (рис. 20.3) – з давніх-давен використовували як *слабкий луг* під час оброблення та фарбування вовни. Сучасні виробництва нейлону й капрону, очищення й фарбування бавовни, вовни та шовку також потребують значних обсягів амоніаку. *Рідкий амоніак застосовують як добриво* (рис. 20.4).

*Здатність амоніаку реагувати з кислотами* використовують для виробництва нітрогеновмісних добрив – амоній нітрату, амоній сульфату, сечовини (карбаміду) тощо. У нафтохімічній промисловості *амоніаком нейтралізують кислоти відходи виробництва*.

Під час випаровування рідкого амоніаку поглинається багато теплової енергії, потрібної для руйнування водневих зв'язків між його молекулами, тому амоніак сильно охолоджується. Тож його використовують як *холодагент у холодильних установках*.

У медицині *водний розчин амоніаку – засіб для надання першої допомоги в разі заморозчення*. Адже в малих дозах пара амоніаку стимулює дихальний центр. Важливо пам'ятати, що підвищений уміст амоніаку в повітрі призводить до хронічних отруєнь організму. Поміж наслідків впливу великих доз амоніаку – сильне подразнення слизових оболонок, хімічні опіки, рефлекторне зупинення дихання тощо. Каталітичне окиснення амоніаку використовують у *промисловому виробництві нітратної кислоти*.

Гідроген сульфід – дуже токсична сполука, що обмежує його застосування. В аналітичній хімії його та сульфідну кислоту використовують



Рис. 20.4. Внесення в ґрунт рідкого амоніаку

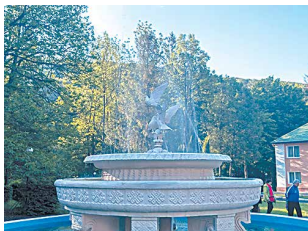


Рис. 20.5. Головним лікувальним чинником курорту «Синяк» (Закарпаття) є Синяцька сірководнева вода, синюватий відтінок якої й зумовив назву санаторію

для осадження важких металів, сульфідів яких малорозчинні. У медицині – у складі природних і штучних сірководневих ванн, а також деяких мінеральних вод (рис. 20.5). Також його застосовують для добування сульфатної кислоти, сірки, сульфідів.



<https://www.youtube.com/watch?v=X1BktOPsc7g>  
<https://www.youtube.com/watch?v=ttF0atEChG8>  
<https://www.youtube.com/watch?v=bynVpcajzIM>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Сполуки неметалічних елементів з Гідрогеном – молекулярні речовини з ковалентними полярними зв'язками.
- У найпростіших бінарних сполуках кількість атомів Гідрогену навколо атома неметалічного елемента дорівнює різниці між числом 8 і номером групи періодичної системи.
- Амоніак і гідроген хлорид добре розчиняються у воді, а гідрогенсульфід – малорозчинна кислота.
- У водному розчині амоніаку лужне середовище, водний розчин гідроген сульфід у – слабка сульфідна кислота, водний розчин гідроген хлориду – сильна хлоридна кислота.
- Бінарні сполуки неметалічних елементів з Гідрогеном мають неабияке практичне значення.



## Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



## Застосуйте свої знання й уміння

2. *Поясніть*, чому: а) амоніак збирають витісненням повітря в суху пробірку, розташовану отвором вниз, а гідроген хлорид – у суху пробірку, розташовану отвором догори; б) одним із заходів долікарської допомоги ураженому парою амоніаку є інгаляція слабким розчином лимонної або оцтової кислоти; в) коли людину вкусила мурашка, слід прикласти до місця укусу ватку, змочену водою, до якої додано трохи нашатирного спирту. 3. Для нейтралізації витоків гідроген хлориду рятувальники використовують водні розчини натрій гідроксиду, натрій карбонату, кальцій гідроксиду з масовою часткою розчиненої речовини 5 %. Який з розчинів (за однакової маси їх) нейтралізує найбільше гідроген хлориду? Відповідь *обґрунтуйте*. 4. Для нейтралізації витоків амоніаку використовують водний розчин з масовою часткою хлоридної кислоти 10 %. Який об'єм ( $m^3$ ) амоніаку (н. у.) можна нейтралізувати таким розчином масою 100 кг? 5. *Висловіть* припущення, чому: а) унаслідок пропускання сірководню крізь кров вона набуває брудного чорно-зеленого кольору; б) у разі отруєння гідроген сульфідом рекомендовано промивати носоглотку водним розчином харчової соди (натрій гідрогенкарбонату); в) здатність сірководню пригнічувати нюх робить цю речовину особливо небезпечною? 6. *Спрогнозуйте* характер середовища у водних розчинах: а) амоній хлориду; б) амоній сульфід у; в) калій хлориду; г) натрій сульфід у. *Підтвердьте* свої міркування рівняннями гідролізу солей.



## Творча майстерня

7. На прикладах бінарних сполук неметалічних елементів з Гідрогеном *поясніть*, як розрахувати суму збору за забруднення навколишнього середовища. 8. *Уявіть*, що вам доручено написати до шкільної газети інформаційну замітку про практичне значення бінарних сполук неметалічних елементів з Гідрогеном. *Випробуйте* себе в ролі журналіста чи журналістки й *зробіть* це.

## § 21. Оксиди неметалічних елементів, їхній уміст в атмосфері. Кислотні дощі

**Після опрацювання цього параграфу ви зможете:**

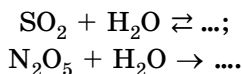
- **називати** кислотні оксиди за систематичною номенклатурою;
- **складати** рівняння реакцій, які характеризують хімічні властивості та добування кислотних оксидів;
- **пояснювати** антропогенні й природні причини появи в атмосфері оксидів неметалічних елементів;
- **висловлювати судження** щодо екологічних наслідків викидів в атмосферу оксидів Карбону, Нітрогену, Сульфуру; кислотних дощів.

**Оксиди неметалічних елементів** досить добре відомі вам з повсякденного життя. Гідроген оксид – головний складник нашого організму. Карбон(IV) оксид – продукт газообміну в легенях людини й сировина для фотосинтезу глюкози й крохмалю рослинами. Карбон(II) оксид – надзвичайно небезпечна сполука, унаслідок отруєння якою під час пожеж гинуть люди. Різкий характерний запах сульфур(IV) оксиду відчували ті, хто запалював сірника. І чи не кожний чи кожна з вас загоряли на пляжах, устелених безліччю дрібних кристаликів силіцій(IV) оксиду.

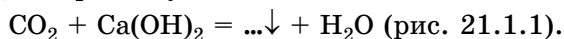


Запишіть хімічні формули оксидів, назви яких наведено в попередньому абзаці. Зазначте ступені окиснення хімічних елементів у них.

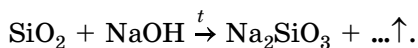
Здебільшого неметалічні елементи утворюють по декілька оксидів (наведіть кілька прикладів). Продуктами реакцій багатьох оксидів неметалічних елементів з водою є кислоти (доповніть наведені далі схеми хімічних реакцій):



Ви, напевно, звернули увагу, що елемент E кислотного оксиду  $\text{E}_x\text{O}_y$  під час утворення кислоти переходить до складу аніона. Те саме відбувається й під час утворення солей у реакціях з лугами, основними оксидами та деякими солями. Так, під дією карбон(IV) оксиду вапняна вода – прозорий насичений розчин кальцій гідроксиду – стає каламутною внаслідок утворення кальцій карбонату:



Сплавлянням кварцового піску з лугом можна добути натрій силікат – так зване розчинне скло (рис. 21.1.2):



①



②



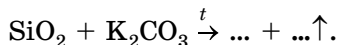
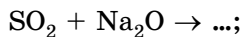
Рис. 21.1. 1. Пропускання карбон(IV) оксиду крізь вапняну воду.

2. Розчинне скло – водний розчин продукту сплавляння силіцій(IV) оксиду з натрій гідроксидом

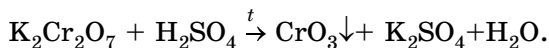
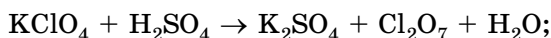
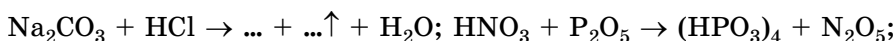
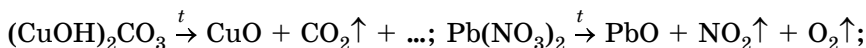
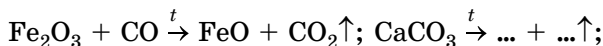
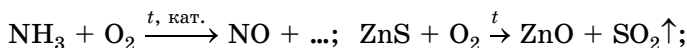


Класифікуйте ці реакції за кількістю реагентів і продуктів, перетворіть схему реакції силіцій(IV) оксиду з натрій гідроксидом на хімічне рівняння. Наведіть ще кілька прикладів на підтвердження зазначеного вище.

Кислотні оксиди реагують з основними оксидами, а нелеткі кислотні оксиди під час сплавлення витісняють із солей леткі оксиди (перетворіть наведені далі схеми реакцій на хімічні рівняння):

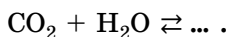


**Способи добування кислотних оксидів** вам також відомі, ви самостійно зможете їх схарактеризувати (зробіть це), проаналізувавши наведені далі схеми хімічних реакцій, перетворивши їх на хімічні рівняння та класифікувавши за кількістю реагентів і продуктів та з погляду окиснення-відновлення<sup>1</sup>:



Які з наведених схем реакцій описують загальні методи добування кислотних оксидів, а які – особливі? Які з них, на вашу думку, наведено лише для ознайомлення та застосування вже сформованих умінь?

**Кислотні опади** – одна з нагальних екологічних проблем сьогодення – утворюються внаслідок *гідратації кислотних оксидів*, які містяться в повітрі. Наприклад, карбон(IV) оксид – один з його складників – розчиняється у воді та взаємодіє з нею під час формування й випадіння дощових крапель:



Продукт цієї реакції – слабка карбонатна кислота – зумовлює слабко-кислу реакцію дощової води. Показник рН чистого дощу, який проходить крізь незабруднене повітря, у момент удару об землю становить 5,6 (порівняйте зі значенням показника рН дистильованої води).

Унаслідок вулканічної діяльності в повітря надходить сульфур(IV) оксид. Під впливом електричних розрядів блискавки з азоту та кисню повітря утворюється нітроген(II) оксид, який окиснюється до нітроген(IV) оксиду (складіть рівняння цих реакцій).

<sup>1</sup> Які саме схеми реакцій опрацювати, вам порадить учитель або вчителька хімії.



### Цікаво і пізнавально

Усі разом вулкани щороку викидають в атмосферу Землі від 20 до 35 млн тонн сульфур(IV) оксиду. Це вдвічі менше від того обсягу, який потрапляє туди внаслідок людської діяльності.

Розкладання органічних решток унаслідок життєдіяльності мікроорганізмів також є джерелом надходження в атмосферу кислотних оксидів Карбону, Сульфуру, Нітрогену. Продукти їхньої гідратації підкислюють опади – дощі, сніги, тумани тощо.

### Цікаво і пізнавально

На кисле середовище дощової води ще 1684 року звернув увагу англійський хімік і фізик Роберт Бойль. Термін «кислотний дощ» виник два століття потому, коли британські науковці зауважили, що забруднення повітря в промислово розвинутій центральній частині країни є причиною істотного підвищення кислотності опадів.

Небезпеку збільшення викидів кислотних оксидів техногенного походження (рис. 21.2) людство збагнуло лише в другій половині минулого століття.

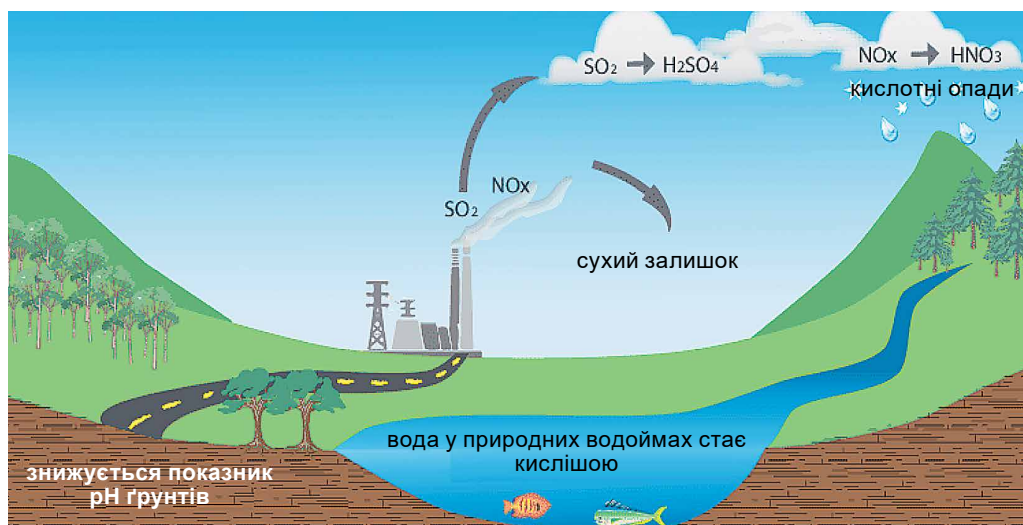


Рис. 21.2. Спалювання вугілля, нафти та нафтопродуктів на теплових електростанціях, у двигунах внутрішнього згорання – джерела техногенного забруднення повітря кислотними оксидами

### Цікаво і пізнавально

За даними Guardian, один великий круїзний лайнер викидає в атмосферу вуглекислого газу стільки само, як 83 тисячі автомобілів, оксидів Нітрогену – як 421 тисяча автомобілів, твердих дрібних частинок – як мільйон автомобілів і діоксиду Сульфуру – як 376 мільйонів автомобілів з двигуном внутрішнього згорання.

Змодельймо утворення кислотного дощу й дослідімо його вплив на об'єкти живої та неживої природи. Дослід виконуватимемо у витяжній шафі (поміркуйте чому). Зріжемо зі свіжого яблука смужку шкірки й покладемо її до порожньої термостійкої колби. Заповнимо ложечку для спалювання речовин на половину її об'єму сіркою. Запалимо сірку, зануримо ложечку в колбу й закриємо, наскільки це можливо, склянною плас-



тинкою отвір посудини. Коли дим заповнить колбу, виймемо ложечку, повністю закриємо отвір колби скляною пластинкою й так само заповни-мо сульфур(IV) оксидом іншу, порожню колбу. Потім загасимо полум'я сірки в склянці з водою.

Через певний час ми побачимо, що шкірка яблука втратила пружність, стала зморшкуватою. Змінився також її колір – він утратив інтенсивність, наче «вицвів». Очевидно, сульфур(IV) оксид «відняв» у яблучної шкірки воду й прореагував з рослинними барвниками, які містилися в її клітинах.



**Зробіть висновок** щодо впливу кислотних оксидів і продуктів їхньої гідратації на рослини.

### Цікаво і пізнавально

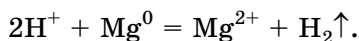
Рослини виявляють різну чутливість до сірчистого газу – сульфур(IV) оксиду. Найчутливішими серед них є ялина та сосна, найменш чутливими – береза та дуб. З-поміж квітів найчутливіша до дії цього кислотного оксиду – троянда.

Добавимо в другу колбу дистильованої води об'ємом 10 мл, закоркуємо її та кілька разів струсимо. Помістимо краплю води зі змішаною бактеріальною культурою на предметне скло під мікроскоп. Піпеткою точнісінько в краплю з бактеріальною культурою добавимо три краплі рідини з колби. Під її впливом бактерії гинуть (*поміркуйте, які ознаки мають свідчити про це*).



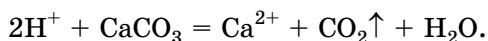
**Зробіть висновок** щодо впливу кислотних дощів на ґрунтові бактерії.

За зміною забарвлення універсального індикаторного папірця (*якого кольору він набуває?*) можна зробити висновок про те, що у водному розчині продукту гідратації сульфур(IV) оксиду є катіони Гідрогену. Наслідком дії цього розчину на шматочок магнієвої стрічки є «розчинення» магнію та виділення бульбашок водню:



**Складіть** два молекулярні рівняння, що відповідають цьому скороченому йонному.

Аналогічні зміни відбуваються з кусочками мармуру, адже продуктами реакції є розчинна у воді сіль і газуватий карбон(IV) оксид:



1. **Складіть** два молекулярні рівняння, що відповідають цьому скороченому йонному. 2. **Роздивіться** рисунок 21.3 і **зробіть висновок** щодо впливу кислотних дощів на рослини та історичні будівлі з мармуру та вапняку.

Звісно, тими ситуаціями, які ми змоделювали в лабораторних умовах, негативний вплив кислотних дощів не вичерпано. Унаслідок цього техногенного лиха підвищується кислотність ґрунтів – вони втрачають родючість, зменшується біологічне різноманіття видів організмів. Наприклад, неприродне підвищення вмісту катіонів Гідрогену у водоймах негативно впливає на здатність риб розмножуватися, призводить до їхньої масової загибелі.

Від кислотних опадів потерпають люди – кислотні оксиди Сульфуру й Нітрогену не лише подразнюють дихальні шляхи, слизові оболонки, руй-

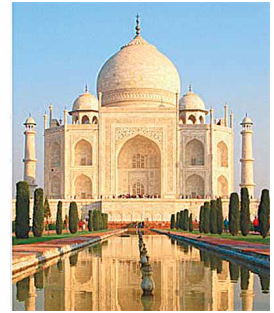
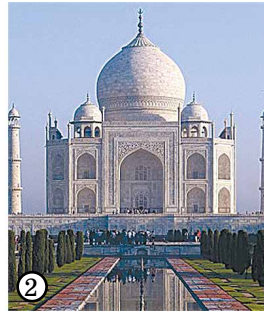
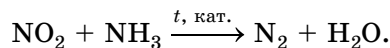
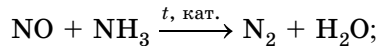


Рис. 21.3. Руйнівна дія кислотних опадів на об'єкти живої та неживої природи. 1. Мертвий ліс у Норвегії. 2. Мармуровий мавзолей-мечеть Тадж-Махал в Індії через кислотні дощі втрачає білосніжність

нують зубну емаль, а й спричиняють хронічне отруєння організму та, як наслідок, зниження імунітету.

Кислотні опади вимивають з гірських порід, ґрунтів, донних покладів катіони Алюмінію, важких металічних елементів, зокрема Меркурію. Унаслідок цього вони стають складниками ланцюгів живлення, що призводить до хронічного, а трапляється, і гострого отруєння організмів.

**Як запобігти утворенню кислотних опадів** і компенсувати наслідки їхньої руйнівної дії? Частково зарадити лиху можна очищенням палива від домішок сульфуровмісних сполук, а продуктів спалювання – від кислотних оксидів. Якщо спалювання здійснювати за нижчих температур, зменшується утворення оксидів Нітрогену. Для очищення від них ефективним є каталітичне відновлення за участю амоніаку<sup>1</sup> (використавши метод електронного балансу, перетворіть наведені далі схеми реакцій на хімічні рівняння):



1. Проаналізуйте склад продуктів двох реакцій, рівняння яких наведено вище, і поясніть, чому цей спосіб видалення домішок оксидів Нітрогену є екологічно чистим. 2. Складіть рівняння реакцій сульфур(IV) оксиду з: а) кальцій оксидом; б) кальцій гідроксидом; в) калій карбонатом.

Перехід на альтернативні екологічно чисті джерела енергії (назвіть їх), використання енергозберігальних технологій на виробництві і в побуті – найефективніші заходи запобігання утворенню кислотних опадів.

### Цікаво і пізнавально

Виявлено, що пліснявий гриб *Stachybotrys chartarum* видаляє від 65 % до 76 % сірки із сирової нафти за 30 °С. Новий процес не потребує використання високої температури та великих витрат енергії <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie800494p>.



Поясніть значення цього відкриття в контексті збалансованого розвитку людства.

<sup>1</sup> Інформацію наведено для ознайомлення та опрацювання, а не для запам'ятовування.



[https://www.youtube.com/watch?v=ynz93H1\\_2as](https://www.youtube.com/watch?v=ynz93H1_2as)  
<https://www.youtube.com/watch?v=1PDjVDlrFec&t=49s>  
<https://www.youtube.com/watch?v=Z5Db5ranTXw>  
[https://www.youtube.com/watch?v=Y6bSKI\\_o0y8](https://www.youtube.com/watch?v=Y6bSKI_o0y8)  
<https://www.youtube.com/watch?v=ccQoS15buQ4>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Алгоритм складання назв оксидів за систематичною номенклатурою:

назва хімічного елемента + його валентність<sup>1</sup> + оксид.

Приклади: карбон(IV) оксид, сульфур(VI) оксид.

- Якщо оксиду неметалічного елемента відповідає кислота – він кислотний, якщо ні – несолетворний.
- Кислотні оксиди добувають спалюванням простих і складних речовин, термічним розкладанням оксигеновмісних кислот та деяких їхніх солей, реакцією обміну між солями й кислотами, солями та кислотними оксидами.
- Продукт реакції кислотного оксиду з водою – кислота, з лугом – сіль і вода, з основним оксидом – сіль.
- Кислотні опади – одна з нагальних екологічних проблем сьогодення.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення з рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на запитальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. Учнівство одинадцятого класу посперечалося. Одні стверджували: щоби вберегти ґрунти від впливу кислотних дощів, достатньо істотно збільшити висоту заводських труб, що викидають кислі промислові гази. Інші заперечували – це не розв'яже проблеми. А як *уважаєте* ви? *Аргументуйте* свою думку. 3. Учнівство одинадцятого класу не могло дійти згоди щодо кислотних опадів. Одні вважали, що найбільша концентрація катіонів Гідрогену в тумані, другі – у дощі, треті – у хмарах. *Долучіться* до їхньої дискусії та *розташуйте* опади за зростанням кислотності. *Аргументуйте* свою думку. 4. *Поміркуйте* й *поясніть*, чому озера та річки, розташовані на вапняках, менш зазнають впливу кислотних опадів, ніж ті, що розташовані на гранітах та гнейсах, які переважно складаються з алюмосилікатів. 5. *Обчисліть*: а) об'єм ( $m^3$ ) сульфур(IV) оксиду(н. у.), який утворився внаслідок згоряння кам'яного вугілля масою 2 т, масова частка Сульфуру в якому – 6,4 %; б) масу (т) вапняку, необхідного для очищення від сульфур(IV) оксиду продуктів спалювання кам'яного вугілля масою 10 т, масова частка Сульфуру в якому – 3,2 %; в) об'єм ( $m^3$ ) амоніаку, необхідного для каталітичного відновлення суміші об'ємом  $1000 m^3$ , яка складається з нітроген(II) оксиду й нітроген(IV) оксиду. Об'ємна частка нітроген(II) оксиду в суміші становить 40 % (об'єми всіх газів виміряно за однакових умов).



### Творча майстерня

6. *Намалюйте* комікс, за допомогою якого можна доступно пояснити актуальність проблеми кислотних дощів. 7. Тележурналісту та тележурналістці, які проходять стажування, запропонували підготувати сюжет про проблему кислотних дощів для оптимістично орієнтованої передачі «Добрі новини». Чи реально виконати таке завдання? *Випробуйте* себе в цій ролі та *напишіть* сценарій передачі. 8. *Складіть* перелік ваших простих щоденних дій, які сприятимуть зменшенню утворення кислотних опадів.

<sup>1</sup> Для хімічних елементів зі змінною валентністю.

## § 22. Кислоти

**Після опрацювання цього параграфу ви зможете:**

- **називати** кислоти;
- **складати** рівняння, що підтверджують хімічні властивості кислот, реакцій нітратної та концентрованої сульфатної кислот з магнієм, цинком, міддю;
- **характеризувати** їхні фізичні та хімічні властивості.

**Називати кислоти та складати рівняння реакцій, що підтверджують їхні загальні хімічні властивості**, ви вже вмієте. Застосуйте ці вміння під час виконання<sup>1</sup> завдань, наведених далі.



1. **Класифікуйте** кислоти, хімічні формули яких  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ..., за якісним і кількісним складом, силою, леткістю тощо. 2. **Складіть** рівняння електролітичної дисоціації цих кислот. Які з них дисоціюватимуть практично повністю? Які – ступінчасто? Які можуть утворювати кислі солі? Якого кольору набуде у водних розчинах цих кислот універсальний індикатор? Значення показника рН цих розчинів більше чи менше від семи? 3. **Складіть** рівняння реакцій, використавши наведені в завданні формули: а) одноосновної безоксигенової кислоти із цинком; б) двоосновної оксигеновмісної сильною кислоти з купрум(II) оксидом; в) одноосновної оксигеновмісної кислоти з купрум(II) гідроксидом; г) двоосновної слабкої оксигеновмісної кислоти з натрій гідроксидом; д) трьохосновної оксигеновмісної кислоти з натрій карбонатом; е) двоосновної безоксигенової кислоти з п्लумбум(II) нітратом. **Розгляньте** ці реакції з погляду електролітичної дисоціації, а окисно-відновну – ще й з погляду окиснення–відновлення.

**Фізичні й хімічні властивості сульфатної та нітратної кислот.** Порівняти фізичні властивості нітратної та сульфатної кислот ви зможете самостійно, проаналізувавши відомості, наведені в таблиці 22.1 (зробіть це, визначивши за зображеннями моделей молекул, про яку кислоту йдеться в кожній колонці).

Таблиця 22.1. Фізичні властивості нітратної та сульфатної кислот<sup>2</sup>

Ознаки порівняння		Кислота	
Зовнішній вигляд (рис. 22.1)		Прозора безбарвна оліїста гігроскопічна <sup>1</sup> рідина	Безбарвна, жовта або червона рідина, що димить
Густина, г/см <sup>3</sup>		1,84	1,51 (68 %-ий розчин – 1,41)
Розчинність у воді		Необмежена	
Запах		Немає	Різкий характерний
Температура, °C	плавлення	10,38	–42
	кипіння	337	83 (68 %-ий розчин – 121)

<sup>1</sup> Які саме завдання виконувати, працювати індивідуально чи в групі, вам порадить учитель або вчителька хімії.

<sup>2</sup> Від давн.-грец. υγρος – вологий + σκοπεω – спостерігаю – здатність деяких речовин поглинати водяну пару з повітря.



Рис. 22.1. Сульфатна (1) та нітратна (2) кислоти



1. На прикладі сульфатної кислоти прокоментуйте мнемонічне правило приготування її розчинів: «Кислоту – у воду!». 2. Унаслідок розкладання нітратної кислоти утворюються нітроген(IV) оксид, кисень і вода. Який з продуктів цієї реакції дістав образну назву «лисячий хвіст» і чому?

Схарактеризувати спільні з іншими кислотами властивості сульфатної та нітратної кислот самостійно вам до снаги (зробіть це, узявши до уваги, що сульфатна кислота утворює не лише середні, а й кислі солі). Проте ці кислоти мають низку особливих властивостей. Розгляньмо їх докладніше. Під час виконання одного з попередніх завдань цього параграфа ви мали схарактеризувати з погляду окиснення-відновлення реакцію хлоридної кислоти із цинком. Тож змогли правильно визначити, що окисником у ній є катіони Гідрогену, які відновлюються до водню. Особливістю сульфатної та нітратної кислот є те, що в реакціях з металами (і не лише з ними) *окисні властивості* можуть виявляти атоми Сульфуру та Нітрогену відповідно. Проаналізуймо із цього погляду реакції нітратної та концентрованої сульфатної кислот з магнієм, цинком та міддю. Експериментально виявлено, що продукти цих реакцій залежать від положення металів у ряду активності, масової частки кислоти, температури тощо. Розглянувши схему, наведену на рисунку 22.2, ви самостійно зможете скласти рівняння реакцій магнію, цинку та міді з нітратною кислотою в розчинах з різною масовою часткою та схарактеризувати їх з погляду окис-

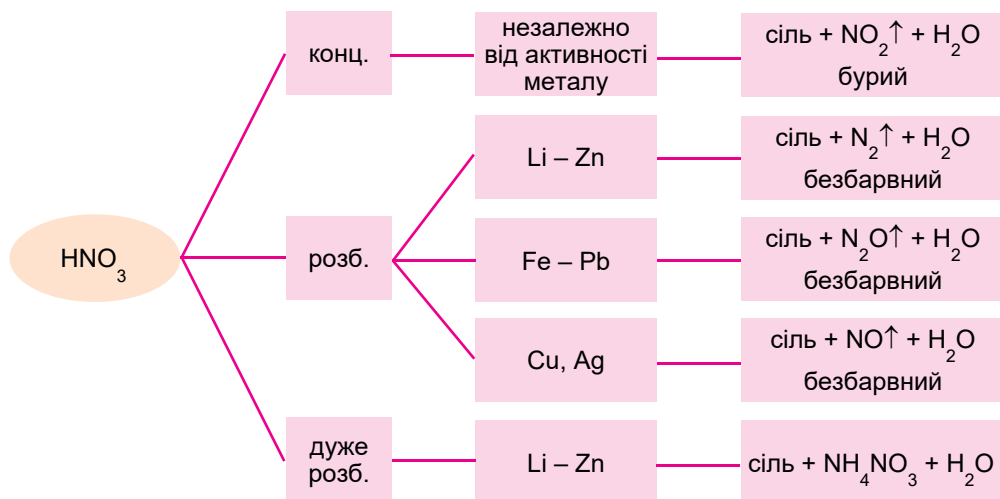


Рис. 22.2. Узаємодія нітратної кислоти з металами

нення–відновлення (зробіть це індивідуально або в навчальній групі за порадою вчителя або вчительки хімії).

### Цікаво і пізнавально

Офорт (франц. eau-forte, буквально – міцна вода; нітратна кислота) – різновид гравюри на металі, за допомогою якого роблять відтиски з друкарських форм, попередньо оброблених кислотами (рис. 22.3).



Рис. 22.3. Знана українська малярка Оксана Стратійчук біля одного з офортів на персональній виставці «Відображення», Абу-Дабі, ОАЕ, 6 грудня 2013 року



<https://www.youtube.com/watch?v=T7c4vryyUrE>

Аналогічне завдання ви зможете виконати, проаналізувавши схему, наведену на рисунку 22.4 (зробіть це).

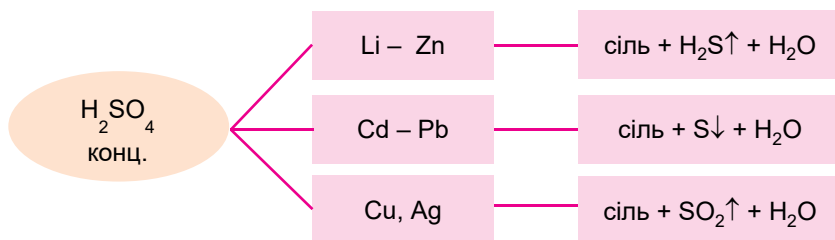


Рис. 22.4. Взаємодія концентрованої сульфатної кислоти з металами



1. Органолептичні властивості (від грец. ὄργανον – знаряддя, інструмент + ληπτίκος – брати, приймати) – властивості навколишніх об'єктів, які можна виявити й оцінити за допомогою органів чуття (нюху, зору тощо). Проаналізуйте схему, зображену на рисунку 22.4, і поясніть, чи можна органолептично розрізнити продукти відновлення концентрованої сульфатної кислоти металами різної активності. Інформація, потрібна для правильного виконання завдання, є в попередніх параграфах.

Холодна концентрована нітратна кислота так само як і холодна концентрована сульфатна кислота пасивують алюміній, залізо та деякі інші метали. Під дією кислот на поверхні металів утворюється щільна оксидна плівка, яка захищає його від подальшої дії кислоти.

### Цікаво і пізнавально

Як було зауважено, положення металів у ряду активності, масова частка кислоти, температура тощо впливають на продукти відновлення нітратної та концентрованої сульфатної кислот у їхніх реакціях з металами. У багатьох підручниках хімії ви натрапите на категоричні твердження на кшталт: «Унаслідок реакції нітратної кислоти з магнієм водень не утворюється», «Залізо не реагує з концентрованою нітратною кислотою». Проаналізувавши графіки, зображені на рисунку 22.5, ви зможете дійти певних висновків (зробіть це).



1. Визначте за графіком 1, за якої масової частки нітратної кислоти в реакційній суміші максимальним є вміст: а) водню; б) нітроген(II) оксиду; в) нітроген(I) оксиду; г) азоту. 2. Проаналізувавши графік 2, доповніть твердження: а) «Зі



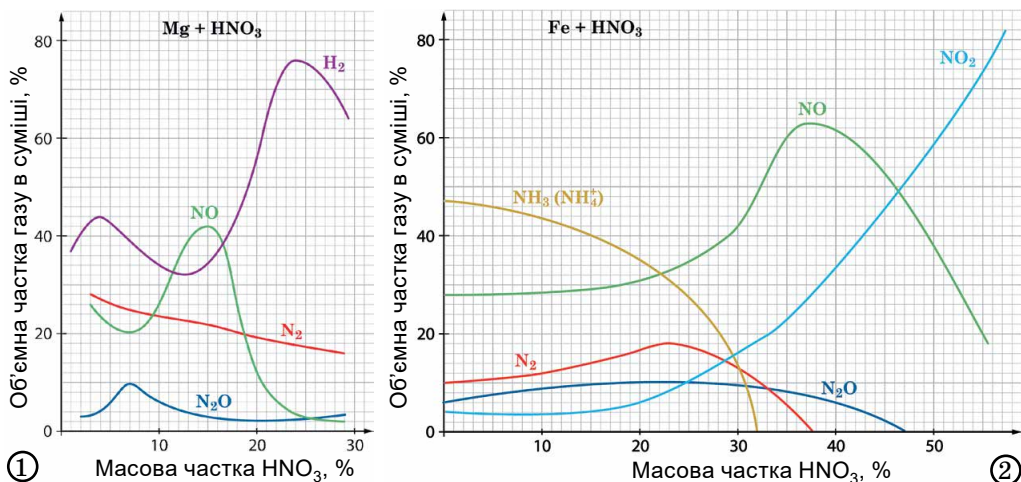


Рис. 22.5. Уміст газуватих продуктів реакцій магнію та заліза з нітратною кислотою залежно від масової частки кислоти (авт. графіків О. Михайліченко)

збільшенням масової частки нітратної кислоти вміст у реакційній суміші катіонів амонію ..., а нітроген(IV) оксиду ....»; б) «У реакційній суміші немає катіонів амонію, молекул азоту, нітроген(I) оксиду, якщо масова частка (%) нітратної кислоти у використаному в досліді розчині становила ..., ... та ... відповідно».



<https://www.youtube.com/watch?v=ygtXM8RNUE>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Назви безоксигенових кислот складають за алгоритмом:  
**назва чи фрагмент назви хімічного елемента + ид (ід) + на + кислота.**  
Приклади: **хлор + ид + на + кислота**; **сульф + ид + на + кислота.**
- Назви оксигеновмісних кислот складають за алгоритмом:  
**назва чи фрагмент назви хімічного елемента + ат (ит) + на + кислота.**  
Приклади: **сульф + ат + на + кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)**; **сульф + іт + на + кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>).**
- Нітратна та сульфатна кислоти виявляють хімічні властивості, загальні для всіх кислот, а також – особливі. Вони – кислоти-окисники не лише за катіонами Гідрогену, а й за атомами Нітрогену й Сульфуру відповідно.
- Продукти реакцій нітратної та сульфатної кислот з металами залежать від положення металів у ряду активності, масової частки кислоти у розчині, температури тощо.



Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення з рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на запитальні. Чи зможете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



## Застосуйте свої знання й уміння

2. Є дві однакові прозорі скляні посудини. В одній – концентрована нітратна, в іншій – концентрована сульфатна кислота. *Запропонуйте* якомога більше способів розрізнення цих речовин, що ґрунтуються на їхніх властивостях: а) фізичних; б) хімічних; в) органолептичних. 3. На платформу електронних ваг поставили хімічний стакан з концентрованою кислотою. *Спрогнозуйте*, чи зміниться маса стакану з кислотою із часом для кислот: а) сульфатної; б) нітратної. Відповідь *обґрунтуйте*. 4. На рисунку 22.6 зображено дію того самого розчину нітратної кислоти на метали. *Роздивіться* його та *зробіть* висновок щодо того, концентровану чи розбавлену нітратну кислоту, використано для проведення досліду. Відповідь *ілюструйте* двома хімічними рівняннями, складеними в загальному вигляді, у яких замість хімічних символів двовалентних металічних елементів використано літеру **X**, а замість символу одновалентного металічного елемента – **Y**. *Складіть* для цих рівнянь електронний баланс, *визначте* окисник і відновник. *Висловіть* припущення щодо того, який метал на рисунку позначено літерою **Z**, та *обґрунтуйте* його. Як би ви *відрізли* пробірку, у якій відбулася реакція нітратної кислоти з міддю, від інших пробірок?

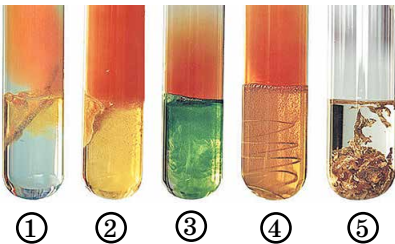


Рис. 22.6. Дія того самого розчину нітратної кислоти на магній (1), цинк (2), мідь (3), срібло (4), **Z** (5)

5. Є три пробірки. У першій – концентрована нітратна, у другій – концентрована сульфатна, у третій – концентрована хлоридна кислота. До отворів пробірок піднесли скляні палички, змочені концентрованим водним розчином амоніаку. *Спрогнозуйте*, які зміни відбулися, і *поясніть* чому. 6. Експериментально встановлено: чим розбавленіша сульфатна кислота, тим глибше відбувається відновлення. У чотири пробірки помістили магній і подіяли на нього розчинами з різним умістом сульфатної кислоти. *Проаналізуйте* наведену в таблиці інформацію щодо змін, які відбулися в кожній пробірці, та *розташуйте* літери А – Г за збільшенням масової частки сульфатної кислоти у використаних у досліді розчинах. 7. *Створіть* діаграму Вена, яка відображає загальні з іншими кислотами та особливі властивості нітратної та сульфатної кислот.

Масова частка кислоти № пробірки	А	Б	В	Г
1	↑, безбарвний, з характерним різким запахом			
2		↑, безбарвний, із запахом тухлих яєць		
3				↓, жовтий
4			↑, безбарвний, без запаху	



## Творча майстерня

8. *Складіть* сенкан про властивості нітратної або сульфатної кислоти.

## § 23. Загальна характеристика металів. Фізичні властивості металів, зумовлені їхньою будовою

Після опрацювання цього параграфу ви зможете:

- **характеризувати** метали, їхні фізичні властивості.

**Найважливіші фізичні властивості, притаманні більшості металів:** металічний блиск у компактному стані, ковкість, високі тепло- та електропровідність – вам добре відомі з уже вивчених курсів хімії та фізики. Розгляньмо загальні та особливі властивості деяких металів, багато які з них відомі вам з повсякденного життя.

За звичайних умов усі метали, за винятком ртуті (рис. 23.1), є твердими кристалічними речовинами. Більшість металів мають сріблясто-білий або сріблясто-сірий колір. Золото та мідь мають характерне забарвлення (*назвіть кольори цих металів, роздивившись рисунок 23.1*).

Характерний блиск металів спостерігають зазвичай тільки тоді, коли метал утворює суцільну компактну масу. Щоправда, магній та алюміній зберігають свій блиск навіть у порошкоподібному стані. Решта тонкоподрібнених металів мають чорний або темно-сірий колір.



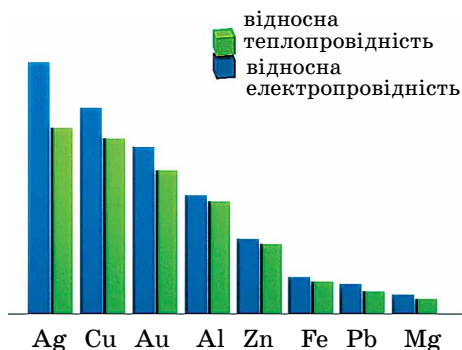
*Рис. 23.1.* Вироби з металів. 1. Золоту (Au 999,9) монету присвячено важливій спортивній події – Фінальному турніру чемпіонату Європи з футболу, який було проведено в Україні та Польщі у 2012 році. 2. Пам'ятну монету зі срібла 925 проби присвячено 150-річчю від дня народження української письменниці – Дніпрової Чайки (Людмили Олексіївни Василевської), яка написала чимало оповідань і віршів, створила лібрето багатьох дитячих опер, зокрема «Коза-дереза», «Пан Коцький», «Зима й весна» Миколи Лисенка. 3. Бляшанки виготовляють зі сталі (сплаву заліза), укритої тонким шаром олова. 4. Мідний кіт-флюгер завжди знає, звідкля вітер дме

**Метали – добрі провідники електричного струму та тепла.** Певні уявлення про це ви маєте з повсякденного життя (*наведіть кілька прикладів*). Порівняти електро- та теплопровідність деяких металів ви зможете, проаналізувавши діаграму, наведену на рисунку 23.2 (*зробіть це*).



За діаграмою на рисунку 23.2 визначте метал з найвищою тепло- та електропровідністю.

Також добре проводять електричний струм мідь та алюміній. Це зумовило їхнє широке застосування в елек-



*Рис. 23.2.* Відносна тепло- та електропровідність деяких металів

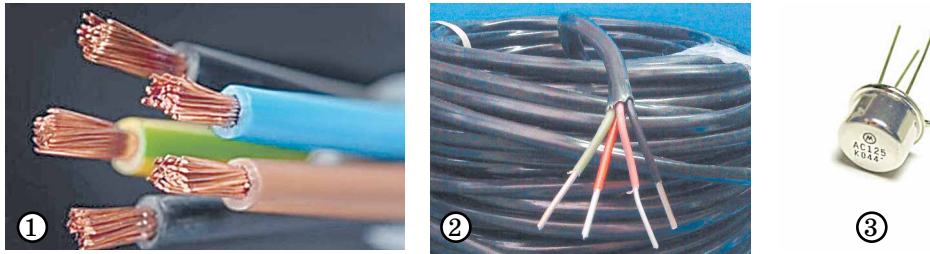



Рис. 23.3. Мідні (1) та алюмінієві (2) струмопровідні жили – головні складники електричних кабелів. Германієві транзистори (3) не втратили свого значення дотепер

тротехніці (пригадайте ї назвіть метали, з яких виготовлено електричну проводку у вашій оселі). Германій – напівпровідник, тобто проводить електричний струм лише за певних умов. Яких саме? Пригадайте курс фізики 8 класу й назвіть їх (рис. 23.3).

Висока теплопровідність металів може бути як перевагою, так і недоліком, залежно від того, де використовують метал. Ви самі можете пояснити це на прикладі кухонної каструлі, корпус та ручки якої виготовлено з металу.



Рис. 23.4. Дослід з порівняння теплопровідності металів

 За рисунком 23.4 поясніть суть дослід з порівняння теплопровідності металів та спрогнозуйте його результат.

**Метали переважно пластичні** (рис. 23.5), тобто як за звичайних умов, так і за нагрівання можуть деформуватися без руйнування. Тому більшість металів можна кувати, витягати в дріт, прокатувати, карбувати тощо. Золото – найпластичніший з-поміж металів, з нього виробляють тонку фольгу. Щоправда, трапляються й винятки: стибій, наприклад, дуже крихкий метал.



Рис. 23.5. Метали здебільшого пластичні. 1. Дріт і трубка виготовлені з міді. 2. Магнієва стрічка. 3. Срібна (Ag 925) ювілейна монета «Тисячоліття монетного карбування в Києві» присвячена першому карбуванню монет Київської Русі – златників і срібляників – наприкінці X – на початку XI ст. – за часів князя київського Володимира Великого. 4. Золота фольга 0,00001 мм завтовшки

**Цікаво і пізнавально**

Швейцарська фірма Valcambi випускає золоті зливки Combibar у формі, що нагадує плитку шоколаду. Головна їхня перевага перед звичними зливками полягає в тому, що таку плитку можна легко розламати на частинки масою 1 грам і використовувати як подарунок або альтернативний платіжний засіб. Крім золота, компанія випускає подібні вироби зі срібла, платини та паладію.

**Метали різняться твердістю, температурами плавлення й кипіння, густиною** тощо. Натрій, наприклад, легко розрізати ножом (рис. 23.6), а найм'якішим з-поміж досліджених металів є цезій. Натомість хром та вольфрам – надзвичайно тверді речовини, тому їх уводять до складу швидкорізальних сталей, з яких виготовляють свердла, різці, шліфувальний інструмент тощо. До того ж вольфрам – найтугоплавкіший метал (*перевірте достовірність цієї інформації*). Свого часу це зумовило використання його для виготовлення спіралей ламп розжарювання, автомобільного та тракторного електрообладнання, електродів для контактної, атомно-водневого та аргоно-дугового зварювання, нагрівачів для електропечей тощо.

Найлегкоплавкіший з-поміж металів – ртуть. Натомість її густина досить велика –  $13,54 \text{ г/см}^3$ . Також до *важких* металів відносять цинк, залізо, мідь, свинець, золото. *Найважчі* метали – осмій та іридій, їхні густини становлять близько  $22,6 \text{ г/см}^3$ , для порівняння: густина літію – *найлегшого* поміж металів –  $0,534 \text{ г/см}^3$ <sup>1</sup>.



Рис. 23.6. 1. Розрізання натрію ножом. А ви впевнені, що це не шинка?  
2. Ртуть твердне за температури  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$

### Цікаво і пізнавально

Золото в чистому вигляді без домішок таке м'яке, що його можна подряпати нігтем. Тому в ювелірних виробках золото завжди сплавляють з міддю або сріблом.

**Чим зумовлені спільні фізичні властивості металів?** Висновків щодо причин цього ви можете дійти самостійно (*зробіть це*). Адже з параграфу 7 ви дізналися про будову металічних кристалічних ґраток та особливий тип хімічного зв'язку – металічний.



<https://www.youtube.com/watch?v=LmdWjEKNJcA>  
<https://www.youtube.com/watch?v=Sdpcjm2vmLY>  
<https://www.youtube.com/watch?v=6rCylqkxUBk>

### ПРО ГОЛОВНЕ

- Найважливіші фізичні властивості, притаманні більшості металів, – металічний блиск у компактному стані, ковкість, високі тепло- та електропровідність.
- Загальні властивості металів зумовлені особливостями будови кристалічних ґраток та металічним зв'язком.



Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення в рубриці ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?

<sup>1</sup> Числові дані наведено для ознайомлення, а не для запам'ятовування!





Застосуйте свої знання й уміння

2. Поміркуйте й поясніть, чому: а) у холодну погоду металеві двері на дотик здаються холоднішими за дерев'яні; б) опалювальні радіатори виготовляють з міді, алюмінію, сталі тощо; в) срібло та індій використовують для виготовлення дзеркал; г) з порошку алюмінію виготовляють фарбу сріблянку. 3. Чим більша атомна маса та менший радіус атома металічного елемента, тим більша густина металу. З огляду на це оцініть достовірність інформації щодо густини металів, наведеної в параграфі, та перевірте її за доступними джерелами.



Творча майстерня

4. Складіть сенкан «Метали».

## § 24. Алюміній та залізо: фізичні й хімічні властивості

Після опрацювання цього параграфу ви зможете:

- порівнювати фізичні й хімічні властивості алюмінію та заліза;
- складати рівняння реакцій, що підтверджують їхні відновні властивості.

**Фізичні властивості алюмінію та заліза** – властивості типових металів. Алюміній – блискуча сріблясто-біла речовина. На повітрі він швидко окиснюється та вкривається тонкою білою матовою плівкою оксиду (складіть хімічну формулу цієї сполуки). З підвищенням ступеня чистоти алюмінію зростає його температура плавлення. Метал високої чистоти плавиться за 660,24 °С. Розплавлений алюміній опиняється в своєрідному чохлі з оксидної плівки, що свідчить про її механічну міцність. Алюміній, подібно до срібла, має високу здатність відбивати світлові та теплові промені, тому його застосовують для виготовлення поверхонь нагрівальних і освітлювальних рефлекторів і дзеркал, елементів декору. Найхарактернішими фізичними властивостями алюмінію є його мала густина ( $2,7 \text{ кг/м}^3$ ), а також порівняно високі тепло- і електропровідність (поясність, які властивості алюмінію зумовили його використання для виготовлення електричних дротів, а які – для виготовлення радіаторів парового опалення). У твердому стані алюміній легко піддається куванню, прокатці, волочінню, різанню. З нього можна витягати найтонший дріт і катати фольгу (рис. 24.1). Пластичність алюмінію зростає з підвищенням його ступеня чистоти.



Рис. 24.1. Алюмінієва фольга (1) та профіль (2)

Фізичні властивості заліза також значною мірою залежать від його чистоти. Наприклад, зменшення частки домішок до 0,0000001–0,000000001 % істотно підвищує пластичність цього металу. Чисте залізо



в компактному вигляді – сріблясто-біла блискуча речовина. Температура його плавлення – 1539 °С, густина – 7,874 г/см<sup>3</sup>. Залізо досить м'яке, його легко кувати. Цей метал притягується магнітом та легко намагнічується (рис. 24.2).

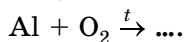


Рис. 24.2. 1. Самородне залізо. 2. Чисте залізо. 3. Магнітом тягне... 4. Пам'ятна монета НБУ, присвячена ковальству – обробленню заліза методом гарячого кування. Уже в X–XII ст. ковальська майстерність досягла такого високого рівня, що навіть деякі способи оброблення заліза та технології виготовлення знарядь праці, предметів побутового призначення без суттєвих змін дійшли до нашого часу

**Хімічні властивості алюмінію та заліза** багато в чому подібні. Розгляньмо їх докладніше. Обидва метали реагують з неметалами, водою, кислотами та солями в розчинах. Алюміній хімічно дуже активний. Однак досить тонка та дуже міцна оксидна плівка на його поверхні зумовлює його корозійну стійкість.

**?** Використайте метод електронного балансу й перетворіть схеми реакцій, наведені далі, на хімічні рівняння.

**За нагрівання на повітрі чи в кисні** алюміній згоряє з утворенням алюміній оксиду (рис. 24.3):



**?** Про що свідчить сліпучо-біле полум'я? Класифікуйте цю реакцію за тепловим ефектом, кількістю реагентів і продуктів, схарактеризуйте її з погляду окиснення-відновлення

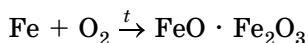


Рис. 24.3. Видовище горіння алюмінієвої пудри, розпорошеної в полум'ї паливника, захоплює

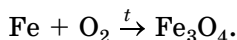


Рис. 24.4. Горіння заліза в кисні: хімія та життя

Залізо згорає в кисні. Для проведення цієї реакції потрібне попереднє нагрівання. Розігріємо в полум'ї паличника пучок дуже тонкого залізного дроту – так звану залізну вовну. Розжарений дріт унесемо в термостійку посудину з киснем, на дні якої міститься шар води або сухого річкового піску (*висловте припущення для чого*). Залізо згорає сліпучим полум'ям та розкидає іскри – розпечені частинки залізної ожарини:

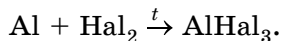


або



Ця сама реакція відбувається також на повітрі, коли сталь під час механічної обробки сильно нагрівається від тертя (рис. 24.4).

**Як алюміній, так і залізо реагують з галогенами** – фтором, хлором, бромом, йодом. Унаслідок реакцій утворюються відповідні галогеніди Алюмінію та Феруму(III):



Горіння алюмінію в хлорі супроводжується виділенням теплової та світлової енергії. Після закінчення реакції колбу заповнює дим – розпо-рошений алюміній хлорид (рис. 24.5.1). Так само бурхливо відбувається реакція алюмінію з бромом (рис. 24.5.2). Реакція алюмінію з йодом *ката-літична*. Аби вона почалася, достатньо додати кілька крапель води до суміші алюмінієвого порошку з йодом (рис. 24.4.3).

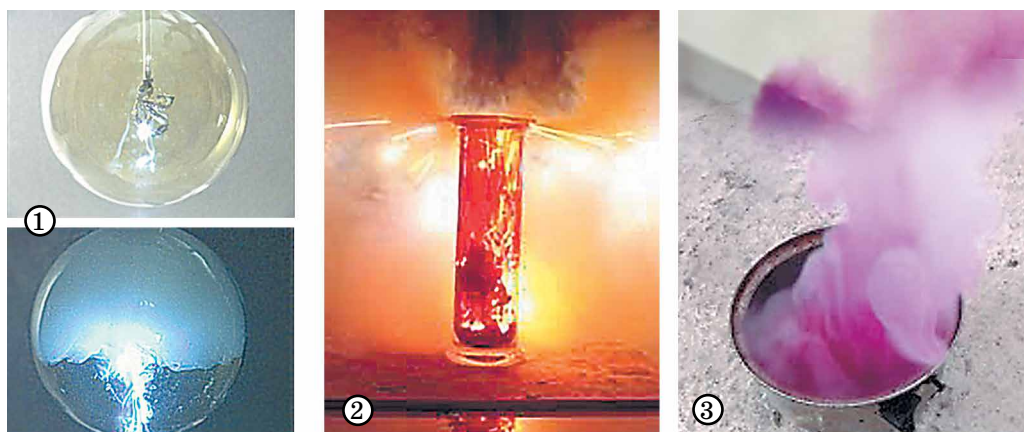


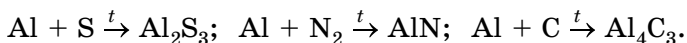
Рис. 24.5. Взаємодія алюмінію з галогенами – хлором (1), бромом (2), йодом (3)

Взаємодія заліза з хлором супроводжується утворенням густого бурого диму – зависі дрібних кристаліків ферум(III) хлориду в повітрі (рис. 24.6):



### Реакції алюмінію та заліза з іншими неметалами.

За нагрівання алюміній реагує із сіркою, азотом, вуглецем:



Залізо також реагує із цими неметалами за нагрівання. Наприклад, унаслідок реакції заліза із сіркою утворюється ферум(II) сульфід (складіть хімічне рівняння цієї реакції, використавши метод електронного балансу)<sup>1</sup>.

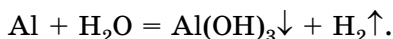


Рис. 24.6. Горіння заліза в хлорі

### Цікаво і пізнавально


Французький хімік, аптекар та лікар Нікола Лемері 1673 року спостерігав реакцію, перебіг якої нагадував виверження вулкана. Він змішав залізні ошурки та порошокопідібну сірку й доторкнувся до суміші сильно нагрітою скляною паличкою. За кілька секунд із суміші почали вилітати частинки чорного кольору, а сама вона сильно збільшилася в об'ємі й так розжарилася, що засвітилася.

**Взаємодія з водою.** До її дії алюміній стійкий навіть за нагрівання. Це зумовлено тим, що його поверхня вкрита захисною плівкою алюміній оксиду. Очищений від неї алюміній активно взаємодіятиме з водою.



Залізо реагує з водою за високої температури: витискує з перегрітої водяної пари<sup>2</sup> водень і перетворюється на залізну ожарину:



 Проаналізуйте рівняння оборотної реакції заліза з перегрітою водяною парою й поясніть, чи можна змістити рівновагу в ній, змінивши тиск.

Крім того, у вологому повітрі під впливом води та кисню залізо ржавіє. Унаслідок низки реакцій утворюється суміш сполук Феруму характерного бурого кольору (рис. 24.7).



Рис. 24.7. Ржа їсть залізо...

**З кислотами й солями** в їхніх водних розчинах реагують як алюміній, так і залізо. Унаслідок реакцій з кис-

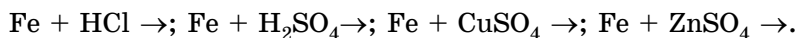
<sup>1</sup> Залізо з вуглецем, бором, силіцієм, фосфором за нагрівання утворює сполуки нестехіометричного складу.

<sup>2</sup> Пара, нагріта до температури, що перевищує температуру кипіння за певного тиску.

лотами-неокисниками утворюються солі алюмінію, феруму(II) і водень, а внаслідок реакцій із солями менш активних металів – солі алюмінію та феруму(II) і менш активний метал.



Скориставшись рядом активності металів, *визначте*, з-поміж реакцій, схеми яких наведено далі, ті, що можливі. *Перетворіть* схеми реакцій на хімічні рівняння методом електронного балансу.



Про застосування алюмінію та заліза, інших металів і сплавів на їхній основі ви дізнаєтеся з наступного параграфа.



<https://www.youtube.com/watch?v=TgRRv968KXsDDE>

<https://www.youtube.com/watch?v=AppyhWb06b8D>

[https://www.youtube.com/watch?v=KB\\_Nxay72ws](https://www.youtube.com/watch?v=KB_Nxay72ws)

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Фізичні властивості алюмінію та заліза – властивості типових металів.
- Алюміній та залізо виявляють відновні властивості в реакціях з неметалами, водою та кислотами й солями у водних розчинах.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення в рубриці ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Складіть* порівняльну таблицю «Фізичні властивості заліза та алюмінію». 3. *Порівняйте* хімічні властивості заліза та алюмінію. Відповідь *оформте* як діаграму Венна. 4. *Поміркуйте й поясніть*, чому: а) готувати й зберігати кислу їжу та напої в алюмінієвому посуді небезпечно для здоров'я; б) чавунний посуд після миття потрібно відразу висушити; в) вода в алюмінієвій каструлі закипає швидше, ніж у сталевій; г) під час смаження на алюмінієвій пателі не варто перемішувати страву ножом або виделкою; д) яку посудину доцільно взяти для розчинення мідного купоросу (купрум(II) сульфату пентагідрату) – алюмінієву, залізну чи поліетиленову. 5. Відполіровану залізну пластинку вкрили шаром парафіну. Після застигання парафіну гострим шилом продряпали на ньому рисунок і в борозенки в парафіні піпеткою налили спиртовий розчин йоду. Через певний час шар парафіну зняли. *Спрогнозуйте* результати досліду й *поясніть* їх за допомогою хімічного рівняння, узявши до уваги, що утвориться сполука Феруму(III). *Висловіте* припущення, для чого можна використати цю хімічну реакцію в побуті.



### Творча майстерня

6. *Створіть* реальну або віртуальну колекцію «Залізо та алюміній у моєму побуті».

## § 25. Застосування металів та їхніх сплавів

**Після опрацювання параграфу ви зможете:**

- **характеризувати** застосування металів та їхніх сплавів;
- **доводити** їхню практичну значущість.

**Чисті метали** широко застосовують у важливих напрямках нової техніки та суспільного господарства: атомній енергетиці, мікроелектроніці, космічній техніці, медицині, а також у фундаментальних наукових дослідженнях. Більше уявлень про це ви зможете дістати, проаналізувавши дані щодо використання надчистих нанопорошків металів, наведені в таблиці 25.1. (Зробіть це.)

Таблиця 25.1. Галузі застосування надчистих нанопорошків деяких металів<sup>1</sup>

Метал	Галузі застосування нанопорошку
Нікель	Виробництво водневих паливних елементів (каталізатор), покриттів, полімерів, текстилю; електроніка; оптика, медицина, дешевший замітник платини
Мідь	Антимікробні, фунгіцидні засоби; електроніка; оптика
Залізо	Очищення води; виробництво магнітів та запам'ятовувальних пристроїв, покриттів, полімерів; оптика; порошкова металургія; адитивні технології <sup>1</sup>
Алюміній	Антимікробні, фунгіцидні засоби; каталізатори з великою площею поверхні; дешевший замітник титану; адитивні технології
Титан	Антимікробні, фунгіцидні засоби; добавка для стійкості до УФ-променів; виробництво міцних покриттів; адитивні технології; порошкова металургія
Цинк	Антимікробні, фунгіцидні засоби; виробництво полімерів, текстилю, водневих паливних елементів, сонячних батарей
Вольфрам	Виробництво покриттів і полімерів; адитивні технології
Молібден	Каталізатор (зокрема, для виробництва нанотрубок); виробництво покриттів, полімерів; інгібітор і змащувач
Срібло	Антибактеріальні властивості (у косметології, фармацевтиці, текстильній промисловості); спеціальні покриття; каталізатори; адитивні технології (ювелірна справа)
Золото	Електроніка; медицина (маркер ДНК); каталізатор; адитивні технології (ювелірна справа)
Платина	Електроніка; виробництво водневих паливних елементів; медицина; адитивні технології (ювелірна справа)

<sup>1</sup> Адитивні технології (Additive Manufacturing – від слова *адитивність* – що додають) – це пошарове нарощування й синтез об'єкта за допомогою комп'ютерних 3D-технологій.



3D-друк металами порівняно з традиційними технологіями споживає менше енергії та скорочує кількість відходів до мінімуму. Крім того, готовий 3D-друкований виріб може бути до 60 % легший порівняно з фрезерованою або литою деталлю. Також перевагою є те, що можна легко створювати фігури зі складною геометрією. Тож цю технологію застосовують у таких галузях, як авіація та космонавтика. Не менш актуальним є застосування 3D-друку металами для потреб медицини, зокрема протезування.

Однак застосування чистих металів у промисловості обмежене економічною вигідністю. Тому в техніці найчастіше використовують сплави. Тож розгляньмо ці системи докладніше.

**Сплав** – це система, яка складається принаймні з двох компонентів, з яких хоча б один є металом. Компонентами сплавів можуть бути метали, неметали, складні речовини. Наприклад, *нейзильбер* – сплав міді з нікелем та цинком (рис. 25.1). Він стійкий до корозії, міцний.



Рис. 25.1. Пам'ятні монети Національного банку України. 1. Тетяна Нилівна Яблонська – народна художниця України, лауреатка Національної премії України імені Тараса Шевченка та багатьох інших відзнак, її ім'я стало своєрідним символом українського образотворчого мистецтва. 2. Ольга Матвіївна Авілова – видатна лікарка, заслужена лікарка України, одна з-поміж засновників та засновниць торакальної<sup>1</sup> хірургії в Україні, педагогиня

Сплав свинцю з арсеном використовують для виготовлення шроту. Арсен зміцнює свинець і полегшує одержання шротинок сферичної форми.

Сплави виявляють властивості металів: металічний блиск, високі електропровідність та теплопровідність. Властивості сплавів відрізняються від властивостей їхніх компонентів. Сплав золота зі сріблом досить твердий, натомість самі ці метали порівняно м'які. Залежність властивостей сплавів від їхнього складу вперше встановив М.С. Курнаков (рис. 25.2).

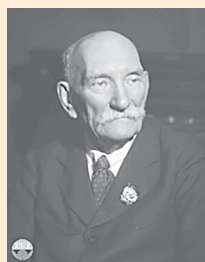


Рис. 25.2. Курнаков Микола Семенович (1860–1941). Видатний російський фізико-хімік, основоположник фізико-хімічного аналізу. Створив наукову школу хіміків і металургів. Організатор металургійного виробництва платинових металів, алюмінію, магнію. Ініціатор створення металографічної комісії при Російському технічному товаристві

<sup>1</sup> Хірургія, операції в якій виконують на органах грудної клітки (на легенях, серці тощо).



Рис. 25.3. Бронза та чавун – художні матеріали. 1. Оранта-Україна. Триумфальний монумент споруджено 2001 р. на честь десятиліття незалежності України. Скульптуру вилито з бронзи, орнаменти на одязі та стрічці вінка вкрито золотом. 2. Перший і тривалий час єдиний у світі пам'ятник мамонтові – чотиригранну чавунну стелу – встановлено на невеликому кам'яному постаменті в селі Кулішівка Недригайлівського району Сумської області

**Сплави – найголовніші конструкційні матеріали.** Їхні різноманітні властивості – жаростійкість, корозійна стійкість, міцність, твердість тощо – зумовлюють широке застосування в техніці. *Сплавам на основі магнію* притаманні легкість, міцність, стійкість до корозії. Тому їх використовують в автомобілебудуванні, для виготовлення штампованих виробів складної форми, деталей зварних конструкцій.

*Мідні сплави* міцні, мають високу електропровідність, корозійну стійкість, пластичність. З них виготовляють труби, теплотехнічну апаратуру, підшипники, шестерні, втулки, пружини, деталі приладів точної механіки, термопари, фасонні деталі, декоративно-прикладні вироби й скульптури. Бронза (рис. 25.3.1) та латунь – мідні сплави, які також широко використовують у різноманітних галузях промисловості, сільському господарстві, побуті.

*Титанові сплави* є конструкційними матеріалами в авіації, ракетобудуванні. Їх застосовують для виготовлення хімічної апаратури, а також у медицині.

### Цікаво і пізнавально

Застосування металів і сплавів для виготовлення імплантованих в організм матеріалів має давню традицію. Ще 2500 року до нашої ери у Фінікії для лікування зубів використовували металеві конструкції. У Давньому Римі були поширені штучні металеві зуби, а металевий дріт застосовували для фіксування кісткових відламків. Аж до кінця XVIII століття переважно використовували чисті метали: золото, срібло, мідь. У XIX столітті у зв'язку з удосконаленням технології виплавляння металів і сплавів поширення набули імплантати з високоякісних сплавів.

*Сплави на основі титану та нікелю* виявляють ефекти пам'яті форми й наделастичності, істотно відрізняються від звичайних металів і сплавів. Конструкції, виготовлені з них, здатні змінювати свою форму внаслідок зміни температури, тому їх застосовують у різних галузях медицини.

*Сталі й чавуни* є чи не найважливішими сплавами сучасної техніки. Обсяги виробництва цих залізобуглецевих сплавів перевищують виробництво всіх інших металів, разом узятих, більш ніж у десять разів. Чавуном називають сплав заліза з вуглецем з масовою часткою Карбону більше ніж 1,7 %.

Найчастіше чавун містить від 2,6 % до 3,6 % Карбону. Крім Карбону в чавуні є Силіцій, Манган, Сульфур, Фосфор та інші елементи. Чавун –



Рис. 25.4. «Взуття на річці Дунай» – меморіал на згадку про жертв Голокосту – установлено 2005 року на березі річки Дунай у Будапешті (Угорщина). Матеріал – чавун

твердий і крихкий матеріал. Його найширше застосовують у машинобудуванні для виготовлення різноманітних деталей. Також цей сплав – високохудожній матеріал (рис. 25.4).



Поміркуйте й висловіть припущення щодо природи рудого нальоту, яким укрило поверхню чавунного взуття на рис. 25.4

На відміну від чавуну, сталь ковка. Неіржавна сталь – сплав заліза з хромом – стійка проти корозії тому, що на її поверхні є захисний шар хром(III) оксиду (рис. 25.5).



Рис. 25.5. Обшивку статуї «Батьківщина-мати» (Київ, Національний музей історії України в Другій світовій війні) створено в Запоріжжі з неіржавної сталі. З окремих блоків-секцій масою 25–30 тонн кожна скульптуру було зварено на Київському заводі імені Паризької комуні з урахуванням рекомендацій Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона. Статую ліплює з образу борзнянки<sup>1</sup>, скульпторки Галини Никифоровни Кальченко

**Застосування металів та їхніх сплавів** широке й різноманітне, бо зумовлене широким спектром їхніх властивостей. Висновків щодо цього ви зможете дійти самостійно, проаналізувавши схему, зображену на рисунку 25.6 (зробіть це).



Будівництво (конструкційні матеріали) Fe, Al



Ювелірна справа Pt, Pd, Au, Ag, Cu



Транспорт (автомобільний, авіаційний, залізничний, водний) Fe, Al, Ti



Електротехніка та електроніка Al, W, Cr, Au, Ag, Cu, Ge, Sn, Pb, Zn



Медицина Ti, Ni, Au



Захист від корозії Zn, Cr, Ni, Sn, Ag, Au

<sup>1</sup> Борзна – місто районного значення в Чернігівській області України, адміністративний центр Борзнянського району.



Ядерна енергетика U



Каталізатори  
Ni, Pt, Pd



Металургія (легувальні до-  
бавки для сталі)  
W, Mo, Ni, Cr, V



Побут  
Fe, Cu, Al, Zn

Рис. 25.6. Деякі галузі застосування металів та їхніх сплавів



<https://www.youtube.com/watch?v=QRDctnk7sF4>  
<https://www.youtube.com/watch?v=2lv6Vs12jLc>  
[https://www.youtube.com/watch?v=X7b8\\_9wAREE](https://www.youtube.com/watch?v=X7b8_9wAREE)  
<https://www.youtube.com/watch?v=wl-qAxKJoSU>

### ПРО ГОЛОВНЕ

- Чисті метали широко застосовують у важливих напрямках нової техніки та суспільного господарства.
- Сплав – це система, яка складається принаймні з двох компонентів, з яких хоча б один є металом.
- Застосування металів та їхніх сплавів широке й різноманітне, бо зумовлене розмаїттям їхніх властивостей.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення в рубриці ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Схарактеризуйте* застосування металів та їхніх сплавів. 3. *Доведіть* практичну значущість: а) чистих металів; б) сплавів. 4. *Уявіть*, що раптово зникли сплави заліза – чавун і сталь. *Спрогнозуйте* зміни, які б відбулися в житті людей унаслідок цього. 5. *Обчисліть*: а) об'єм ( $\text{м}^3$ ) водню (н. у.), який витратиться на відновлення залісної ожарини масою 1 т, та масу (г) заліза, яке утвориться внаслідок цієї реакції, якщо його відносний вихід становить 94 %; б) масу (г) міді, яку можна відновити з купрум(II) оксиду масою 40 г вуглецем масою 36 г, якщо відносний вихід металу становить 90 %.



### Творча майстерня

6. *Створіть* реальну або віртуальну колекцію «Метали та сплави в моєму побуті»

## §26. Основи. Властивості, застосування гідроксидів Натрію та Кальцію

*Після опрацювання параграфа ви зможете:*

- **називати** представників основ за систематичною номенклатурою;
- **складати** рівняння реакцій, які характеризують хімічні властивості основ, амфотерних гідроксидів (Алюмінію та Цинку);
- **характеризувати** застосування гідроксидів Натрію та Кальцію;
- **порівнювати** фізичні та хімічні властивості основ (гідроксидів Натрію та Кальцію).

Як називають основи та амфотерні гідроксиди за систематичною номенклатурою, ви вже знаєте:

### НАЗВА МЕТАЛІЧНОГО ЕЛЕМЕНТА (ВАЛЕНТНІСТЬ) + ГІДРОКСИД.



Назвіть за систематичною номенклатурою основи та амфотерні гідроксиди, формули яких  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Zn(OH)}_2$ ,  $\text{Al(OH)}_3$ ,  $\text{CuOH}$ ,  $\text{Cu(OH)}_2$ ,  $\text{Fe(OH)}_2$ ,  $\text{Fe(OH)}_3$ .

Властивості натрій гідроксиду й кальцій гідроксиду ви зможете порівняти самостійно, проаналізувавши дані, наведені в таблиці 26.1, та доповнивши їх (зробіть це).

Таблиця 26.1. Порівняння фізичних властивостей натрій гідроксиду та кальцій гідроксиду

Ознака порівняння	Натрій гідроксид	...
Хімічна формула	...	$\text{Ca(OH)}_2$
Молярна маса, г/моль		
Зовнішній вигляд (рис. 26.1)	Біла тверда речовина, зазвичай гранульована	Біла порошкоподібна пухка речовина
Густина, $\text{кг/м}^3$	2,13	2,21
Розчинність у воді	Дуже гігроскопічний, на повітрі «розпливається», бо активно вбирає водяну пару з повітря. Добре розчиняється у воді, з виділенням великої кількості теплоти. Розчин милький на дотик	Малорозчинний
Температура, $^{\circ}\text{C}$	плавлення	323
	кипіння	1403
		512
		за 580 – розкладається
Кристалічні ґратки	...	
Запах	...	



Проаналізуйте дані щодо розчинності кальцій гідроксиду й поясніть, розбавленим чи концентрованим є його насичений розчин – вапняна вода.



①



②



Рис. 26.1. 1. Натрій гідроксид – розчин і гранули. 2. Кальцій гідроксид: порошок і суспензія – вапняне молоко



**Хімічні властивості основ та амфотерних гідроксидів** узагальнено в таблиці 26.2.

Таблиця 26.2. Хімічні властивості основ та амфотерних гідроксидів

Хімічна властивість	Гідроксиди $M(OH)_n$ , де $n$ – ступінь окиснення металічного елемента $M$	
	Основи	
	Амфотерні гідроксиди	
	Луги (розчинні основи)	Нерозчинні основи
Дія на індикатори	У їхніх розчинах індикатори змінюють своє забарвлення	Не діють
Взаємодія з кислотами	→ СІЛЬ + ВОДА	
Взаємодія з кислотними оксидами	→ СІЛЬ + ВОДА	Здебільшого не взаємодіють, лише з оксидами, наприклад $SO_3$ , $N_2O_5$ , $Cl_2O_7$ , яким відповідають сильні кислоти. → СІЛЬ + ВОДА
Взаємодія із солями в розчині	→СІЛЬ + ОСНОВА↓; →СІЛЬ↓ + ОСНОВА↓; →СІЛЬ + ОСНОВА	Не взаємодіють
Взаємодія з лугами	Не реагують	$Me(OH)_x + yOH^- \rightarrow [Me(OH)_{(x+y)}]^{y-}$
Термічне розкладання	Стійкі (за винятком літій гідроксиду та кальцій гідроксиду)	→ ОКСИД + ВОДА

**?** Використайте інформацію, наведену в таблиці 26.2, і складіть рівняння реакцій, які характеризуватимуть хімічні властивості гідроксидів Натрію, Кальцію, Цинку та Алюмінію. Проаналізуйте ці рівняння з погляду електролітичної дисоціації.

**Застосування гідроксидів Натрію та Кальцію** широке й різноманітне. Засоби для очищення засмічених зливних труб, видалення бруду з робочої поверхні газових та електричних плит, духовок і мікрохвильових печей містять натрій гідроксид (так звану *каустичну соду*), що сприяє гідролізу жирів, руйнує білки. Його використовують у паперово-целюлозній, тек-



Рис. 26.2. Застосування натрій гідроксиду. 1. Мийні засоби. Очищення засмічених каналізаційних труб. 2. Виробництво біодизелю



Рис. 26.3. Застосування кальцій гідроксиду в стоматології (1), сільському господарстві (2), на будівництві (3)

стильній, харчовій промисловості, виробництві мила, біодизелю тощо. Натрій гідроксид застосовують також для потреб косметології, фотографії, нейтралізації кислот і кислотних оксидів на виробництві (рис. 26.2).

Кальцій гідроксид – важливий складник будівельних сумішей, його використовують для нейтралізації кислот і кислотних оксидів, у боротьбі зі шкідниками в сільському господарстві, для зменшення кислотності ґрунту, у стоматології для дезінфікування кореневих каналів тощо (рис. 26.3).

### Цікаво і пізнавально

Один з методів боротьби з іржею троянд полягає в обпилюванні куща меленою сіркою або сумішшю, що складається з меленої сірки та гашеного вапна у співвідношенні 5 : 1.



**ПАМ'ЯТАЙМО!** Використання лугів у побуті та на виробництві потребує особливої обережності, оскільки ці речовини спричиняють важкі хімічні опіки шкіри та слизових оболонок. Дуже небезпечні опіки очей! Після надання першої долікарської допомоги (механічне видалення шматочків лугу, промивання великою кількістю проточної води, а потім – слабким розчином етанової (оцтової) або боратної (борної) кислот треба обов'язково звернутися до лікаря.



<https://www.youtube.com/watch?v=cvuIJhpsEXk>  
<https://www.youtube.com/watch?v=7igeBShAE90>

### ПРО ГОЛОВНЕ

- Натрій гідроксид і кальцій гідроксид – луги.
- Натрій гідроксид і кальцій гідроксид у розчині дисоціюють з утворенням катіонів відповідного металічного елемента та гідроксид аніонів, під дією яких індикатори змінюють забарвлення.
- Натрій гідроксид і кальцій гідроксид реагують з кислотами, кислотними оксидами, амфотерними гідроксидами та оксидами, деякими солями.

- Цинк гідроксид та алюміній гідроксид – амфотерні, реагують як з лугами, так і з кислотами.
- Луги переважно стійкі до нагрівання, нерозчинні основи та амфотерні гідроксиди зазнають термічного розкладання.
- Поводження з лугами та їхніми розчинами має бути максимально обережним.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. На уроці хімії було продемонстровано два досліди, проведення яких потребувало тих самих реактивів – розчинів натрій гідроксиду, сульфатної кислоти та цинк хлориду. У першому досліді в пробірку налили розчин солі Цинку та обережно, краплями, за перемішування, добавляли до нього розчин лугу до утворення білого драглистого осаду. Половину одержаного продукту реакції помістили до іншої пробірки. До однієї його порції продовжили добавляти розчин лугу, до іншої почали добавляти за перемішування кислоту, аж поки осади в обох пробірках не розчинилися. В іншому досліді в пробірку налили розчин натрій гідроксиду й почали добавляти туди розчин солі Цинку, однак осад там не утворився, тож дослід продовжити не вдалося. *Поясніть* за допомогою хімічних рівнянь, чому результати дослідів були різними.

3. *Складіть* рівняння реакцій: а) тристеарину з натрій гідроксидом і *поясніть*, де використовують продукти цього перетворення; б) гідролізу солі, що утворилася внаслідок попереднього перетворення, і спрогнозуйте реакцію середовища її водного розчину.

4. Бавовняне волокно мерсеризують – обробляють концентрованим розчином натрій гідроксиду з подальшим промиванням та обпаленням. Унаслідок цього воно набуває блиску, стає міцнішим, його легше фарбувати. Також виробники та продавці рекламують «мерсеризовану вовну». *Поясніть*, чи можна мерсеризувати вовну в такий самий спосіб, що й бавовну.

5. *Поясніть*, чому під час приготування розчину натрій гідроксиду потрібно поступово добавляти за перемішування луг у воду, а не навпаки.

6. Засіб проти печії містить гідроксиди Магнію та Алюмінію. *Спрогнозуйте* результати дії на порції цього препарату: а) хлоридної кислоти; б) розчину натрій гідроксиду.

7. *Порівняйте*: а) луги та нерозчинні основи; б) натрій гідроксид і кальцій гідроксид. Відповіді *оформте* як діаграми Венна.



### Творча майстерня

8. *Складіть* сенкан за змістом параграфа 26.

## § 27. Солі, їхня поширеність у природі. Середні та кислі солі

**Після опрацювання параграфа ви зможете:**

- **характеризувати** поширеність солей у природі;
- **називати** представників солей за систематичною номенклатурою;
- **складати** рівняння реакцій, які характеризують хімічні властивості та добування середніх і кислих солей.

**Поширеність солей у природі** добре відома вам з власного життєвого досвіду, курсів хімії, біології та географії. Тож ви легко впораєтеся із завданням: за наведеними далі рисунками визначити поширеність солей у доквіллі та їхню роль у житті людини.



Рис. 27.1. Поширеність солей у природі та в побуті. 1. Феномени української природи: а) Лемурийське озеро, розташоване за 100 кілометрів від Херсона, поблизу села Григорівки, – уміст натрій хлориду в його воді сягає 35 %; б) крейдяна скеля у Дворічанському районі Харківської області. 2.  $\text{NaCl}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$

### Цікаво і пізнавально

Маса солей, розчинених в океанічній і морській воді, величезна. Три чверті її припадає на натрій хлорид. В океанічній воді є катіони більшості хімічних елементів (рис. 27.2).

Як називають середні солі за систематичною номенклатурою, ви також знаєте:

**НАЗВА МЕТАЛІЧНОГО ЕЛЕМЕНТА (ВАЛЕНТНІСТЬ) + НАЗВА КИСЛОТНОГО ЗАЛИШКУ.**

Наприклад,  $\text{BaCO}_3$  – барій карбонат,  $\text{FeCl}_2$  – ферум(II) хлорид.

Якщо сіль містить кристалізаційну воду, до назви додають слово *гідрат* з одним з префіксів – *моно-*, *ди-*, *три-*, *тетра-*, *пента-* тощо залежно від кількості молекул води, наприклад  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – кальцій сульфат дигідрат,  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  – хром(III) хлорид гексагідрат.

1. За підписами до рисунку 27.1 *складіть* назви солей. 2. За підписами до рисунку 27.2 *складіть* формули солей, унаслідок електролітичної дисоціації яких в океанічній воді перебувають відповідні йони, та назвіть ці солі за систематичною номенклатурою. Якщо вам забракло знань, щоби повністю виконати завдання, *поверніться* до нього після опрацювання параграфа.

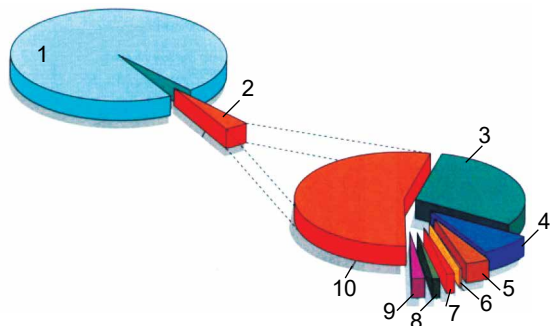


Рис. 27.2. Уміст йонів в океанічній воді масою 1 кг.

1. Вода. 2. Інші компоненти:  
 3 –  $\text{Na}^+$ ; 4 –  $\text{SO}_4^{2-}$ ; 5 –  $\text{Mg}^{2+}$ ;  
 6 –  $\text{HCO}_3^-$ ; 7 –  $\text{Ca}^{2+}$ ; 8 –  $\text{K}^+$ ;  
 9 – інші; 10 –  $\text{Cl}^-$

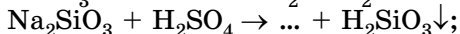
**Рівняння реакцій, які характеризують хімічні властивості та способи добування середніх солей**, ви зможете скласти самостійно, перетворивши на них наведені далі схеми хімічних реакцій (зробіть це та класифікуйте реакції за різними ознаками).

### Середні солі

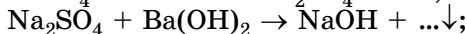
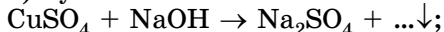
#### Хімічні властивості

1. Узаємодія з:

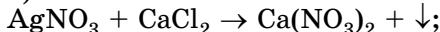
а) кислотами



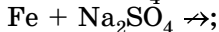
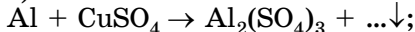
б) лугами



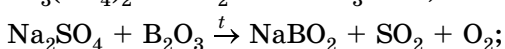
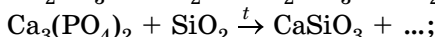
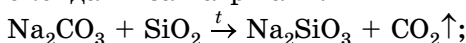
в) солями



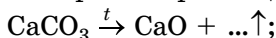
г) металами



д) з кислотними та амфотерними оксидами за нагрівання

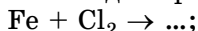


2. Термічне розкладання:

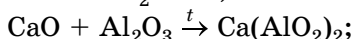


#### Способи добування

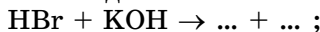
Узаємодія простих речовин



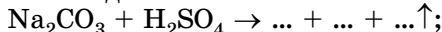
Узаємодія оксидів



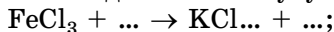
Узаємодія кислот і основ



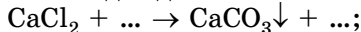
Узаємодія солі і кислоти



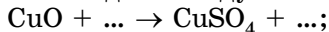
Узаємодія солі та луку



Узаємодія двох солей



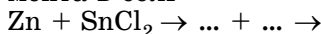
Узаємодія оксиду з кислотою



Заміщення водню в кислоті



Заміщення металічного елемента в солі

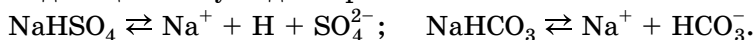


**Кислі солі.** Одна з них вам добре відома – харчова сода, хімічна формула якої  $\text{NaHCO}_3$ . Чим вона відрізняється від кальцієваної соди, формула якої  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ? Тим, що в її складі крім катіона металічного елемента та аніона кислотного залишку є катіон Гідрогену. Тому назва харчової соди за систематичною номенклатурою – натрій гідрогенкарбонат. Якщо у формулі кислій солі кілька катіонів Гідрогену, їх позначають відповідним префіксом – ди-, три- тощо. Наприклад, кисла сіль, формула якої  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , – натрій дигідрогенортофосфат.



Назвіть за систематичною номенклатурою солі, формули яких  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KHS}$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ .

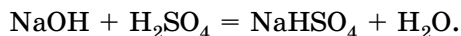
Кислі солі дисоціюють у водних розчинах:



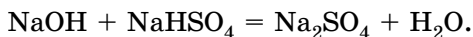
Спрогнозуйте реакцію середовища розчинів натрій гідрогенсульфату та натрій гідрогенкарбонату. Порівняйте силу сульфатної та карбонатної кислот. Поясніть, чому натрій гідрогенсульфат дисоціює повністю, а гідрогенкарбонат аніон майже не дисоціює.

Отже, кислі солі є продуктами неповного заміщення атомів Гідрогену в молекулах багатоосновних кислот на катіони металічного елемента, наприклад:





У таких солях є катіони  $\text{H}^+$ , здатні заміщуватися на катіони металічних елементів:



Важливою властивістю кислих і середніх солей багатоосновних кислот є їхня здатність до взаємоперетворень. Тобто йдеться про способи добування кислих солей із середніх і навпаки.

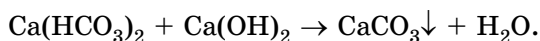


*Перетворіть наведені далі схеми реакцій за участі кислих солей на хімічні рівняння. Запишіть їх у повній і скороченій йонних формах.*

Наприклад, унаслідок пропускання карбон(IV) оксиду крізь вапняну воду спочатку випадає білий осад кальцій карбонату, який згодом перетворюється на розчинну кислу сіль:



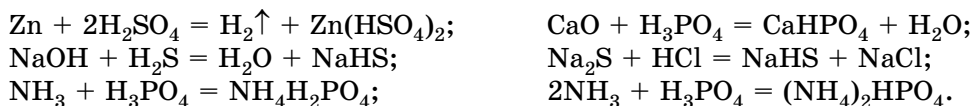
Утворену кислу сіль можна знову перетворити на середню, добавивши луг, наприклад гашене вапно:



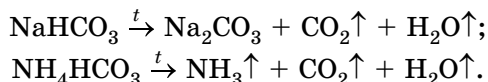
І навпаки, дією концентрованої багатоосновної кислоти на її середню сіль можна добути кислу сіль:



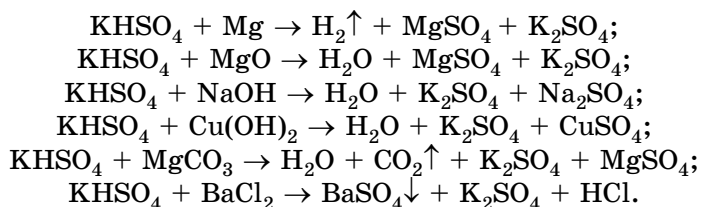
Кислі солі за надлишку кислоти також можуть утворюватися і в інших реакціях, як-от (проаналізуйте наведені далі хімічні рівняння й поясніть, за яких кількісних співвідношень між реагентами це можливо):



Унаслідок нагрівання кислі солі, зокрема гідрогенкарбонати, розкладаються:



Кислі солі сильних кислот подібно до них реагують з металами, основними оксидами, основами, солями (проаналізуйте наведені далі схеми реакцій з погляду електролітичної дисоціації й поясніть їхню суть):



Знання про властивості середніх і кислих солей, їхні взаємоперетворення стануть вам у пригоді не лише під час опрацювання наступного параграфа, а й у повсякденному житті.



<https://www.youtube.com/watch?v=WnAKhtnJz0>  
<https://www.youtube.com/watch?v=l3BYJDi-q-s>  
<https://www.youtube.com/watch?v=aWJuNZessbM>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Середні солі реагують з металами, лугами, солями у водних розчинах.
- Кислі солі є продуктами неповного заміщення атомів Гідрогену в молекулах багатоосновних кислот на катіони металічного елемента.
- Кислі та середні солі здатні до взаємоперетворень.
- Кислі солі сильних кислот у водних розчинах реагують з металами, основними оксидами, основами та амфотерними гідроксидами, солями.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Складіть* схему «Класифікація солей». 3. *Порівняйте*: а) хімічні властивості; б) способи добування середніх і кислих солей. Відповідь *оформте* як діаграми Венна.



### Творча майстерня

4. *Створіть* віртуальну колекцію середніх та кислих солей, презентуйте її перед учнівством 11 класу.

## § 28. Поняття про твердість (жорсткість) води та способи її усунення

*Після опрацювання параграфа ви зможете:*

- **аналізувати** типи твердості води;
- **пропонувати** безпечні способи усунення твердості води в побуті;
- **доводити** вплив твердої води на побутові прилади та комунікації.

**Твердість води** – це сукупність її властивостей, зумовлених деякими катіонами металічних елементів, що містяться в ній. Усі двовалентні катіони тією чи тією мірою впливають на твердість води, оскільки вони взаємодіють з певними аніонами, унаслідок чого утворюються нерозчинні або малорозчинні сполуки, що випадають в осад. Формули найважливіших<sup>1</sup> йонів, що зумовлюють твердість води, наведено в таблиці 28.1.

*Таблиця 28.1.* Найважливіші йони, які зумовлюють твердість води

Катіони	Аніони
$\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$	$\text{HCO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{Cl}^-$

Звідки ці йони потрапляють у воду? Їхніми джерелами є природні поклади вапняків ( $\text{CaCO}_3$ ), гіпсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) і доломіту ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ). Унаслідок взаємодії розчиненого у воді карбон(IV) оксиду з мінералами, інших процесів розчинення й хімічного вивітрювання гірських порід природна вода збагачується катіонами та аніонами (рис. 28.1).



*Складіть* рівняння реакцій між карбонатами Кальцію та Магнію й карбон(IV) оксидом, розчиненим у воді.

<sup>1</sup> Через мізерно малий уміст у воді катіонів Стронцію, Феруму(II) та Феруму(III), Мангану(II), Барію їхнім впливом на твердість води нехтують.

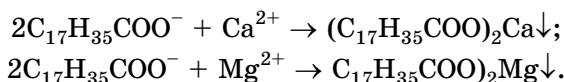


Рис. 28.1. Як м'яка вода стає твердою та навпаки

Джерелами йонів, що зумовлюють твердість води, можуть бути мікробіологічні процеси, що відбуваються в ґрунті на площі водозабору, у донних відкладеннях, кислотні опади, а також стічні води підприємств.

**Уплив твердої води на побутові прилади, комунікації, організми.** Унаслідок нагрівання твердої води в трубах опалювальної системи, кип'ятіння її утворюється осад, який осідає на поверхні нагрівальних елементів, стінках труб, що призводить до зменшення теплопровідності, звужування отворів тощо (рис. 28.2).

Використання твердої води призводить до перевитрати електроенергії, бо частину енергії доводиться витратити на нагрівання шару накипу. У твердій воді зменшується мийна дія мила (натрієвих і калієвих солей стеаратної кислоти) через утворення нерозчинних кальцієвих і магнієвих солей:



Утворені внаслідок цього осади стеаратів Кальцію та Магнію осідають на поверхні шкіри, волосся, заповнюють проміжки між волокнами тканин. Це може призвести до надмірної сухості шкіри, її подразненню. Волосся, вимите милом у твердій воді, тьмяніє та стає ламким. З поверхні тканин, випраних у ній, важче вибавити забруднення та плями. Вапняковий наліт осідає на поверхні облицювальної плитки, керамічних, металевих і пластмасових деталях сантехнічного обладнання (рис. 28.3).



Рис. 28.2. Накип у трубі (1) та на поверхні нагрівальних елементів (2)

**Цікаво і пізнавально**

Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського Національної академії наук України є єдиною академічною установою, діяльність якої цілком і повністю пов'язана з комплексним дослідженням усіх аспектів хімії й технології води, колоїдної та аналітичної хімії. Одними з найвагоміших досягнень Інституту є розроблення та впровадження технологій та устаткування для одержання якісної питної води



Рис. 28.3. 1. Тверда вода є однією з можливих причин екземи в немовлят. 2. Тверда вода – для сантехніки біда

**Типи твердості води**, їхні причини та способи усунення. Уявлення про них ви зможете дістати, проаналізувавши таблицю 28.2 (зробіть це).

Таблиця 28.2. Твердість води, її типи, причини та способи усунення

Типи твердості	Твердість	
	Загальна	
	Карбонатна (тимчасова)	Некарбонатна (постійна)
<b>Причини виникнення</b>	$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{HCO}_3^-$	$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{SO}_4^{2-}, \text{NO}_3^-, \text{Cl}^-$
<b>Способи усунення</b>	<p>1. Кип'ятіння:  <math>\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \xrightarrow{t} \dots + \dots + \dots</math>;  <math>\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \xrightarrow{t} \dots + \dots + \dots</math></p> <p>2. Оброблення содою:  <math>\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \dots \downarrow</math>;  <math>\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \downarrow + \dots</math></p> <p>3. Оброблення вапняним молоком:  <math>\text{Ca}(\text{OH})_2</math>:  <math>\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \dots \rightarrow + \dots</math>;  <math>\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \dots \downarrow + \dots</math></p> <p>4. Оброблення лугом:  <math>\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{NaOH} \rightarrow \dots + \dots \downarrow</math>;  <math>\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + \text{NaOH} \rightarrow \dots + \dots \downarrow</math></p> <p>5. Оброблення натрій ортофосфатом:  <math>\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots \downarrow + \text{NaHCO}_3</math>;  <math>\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots \downarrow + \text{NaHCO}_3</math></p>	<p>1. Оброблення содою або поташем:  <math>\text{CaSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \dots</math>;  <math>\text{MgSO}_4 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{MgCO}_3 \downarrow + \dots</math>;  <math>\text{CaCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots + \dots + \dots</math>;  <math>\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots + \dots + \dots</math></p> <p>2. Оброблення натрій ортофосфатом:  <math>\text{CaSO}_4 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow + \dots</math>;  <math>\text{MgSO}_4 + \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \dots \downarrow + \dots</math></p>



1. *Перетворіть* наведені в таблиці 28.2 схеми реакцій на хімічні рівняння, запишіть відповідні повні й скорочені йонні рівняння. 2. *Поясніть*: а) чому постійну твердість води не можна усунути кип'ятінням; б) які з наведених у таблиці 28.2 способів зм'якшення води є безпечними для використання в домашніх умовах.

Окрім уже зазначених способів зменшення твердості води, широко використовують й інші. Розгляньмо їх докладніше.

**Дистилювання**, або термічне опріснення, – чи не найпоширеніший на морських судах спосіб добування прісної води із забортної морської. Також солону воду знесолюють, а отже, і зм'якшують, *виморожуванням*. Унаслідок охолодження солоної води нижче температури замерзання в ній утворюються кристали льоду – замерзлої прісної води, які відокремлюють від розсолу, промивають і плавлять.

**Йонний обмін** – одна з найдоступніших та ефективних технологій зм'якшення води, яку пропускають крізь фільтр, що містить йонообмінні смоли. Унаслідок реакцій йонного обміну катіони Кальцію та Магнію з води переходять у смолу, а вода натомість збагачується йонами Натрію. Для регенерування смоли промивають розчином кухонної солі.

**Зворотний осмос** передбачає використання напівпроникної мембрани, крізь яку під тиском пропускають воду. Мембрана затримує частинки з розмірами 0,001–0,0001 мкм, зокрема гідратовані сульфат-, хлорид- та нітрат-аніони, катіони Натрію, Кальцію, Магнію, молекули барвників тощо, але пропускає молекули води.

**Магнітний та електромагнітний методи зм'якшення води.** Під час проходження потоку води крізь магнітні та електромагнітні фільтри під дією магнітного поля солі Кальцію та Магнію переходять у нерозчинну форму. Осад, що утворився, з потоком води виводять із системи водопроводу. Таке обладнання застосовують для захисту від накипу котлів, колонок, водонагрівачів, пральних та посудомийних машин у приватних будинках і котеджах.



Які з наведених вище способів зм'якшення води ґрунтуються на фізичних, а які – на хімічних явищах?

### Цікаво і пізнавально

Клітинні оболонки рослини містять пектини – вуглеводні ланцюжки. Пектинову сітку стабілізують йони полівалентних металічних елементів (таких, у яких валентність більша за одиницю). Тобто під час засолювання огірків катіони Кальцію та Магнію роблять пектинову сітку жорсткішою (рис. 28.4), а огірки не розм'якають і стають хрумкими.

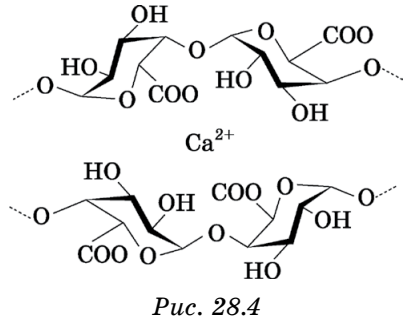


Рис. 28.4



**Пояснить**, чому для засолювання огірків досвідчені кулінари й кулінарки радять використовувати: а) для розсолу колодязну чи джерельну воду з підвищеною твердістю або навіть мінеральну воду; б) неочищену кам'яну або морську сіль, а не сіль «Екстра»; в) кальцій хлорид<sup>1</sup> як добавку до розсолу; г) лише сиру, а не кип'ячену воду для розсолу.



<https://www.youtube.com/watch?v=ebygQes5Wig>

<https://www.kinetico.co.uk/hard-and-soft-water-explained/hard-and-soft-water-uk>

<https://www.youtube.com/watch?v=ei-rmud9vBU>

### ПРО ГОЛОВНЕ

- Твердість води – це сукупність її властивостей, зумовлених катіонами металічних елементів, передусім  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$ , що є в ній.

<sup>1</sup> Аптечний препарат.



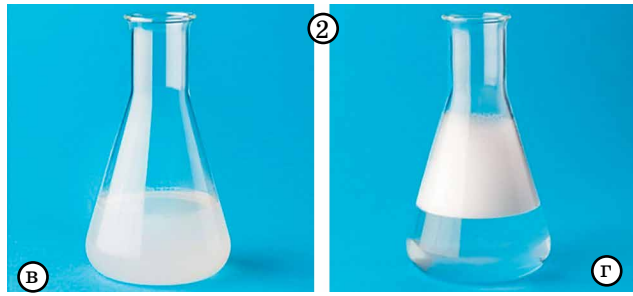
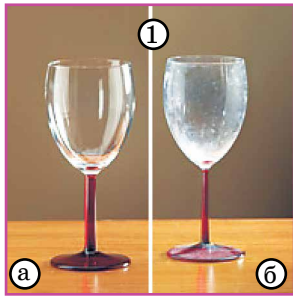


Рис. 28.5

- Загальна твердість води складається з карбонатної (тимчасової) та некарбонатної (постійної).
- Карбонатну твердість зумовлено вмістом у воді йонів  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , а некарбонатну –  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ .
- Карбонатну твердість усувають кип'ятінням і реагентним способом, некарбонатну – реагентним способом.
- Дистилювання, виморожування, йонний обмін, зворотний осмос, магнітний та електромагнітний методи використовують для знесолення й, відповідно, зм'якшення води.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Розгляньте* рисунки 28.5.1 та 28.5.2 й *визначте*: 1) на якому з його фрагментів – а чи б – зображено посуд, який мили у твердій воді; 2) на якому з його фрагментів – в чи г – зображено колбу з твердою водою, до якої долили мильного розчину й збовтули.

3. *Поміркуйте й висловіте* припущення, чому: а) перегонкою можна усунути як тимчасову, так і постійну твердість води; б) твердість поверхневих вод зазвичай менша від твердості вод підземних; в) твердість поверхневих вод схильна до помітних сезонних коливань і досягає найбільшого значення наприкінці зими й найменшого – у період повені; г) часто систему зворотного осмосу для очищення питної води доповнюють фільтром штучної мінералізації, під час проходження крізь який воду збагачують солями Магнію, Кальцію, Калію, Флуору та інших хімічних елементів до рівня 100 мг/л, а якщо вода призначена для прання та миття посуду, то такий фільтр не встановлюють; д) для чого в посудомийні машини завантажують таблетки, головним складником яких є натрій хлорид, адже він не усуває твердість води та не є мийним засобом.

4. За допомогою інтернет-ресурсів знайдіть мапу України, на якій позначено регіони з різною твердістю води. *Проаналізуйте* й поясніть, чим, на вашу думку, зумовлено відмінності в різних регіонах.

5. *Проаналізуйте* з погляду хімії фрагмент інструкції щодо складу й використання порошку для посудомийних машин: «Лужність розчину, потрібну для процесу миття, забезпечує комбінація натрій карбонату, натрій гідрогенкарбонату, натрій силікату. Натрій цитрат і натрій глюконат зменшують твердість води під час нагрівання її й дають

<sup>1</sup> Візьміть до уваги, що цитрати та глюконати Кальцію й Магнію – малорозчинні сполуки.

зможу запобігти утворенню осаду на посуді». Чи правильно описав виробник функції кожного зі складників<sup>1</sup>?

6. *Запропонуйте* способи видалення накипу з огляду на його хімічний склад.

7. Доповніть опис досліду: «На предметне скельце нанесли по краплі дистильованої, кип'яченої мінеральної й некип'яченої мінеральної води. Після висихання дистильованої води осад ... . Осад після випаровування кип'яченої мінеральної води дав змогу зробити висновок про її ... твердість, а некип'яченої - про ... ».



### Творча майстерня

8. Підготуйте презентацію «Тверда та м'яка вода в моєму житті».

## § 29. Силікатні матеріали

**Після опрацювання параграфу ви зможете:**

- **наводити приклади** силікатних матеріалів;
- **характеризувати** їхнє значення;
- **обґрунтовувати** застосування силікатних матеріалів їхніми властивостями;
- **оцінювати** їхню роль у житті людини й розвитку технологій.

**Силікатні матеріали** люди почали використовувати з давніх-давен і використовують дотепер. З кременю ( $\text{SiO}_2$ ) наші пращури виготовляли знаряддя праці (800–600 тис. років до н. е.). Згодом почали використовувати яшми, гірський криштал, агати, обсидіан (вулканічне силікатне скло) та нефрит (рис. 29.1).

**Кремнезем та алюмосилікати**<sup>1</sup> – сировина, на основі якої виробляють силікатні матеріали, – дуже поширені в природі. У земній корі вміст кремнезему перевищує 12 %, а частка алюмосилікатів становить близько 75 %. Висока механічна міцність, вогне- та хімічна стійкість, властиві силікатним матеріалам, зумовлені їхньою полімерною будовою та великою часткою ковалентних зв'язків у них. Розгляньмо деякі із цих матеріалів докладніше.



Рис. 29.1. Усюдисущий силіцій(IV) оксид. 1. Кременеві знаряддя праці (2016 р., с. Межиріч Острозького р-ну Рівненської обл., пізній етап трипільської культури, бл. 3600–3500 р. до н. е.). 2. Ритуальний обсидіановий ніж (культура Чатал-Хююка, Туреччина, 7000–6000 р. до н. е.). 3. Велика коливанська ваза з яшми – найбільша ваза у світі (XIX ст., Санкт-Петербург, Державний Ермітаж). 4. Ручна агатова ступка з товчачиком є в кожній сучасній хімічній лабораторії

<sup>1</sup> Комплексні аніони алюмосилікатів містять Силіцій та Алюміній:  $[\text{AlSiO}_4]^-$ ,  $[\text{AlSi}_4\text{O}_{10}]^-$ ,  $[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}]^{2-}$ . Катіони:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , іноді  $\text{Ba}^{2+}$  та  $\text{Li}^+$ .



Рис. 29.2. 1. Кристали Swarovski – це оброблені та огранені кристали з надпрозорого кришталевого скла, які імітують діаманти. Їх широко застосовують як декоративні елементи. 2. Кришталеві вироби з експозиції музею скла Мозер у Карлових Варах (Чехія)

**Скло** – один з найзатребуваніших матеріалів у сучасних архітектурі, дизайні, мистецтві тощо. Його значення неможливо переоцінити. Склад звичайного віконного скла спрощено відображає формула  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$ . Щоб надати склу спеціальних властивостей, до його складу вводять інші компоненти. Наприклад, скло, у якому замість Натрію міститься Калій, вирізняється тугоплавкістю. Кришталеве скло містить значну кількість Плюмбуму (або Барію) та Калію. Воно добре відбиває й заломлює світло, блищить, тому його використовують в оптиці та для виготовлення посуду й декоративних виробів (рис. 29.2).

Боросилікатне скло має високу термічну та хімічну стійкість, з нього виготовляють лабораторний посуд. Рубінове скло містить розпорошені частинки золота. Жовтого кольору склу надає хром(VI) оксид, блакитного – купрум(II) оксид, зеленого – оксиди Феруму(II) та Феруму(III), оливково-коричневого – оксиди Ванадію(III) та Ванадію(V), фіолетового й бузкового – нікель(II) оксид та манган(III) оксид. Залежно від умісту кобальт(II) оксиду скло набуває відтінків від блакитного до синьо-фіолетового.

Зі скла – давнього й одвічно молодого матеріалу – виробляють *скловолокна* та *склотканину*, *піноскло* тощо (рис. 29.3). Без них важко уявити поступ у створенні новітніх матеріалів та технологій, зокрема в будівництві.



Рис. 29.3. 1. Скляні оптичні волокна виготовляють з кварцового скла. 2. Склотканина – універсальний армувальний, фільтраційний, ізоляційний та будівельний матеріал. 3. Піноскло – легкий пористий формований матеріал, що утворюється внаслідок тверднення спіненої скломаси, – має високі ізоляційні властивості



## Цікаво і пізнавально

Головною родзинкою станції Київського метрополітену «Поштова площа» (1976) є вітраж «Дніпро» з різнобарвного литого скла, який створила художниця Ірина Левитська (рис. 29.4)<sup>1</sup>.

**Кераміка** – це й порцеляна (фарфор), і фаянс, і майоліка та чимало інших матеріалів і виробів з них. *Порцеляна* – вид кераміки, непроникний для води й газів. У тонкому шарі просвічується. *Фаянс* – керамічний матеріал, подібний до порцеляни. Він має пористий (проникний для рідин) черепок, укритий тонкою склоподібною плівкою – *поливою*. *Майоліка* – різновид кераміки, яку виготовляють з випаленої глини з використанням розписної поливи. Цегла, керамічні труби, облицювальна плитка – усе це керамічні вироби. Їх одержують спіканням до каменеподібного стану природних глин та їхніх сумішей з різноманітними мінеральними добавками (рис. 29.5).

**Цемент** належить до мінеральних зв'язувальних речовин – порошкоподібних матеріалів, унаслідок змішування яких з водою утворюється пластична маса. Її зручно вкладати, із часом вона твердне й перетворюється на камінь. Головні складники цементу – силікати та алюмінати Кальцію, які утворюються внаслідок високотемпературного оброблення частково або повністю розпалених сировинних матеріалів. На основі цементу виготовляють *бетон* (рис. 29.6), *залізобетон*, *пінобетон*, різноманітні зв'язувальні суміші, без яких неможливо уявити сучасну будівельну індустрію.

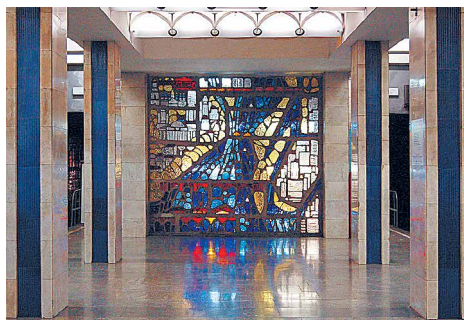


Рис. 29.4. Вітраж «Дніпро»



Рис. 29.5. 1. Іванна Козак-Ділета в Косові продовжує традиції відомих майстрів і майстринь гуцульської кераміки. 2. Однією з візитівок Перечинщини (Закарпаття) стали оригінальні керамічні вироби Тетяни Майор та вихованців її гуртка. 3. Оксана Грудзинська<sup>2</sup> на тлі створеного нею в центральній залі підземного вестибюлю станції Київського метрополітену «Хрещатик» (1960) декоративного майолікового панно

<sup>1</sup> Левитська Ірина Георгіївна (1927–2012) – малярка, графікня, монументалістка, лауреатка Міжнародної премії ім. С. Гулака-Артемівського (1999), членкиня Національної спілки художників України (1963).

<sup>2</sup> Грудзинська Оксана Аркадіївна (нар. 1923) – майстриня художньої кераміки, заслужена художниця УРСР (1990), членкиня Національної спілки художників України (1956).

## Цікаво і пізнавально

Видатний архітектор В.В. Городецький збудував у Києві на Куренівці цементний завод «Фор», який із синьої глини з берегу Глибочиці щороку виробляв 640 тис. пудів цементу. За його проектом у 1902–1903 роках було зведено будинок з химерами, у будівництві якого вперше використано бетон як конструкційний та оздоблювальний матеріал. Італійський скульптор Еліо Саля прикрасив будівлю бетонними наядами, дельфінами, слонами, носорогами, жабами, ящірками та іншими істотами.

**Залізобетон** – штучний будівельний матеріал, у якому поєднані воедино сталева арматура та бетон. Бетон



Рис. 29.6. Будинок з химерами – офіційна резиденція Президента України для проведення протокольних заходів

надає конструкціям жорсткості та захищає арматуру від корозії. **Пінобетон** – комірчастий пористий легкий бетон. Його одержують з піномаси, яку виготовляють зі спіненого цементного тіста (рис. 29.7).

**Вогнетриви** – матеріали, що мають вогнетривкість не менше 1580 °С. Їх використовують в агрегатах і пристроях для захисту від впливу теплової енергії та газуватих, рідких, твердих агресивних реагентів, зокрема – у чорній металургії, на виробництві сталерозливного приладдя, у машинобудуванні, хімічній та нафтохімічній, цементній промисловості тощо. Поміж вогнетривів також чимало силікатних матеріалів – кремнеземисті, алюмосилікатні, магнезисилікатні, карбидосиліциєві (рис. 29.8).

**Силікатні фарби** для зовнішніх і внутрішніх робіт – це комбінація з розчину калій силікату як сполучного матеріалу й неорганічних кольорових пігментів, що забезпечує максимальну стійкість і дов-

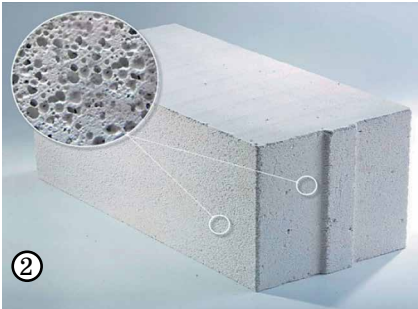


Рис. 29.7. 1. Залізобетон.  
2. Пінобетон

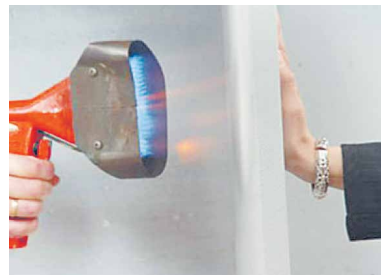


Рис. 29.8. Вогнетриви





Рис. 29.9. Пам'ятник Магдебурзькому праву в Києві 2013 року до (1) та після (2) реставрування із застосуванням силікатних матеріалів, зокрема силікатних фарб

говічність. Їхніми перевагами є паро- та повітряпроникність, світлостійкість, негорючість, екологічність та економічність тощо (рис. 29.9).

**Органосилікатні матеріали** – група синтетичних матеріалів для створення термостійких захисних і декоративних покриттів (фарб). Це суспензії подрібнених силікатів й оксидів металічних елементів у розчинах, що містять органічні та елементоорганічні полімери. Їм властиві висока хімічна, світло-, вогне- та біологічна стійкість, гідрофобність тощо. Тому органосилікатні матеріали використовують як антикорозійне покриття для металевих і бетонних поверхонь. Вони здатні забезпечити електро- та теплоізоляційний захист конструкцій і виробів. Відносно високу ціну органосилікатних композицій компенсує тривалий безремонтний термін експлуатування та висока якість антикорозійного захисту.

**Силікони** (поліорганосилоксани) – оксигеновмісні високомолекулярні силіційорганічні сполуки з хімічною формулою  $[R_2SiO]_n$ , де R – органічна група ( $-CH_3$ ,  $-C_2H_5$ ,  $-C_6H_5$ ). Описати застосування силіконів ви зможете самостійно, проаналізувавши рисунок 29.10 (зробіть це).



Рис. 29.10. Тисяча й одна «професія» силіконів



Рис. 29.11. 1. Наповнювач для котячого лотка – також цеоліт. 2. Силіковмісні ентеросорбенти

**Силікатні сорбенти** широко застосовують у медицині, наукових дослідженнях, на виробництві, у побуті тощо (рис. 29.11).

Наприклад, цеоліти – гідратовані алюмосилікати лужних елементів – природні й штучні. Їм притаманні селективні, адсорбційні та йонообмінні властивості. Тому їх використовують для очищення питної води, осушення та очищення газів, проміжних і кінцевих продуктів органічного синтезу, у системах каталізу, для сорбції токсичних речовин у рідких і газуватих середовищах. Також їх застосовують як добавки у виробництві цементу, паперу, удобрювальних сумішей, для дезодорування тваринницьких приміщень тощо. Кристалічна структура цеолітів з регулярно розташованими порами мікроскопічних розмірів робить ці матеріали ідеальною основою для створення систем очищення повітря й води в космічних кораблях і на підводних човнах. Здатність цеолітів поглинати радіоактивні нукліди – йони Цезію, Стронцію та Йоду – використано для дезактивації води, забрудненої радіоактивними речовинами під час катастрофи на японській атомній станції Фукусіма-1.

Так зване біле вугілля – це ентеросорбент, активною речовиною якого є силіцій(IV) оксид. Високий ступінь його подрібненості забезпечує велику активну поверхню сорбції. Непориста структура частинок забезпечує високу швидкість сорбції та слабку сорбцію низькомолекулярних сполук, зокрема мінеральних речовин і вітамінів.

Гідрогель метилсилікатної кислоти також ефективно адсорбує молекули токсичних речовин екзо- та ендogenous походження, продукти незавершеного метаболізму, радіонукліди та природним шляхом виводить їх з організму.

**Про інші новітні силікатні матеріали** ви зможете дізнатися самостійно з додаткових інформаційних джерел (*зробіть це*), адже науковий поступ у цьому напрямі триває.



<https://www.youtube.com/watch?v=V8KxKSVulzE>  
<https://www.youtube.com/watch?v=QbYuoMUn8Xc>

**ПРО ГОЛОВНЕ**

- Силікатні матеріали – скло, кераміка та вогнетриви, мінеральні зв’язувальні речовини.
- Властивості силікатних матеріалів зумовлені їхнім хімічним складом і будовою.
- Застосування силікатних матеріалів зумовлене їхніми властивостями.

- Силікатні матеріали широко використовують у промисловості, будівництві, побуті.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. Силікатні цементи залежно від їхнього складу можуть бути кислото- або лугостійкими. У цементі 1 – підвищений уміст кремнезему, у цементі 2 – кальцій оксиду та магній оксиду. *Поясніть*, який із цих цементів кислото-, а який – лугостійкий? Чому? 3. *Схарактеризуйте* переваги й недоліки скла як конструкційного матеріалу. 4. Які переваги та недоліки піно- та газобетону порівняно зі звичайним бетоном? 5. В одній з українських майстерень виготовляють не просто скляний посуд, а посуд з винних пляшок. В асортименті є тарілки, склянки та набори посуду. *Оцініть* переваги такого підходу до ведення бізнесу. \*6. *Проаналізуйте* стан виробництва скла, кераміки, цементу, бетону та ринку будівельних матеріалів в Україні, використавши додаткові джерела інформації



### Творча майстерня

7. *Підготуйте* презентацію «Силікатні матеріали в моєму житті». 8. Розробіть один з бізнес-проектів: «Гончарна майстерня», «Ф'юзинг».

## § 30. Мінеральні добрива

*Після опрацювання параграфа ви зможете:*

- *наводити приклади* мінеральних добрив;
- *оцінювати* значення мінеральних добрив у сільськогосподарському виробництві;
- *висловлювати судження* щодо нерационального використання мінеральних добрив.

**Що таке добрива?** Це речовини, які вносять у ґрунт, аби поліпшити живлення рослин задля підвищення їхньої врожайності. Добрива містять один або декілька поживних елементів. У 1799 році встановлено, що для нормальної життєдіяльності рослин потрібний Фосфор. У 1840 році Ж.Б. Буссенго (рис. 30.1) довів, що рослини живляться Нітрогеном, який міститься в нітратах ґрунтів. Теорію живлення рослин Нітрогеном та наукові основи фосфоритування ґрунтів розробив Д.М. Прянишников (рис. 30.2).

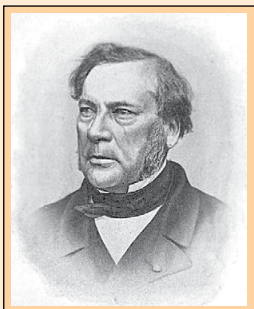


Рис. 30.1. Буссенго Жан Батист (1802–1887). Французький науковець, один із засновників агрохімії, член Паризької АН. Перший почав вивчати колообіг речовин у природі. Довів, що всі рослини (крім бобових) мають потребу в ґрунтовому Нітрогені, а вуглекислий газ повітря є джерелом Карбону для зелених рослин. Вивчав газообмін у рослин і тварин, уплив нітратів і фосфатів на розвиток рослин

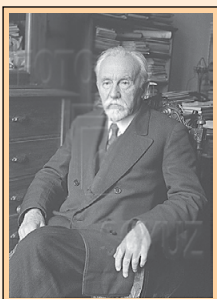
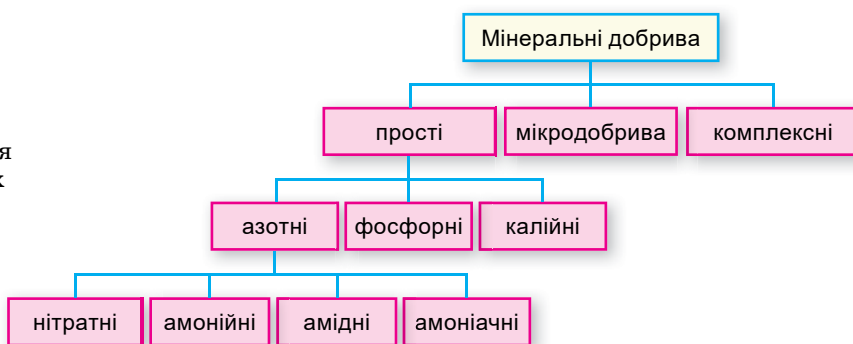


Рис. 30.2. Прянишников Дмитро Миколайович (1865–1948), російський науковець, засновник агрохімічної школи, академік. Розробив теорію живлення рослин Нітрогеном (1916), наукові основи фосфоритування ґрунтів. Праці з вапнування кислих ґрунтів, гіпсування солонців, застосування органічних добрив

Майже всі мінеральні добрива є солями, одержуваними з природних мінералів, а також з азоту повітря. Про класифікацію добрив ви дізнаєтеся, проаналізувавши схему на рисунку 30.3 (зробіть це).

Рис. 30.3. Класифікація мінеральних добрив



? Поясніть, за якими ознаками класифіковано добрива на схемі (рис. 30.3).

Отже, *мінеральні добрива* – неорганічні речовини, добуті на хімічних підприємствах. До них відносять і деякі органічні речовини, наприклад карбамід.

**Прості добрива** містять лише один поживний елемент. Наприклад, *азотні добрива* містять Нітроген. *Нітратні* (селітри) – у складі аніона:  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . *Амонійні* – у складі катіона:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . В амоній нітраті  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  поживний елемент є складником як катіона, так і аніона. Карбамід, або сечовина  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , – також азотне добриво. До *амоніачних добрив* належать рідкий амоніак  $\text{NH}_3$ , амоніачна вода  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , амоніакати  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Їхнє виробництво значно дешевше, ніж твердих добрив, однак певні незручності в транспортуванні й унесенні дещо обмежують їх використання. *Калійні добрива* – сильвініт  $\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$ , калій сульфат  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , поташ  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . *Фосфорні добрива* – простий суперфосфат  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaSO}_4$ , подвійний суперфосфат  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , преципітат  $\text{CaHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , фосфоритне борошно  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

**Комплексні добрива** містять кілька поживних елементів: калійна селітра  $\text{KNO}_3$ , амофос  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , діамофос  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , амофоска  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{KCl}$ , нітроамофоска  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{KCl} + \text{NH}_4\text{NO}_3$ .

**Мікродобрива** містять мікроелементи, споживані рослинами в невеликих кількостях. Це борні  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , мідні  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , манганові  $\text{MnSO}_4$ , кобальтові  $\text{CoCl}_2$ , молібденові  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ , цинкові  $\text{ZnSO}_4$  добрива тощо





Рис. 30.4. Мінеральні добрива

(рис. 30.4). Вони забезпечують приріст урожаїв і поліпшують якість продукції. Проте надлишкове використання їх може призвести до накопичення мікроелементів у ґрунтах і сільськогосподарській продукції, що зумовлює негативні наслідки для довкілля й здоров'я людини.



Класифікуйте добрива, зображені на рисунку 30.4.

**Застосування в сільському господарстві мінеральних добрив**, поряд з механізацією й передовими методами агротехніки, дає величезний економічний ефект. Проте досягти його можна лише за умови грамотного добору й правильного внесення добрив у ґрунт.

Деякі добрива не можна змішувати або потрібно змішувати лише в строго обмежених співвідношеннях. Чому? Тому що сполуки в їхньому складі можуть хімічно взаємодіяти, унаслідок чого суміші втрачають Нітроген у вигляді газованих оксидів та амоніаку, а Фосфор, засвоюваний рослинами, переходить у важкодоступний стан. Також може підвищуватися гігроскопічність і злежуваність змішаних добрив.

### Цікаво і пізнавально

Гідропоніка (від дав.-гр. ύδωρ – «вода» і πόνος – «робота») – спосіб вирощування рослин без ґрунту на поживних розчинах. Наталія Марійчук з Алчевська взяла участь у проекті «Новий відлік», створений для переселенців і демобілізованих учасників АТО. Тепер у селі Солонка на Львівщині підприємлива жінка, яка до того не мала жодного стосунку до сільського господарства, вирощує методом гідропоніки зелень у теплицях (рис. 30.5) та постачає її до тридцяти львівських ресторанів і торгових мереж.



Рис. 30.5. Даремно багаті про врожай, усе залежить від старанної роботи та добрив (китайське прислів'я)



Прокоментуйте підпис до рисунка 30.5 з огляду на інформацію, наведену в рубриці.



**Чому потрібно неухильно дотримуватися норм унесення добрив у ґрунт?** Добрива, у яких співвідношення поживних елементів відповідає агротехнічним вимогам (для певної культури, ґрунту тощо), називають *збалансованими*. Якщо вміст одного з поживних елементів у добриві нижче від потрібної норми, інші поживні елементи не забезпечать високого врожаю. Від надлишку поживних елементів якість сільськогосподарської продукції погіршується.

*Проблема надходження до організму нітратів*, які можуть міститися в городині або колодязній питній воді, є нагальною для кожної людини. Унаслідок хімічних реакцій під час процесів травлення ці сполуки відновлюються до отруйних *нітритів* – солей нітритної кислоти  $\text{HNO}_2$ . Нітрити мають загальнотоксичну дію, спричиняють розлади нервової, серцево-судинної, травної систем організму. Зауважимо, що в харчовій промисловості нітрити натрію та калію додають у м'ясо-ковбасні вироби, аби надати їм привабливого рожевого кольору. Тому слід дбати про якість споживаних харчових продуктів. Потрібно контролювати за допомогою спеціальних тестерів вміст нітратів у питній воді та харчових продуктах, не купувати продукти на стихійних ринках.

*Евтрофікація водойм*, до яких потрапляють змиті з навколишніх полів фосфорні та азотні добрива, також є серйозною екологічною проблемою. Адже підвищується некорисна продуктивність ставків, озер, річок, посилено розвиваються фітопланктон та водорості, прибережні зарості, вода «цвіте» тощо (*поясніть, чому це становить небезпеку для довкілля*).

*Надмірне використання калійних добрив* сприяє накопиченню аніонів Хлору. Вони досить рухливі й можуть переміщатися як вертикально, так і горизонтально в ґрунті. Зростання концентрації хлорид-іонів у ньому призводить до зниження інтенсивності фотосинтезу в рослинах. Також небезпеку становить засолення ґрунту кальцій сульфатом унаслідок повсюдної практики внесення калій сульфату як добрива в суміші із суперфосфатами.

Як позначається використання деяких добрив на величині показника рН ґрунтового розчину, ви дізнаєтеся з наступного параграфу.



<https://www.youtube.com/watch?v=jFbaAn1NcPc>  
[https://www.youtube.com/watch?v=qg\\_U6PE8bK4](https://www.youtube.com/watch?v=qg_U6PE8bK4)  
<https://www.youtube.com/watch?v=ssUNy0zVx8o>

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Добрива – це речовини, які вносять у ґрунт, щоби поліпшити живлення рослин задля підвищення їхньої врожайності.
- Мінеральні добрива – неорганічні речовини, добуті на хімічних підприємствах.
- Прості добрива містять лише один поживний елемент.
- Комплексні добрива містять кілька поживних елементів.
- Мікродобрива містять мікроелементи, споживані рослинами в невеликих кількостях.
- Добрива, у яких співвідношення поживних елементів відповідає агротехнічним вимогам (для певної культури, ґрунту тощо), називають збалансованими.



## Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи може- те ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



## Застосуйте свої знання й уміння

2. *Прокоментуйте* з огляду на вивчене висловлювання науковців: а) Причина виникнення й занепаду націй полягає в тому самому. Розкрадання родючості ґрунту зумовлює їхню загибель, підтримання цієї родючості – їхнє життя, багатство та могутність. *Ю. Лібіх*; б) Під час продажу врожаю зі свого поля селянин продає саме поле. *Ю. Лібіх*; в) Речовина, що перебуває в мінімумі, керує врожаєм та визначає величину й сталість його в часі. *Ю. Лібіх*; г) Сіль є основою життя та росту всіх посівів. *Б. Паліссі*. 3. *Поміркуйте й поясніть*, чому: а) тверді добрива не можна вносити надто глибоко в землю та не можна розсипати на поверхні ґрунту; б) рідкі амоніачні добрива вносять спеціальними машинами й зашпаровують на глибину 10–12 см, а на легких ґрунтах глибину їхнього закладення збільшують до 14–18 см; в) недоцільно змішувати солі амонію з вапном або калій карбонатом, а суперфосфат з магнієвою або натрієвою селітрами; г) та як саме можна раціонально використати мінеральні добрива, що злежалися; д) не можна поміщати етикетки мінеральних добрив усередину пакета з ними; ж) потрібно попереджати людей навколо про використання мінеральних добрив, а також хімічних засобів боротьби зі шкідниками та хворобами рослин; \*з) під час перевірки насіння сосяшника багатьох вітчизняних і зарубіжних виробників було виявлено значно вищий за припустимий уміст Кадмію. 4. Під час вирощування сільськогосподарських культур на забруднених радіоактивними елементами територіях потрібно застосовувати прийоми, які сприяють зменшенню надходження радіонуклідів до рослин. Експериментально визначено, що кальцієлюбні культури (бобові, овочеві) поглинають катіони Стронцію-90 більшою мірою, ніж злакові, а калієлюбні – катіони Цезію-137. *Оцініть* слушність тверджень: а) вапнування кислих ґрунтів знижує рухомість радіонуклідів у них; б) унесення в ґрунт калійних добрив знижує проникнення в рослини радіонуклідів Цезію, а внесення фосфатів лужних елементів – радіонуклідів Стронцію.



## Творча майстерня

5. Підготуйте презентацію «Мінеральні добрива у нашому повсякденні», використавши в ній прислів'я про добрива.

## § 31. Поняття про кислі та лужні ґрунти

*Після опрацювання параграфа ви зможете:*

- *прогнозувати* рН середовища кислих і лужних ґрунтів;
- *обґрунтовувати* причини існування кислих і лужних ґрунтів.

**Поняття про кислі та лужні ґрунти** ви вже певною мірою маєте (*пояснить, звідки та які саме*). Більше про них ви дізнаєтеся, доповнивши таблицю 31.1 значеннями рН, наведеними під нею (*зробіть це й обґрунтуйте свій вибір*).

Таблиця 31.1. Класифікація ґрунтів за величиною показника рН

Група ґрунтів	Величина рН
Сильно кислі	
Кислі	
Слабко кислі	

Група ґрунтів	Величина рН
Нейтральні	6,5–7,0
Слабко лужні	
Лужні	
Сильно лужні	



рН: понад 8,5; 7,0–7,5; 5,5–6,5; 4,5–5,5; 3,0–4,5; 7,5–8,5.

*Чому важливо знати це?* Щоб правильно підживлювати та меліорувати ґрунти, запобігати їхньому деградуванню. Адже в надто кислих чи надто лужних ґрунтах пригнічено діяльність мікроорганізмів, порушено засвоєння поживних елементів рослинами (рис. 31.1 та 31.2).



За діаграмою на рисунку 31.1 *визначте*, засвоюваність якого з хімічних елементів є максимальною в сильно кислих ґрунтах. *Поясніть* це явище з огляду на те, що рослини здатні засвоювати його йони лише з водного розчину.

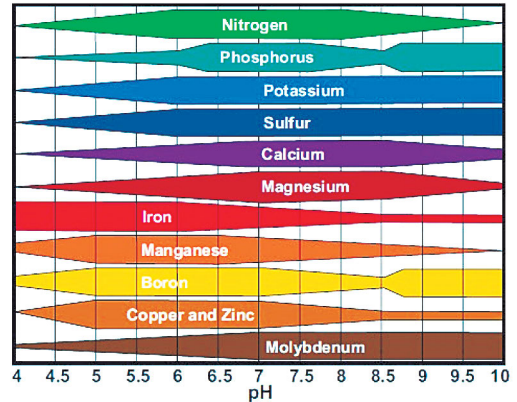


Рис. 31.1. Уплив величини рН ґрунтового розчину на засвоюваність макро- та мікроелементів рослинами



Рис. 31.2. Чи матиме газон поблизу вашої оселі ідеальний вигляд? Багато в чому це залежатиме від показника рН...



1. Скориставшись даними, які ви впорядкували в таблиці 31.1, визначте групу ґрунтів для створення ідеального газону. 2. Доповніть речення: «рН ґрунтового розчину залежить насамперед від умісту в ньому йонів ..., які зумовлюють кислотну реакцію (дерново-підзолисті й болотні ґрунти) та ...-йонів, що створюють лужну реакцію (каштанові ґрунти, сіроземи й солонці)».

**Реакція ґрунту** (величина його рН) є наслідком сукупної дії багатьох чинників. Вона залежить від мінералогічного та хімічного складу ґрунту, умісту солей, органічних речовин, складу ґрунтового повітря, вологості ґрунту та його біогенності.

Чи не найважливішим регулятором реакції ґрунту є солі. Унаслідок зволоження вони переходять у ґрунтовий розчин, а внаслідок висихання залишають його. Багато які із солей зазнають гідролізу, у результаті чого, залежно від природи солі, у ґрунтовому розчині виникає надлишок катіонів Гідрогену або гідроксид-аніонів. Тож унесення добрив не лише підвищує кількість засвоюваних рослинами поживних речовин у ґрунті, а й позначається на рН ґрунтового розчину. Наприклад, систематичне використання для підживлення рослин амоній сульфату та амоній хлориду зумовлює кислу реакцію ґрунтового розчину внаслідок гідролізу цих солей.



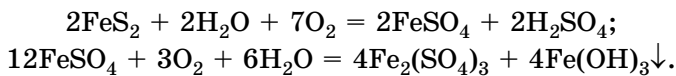
Складіть рівняння реакцій гідролізу амоній сульфату та амоній хлориду.

Неорганічні й органічні кислоти в ґрунті також впливають на рН ґрунтового розчину. Однією з найпоширеніших у ньому неорганічних кислот є карбонатна. Залежно від термодинамічних умов (температури, тиску тощо) і біологічної активності вона спроможна підтримувати рН у межах 3,9–4,5–5,7.



Пригадайте з курсу біології, як унаслідок кореневого дихання потрапляє в ґрунт карбонатна кислота, і поясніть, чому її вміст тісно пов'язаний з добово-сезонними ритмами погоди та залежною від них ритмікою мікробіологічної (зокрема, й ферментативної) активності.

Сульфатна кислота утворюється в ґрунтах і материнських породах унаслідок повільного окиснення сульфідів металічних елементів, наприклад<sup>1</sup> піриту  $\text{FeS}_2$ :



1. Складіть повне та скорочене йонні рівняння, що описують процес окиснення ферум(II) сульфату. Чи належить ця реакція до реакцій йонного обміну? Чому?  
2. Перевірте, використавши метод електронного балансу, чи правильно добрано коефіцієнти в рівнянні цієї реакції.

Унаслідок гідролізу одного з проміжних продуктів – ферум(III) сульфату – утворюється кінцевий продукт окиснення – лимоніт<sup>2</sup> – та виникає надлишок (поясніть чому) катіонів Гідрогену в розчині.

Кислотні дощі (див. § 21) також сприяють зниженню рН ґрунтів.

Гниття білків рослинних і тваринних решток веде до утворення гідроген сульфідів й амоніаку, які за участі бактерій, води та кисню зазнають низку складних біохімічних перетворень, продуктами яких є кислоти – сульфатна та нітритна й нітратна відповідно.



Складіть формули неорганічних речовин, про які йшлося в цьому абзаці. Які з них здатні до електролітичної дисоціації?

Органічні кислоти (етанова, оксалатна, лимонна, яблучна, піровиноградна тощо) потрапляють у ґрунт з метаболітами грибів, бактерій, комах та кореневими виділеннями рослин.

### Цікаво і пізнавально

Мімоза сором'язлива (*Mimosa pudica*) оригінально реагує на потенційну загрозу (рис. 31.3). Якщо пошкоджено її корені, вони виділяють «коктейль» з отруйних речо-

<sup>1</sup> Для ознайомлення, а не для запам'ятовування.

<sup>2</sup> Його хімічний склад спрощено описують формулою  $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

вин, до складу якого входять сильні метан-, етан- та пропансульфонова кислоти, а також молочна, пірвіноградна кислоти й різноманітні сполуки Сульфору<sup>1</sup>.

**Рослини споживають аніони та катіони у певних пропорціях** в обмін на еквівалентну кількість йонів  $H^+$ ,  $OH^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ , унаслідок чого можливе зрушення реакції ґрунтового розчину в той чи той бік (рис. 31.4).

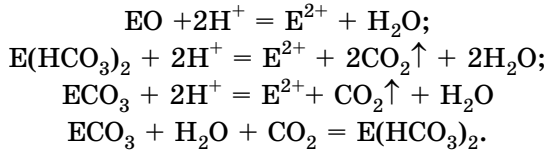


Рис. 31.3. Мімоза сором'язлива (*Mimosa pudica*)



1. Поясніть, як зміниться: 1) кислотність; 2) величина рН ґрунту внаслідок поглинання кореневою системою рослини: а) катіонів Калію та Магнію; б) нітрат- та сульфат-аніонів. 2. Коренева система рослини поглинає катіони амонію значно швидше, ніж нітрат-аніони. Підвищиться чи знизиться концентрація катіонів Гідрогену в ґрунті внаслідок використання як добрива амоній нітрату?

**Як можна змінити величину показника рН ґрунту?** Надмірну кислотність ґрунту усувають *вапнуванням*, а надмірну лужність – *гіпсуванням*. *Вапнування* – це внесення в ґрунт оксидів, гідрогенкарбонатів або карбонатів Кальцію та Магнію для нейтралізації його кислотності:



Унаслідок цих процесів у ґрунтовому розчині зменшується вміст катіонів Гідрогену, натомість збільшується вміст катіонів Кальцію та гідроксид-іонів – продуктів гідролізу кальцій гідрогенкарбонату.

*Гіпсування* – це внесення в лужні ґрунти гіпсу, формула якого  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . У такий спосіб, наприклад, хімічно меліорують солонці, щоб замінити поглинений Натрій на Кальцій:

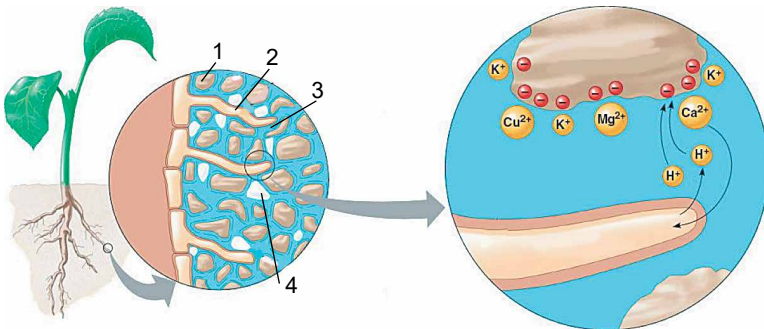
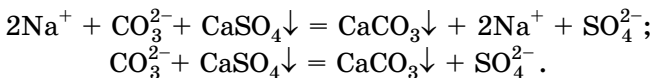


Рис. 31.4. Між частинками ґрунту, ґрунтовим розчином і поверхнею корневих волосків відбувається йонний обмін. 1. Частинка ґрунту. 2. Кореневий волосок. 3. Вода. 4. Пухирець повітря

<sup>1</sup> <http://www.plantphysiol.org/content/170/2/1075>



Отже, ви пересвідчилися, що збагнути хімізм ґрунтоутворення та живлення рослин вам допомогли здобуті раніше знання з біології, географії та уявлення про хімічну рівновагу, реакції йонного обміну, зокрема гідроліз, і розуміння значущості хімічних знань для забезпечення людства високоякісним продовольством.

### Цікаво і пізнавально

Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» – головна установа Науково-методичного центру «Землеробство». Зокрема, колектив інституту розробив наукові основи відтворення та регулювання родючості легких ґрунтів, хімічної меліорації кислих і солонцевих ґрунтів.



<https://www.youtube.com/watch?v=ZXaGc7XbnDg>  
<https://www.youtube.com/watch?v=-nRh6QU9J-Y>

### ПРО ГОЛОВНЕ

- Ґрунти класифікують за величиною показника рН.
- Величина показника рН ґрунтового розчину впливає на засвоюваність макро- та мікроелементів рослинами.
- Рослини споживають аніони та катіони у певних пропорціях в обмін на еквівалентну кількість йонів  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ .
- Надмірну кислотність ґрунту усувають вапнуванням, а надмірну лужність – гіпсуванням.



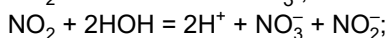
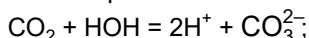
### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Визначте*, яке явище, пов'язане зі змістом параграфу 31, описують наведені далі хімічні рівняння:



3. *Поясніть*, чому: а) використання натрій нітрату як добрива приводить до нагромадження в ґрунті йонів  $\text{OH}^-$ ; б) не можна одночасно вапнувати ґрунт гашеним вапном і вносити в нього аміачні форми азотних добрив. 4. *Проаналізуйте* опис досліду з книги К.А. Тимірязєва «Життя рослин» і *поясніть* його результати: «...візьмемо ретельно відполіровану пластинку з білого мармуру ... й закопаємо її на дно плоского квіткового горщика. Посадимо в горщик яку-небудь рослину, наприклад боби. Коріння цього бобу незабаром досягне мармурової пластини, розтягнеться по ній і щільно прилипне до її полірованої поверхні. Якщо після декількох днів ми відкопаємо пластинку, обмиємо, висушимо її й потім поглянемо на неї, розташувавши її проти світла, то на гладкій поверхні, що відбиває світло, побачимо матові червоподібні сліди. Це відбитки коренів ..., не глибокі, та тим не менш дуже виразні». 5. *Доповніть* уривки з науково-популярних статей<sup>1</sup>: а) «На дуже лужних ґрунтах значно знижено доступність для рослин таких елементів, як Ферум, Манган, Купрум, Цинк і більшості мікроелементів. По-

<sup>1</sup> За матеріалами <https://agronom.com.ua/kyslotnist-gruntiv-ta-yiyi-vplyv-na-zhyv/>; <https://propozitsiya.com/ua/keruvannya-kislotnistyu-gruntiv>

рушення їхнього засвоєння зумовлене утворенням їхніх нерозчинних ..., які рослини не можуть поглинати в такому вигляді»; б) «підживлені амоній хлоридом рослини інтенсивніше поглинатимуть із ґрунтового розчину катіони  $\text{NH}_4^+$ , оскільки використовуватимуть їх для синтезу амінокислот. Натомість аніони  $\text{Cl}^-$  потрібні рослині в значно меншій кількості, тож засвоюватимуться меншою мірою. Через це в ґрунтовому розчині накопичуватимуться заміщені катіонами амонію йони ... й не вібрані аніони  $\text{Cl}^-$ , що утворюватимуть ... кислоти і, як наслідок, підключуватимуть ґрунт.»; в) «... забур'янення полів хвощем польовим (*Equisetum arvense*) на Львівщині вдалося здолати лише після ... . Адже хвощ дуже полюбляє саме кислі ґрунти».



### Творча майстерня

6. Підготуйте презентацію «Ґрунтовно про кислі й лужні ґрунти».

## § 32. Якісні реакції на деякі йони

**Після опрацювання параграфа ви зможете:**

- **проводити** якісні реакції;
- **визначати** в розчинах катіони Феруму(II), Феруму(III) (осадженням їх лугами), Барію, амонію, а також силікат- і ортофосфат-аніони.

**Якісні реакції на деякі йони** (назвіть їх) ви вже знаєте. Хоча нині багато методів хімічного аналізу вдосконалено та автоматизовано, знання про якісні реакції на певні йони лишаються актуальними (поясніть чому або спростуйте думку авторок підручника).

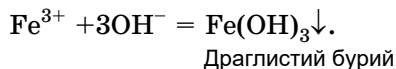
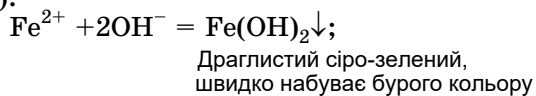
### Цікаво і пізнавально

Засновником якісного аналізу є англійський науковець Роберт Бойль (1627–1691). Він увів термін «хімічний аналіз» і застосовував різноманітні реактиви під час проведення якісного аналізу речовин. Для визначення сульфатної та хлоридної кислот учений використовував розчини вапняних солей та аргентум(I) нітрату відповідно, кислот і лугів – настойки лакмусу, фіалок, волошок тощо.



**Проаналізуйте** інформацію з рубрики «Цікаво і пізнавально». Про визначення яких аніонів та катіонів у ній ідеться? **Складіть** відповідні хімічні рівняння у скороченій йонній формі.

**Утворення осадів** – це один з основних аналітичних ефектів, саме тому більшість якісних реакцій є реакціями *осадження*. Зокрема, якісними на катіони Феруму(II) та Феруму(III) є їхні реакції з гідроксид-аніонами, які супроводжує утворення осадів певної консистенції та характерних кольорів (рис. 32.1):



До цих і наведених далі скорочених йонних рівнянь **доберіть** по кілька молекулярних і повних йонних рівнянь, скориставшись за потреби таблицею «Розчинність основ, амфотерних гідроксидів, кислот і солей у воді» (див. Додаток).

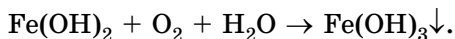


**Визначте**, у якій із зображених на рисунку 32.1 пробірок був розчин ферум(II) сульфату, а в якій – ферум(III) хлориду.



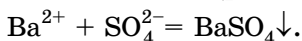
Рис. 32.1. Драглисті осадні гідроксидів характерних кольорів – зовнішні ефекти якісних реакцій на катіони Феруму(II) та Феруму(III)

Чому осад ферум(II) гідроксиду на повітрі швидко набуває бурого кольору? Це зумовлено тим, що під впливом кисню він перетворюється на ферум(III) гідроксид:

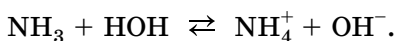
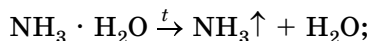
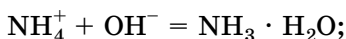


Перетворіть схему реакції окиснення ферум(II) гідроксиду на хімічне рівняння, використавши метод електронного балансу.

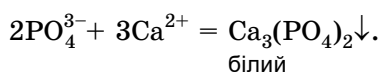
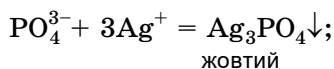
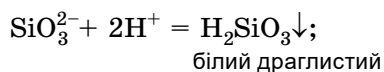
**Катіони Барію** можна осадити в різні способи (наведіть кілька з них, скориставшись, за потреби, таблицею «Розчинність основ, амфотерних гідроксидів, кислот і солей у воді»). Проте якісною зазвичай вважають реакцію осадження цих йонів сульфат-аніонами. Унаслідок її перебігу утворюється білий дрібнокристалічний осад барій сульфату, не розчинний у більшості кислот (рис. 32.2):



Для проведення якісної реакції на катіони амонію внесемо у пробірку водний розчин солі амонію об'ємом 1 мл, додавши розчин лугу й злегка нагріємо вміст пробірки. Незабаром відчуємо різкий характерний запах амоніаку. Вологий індикаторний папірець, піднесений до отвору пробірки, змінить свій колір на синій. Чому? Бо відбудеться реакція обміну, унаслідок чого утвориться амоніак, який за нагрівання виділиться з розчину (рис. 32.3):



**Силікат-** та **ортофосфат-аніони** також можна осадити з розчинів у різні способи (наведіть кілька з них, скориставшись за потреби таблицею «Розчинність основ, амфотерних гідроксидів, кислот і солей у воді»). Зокрема, для осадження силікат-іону використовують катіони Гідрогену, а ортофосфат-іон осаджують катіонами Кальцію або Аргентуму(I):



Щоб закріпити уявлення про якісні реакції на деякі йони, виконайте лабораторні дослідження 3–8.



Рис. 32.2. Білий дрібнокристалічний осад барій сульфату – зовнішній ефект якісної реакції на катіони Барію

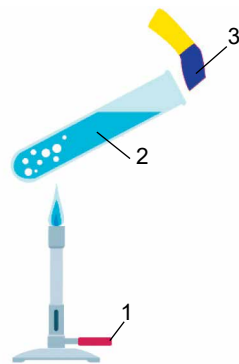


Рис. 32.3. 1. Пальник. 2. Розчин солі амонію, до якого додано розчин лугу. 3. Вологий універсальний індикаторний папірець



### Лабораторні досліди 3–8.

Виявлення в розчині катіонів Феруму(II), Феруму(III), Барію, амонію, силікат- і ортофосфат-аніонів

*Пригадайте та неухильно виконуйте*

### ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ



**Увага!** Для ліпшого спостереження використовуйте чорно-білий екран. Якщо досліди виконуете у пробірках, беріть по 5–6 крапель розчинів реагентів, якщо в заглибинах пластини – удвічі менше.

**Завдання.** Виявити у виданих розчинах катіони Феруму(II), Феруму(III), Барію, амонію, силікат- і ортофосфат-аніони.

**Обладнання.** Штатив з пробірками або пластини із заглибинами, три-мач для пробірок, нагрівальний прилад.

**Реактиви.** Розчини солей, що містять катіони Феруму(II), Феруму(III), Барію, Кальцію, амонію, Аргентуму(I), сульфат-, силікат- та ортофосфат-аніони; розчин лугу, хлоридна кислота, дистильована вода, універсальний індикаторний папір.

### Інструкція

*Виконайте* досліди, описані в цьому параграфі, й *заповніть* таблицю за зразком:

Досліджуваний розчин, що містить йони	Реагент – розчин, що містить йони	Скорочене йонне рівняння, явища, що супроводжують перебіг реакції <sup>1</sup>
Fe <sup>2+</sup>	OH <sup>-</sup>	
Fe <sup>3+</sup>		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	OH <sup>-</sup> (нагрівання, вологий індикаторний папірець)	
Ba <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	H <sup>+</sup>	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ag <sup>+</sup>	
	Ca <sup>2+</sup>	

Знання, здобуті під час опрацювання цього параграфу, ви зможете застосувати під час виконання практичної роботи 1 «Дослідження якісного складу солей».



<https://www.youtube.com/watch?v=yIZMpfE4OM>

<https://www.youtube.com/watch?v=T68CHhR-ZP0>

<https://www.youtube.com/watch?v=FqpBR204clM>

<https://www.youtube.com/watch?v=cz87YmRYwhU>

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

<https://www.youtube.com/watch?v=aPaLnx9qToo>

<https://www.youtube.com/watch?v=eXypQtGfvue&list=PLtQqrP6X6Mr3IW3IYCN-5xrvE-xfDAOHj&index=18&t=0s>

<https://www.youtube.com/watch?v=aFFC6vtl-rY>

<sup>1</sup> Використовуйте умовні позначки: осад – ↓, газ ↑.

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Катіони Феруму(II), Феруму(III) та амонію визначають за допомогою гідроксид-іонів;
- Катіони Барію осаджують сульфат-аніонами, силікат-аніони – катіонами Гідрогену, ортофосфат-аніони – катіонами Аргентуму(I) або Кальцію.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Запропонуйте* якомога більше способів, за допомогою яких можна відрізнити розчин солі X від розчину солі Y:

Назва солі	
X	Y
ферум(III) хлорид	амоній хлорид
калій силікат	амоній сульфат
натрій ортофосфат	барій нітрат
ферум(II) сульфат	натрій силікат
барій хлорид	алюміній сульфат

*Наведіть* рівняння відповідних реакцій у молекулярній та скороченій йонній формах.

3. Для визначення якісного складу солі її кристали розчинили у воді, унаслідок чого утворився безбарвний розчин. До однієї частини цього розчину добавили розчин лугу й нагріли. Після нагрівання відчули різкий характерний запах. Вологий індикаторний папірець, піднесений до отвору пробірки, змінив колір на синій. До іншої частини розчину добавили розчин барій нітрату, утворився білий осад. *Визначте* хімічну формулу досліджуваної солі. *Наведіть* рівняння відповідних реакцій у молекулярній та скороченій йонній формах. Скільки відповідей у цього завдання? 4. *Складіть* для однокласників і однокласниць завдання, аналогічні попередньому, та *розв'яжіть* їх, щоб мати змогу перевірити, чи збіглися ваші відповіді.



### Творча майстерня

5. На основі знань про якісні реакції на катіони й аніони, здобуті під час вивчення хімії в основній і старшій школі, *складіть* узагальнювальну таблицю.



### Практична робота 1 Дослідження якісного складу солей

**Увага!** Для кращого спостереження використовуйте чорно-білий екран. Якщо досліди виконуватимуть у пробірках, беріть по 5–6 крапель розчинів реагентів, якщо в заглибинах пластини – удвічі менше.

**Обладнання:** штатив з пробірками або пластина із заглибинами, скляні або пластмасові палички та піпетки, тримач для пробірок, нагрівальний прилад, чорно-білий екран.

**Реактиви:** хлоридна кислота (1 : 5), розчини натрій гідроксиду або калій гідроксиду, аргентум(I) нітрату, натрій сульфату, кальцій хлориду, дистильована вода, універсальний індикаторний папірець.



*Об'єкти дослідження:*

- 1) барій хлорид (інсектицид);
- 2) барій нітрат (складник зелених фейєрверків);
- 3) амоній нітрат (мінеральне добриво);
- 4) амоній сульфат (мінеральне добриво);
- 5) амоній гідрогенкарбонат (розпушувач тіста);
- 6) ферум(II) сульфат (складник засобів проти анемії, інсектицид і фунгіцид);
- 7) ферум(III) хлорид (коагулянт для промислового очищення води);
- 8) натрій ортофосфат (складник рідких мийних засобів, харчова добавка);
- 9) натрій силікат (складник малярних силікатних фарб).

*Пригадайте та неухильно виконуйте*

### ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ

**Завдання.** Дослідіть якісний склад солей, розчини яких вам видано<sup>1</sup>. Опишіть спостереження, складіть рівняння відповідних реакцій у молекулярній, повній та скороченій йонних формах.

**\*Додатково.** 1. В інструкції лікарського препарату Сорбіфер Дурулес наведено його склад: ферум(II) сульфат безводний – 320 мг, кислота аскорбінова – 60 мг. Доведіть, що у виданій вам таблетці цього засобу дійсно міститься ферум(II) сульфат. За потреби використайте додаткове обладнання – ступку з товкачком, лійку, фільтрувальний папір тощо. 2. Вам видано дві пробірки: в одній – силікатний клей (містить натрій силікат і калій силікат), у другій – рідкий крохмальний клейстер. *Визначте*, використавши якомога більше способів ідентифікації, уміст кожної з пробірок (за потреби отримайте в учителя чи вчительки хімії потрібні реактиви). 3. Вам видано розчин солі Купруму(II). *Визначте*, якої саме – хлориду, сульфату або нітрату.



## § 33. Біологічне значення металічних елементів

*Після опрацювання параграфу ви зможете:*

- **оцінити** біологічне значення металічних елементів – Кальцію, Калію, Натрію, Магнію, Феруму.

**Біологічне значення металічних елементів** складно переоцінити. Ви вже мали нагоду пересвідчитися в цьому на уроках біології та під час опрацювання параграфу 15.



За діаграмою, зображеною на рисунку 15.4, *схарактеризуйте* вміст Кальцію, Калію, Натрію, Магнію, Феруму в організмі людини.

**Кальцій** – важливий для всіх форм життя хімічний елемент. Уміст його в людському організмі такий: масова частка в тілі людини – близько 1,4 %, уміст у крові – 90 мг/л; у кістковій тканині – 17 %, у м'язовій – 0,14–0,07 %.

<sup>1</sup> Які саме солі досліджувати, повідомить учитель або вчителька хімії.

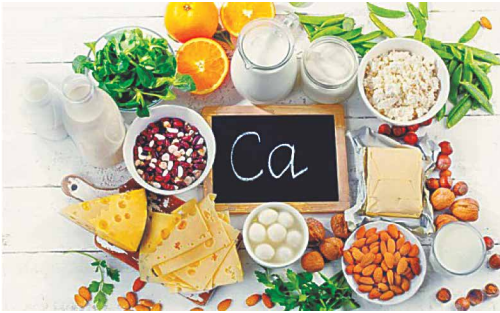


Рис. 33.1. Харчові продукти – джерела Кальцію

Кальцій є основним елементом кісткової тканини ( $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ) та зубів ( $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ ), підсилює їхню міцність. Він сприяє відновленню клітин усього організму, тому що є складником їхніх ядер, клітинних і тканинних рідин, забезпечує «злипання» клітин під час утворення тканин. Цей хімічний елемент забезпечує проникність базальних мембран епітелію, потрібен для роботи м'язів і кровотворення, бере участь у регулюванні й порушенні роботи серця, пере-

даванні нервового імпульсу та м'язових скороченнях. Без Кальцію неможливе нормальне зсідання крові. Він забезпечує правильну роботу ендокринних залоз, підвищує стійкість організму до інфекцій, нейтралізує шкідливі для організму кислоти, впливає на засвоєння організмом їжі. Обмін Кальцію тісно пов'язаний з обміном Фосфору, Стронцію, Магнію (*поміркуйте й поясніть чому*).

Джерела Кальцію: молочні продукти (особливо сири), горіхи, сардини, лосось, буряк, квасоля, цибуля, шпинат та інші листові овочі, брусниця, агрус, яйця, гречана та вівсяна крупи, насіння соняшнику, родзинки, абрикоси, кунжут, савойська капуста та броколі (рис. 33.1).

Важливо, що Кальцій майже не втрачається під час кулінарного оброблення харчових продуктів, однак здатний «вимиватися» з кісткової тканини (до 700 мг на добу). Добова потреба в Кальції становить від 800 мг до 1 г у дітей віком до 7 років, 1,4 г – в осіб до 18 років, 1,5–2 г – у вагітних і під час грудного вигодовування немовлят. Потреба в Кальції зростає за підвищеного потовиділення, під час тривалого вживання гормональних засобів, у разі захворювань крові, кишечника, нирок, ендокринних залоз, за алергічних станів.

Нестача Кальцію може бути причиною важких нервових розладів, судом, підвищеної збудливості; розм'якшення кісток (рахіт), остеопорозу; захворювань паразитоподібної, щитоподібної та надниркових залоз. Надлишок може зумовлювати сечокам'яну хворобу, гіперкальціємію, що супроводжується безпричинною нудотою, спрагою, втратою апетиту, частим сечовипусканням й судомами. Можливе утворення сечових і жовчних каменів, пухлин легень і молочних залоз.

Цей хімічний елемент нетоксичний, його засвоєнню сприяють вітамін D та продукти, що створюють кисле середовище в кишечнику (*наведіть приклади*). Перешкоджають засвоєнню Кальцію надлишок Фосфору, Магнію, Феруму, продукти з високим вмістом жирів, смажене м'ясо, злаки, цавель, шпинат, какао, висівки тощо.

**Калій**, так само як і Кальцій, є важливим для всіх форм життя хімічним елементом. Його вміст у людському організмі становить близько 140 г, вміст у крові – 1620 мг/л, масова частка в кістковій тканині – 0,21 %; у м'язовій – 1,6 %. Катіони Калію містяться в усіх клітинах і фізіологічних рідинах організму в складі солей та органічних сполук складної будови. Вони регулюють кислотно-лужну рівновагу крові, водно-сольовий баланс організму, беруть участь у вуглеводному обміні та синтезі білків. Калій потрібен для нормальної роботи м'язових клітин,

нервової системи. Він бере участь у передаванні нервового та м'язового імпульсу, у підтриманні нормального ритму скорочень серця, тону мускулатури, у регулюванні кров'яного тиску, ступеня кислотності шлункового соку тощо. Калій активізує роботу низки ферментів, має сечогінну дію та протидіє надлишку Натрію.

Джерелами Калію є горіхи, морська капуста, мед, листові овочі, яблука, сухофрукти, горох, оливи, фініки, печена картопля, банани, апельсиновий і томатний соки (рис. 33.2). Добова потреба людини в Калії становить 2–2,7 г й за інтелектуального навантаження зростає до 5 г.

Нестача Калію може призвести до порушень серцево-судинної діяльності (аритмії), підвищення рівня холестерину, виникнення загальної слабкості й нервозності, високої утомлюваності та безсоння, м'язової слабкості, судом, спраги й непереносимості цукру, сухості шкіри, вугрового сипу, закріпів. Надлишок цього елемента може зумовити порушення серцево-судинної діяльності; м'язову слабкість, «калієве гальмування», сплутане мислення, труднощі з вимовлянням. Токсична доза становить 6 г; летальна – 14 г.

**Натрій** – важливий для більшості форм життя хімічний елемент. Уміст його в людському організмі становить близько 100 г, уміст у крові – 1970 мг/л, масова частка в кістковій тканині – 1 %; у м'язовій – 0,26–0,78 %.

Катіони Натрію беруть участь у підтриманні осмотичного тиску крові, регуляції кров'яного тиску, діяльності нервової та м'язової тканин (передавання імпульсу), активному транспорті мембран (K/Na-насос). Солі натрію ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NaHPO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ) входять до складу буферних систем крові та сприяють підтриманню сталості вмісту катіонів Гідрогену (pH). Йони Натрію активізують травні ферменти, затримують воду в організмі, беруть участь у транспортуванні амінокислот і цукрів. Вони нівелюють дію катіонів Калію.



Рис. 33.2. Харчові продукти – джерела Калію

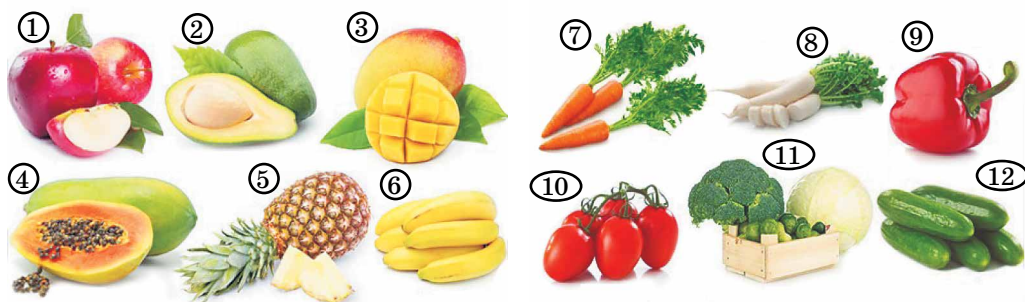


Рис. 33.3. Овочі та фрукти, багаті на Натрій: 1 – яблука; 2 – авокадо; 3 – манго; 4 – папая; 5 – ананас; 6 – банани; 7 – морква; 8 – редька; 9 – болгарський перець; 10 – томати; 11 – капуста; 12 – огірки

Джерелами катіонів Натрію є кухонна сіль, вода, м'ясні, рибні, овочеві консерви, соевий соус, житній хліб тощо. Більше інформації про вміст Натрію в овочах і фруктах ви дістанете, проаналізувавши рисунок 33.3 (зробіть це). Добова потреба людини в цьому хімічному елементі – близько 1,0–1,5 г – зростає вдвічі за сильного потовиділення (поясніть чому).

Нестача Натрію в організмі може призводити до втрати апетиту та смаку, хронічного проносу, судом, спазмів, нервових розладів, шкірних висипок, м'язової слабкості, погіршення пам'яті, частих інфекційних захворювань.

Натрій нетоксичний, однак його надлишок спричиняє спрагу, сприяє розвитку гіпертонічної хвороби, інтенсифікації склеротичних процесів, виникненню хвороб нирок (набряки, камені) тощо.

**Магній** – хімічний елемент, важливий для деяких форм життя. Уміст у людському організмі становить близько 19–25 г, уміст у крові – 37,8 мг/л. Масова частка в кістковій тканині –  $(7-18) \cdot 10^{-2} \%$ , у м'язовій –  $9 \cdot 10^{-2} \%$ . Магній міститься у крові та тканинах, переважно у внутрішньоклітинній речовині. Він є складником низки ферментів, які беруть участь у вуглеводному та фосфорному обміні, у підтриманні сталої температури тіла, в утворенні білків. Цей хімічний елемент підтримує здорову мінеральну структуру кісток, бере участь у проведенні імпульсу від нервів до м'язів, активує ДНК-полімеразу, підвищує опірність інфекціям, беручи участь у виробленні інтегринів («клейких» молекул), які допомагають імунним клітинам «приклеїтися» саме там, де це потрібно. Він стимулює перистальтику кишечника, сприяє виведенню жовчі та холестерину з нього. Магній частково є антагоністом Кальцію, пригнічує діяльність центральної нервової системи, знижує її збудливість, посилює процеси гальмування. Він має антисептичну та судинорозширювальну дію, знижує артеріальний тиск, знімає м'язові спазми. Магній сприяє виробленню допаміну та є антистресовим мікроелементом.

Джерелами Магнію є гречаний мед, цитрусові, злаки та крупи, фініки, інжир та інші сухофрукти, овочі, особливо листові, горох, козяче молоко, яєчний жовток, насіння (рис. 33.4). Майже не піддається змінам під час кулінарного оброблення; у овочах велика частина Магнію міститься безпосередньо під шкіркою.

Добова потреба людини в Магнії становить 250–500 мг та підвищується під час стресів, у разі атеросклерозу, ішемічної хвороби серця, жовчнокам'яної та гіпертонічної хвороб.

Нестача Магнію може призвести до захворювань кишечника; виникнення дратівливості й порушення емоційного стану; посмикування м'язів,



Рис. 33.4. Харчові продукти – джерела Магнію



тремтіння рук; м'язових судом, серцевої аритмії, зниження опірності організму; порушення структури кісткової тканини тощо.

Надлишок Магнію ніяк не позначається на здоровому організмі, однак за хворої печінки може спричинити сонливість, загальмованість, уповільнення пульсу, гіпотонію; параліч і асфіксію. Магній нетоксичний, його засвоєнню перешкоджає надлишок Кальцію.

**Ферум** є істотно важливим для всіх форм життя металічним елементом. Його загальна маса в організмі людини становить 4,2 г, уміст у крові – 447 мг/л, масова частка в кістковій тканині –  $(0,03-3,8) \cdot 10^{-2} \%$ , у м'язовій –  $1,8 \cdot 10^{-2} \%$ . Близько 20 % Феруму в організмі депоновано в печінці, селезінці, кістковому мозку, це його «фізіологічний резерв». Ферум є складником гемоглобіну крові, він потрібен для «зчеплення» його з киснем. Також цей елемент є компонентом м'язового міоглобіну, стимулює клітинне дихання тощо. У складі окисних ферментів (пригадайте з курсу біології яких саме) він бере участь у транспортуванні електронів; входить до складу активного центру низки інших ферментів (пригадайте з курсу біології яких саме). Цей елемент стимулює внутрішньоклітинні процеси обміну, є складником протоплазми і клітинних ядер. Без Феруму неможливе нормальне функціонування імунної системи, адже білок трансферин входить до складу лімфоцитів. Ферум підвищує загальний тонус організму.

Джерела надходження Феруму в організм людини – сушені гриби, червоне м'ясо (особливо кроляче), темне м'ясо птиці (особливо індиче), печінка (особливо свиняча), нирки, пшенична крупа, гречка, бобові (особливо квасоля), овочі (особливо цвітна капуста), фрукти (особливо диня та чорнослив), какао, чорниця. Однак варто взяти до уваги, що цей елемент погано засвоюється з тваринної їжі, а ще гірше – з рослинної (рис. 33.5).

Сприяють засвоєнню Феруму цибуля-порей, горіхи, горох, яблука, тушковані овочі, вітаміни  $B_2$ ,  $B_6$ , фолієва кислота, Купрум. Перешкоджають засвоєнню цього елемента солодкий чай, кава, пшениця, особливо зернові продукти тонкої обробки (булки, батони тощо), продукти з підвищеним умістом Кальцію, Фосфору, Цинку. Добова потреба в цьому елементі становить від 6 мг до 40 мг: 14 мг для чоловіків, 18 мг для жінок, 38 мг для вагітних і 33 мг для жінок під час грудного вигодовування немовлят. Майже 10 % Феруму людина щодня втрачає з епітелієм та жовчю.

За нестачі Феруму можуть виникнути анемія, набряки, ослаблення імунної системи, почастишати застудні захворювання. Перевтома, дратівливість, безсоння, головний біль, «мушки» перед очима, оніміння кінцівок; сухість шкіри, ламкість нігтів з поперечною смугастістю також можуть сигналізувати про те, що в організмі замало Феруму.

**Як впливає нестача та надлишок Кальцію, Калію, Натрію, Магнію, Феруму на рослини?** За нестачі Кальцію нижні листки викривлюються й скручуються; листову пластинку та її краї хаотично вкривають жовто-бурі плями; уповільнюється розвиток квіток; відмирають кінчики коренів. Рослина чахне, урожайність зменшується

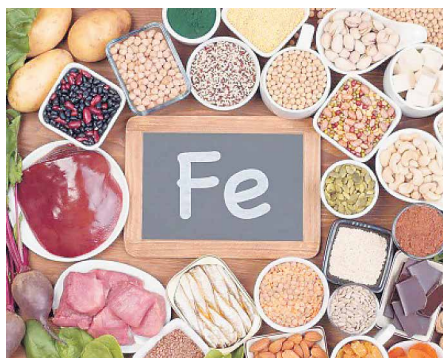


Рис. 33.5. Харчові продукти – джерела Феруму





Рис. 33.6. У рослин з дефіцитом Кальцію нові паростки спотворені й можуть жовтіти і гинути, а плоди потерпають від «цвітіння»

зморшкуватими, на них виникають бурі плями. Міжвузля коротшають, верхівки та краї листків буріють і відмирають. Нові листки ростуть тонкими, з ознаками хлорозу (рис. 33.7).

Натрій належить до елементів, які умовно потрібні рослинам. У хімічному й фізіологічному відношенні він близький до Калію. Калій може замінити Натрій, однак не навпаки. У рослинах є низка ферментів, які активує Натрій, але значно меншою мірою, ніж Калій. Одні рослини можуть засвоювати значні кількості Натрію, інші мають дуже малу здатність до його поглинання. Крім того, у натрієфобних рослин надходження Натрію з кореня до надземних органів обмежене (наприклад, у бобів). Шпинат і помідори є натрієфілами.

У рослинному організмі Магній входить до складу фотосинтетичного пігменту хлорофілу, бере участь в акумуляції сонячної енергії у процесі фотосинтезу, у транспортуванні Фосфору та у вуглеводному обміні, впливає на активність окисно-відновних процесів. Фотосинтез, біосинтез білка, підтримування структури білкових молекул, а отже, й саме існування зелених рослин неможливі без Магнію.

Масова частка Магнію в рослинах становить у середньому 0,07 %. За нестачі Магнію знижується вміст хлорофілу в зелених частинах рослин і розвивається хлороз між жилками листка (самі жилки при цьому залишаються зеленими). Гострий дефіцит Магнію спричиняє «мармуровість» листків, тканини між жилками можуть набувати різного забарвлення – жовтого, помаранчевого, червоного, фіолетового, потім відмирають: листки скручуються та поступово опадають (рис. 33.8). У сосни спостерігають пожовтіння кінчиків хвоїнок.



Рис. 33.8. Якщо в рослини дефіцит Магнію, її листки жовтіють між жилками

(рис. 33.6). Про надлишок Кальцію свідчать прив'ялі листки, уповільнення росту, утруднення всмоктування Калію, Феруму, Магнію, Мангану.

Якщо бракує Калію, стебла рослин слабшають, стають тонкими та крихкими. Нижні листки тьмяніють, на них виникають хлоротичні плями, активно наростають пасинки. Верхівки та краї листків набувають іржавого відтінку, вигорають. Нові листки дрібнішають, мають темніший відтінок. Цвітіння уповільнюється або зовсім припиняється. Надлишок Калію призводить до відмирання кінчиків коренів. Нижні листки скручуються, стають



Рис. 33.7. Наслідки дефіциту Калію в рослини

За нестачі Феруму в рослин розвивається некроз листків, вони опадають. Зі збільшенням дефіциту Феруму на великих

Рис. 33.9. У рослин з дефіцитом заліза нові листки бліді між жилками до світло-зеленого, жовтого або білого



листочках виникають ознаки хлорозу між прожилками. Молоді листки й пагони від основи вкриваються плямами хлорозу. Ріст уповільнюється, урожайність зменшується. Надлишок Феруму уповільнює всмоктування Фосфору, листки набувають бронзового відтінку, з буро-коричневими плямами (рис. 33.9).

Про біологічне значення неметалічних елементів ви дізнаєтеся з наступного параграфа.



<https://www.youtube.com/watch?v=Koj3C-fOLHo>  
<http://pni.com.ua/%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%B5%D0%BE-2/>  
[https://www.youtube.com/watch?v=FnoFbYePO\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=FnoFbYePO_Q)  
[https://www.youtube.com/watch?v=FnoFbYePO\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=FnoFbYePO_Q)

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Кальцій, Калій, Натрій, Магній, Ферум – біологічно активні металічні елементи. Їхня нестача негативно позначається на організмах, а надлишок здебільшого є небезпечним.
- Збалансоване харчування людей і тварин, раціональне підживлення рослин є важливими чинниками здоров'я та врожайності.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Поясніть* чому: а) фахівці й фахівчині в галузі дієтології радять роздільний прийом їжі, багатої на Кальцій (молоко, зелені овочі), та їжі, багатої на Ферум (м'ясо, печінка), а під час вибору вітамінно-мінеральних препаратів віддавати перевагу тим, у яких Кальцій і Ферум розділені; б) лікарські засоби на основі двовалентного Феруму рекомендовано вживати натщесерце; в) потрібно враховувати твердість води, використовуюваної для поливу рослин; г) тим, хто працює в гарячих цехах, рекомендовано вживати газовану підсолону воду (з масовою часткою натрій хлориду від 0,2 до 0,5 %). 3. Побутує думка, що вживання бананів може призвести до порушень роботи серця. Чи поділяєте ви її? Відповідь *аргументуйте* розрахунками. 4. Наскільки безпечна питна вода з підвищеним умістом Феруму? Відповідь *аргументуйте* розрахунками. 5. Під час фізичних навантажень Калій вивільняється з м'язів і його вміст у сироватці крові зростає. *Поясніть*, чому це становить певну небезпеку для людини. 6. Одна з активних речовин полівітамінного засобу «Магне-В6 Антистрес» – магній цитрат. *Поясніть*, наскільки обґрунтовано в назві використано слово «антистрес». 7. *Складіть* узагальнювальну таблицю «Біологічне значення металічних елементів».



### Творча майстерня

8. *Складіть* сенкан про один з металічних елементів, про які йшлося в параграфі.

## § 34. Біологічне значення неметалічних елементів

*Після опрацювання параграфа ви зможете:*

- **оцінювати** біологічне значення Оксигену, Нітрогену, Карбону, Фосфору, галогенів.

**Оксиген** – неметалічний елемент, важливий для всіх форм життя. Його масова частка в людському організмі становить 62 %, у кістковій тканині – 28,5 %; у м'язовій – 16 %. Оксиген є складником води, білків (17,9 %), жирів (22,4 %), вуглеводів (49,38 %), нуклеїнових кислот тощо. Він бере участь у тканинному й клітинному диханні: окиснює жири, білки та вуглеводи, що надходять з їжею.

Джерела надходження Оксигену в організм: повітря, їжа, вода. Добова потреба людини в кисні – 300–400 л (280 мл/хв). За нестачі кисню виникає асфіксія, гіпоксія, смерть від задухи. Надлишок кисню зумовлює брадикардію, судинозвужувальний ефект, збільшення опору периферичних судин, уповільнення кровотоку, посилення згортання крові. Якщо вміст кисню в повітрі сягає 30–40 %, відбувається киснева інтоксикація, що супроводжується гострим оксидозом, ураженням центральної нервової системи, опіком легень, кисневою пневмонією.

**Нітроген**, так само як Оксиген, – важливий для всіх форм життя неметалічний елемент. Масова частка Нітрогену в людському організмі становить близько 3 %; уміст у крові – 3,1 мг/мл. Уміст у м'язовій тканині – 7,2 %; у кістковій – 4,3%.

Нітроген є складником білків, амінокислот, нуклеїнових кислот, аденозинтрифосфатної кислоти (АТФ) та інших важливих речовин. Він міститься у продуктах обміну. Амоніак нейтралізує надлишкові кислоти в організмі. Нітроген(II) оксид – один з найважливіших імунотропних медіаторів, стимулює фагоцитоз і знищення внутрішньоклітинних паразитів, бере участь у підтриманні системної та локальної гемодинаміки. Він виконує роль нейротрансмітера у шлунково-кишковому тракті, сечовивідній та статевій системах. Нітроген(II) оксид бере участь у видаленні молекул, що «старіють», цитохромів, каталази, гемоглобіну тощо.

Джерела надходження Нітрогену в організм – продукти тваринного походження, бобові (рис. 34.1). Добова потреба в Нітрогені становить 8–16 г.

За нестачі білка загальний ріст організму уповільнюється. Надлишок азоту в повітрі призводить до кесонної хвороби, за підвищеного тиску розвивається задуха. Усі оксиди Нітрогену й амоніак токсичні.



*Рис. 34.1.* Харчові продукти, багаті на Нітроген

**Карбон** – неметалічний елемент, важливий для всіх форм життя. Його масова частка в людському організмі – 21 %, у кістковій тканині – 36 %; у м'язовій – 67 %. Карбон входить до складу білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот, гормонів, ферментів, вітамінів тощо. Карбон(IV) оксид у крові збуджує дихальний центр, розширює мозкові судини, підвищує збудливість серцевого м'яза. Гідрокарбонати Калію

Рис. 34.2. Усі ці харчові продукти містять Карбон



та Натрію є складниками буферних систем крові та тканин, що підтримують кислотно-лужний баланс організму. Етанова кислота бере участь у синтезі холестеролу.

Джерела постачання людського організму Карбоном – харчові продукти, повітря, мінеральні води (рис. 34.2). Добова потреба людини в Карбоні – 300 г у складі їжі. За нестачі Карбону в їжі відбувається загальне виснаження організму, зниження мозкової діяльності. Підвищення вмісту карбон(IV) оксиду призводить до кисневого голодування. Токсичними для людини є сполуки Карбону – карбон(II) оксид, карбон(IV) оксид, гідроген ціанід HCN, сірковуглець  $CS_2$ , фосген  $COCl_2$  тощо.

**Фосфор** – важливий для всіх форм життя неметалічний елемент. Його маса в організмі людини становить близько 780 г, уміст у крові – 345 мг/л, масова частка в кістковій тканині – 6,7–7,1 %, у м'язовій – 0,3–0,85 %. Фосфор входить до складу білків, вітамінів, нуклеїнових кислот, ферментів, фосфоліпідів тощо. Він бере участь в утворенні АТФ, у формуванні кісткової тканини й зубів, в обміні білків, жирів, вуглеводів, виконує провідну роль в обмінних процесах, що відбуваються в м'язах.

Гідрогенортофосфати Калію та Натрію є складниками буферних систем крові та тканинних рідин, що підтримують кислотно-лужний баланс організму. Фосфор потрібен для нормальної роботи центральної нервової системи. Цей хімічний елемент стимулює процеси запам'ятовування. Джерелами Фосфору є яйця, жирний сир, риба, житній хліб, горіхи, квасоля, горох, соя, кукурудза, листові овочі (рис. 34.3).

Добова потреба дорослої людини у Фосфорі становить 1,2 г, новонароджених – 0,12 г, дітей до року – 0,8 г, до 10 років – 1,65 г, до 15 років – 1,7–1,8 г, вагітних і жінок – 1,5 г. Засвоєнню Фосфору сприяють продукти, багаті на Кальцій, а перешкоджають – пшеничний хліб і крупи з хлібних злаків, алкоголь; надлишок Кальцію та Мангану.

Нестача Фосфору в організмі призводить до гальмування утворення РНК, ДНК, АТФ, затримання мінералізування кісток (рахіт, остеопороз, карієс зубів), зниження показників роботи нервової системи та інтелектуальної діяльності; втрати апетиту. Надлишок Фосфору в організмі може призвести до відкладання кальцій ортофосфату в м'яких тканинах і суглобах, деформа-



Рис. 34.3. Харчові продукти, багаті на Фосфор





Рис. 34.4. Харчові продукти, багаті на Флуор

ції кісток через нерівномірне відкладення солей Кальцію та Фосфору, до сечокам'яної хвороби.

Фосфати нетоксичні; білий фосфор високотоксичний; радіоактивний Фосфор-32 здатний концентруватися в ланцюгах живлення (біологічне накопичення).

**Флуор** є хімічним елементом, важливим для всіх форм життя. Його вміст в організмі людини становить 2,6 г, уміст у крові – 0,5 мг/л, масова частка в кістковій тканині – 0,2–1,2 %, у м'язовій –  $0,05 \cdot 10^{-4}$  %. Він бере участь в утворенні кісток, зубів, волосся, нігтів, епідермісу. Цей елемент впливає на ферментативні процеси: знижує обмін вуглеводів, жирів, нормалізує фосфорно-кальцієвий обмін. Флуор впливає на імунобіологічний стан організму, рівень біологічно активних речовин у ньому, гальмує біосинтез сахаридів, потрібних для бактерій, які спричиняють розвиток карієсу. Він пригнічує тканинне дихання та функцію щитоподібної залози (*поміркуйте чому*). Цей елемент підсилює адаптацію до холоду, перешкоджає накопиченню в організмі Стронцію.

Джерела надходження Флуору до організму – питна вода, морепродукти, морська риба, горіхи, печінка, вівсяна крупа, баранина, яловичина, зубна паста (рис. 34.4). Добова потреба в ньому становить 3 мг (1 мг з їжею, 2 мг з водою). Його засвоєнню перешкоджає вітамін С.

Нестача Флуору може призвести до карієсу зубів, нерівномірного росту кісток, зниженню імунітету. Надлишок цього галогену в організмі призводить до крапчастості зубної емалі, ламкості кісток і зубів, остеопорозу, зниження рівня гемоглобіну крові; пригнічення утворення колагену тощо. Фтор, гідроген флуорид, натрій флуорид – високотоксичні речовини.

**Хлор** – важливий для всіх форм життя хімічний елемент. Його вміст у людському організмі становить близько 95 г, уміст у крові – 2890 мг/л, масова частка в кістковій тканині – 0,09 %; у м'язовій – 0,2–0,52 %. Хлор активізує деякі ферменти, впливає на електропровідність клітинних мембран, бере участь у регуляції осмотичного тиску крові й нормалізуванні водного обміну, підтримує кислотно-лужну рівновагу. Він є джерелом для утворення хлоридної кислоти в шлунку, бере участь у передаванні нервового імпульсу, сприяє відкладенню глікогену, впливає на ріст волосся та нігтів. Цей галоген здатний порушувати структуру подвійної спіралі ДНК й спричиняти її денатурацію.





Рис. 34.5. Харчові продукти – джерела Брому

Джерелами надходження до організму Хлору є кухонна сіль, капуста, печінка тріски, ячний жовток, сир, шпинат, помідори. Добова потреба людини в ньому становить 3,0–6,6 мг. Засвоєнню Хлору заважає лікування сечогінними засобами, хвороби нирок.

За нестачі Хлору в організмі порушується функція шлунково-кишкового тракту внаслідок зниженої активності шлункового соку та слини, підвищується стомлюваність. Його надлишок може призвести до підвищення кислотності шлункового соку, розладу травлення, підвищення загальної кислотності організму, зниження апетиту, перезбудження нервової системи.

**Бром** також має неабияке значення в життєдіяльності організму. Його вміст становить 260 мг, уміст у крові – 4,7 мг/л, масова частка в кістковій тканині –  $6,7 \cdot 10^{-4} \%$ ; у м'язовій –  $7,7 \cdot 10^{-4} \%$ . Бром є складником різних тканин організму (найбільше його в гіпофізі та спинному мозку). Він підсилює процес гальмування в центральній нервовій системі, діє заспокійливо, активізує ліпазу, пепсин. Цей елемент підсилює гормональну активність кори надниркових залоз, пригнічує функцію щитоподібної залози (*поміркуйте чому*), бере участь у регуляції рівня цукру в крові.

Джерелами Брому є кухонна сіль, морепродукти, диня (рис. 34.5). Добова потреба людини в ньому – 0,8–24 мг. За нестачі Брому людина відчуває підвищену стомлюваність, апатію; порушується обмін речовин, особливо жировий. Надлишок цього елемента призводить до зниження гостроти слуху, зору, чутливості.

**Йод** – неметалічний елемент, важливий для багатьох форм життя. Уміст Йоду в людському організмі становить 20–50 мг, уміст у крові – 0,057 мг/л, масова частка в кістковій тканині –  $0,27 \cdot 10^{-4} \%$ , у м'язовій –  $(0,05–0,5) \cdot 10^{-4} \%$ . Йод входить до складу гормонів щитоподібної залози, які впливають на діяльність центральної нервової системи, ріст і загальний розвиток організму. Він регулює рівень основного обміну, підвищує стійкість організму до різних захворювань і холоду тощо.

Джерела надходження Йоду в організм людини: йодована сіль, морська капуста, морепродукти, печінка тріски, риба, жир, гриби, овочі, часник, вода, повітря (рис. 34.6). Від 20 до 60 % Йоду втрачається під час тривалого зберігання продуктів або теплового оброблення їжі. Добова



Рис. 34.6. Харчові продукти – джерела Йоду

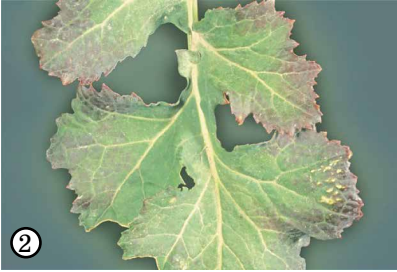


Рис. 34.7. Наслідки нестачі Нітрогену (1) та Фосфору (2) у живленні рослин

для їхнього живлення, карбон(IV) оксиду та води – для фотосинтезу тощо. Наслідки нестачі Нітрогену й Фосфору в живленні рослин ви можете схарактеризувати самостійно за рисунком 34.7 (зробіть це).

Флуор не є важливим для рослин елементом. Рослинні клітини реагують на нього відразу після його проникнення всередину тканини. Тому промислові підприємства, що забруднюють довкілля сполуками Флуору, можуть бути причиною масової загибелі рослинності.

### Цікаво і пізнавально

Найчутливіші до флуорид-іонів цибуля, гладіолуси, фрезія, квасоля, сорго, ялина, сосна. Ці рослини потерпають уже за вмісту гідроген флуориду в повітрі близько  $0,5 \text{ мкг/м}^3$ . Для індикації забрудненості атмосфери сполуками Флуору використовують дві групи рослин: стійкі й нестійкі до них. Сстійкі види накопичують цей елемент, і кількість фітотоксикантів у них є показником забрудненості повітря. Дуже чутливі до сполук Флуору рослини реагують навіть на слабкі його дози некрозом листків.

У рослинному організмі аніони Хлору беруть участь в енергетичному обміні, позитивно впливають на поглинання коренями кисню, контролюють водний баланс, беруть участь у фотосинтезі, окисно-відновних реакціях рослин. Науковці припускають, що Хлор запобігає зайвому всмоктуванню нітратів, високий вміст яких у рослині призводить до різних грибкових, бактеріальних і вірусних захворювань. Симптоми нестачі Хлору – в'янення, маленька й сильно розгалужена коренева система, часто з короткими кінчиками. На листках спостерігають крапчастість і хлороз країв. Дефіцит Хлору в капусті зумовлює зникнення в неї запаху. Надлишок Хлору призводить до утворення палених країв на молодому листі. Якщо рівень Хлору зависокий, саджанці слабо вкорінюються, а насіння може взагалі не прорости.

Роль сполук Брому в рослинах остаточно не встановлено. Є інформація про його регулювальний вплив у малих дозах на розвиток кореневої си-

потреба людини в цьому елементі –  $0,15\text{--}0,2 \text{ мг}$ , вона різко зростає до  $200 \text{ мкг}$  під час вагітності та годування груддю (поміркуйте чому). Для немовлят добова потреба в Йоді –  $50 \text{ мкг}$ , для дітей від 1 року до 7 років –  $90 \text{ мкг}$ , для дітей від 7 до 12 років –  $120 \text{ мкг}$ .

Нестача Йоду призводить до захворювання щитоподібної залози (наведіть приклади, які ви знаєте з курсу біології), лущення й сухості шкіри, може бути причиною раннього токсикозу вагітних, загрози викидня та передчасних пологів, порушення інтелекту. Надлишок Йоду в організмі також призводить до захворювання щитоподібної залози (якого саме?), зниження синтезу сполук цього елемента.

**Як впливають Оксиген, Нітроген, Карбон, Фосфор, галогени на рослини?** Про це вам багато відомо з курсів хімії та біології, зокрема значення кисню для дихання рослин, азоту, який фіксують бульбочкові бактерії, азотних і фосфорних добрив –

стеми. У рослинних організмах Бром може заміщати Хлор і замість нього брати участь в енергетичному обміні. Унаслідок цього сповільнюється поглинання корінням кисню, порушується правильне функціонування продихів у рослин, що перешкоджає підтриманню нормального водного балансу й транспортуванню йонів у рослині. Тому за надмірного вмісту Броду рослини рано в'януть, на листках виникає крапчастість і хлороз країв.

У рослинному організмі Йод відіграє важливу роль у синтезі певних амінокислот і білків, він є природним антисептиком, має сильну антибактеріальну, противірусну, фунгіцидну дію й відповідає за імунітет рослин. У покритонасінних рослин і водоростей цей елемент є складником йодовмісних похідних тирозину.

### Цікаво і пізнавально

За надлишку Йоду в ґрунті в каліфорнійського маку спостерігають аномалію росту – гігантизм квіток, а в деяких рослин у забарвленні квіток переважають невластиві їм жовто-червоні тони.



<https://www.youtube.com/watch?v=NHqEthRCqQ4>

<https://www.youtube.com/watch?v=Cq1ern-3QBw>

<https://www.youtube.com/watch?v=mUVX5rg1E0I>

<https://www.youtube.com/watch?v=d70iDxBtnas>

### ПРО ГОЛОВНЕ

- Оксиген, Нітроген, Фосфор, Карбон, галогени є біологічно значущими для організмів.
- Їхня нестача негативно позначається на організмах, а надлишок здебільшого є небезпечним.
- Збалансоване харчування людей і тварин, раціональне підживлення рослин є важливими чинниками здоров'я та врожайності.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи може- те ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. У консервах «Морська капуста» масою 100 г маса Йоду становить 400 мкг. *Обчисліть* масу (г) порції капусти, яку достатньо спожити, щоб задовольнити добову потребу дорослої людини в Йоді. 3. У місцях із жарким кліматом часто спостерігають виражений флюороз зубів, хоча вміст Флуору в питній воді не перевищує норму. *Поясніть* цей факт. 4. *Поясніть*, чому: а) після виявлення ознак флюорозу на зубах хворим призначають рентгеноскопію кісток; б) білкова дієта може призвести до підвищення в крові вмісту амоніаку та сечовини. 5. *Дізнайтеся* про склад харчових добавок Е 338 та Е 340–343 та *висловіть* припущення, чому тепер частіше доводиться лікувати хвороби, спричинені надлишком Фосфору в організмі, ніж його нестачею. 6. Калій бромід – ефективний заспокійливий засіб. *Поміркуйте й поясніть*, чому його потрібно вживати лише за призначенням лікаря або лікарки й дотримуватися прописаного ними дозування. 7. *Складіть* узагальнювальну таблицю «Біологічне значення неметалічних елементів».



### Творча майстерня

8. *Складіть* про один з неметалічних елементів, про які йшлося в параграфі, сенкан.

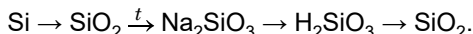
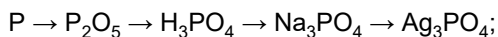
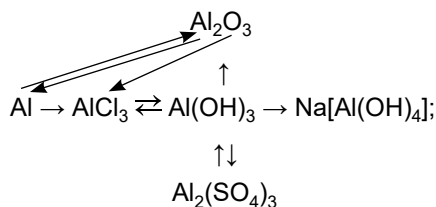
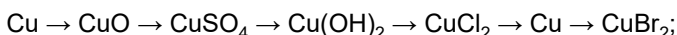
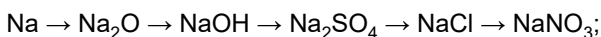
## § 35. Генетичні зв'язки між основними класами неорганічних сполук

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **встановлювати** генетичні зв'язки між основними класами неорганічних сполук.

Між класами неорганічних сполук є зв'язки, які називають *генетичними*. З курсів хімії та біології ви вже знаєте значення слова «генетичний», яке походить від грецького слова γέννῶω (розтлумачте його). *Генетичний зв'язок* між класами неорганічних сполук полягає в тому, що з речовин одного класу можна добути речовини – представники інших класів. Отже, генетичні зв'язки – це зв'язки між різними класами сполук, які ґрунтуються на їхніх взаємоперетвореннях. До *генетичного ряду* речовин входять представники різних класів неорганічних сполук того самого хімічного елемента. Вони мають єдине походження – генезис – і пов'язані взаємоперетвореннями.

1. Проаналізуйте наведені далі ланцюжки перетворень, які відображають генетичні зв'язки між класами неорганічних сполук. Складіть хімічні рівняння, проаналізуйте їх з погляду окиснення-відновлення та електролітичної дисоціації. Запишіть ці перетворення в загальному вигляді, зазначивши природу простої речовини та класи неорганічних сполук:



2. За наведеними на рисунку 35.1 генетичними рядами складіть рівняння відповідних реакцій, проаналізуйте їх з погляду окиснення-відновлення та електролітичної дисоціації.

Повніше різноманітні генетичні зв'язки між основними класами неорганічних сполук описує схема на рисунку 35.2.

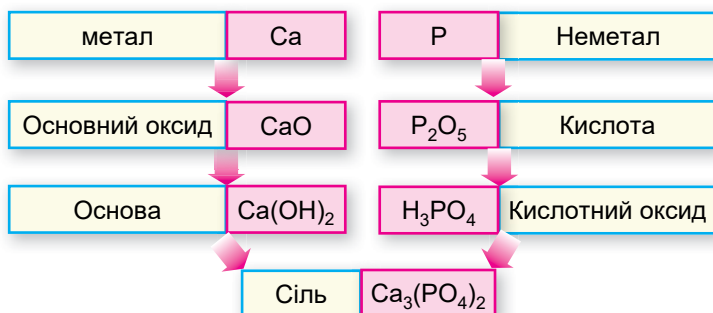


Рис. 35.1. Генетичні ряди Кальцію та Фосфору й зв'язки між ними

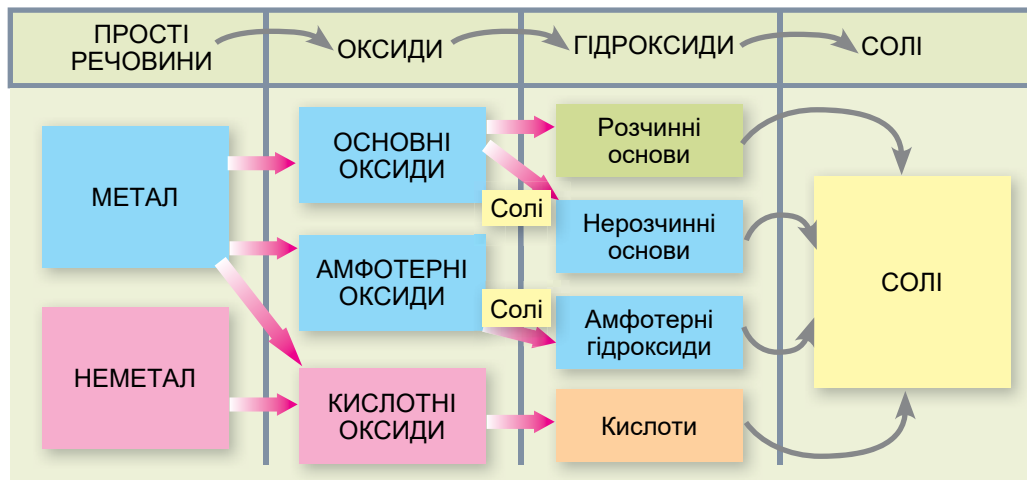


Рис. 35.2. Генетичні зв'язки між класами неорганічних сполук<sup>1</sup>



1. *Доберіть* до схеми, зображеної на рисунку 35.2, приклади перетворень, складіть рівняння відповідних реакцій, проаналізуйте їх з погляду окиснення-відновлення та електролітичної дисоціації.

Застосувати знання про генетичні зв'язки між класами неорганічних сполук ви зможете під час виконання практичної роботи 2.

### ПРО ГОЛОВНЕ

- Між класами неорганічних сполук існують зв'язки, які називають «генетичними».
- Генетичні зв'язки – це зв'язки між різними класами сполук, які ґрунтуються на їхніх взаємоперетвореннях.
- До генетичного ряду речовин входять представники різних класів неорганічних сполук того самого хімічного елемента. Вони мають єдине походження – генезис – і пов'язані взаємоперетвореннями.
- Є два основних шляхи генетичних зв'язків між неорганічними речовинами: один з них починається металами, інший – неметалами.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. З наведеного переліку виберіть формули речовин, які належать до генетичного ряду: а) барію; б) селену: Ва,  $H_2O$ ,  $BaSeO_4$ ,  $BaO$ ,  $BaCl_2$ ,  $SeO_2$ ,  $BaSO_4$ ,  $H_2SeO_4$ ,  $K_3PO_4$ ,  $O_2$ ,  $Ba(OH)_2$ , Se.

3. *Доберіть* приклади до схем перетворень:

- метал + неметал  $\rightarrow$  сіль;
- основний оксид + кислотний оксид  $\rightarrow$  сіль;
- основа + кислота  $\rightarrow$  сіль + вода;

<sup>1</sup> Оксиди деяких металічних елементів є кислотними, наприклад, хром(VI) оксид, манган(VII) оксид.



- г) сіль + кислота → сіль + кислота;
- д) метал + кисень → основний оксид;
- е) неметал + кисень → кислотний оксид;
- ж) основний оксид + вода → луг;
- з) кислотний оксид + вода → кислота;
- і) кислотний оксид + луг → сіль + вода;
- к) основний оксид + кислота → сіль + вода.



### Творча майстерня

4. Складіть сенкан про генетичні зв'язки між класами неорганічних сполук.



### Практична робота 2

#### Генетичні зв'язки між неорганічними речовинами

**Увага!** Для ліпшого спостереження використовуйте чорно-білий екран. Якщо досліди виконувате в пробірках, беріть по 5–6 крапель розчинів реагентів, якщо в заглибинах пластини – удвічі менше.

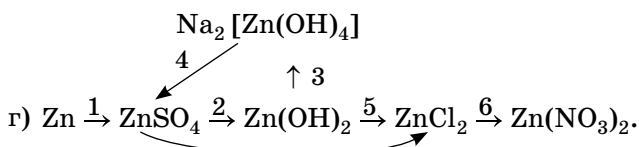
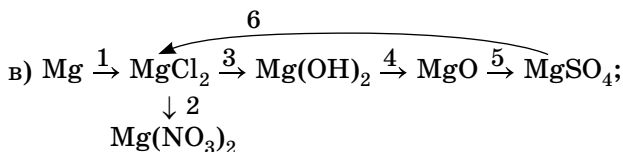
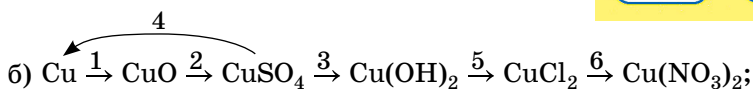
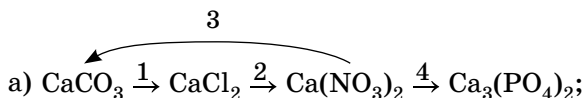
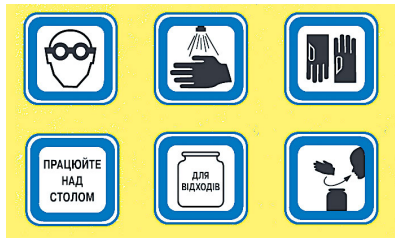
**Обладнання:** штатив з пробірками або пластини із заглибинами, скляні або пластмасові палички та піпетки, тримач для пробірок, нагрівальний прилад, чорно-білий екран.

**Реактиви:** мідь, залізо, цинк, хлоридна кислота, розбавлена сульфатна кислота, розчини натрій гідроксиду або калій гідроксиду, аргентум(I) нітрату, барій хлориду, натрій ортофосфату, натрій карбонату.

*Пригадайте та неуильно виконуйте*

### ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ

**Завдання.** Здійсніть перетворення за наведеними схемами<sup>1</sup>:



<sup>1</sup> Які саме перетворення здійснити, вам порадить учитель або вчителька хімії.

Опишіть спостереження, складіть відповідні хімічні рівняння, проаналізуйте їх з погляду електролітичної дисоціації та окиснення–відновлення.



### Проектуймо! Творімо!

7. Штучні алмази в техніці.
8. Рациональне використання добрив і проблема охорони довкілля.
9. Запобігання негативному впливові нітратів на організм людини.
10. Неорганічні речовини у фармації (або домашній аптечці) і харчовій промисловості.
11. Кислотні дощі.
12. Дослідження рН ґрунтів своєї місцевості. Складання карти родючості.
13. Властивості та застосування карбонатів, нітратів і ортофосфатів лужних і лужноземельних елементів, солей амонію.
14. Усунення тимчасової й постійної твердості води.



### Тест-контроль

1. Назви лише неметалічних елементів наведено в рядку  
**А** Гідроген, Нітроген, Оксиген      **Б** Бор, Алюміній, Силіцій  
**В** Натрій, Арсен, Сульфур      **Г** Кальцій, Телур, Бром
2. Укажіть алотропну модифікацію неметалічного елемента, яку використовують як провідник електричного струму.  
**А** білий фосфор    **Б** червоний фосфор    **В** алмаз    **Г** графіт
3. У якій частині періодичної системи розташовані неметалічні елементи?  
**А** лівій верхній    **Б** правій нижній    **В** правій верхній    **Г** лівій нижній
4. Електронної конфігурації яких хімічних елементів набувають атоми неметалічних елементів, приєднавши електрони?  
**А** інертних    **Б** лужних    **В** галогенів    **Г** металічних
5. Найпоширенішими хімічними елементами в земній корі є  
**А** Оксиген, Силіцій      **Б** Гідроген, Гелій  
**В** Нітроген, Оксиген      **Г** Карбон, Гідроген
6. Проаналізуйте наведені далі твердження.  
I. Озон і кисень – алотропні видозміни Оксигену.  
II. Уміст озону в атмосфері більший за вміст азоту.  
Чи є поміж них правильні?  
**А** правильне лише перше      **Б** правильне лише друге  
**В** обидва правильні      **Г** немає правильних
7. Проаналізуйте наведені далі твердження.  
I. Сірка складається із циклічних молекул  $S_8$ , що мають форму корони.  
II. Ромбічна сірка за нагрівання перетворюється на моноклінну сірку.  
Чи є поміж них правильні?  
**А** правильне лише перше      **Б** правильне лише друге  
**В** обидва правильні      **Г** немає правильних
8. Проаналізуйте наведені далі твердження.  
I. Хімічна активність білого фосфору менша за хімічну активність червоного.  
II. Червоний фосфор – полімерна сполука складної будови.  
Чи є поміж них правильні?  
**А** правильне лише перше      **Б** правильне лише друге  
**В** обидва правильні      **Г** немає правильних

9. Проаналізуйте наведені далі твердження.
- I. Адсорбція – явище поглинання речовини з газуватого середовища чи розчину поверхневим шаром рідини або твердого тіла.
- II. Адсорбційні явища зрідка трапляються в живій і неживій природі.
- Чи є поміж них правильні?
- A** правильне лише перше      **Б** правильне лише друге  
**В** обидва правильні      **Г** немає правильних
10. Проаналізуйте наведені далі твердження.
- I. У реакціях з металами неметали є окисниками.
- II. У реакціях з оксидами металічних елементів деякі неметали виявляють відновні властивості.
- Чи є поміж них правильні?
- A** правильне лише перше      **Б** правильне лише друге  
**В** обидва правильні      **Г** немає правильних
11. Проаналізуйте наведені далі твердження.
- I. Розчинення амоніаку у воді супроводжується появою в розчині гідроксид-іонів.
- II. Амоніак використовують як холодоагент у холодильних установках.
- Чи є поміж них правильні?
- A** правильне лише перше      **Б** правильне лише друге  
**В** обидва правильні      **Г** немає правильних
12. Проаналізуйте наведені далі твердження.
- I. У найпростіших летких бінарних сполуках кількість атомів Гідрогену навколо атома неметалічного елемента дорівнює різниці між числом 8 і номером групи періодичної системи.
- II. Амоніак реагує з гідроген хлоридом.
- Чи є поміж них правильні?
- A** правильне лише перше      **Б** правильне лише друге  
**В** обидва правильні      **Г** немає правильних
13. Проаналізуйте наведені далі твердження.
- I. Продукт реакції кислотного оксиду з водою – кислота.
- II. Леткі кислотні оксиди під час сплавляння витісняють із солей нелеткі оксиди.
- Чи є поміж них правильні?
- A** правильне лише перше      **Б** правильне лише друге  
**В** обидва правильні      **Г** немає правильних
14. Проаналізуйте наведені далі твердження.
- I. Нітратна кислота є окисником лише за катіонами Гідрогену.
- II. Сульфатна кислота є окисником і за катіонами Гідрогену, і за атомами Сульфуру.
- Чи є поміж них правильні?
- A** правильне лише перше      **Б** правильне лише друге  
**В** обидва правильні      **Г** немає правильних
15. Проаналізуйте наведені далі твердження.
- I. Золото – найлегкоплавкіший метал.
- II. Натрій має високу твердість.
- Чи є поміж них правильні?
- A** правильне лише перше      **Б** правильне лише друге  
**В** обидва правильні      **Г** немає правильних

16. Проаналізуйте наведені далі твердження.  
 I. Натрій гідроксид та кальцій гідроксид реагують з амфотерними гідроксидами.  
 II. Цинк гідроксид та алюміній гідроксид – амфотерні.  
 Чи є поміж них правильні?  
**A** правильне лише перше                      **Б** правильне лише друге  
**B** обидва правильні                              **Г** немає правильних
17. Проаналізуйте наведені далі твердження.  
 I. Кислі солі є продуктами повного заміщення атомів Гідрогену в молекулах багатоосновних кислот на катіони металічного елемента.  
 II. Кислі та середні солі здатні до взаємоперетворень.  
 Чи є поміж них правильні?  
**A** правильне лише перше                      **Б** правильне лише друге  
**B** обидва правильні                              **Г** немає правильних
18. Проаналізуйте наведені далі твердження.  
 I. Карбонатну твердість зумовлено вмістом у воді йонів  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ .  
 II. Некарбонатну твердість зумовлено вмістом у воді йонів  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ .  
 Чи є поміж них правильні?  
**A** правильне лише перше                      **Б** правильне лише друге  
**B** обидва правильні                              **Г** немає правильних
19. Проаналізуйте наведені далі твердження.  
 I. Карбонатну твердість можна усунути лише реагентним способом.  
 II. Некарбонатну твердість можна усунути лише кип'ятінням.  
 Чи є поміж них правильні?  
**A** правильне лише перше                      **Б** правильне лише друге  
**B** обидва правильні                              **Г** немає правильних
20. Проаналізуйте наведені далі твердження.  
 I. Калійна селітра є комплексним добривом.  
 II. Натрієва селітра є простим добривом.  
 Чи є поміж них правильні?  
**A** правильне лише перше                      **Б** правильне лише друге  
**B** обидва правильні                              **Г** немає правильних
21. Проаналізуйте наведені далі твердження.  
 I. Використання натрій нітрату як добрива призводить до нагромадження в ґрунті йонів  $\text{OH}^-$ .  
 II. Можна одночасно вапнувати ґрунт гашеним вапном та вносити в нього аміачні форми азотних добрив.  
 Чи є поміж них правильні?  
**A** правильне лише перше                      **Б** правильне лише друге  
**B** обидва правильні                              **Г** немає правильних
22. Установіть відповідність між йонами та реактивами для їхнього визначення:
- |                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1 $\text{Fe}^{2+}$    | <b>A</b> $\text{SO}_4^{2-}$ |
| 2 $\text{Ba}^{2+}$    | <b>Б</b> $\text{OH}^-$      |
| 3 $\text{PO}_4^{3-}$  | <b>В</b> $\text{H}^+$       |
| 4 $\text{SiO}_3^{2-}$ | <b>Г</b> $\text{Ag}^+$      |
|                       | <b>Д</b> $\text{Cl}^-$      |



## Тема 5. Хімія і прогрес людства

Усі ми пов'язуємо з хімічною наукою прогрес у пізнанні навколишнього світу, нові методи його перебудови та вдосконалення.

М.М. Семенов

### § 36. Роль хімії у створенні нових матеріалів, розвитку нових напрямів технологій

**Після опрацювання параграфу ви зможете:**

- **наводити приклади** застосування хімічних сполук у різних галузях та в повсякденному житті;
- **оцінювати** значення хімії у створенні нових матеріалів, розвитку нових напрямів технологій.

**Роль хімії у створенні нових матеріалів, розвитку нових напрямів технологій** складно переоцінити. Без її розвитку неможливий прогрес *фармацевтики, сільського господарства, енергетики* – багатьох сфер, від яких безпосередньо залежать здоров'я та благополуччя людини.

**Нові матеріали** – це один з найважливіших напрямів, що визначають розвиток усіх галузей *промисловості, будівництва, медицини і сфери послуг*. Ідеться, передусім, про матеріали на основі *кераміки, композиційні матеріали* з полімерною та металевою матрицями, *інтерметаліди, жароміцні сплави* з монокристалічною структурою тощо.

#### Цікаво і пізнавально

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України – провідний центр науково-технічних розробок у галузі теоретичних основ створення нових матеріалів, технології одержання їх та виготовлення виробів з них зі спеціальними властивостями для задоволення потреб ядерної енергетики, електроніки, авіабудування, загального хімічного, транспортного і сільськогосподарського машинобудування, прямого перетворення енергії в електричну, квантової електроніки, приладобудування, автоматики та інших галузей техніки.

Одним з напрямів, яким у всіх промислово розвинених країнах приділяють особливу увагу, є *«розумні» матеріали*, з яких виготовляють конструкції з *адаптивно змінюваними властивостями*. Розроблено «розумні» обшивки корпусів морських суден, літаків, самозмцнювальні лопати гвинтокрилів, звукопоглинальні промислові конструкції.

#### Цікаво і пізнавально

Спільний проект компанії «Прогрес», Київського національного університету імені Тараса Шевченка та Навчально-наукового центру «Фізико-хімічне матеріалознавство» НАН України передбачає розробку навісної керамополімерної панцерної панелі для додаткового захисту бойових броньованих машин від ураження великокаліберними бронебійними патронами калібру 12,7 мм і 14,5 мм.



*Рис. 36.1.* Ситали (склокераміка) – це склокристалічні матеріали, які складаються з однієї або декількох кристалічних фаз, рівномірно розподілених у скловидній фазі. Вони займають проміжне положення між звичайним склом і керамікою



Створення теоретичних основ процесу каталізованої спрямованої кристалізації дало змогу синтезувати багато нових будівельних *склокристалічних матеріалів*.

Висока хімічна стійкість, високий опір дії тертя, декоративні, оптичні та низка інших фізико-хімічних властивостей роблять ці матеріали досить перспективними в будівельній, гірничодобувній, коксохімічній, хімічній та оптоелектронній промисловості, у побуті тощо (рис. 36.1).

Новим напрямом є розроблення біологічно активних матеріалів, які здатні зрощуватися з живою кістковою тканиною, – *біоситалів*. Найважливішою соціально значущою галуззю застосування нових матеріалів є медицина, яка потребує нових матеріалів для медичних інструментів, обладнання та протезування. Матеріали для ендопротезування мають бути біосумісними (біоінертними, біоактивними) з відмінними фізико-механічними характеристиками, стабільними властивостями, довговічними. Застосування імплантатів з біоінертних *вуглецевих матеріалів* скорочує терміни післяопераційної реабілітації та виключає повторні операції.

Розвиток робіт у галузі синтезу й вивчення будови *біокерамічних матеріалів на основі гідроксилапатиту* зумовив створення нових біологічно активних матеріалів. Вони абсолютно сумісні з тканинами організму людини, стимулюють ріст кісткової тканини. Застосування біокераміки веде до принципових змін у реконструктивно-відновлювальній хірургії, стоматології та травматології. У всьому світі ведуться роботи з використання капсул з гідроксилапатиту для цільового доправлення лікарських засобів у потрібний орган.

### Цікаво і пізнавально



Американка Енджел Джіуффірія (*Angel Giuffria*) називає себе єдиною в світі актрисою з біонічних протезом. Дівчина народилася з патологією лівої руки, у неї не було кисті й більшої частини передпліччя, а перший протез їй зробили вже в 4 місяці. Завдяки досягненням хімії в створенні новітніх матеріалів Енджел веде активне життя.

**Хімічні технології** відіграють провідну роль в освоєнні *надпровідності*. Надпровідники використовують у медичних томографах, сепараторах для тонкого очищення речовин, накопичувачах енергії, приладах та установках індустріальної фізики.

*Мембрани та мембранні технології* широко застосовують у різних сферах діяльності, передусім для ефективного розділення рідких і газоватих

середовищ, вилучення цінних продуктів зі стічних вод і газових викидів, для сепарації йонів у батареях, паливних елементах, в електрохімічних процесах. Їх використовують в апаратах «штучна нирка» та «штучна легеня», для добування надчистих речовин і зон у мікроелектроніці, виділення термолабільних біологічно активних речовин тощо. Біокаталітичні, енерго- та інформаційно-перетворювальні мембрани використовують як біосенсори у пристроях для моніторингу.

Стрімко розвивається новий напрям – *комп'ютерний дизайн* нових продуктів і технологій їхнього виготовлення. Широкі можливості методу дають змогу здійснювати комп'ютерне конструювання матеріалу із заданими механічними властивостями. На основі цього методу розроблено: *градієнтні композиційні матеріали, високоміцну конструкційну кераміку з нанокристалічною структурою*, технології нанесення зміцнювальних і захисних покриттів на деталі відповідального призначення тощо.

Однією з ефективних новітніх технологій є *самопоширювальний високотемпературний синтез*. Для нього характерні висока продуктивність, використання замість електричної хімічної енергії реагентів, значне спрощення високотемпературного обладнання та можливість розв'язування різноманітних технологічних завдань. Часто використання самопоширювального високотемпературного синтезу дає змогу в одну стадію одержати як сам матеріал, так і виріб з нього. Це зумовлює значне зниження витрат на виробництво продукції та зменшення її собівартості. Добути в цей спосіб композитні порошки титан-хромового карбиду з нікелем використовують в авіаційній промисловості для захисту вентиляційних лопаток турбін від високотемпературної корозії та зношування. Перспективним є використання в медицині імплантатів з титан нікеліду, що «запам'ятовує» форму.

**Хімічні технології забезпечують людство новими матеріалами з особливими властивостями**, які мають працювати в *екстремальних і особливо екстремальних умовах*. Створення морських бурових платформ потребує застосування нових високоякісних *сталей, покриттів, технологій зварювання та зварювальних матеріалів*. Атомна енергетика також використовує матеріали з особливими властивостями, зокрема *спеціальних сплавів* на основі цирконію, ніобію, ербію. Потребу в принципово нових матеріалах зумовлено й бурхливим розвитком *оптоволоконної техніки, нанотехнологій і мікромашин*.



Рис. 36.3. Лакофарбові матеріали

*Пейнт-технології* – узагальнена назва наукомістких технологій у виробництві та застосуванні *лакофарбових матеріалів*. Ідеться про науково-технічний прогрес у галузі оброблення поверхонь і створення на них захисних покриттів (рис. 36.3). Пейнт-технології використовують у машинобудуванні, легкій промисловості, будівництві, транспорті тощо.

Науково-технічний рівень промислових технологій, які ґрунтуються на *каталітичних процесах*, є визначальним у нафтопереробній, хімічній, нафтохімічній та інших галузях промисловості. Використання каталізаторів забезпечує маловідходність, низь-

ку енергомісткість технологій добування конкретних хімічних речовин і композицій цільового призначення.

### Цікаво і пізнавально

Стійкі до антибіотиків бактерії щорічно вражають понад 2 млн осіб у всьому світі. В Університеті Колорадо, що в Боулдері (США), розроблено новий метод синтезу антибіотиків. Використання спеціального каталізатора дає змогу почати виробництво тіопептидів-антибіотиків. Важливою особливістю технології є відсутність токсичних відходів виробництва, єдиним побічним продуктом синтезу з використанням нового каталізатора є вода<sup>1</sup>.

Використання *надвисоких тиску та температури, сильних електричних або магнітних полів* відкриває шляхи до синтезу нових матеріалів, які можуть бути технологічно важливими.

*Органічна електроніка* базується на органічних напівпровідникових матеріалах. Її можна просто роздруковувати з розчину, тоді як виробництво електроніки на основі неорганічних матеріалів здійснюють за високих температур у вакуумі. Така електроніка може бути дуже дешевою, а тому й одноразовою. Її можна використовувати для створення інтелектуальної упаковки. Одяг теж може містити інтегровані елементи органічної електроніки, оскільки її покриття здатні набувати будь-якої форми.

### Цікаво і пізнавально

Дослідницька група з Тель-Авівського університету розробила технологію виготовлення органічної електроніки на основі білків, що входять до складу крові, молока та слизових тканин, які виробляє організм людини. Виготовлені в такий спосіб органічні діоди, транзистори та аналоги інших силіцієвих напівпровідникових елементів можуть стати основою для створення абсолютно нового типу електронних пристроїв, гнучких, безпечних для довкілля та біодеградабельних.



<http://www.materials.kiev.ua/science/wares.jsp>

<https://www.leu.com.ua/materialy-majbutnogo-samovidnovlyuvanyji-beton-aerogel-ta-in/>

<https://www.leu.com.ua/v-stenfordi-stvoryly-shtuchni-legeni-yaki-peretvoryuyut-vodu-v-palyvo/>

<https://www.leu.com.ua/znajdenyji-novyji-metalevyji-katalizator-zdatnyji-peretvoryuvat-energiyu-sonyachnogo-svitla-v-ridke-palyvo-i-elektryku/>

<http://iepor.org.ua/press-and-tv/events-2014-12-17-nano.html>

### ПРО ГОЛОВНЕ

- Без розвитку хімії неможливий прогрес багатьох сфер, від яких безпосередньо залежать здоров'я та благополуччя людини.



#### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



#### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Проаналізуйте* назви розробок у галузі нанохімії науковців України: «Сполука-лідер для створення нейропротекторного антиішемічного препарату», «Гібридні ком-

<sup>1</sup> <https://www.sciencedaily.com/releases/2018/12/181220080006.htm>

позитні наноматеріали органічної електроніки», «Гібридні органічно-неорганічні композитні наноматеріали: плівки, компаунди, герметики, клеї, покриття, конструкційні пластики», «Технології для виробництва високопродуктивних нанофазних каталізаторів захисту довкілля та водневої енергетики», «Біосумісні полімерні матеріали та нанокompозити для застосування в реконструктивній медицині», «Непористий 3D-силіцій для анодів літій-іонних акумуляторів», «Наноструктуровані фотополімеризаційноздатні композиції для технології запису інформації, оздоблення друкованої та пакувальної продукції», «Функціоналізовані магніточутливі матеріали для сорбції білків і ферментів». Про що вони свідчать?

3. Учнівство 11 класу посперечалося: одні стверджували, що композиційні та наноматеріали – новітні витвори людини. Інші заперечували – ці матеріали людство використовує з давніх-давен. А як вважаєте ви? *Аргументуйте* свою думку.



### Творча майстерня

4. *Підготуйте* повідомлення про: а) нові матеріали та хімічні технології, розроблені вітчизняними науковцями; б) нові матеріали та хімічні технології, розробників і розробниць яких удостоєно Нобелівської премії.

## § 37. Роль хімії в розв'язанні продовольчої, сировинної, енергетичної, екологічної проблем.

**Після опрацювання параграфа ви зможете:**

- **наводити приклади** застосування хімічних сполук у різних галузях і в повсякденному житті;
- **оцінити** значення хімії в розв'язуванні продовольчої, сировинної, енергетичної проблем.

**Глобальна продовольча проблема** полягає в недостатньому забезпеченні певної частини населення Землі продовольством. Її вияви характерні передусім у найбідніших країнах третього світу.



*Назвіть* причини виникнення глобальної продовольчої проблеми.

Видатний фізіолог І.П. Павлов зазначав, що «взаємини організму з навколишньою природою – це взаємини, опосередковані питаннями харчування». Нестача продовольства та його низька якість негативно впливають на здоров'я людей, якість робочої сили та продуктивність, тобто перешкоджають економічному розвитку. Це також спричиняє соціальну й політичну напруженість і конфлікти як у регіонах, що потерпають від продовольчих проблем, так і у глобальному світі.

**Як досягнення хімії можуть сприяти розв'язанню продовольчої проблеми?** Хімічна промисловість постачає виробників сільськогосподарської продукції ефективними *добривами (пригадайте, які добрива називають мінеральними)*. Застосування добрив дає змогу збільшити врожайність і поліпшити якість продукції рослинництва. У результаті застосування їх підвищується стійкість рослин проти хвороб, рослини ефективніше використовують вологу, пришвидшується дозрівання врожаю тощо. Щоб підвищити ступінь використання азотних добрив, уживають заходи для зменшення їхньої розчинності. Покриття гранул добрив тонкою плівкою із незначною проникністю подовжує термін їхньої дії у ґрунті, зменшує здатність до злежування та гігроскопічності, уможлиблює транспортування насипом. Використання органо-мінеральних добрив, які виготовляють на органічній основі (гній, послід, тверді побутові відходи, рештки деревини та опалого листя, торф тощо) додаванням до неї мінеральної речо-



*Рис. 37.1.* Стабільне виробництво сільськогосподарських культур можливе лише за використання інноваційних і високоякісних засобів захисту рослин



вини, унесення їх у ґрунт поліпшує баланс та умови живлення рослин. Нові види органо-мінеральних добрив створюють утилізацією твердих побутових відходів з великим умістом органічних речовини – харчових відходів, залишків паперу, тканини, деревини тощо.

Для вирощування й збереження врожаю велике значення має захист рослин і продукції рослинного походження від шкідливих організмів за допомогою хімічних засобів (рис. 37.1).

Сучасні засоби захисту рослин мають відповідати одночасно низці критеріїв, якими є ефективність, безпечність для довкілля та здоров'я людей, доступність за ціною для сільгоспвиробників, сталість за фізико-хімічними параметрами. Зберігання препарату не має потребувати надто особливих умов, а застосування – призводити до швидкого звикання до нього в цільових організмів (бур'янів, хвороботворних бактерій, вірусів, грибів, шкідників). *Регулятори росту*, які стимулюють або гальмують ріст і розвиток рослин, також є продуктами хімічної промисловості.

**Хімізація тваринництва** – це комплекс заходів, що сприяють підвищенню якості кормів та продуктивності тварин. Ідеться про виробництво хімічних консервантів (*наведіть приклади*) і стабілізаторів кормів, кормових дріжджів і мікробіологічного білка, використання сечовини та інших кормових добавок, застосування стимуляторів росту тварин. Хімічне консервування зелених кормів забезпечує збереження поживних речовин, пригнічує розвиток гнильних і маслянокислих бактерій, запобігає небажаним ферментативним процесам.

**Зберігання харчової продукції** також ґрунтується на досягненнях хімії. Зокрема, людство здавна використовує *консерванти* для збільшення терміну зберігання харчових продуктів (*наведіть приклади*). Пластикові харчові контейнери, пакети, плівка та інша тара також допомагають зберегти якість харчових продуктів. Сучасні пакувальні матеріали (*наведіть приклади*) вирізняються високими споживчими властивостями. Збільшенню терміну придатності продуктів сприяє їхнє упакування в газомодифікованому середовищі. Завдяки правильно добраній суміші газів (кисень, аргон, азот, вуглекислий газ) упаковані в такий спосіб продукти зберігають мікрофлору, а термін зберігання збільшується без утрати смакових, корисних якостей, товарного вигляду й навіть без використання спеціальних добавок і консервантів.

**Глобальна сировинно-енергетична проблема** полягає в необхідності забезпечення потреб людства в сировинних та енергетичних ресурсах. Причина цього полягає передусім у тому, що природна сировина, зокрема й паливні ресурси, здебільшого є *вичерпними*. Щоб розв'язати проблему





Рис. 37.2. Як правильно сортувати сміття

нестачі сировини, потрібно використовувати її комплексно, створювати безвідходні виробництва, рециркулювати й регенерувати, використовувати промислові й побутові відходи для вироблення корисної продукції. Усі ці процеси тісно пов'язані з хімічними перетвореннями (*наведіть приклади*).

Поширенішою стає практика використання різних контейнерів для попереднього сортування сміття (рис. 37.2) (*наведіть приклади найбільш придатних для багаторазової переробки побутових відходів*).

### Цікаво і пізнавально

Вуглецеві аерогелі, ультралежки та струмопровідні, цікаві як потенційний матеріал для електродів суперконденсаторів, що застосовують в електромобілях і побутовій електроніці, проте методи їхнього добування досить складні. У Китаї розроблено новий спосіб отримання таких аерогелів з відновлюваної сировини – нанопідрібил целюлози. Продуктивність розробки виявилася майже такою самою, як у комерційно доступних електродів<sup>1</sup>

Новітні хімічні матеріали та технології мають велике значення для розв'язування енергетичної проблеми (рис. 37.3). Наприклад, новий сонячний фотогальванічний елемент з органічних речовин здатний конвертувати в електричну енергію 17,3 % сонячного світла, що потрапляє на нього. Колишній рекорд сонячних батарей становив 14 %.<sup>2</sup> Розроблено літій-іонні акумулятори, які не втрачають продуктивності за температури  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У перспективі такі акумулятори зможуть поліпшити роботу смартфонів і електромобілів узимку, а також бути корисними для техніки, експлуатованої на великих висотах, або для апаратів, які досліджу-

<sup>1</sup> <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29687551>

<sup>2</sup> <http://science.sciencemag.org/content/early/2018/08/08/science.aat2612>

ють поверхню небесних тіл Сонячної системи – планет і їхніх супутників.<sup>1</sup>

У Китаї розроблено елегантне рішення, що дає змогу перетворити іржаві залізні вироби на ідеальні електроди для калій-іонних джерел живлення. Особливість методу полягає в тому, що іржу не видаляють, а перетворюють на сітчасту структуру, здатну накопичувати катіони Калію. Електропровідність і стабільність нових електродів під час повторюваних циклів «зарядка / розрядка» забезпечує покриття з графену.

Ці та інші розробки свідчать про величезне значення хімії в розв'язуванні глобальних проблем людства – продовольчої, сировинної, енергетичної.



Рис. 37.3. Найбільше у світі судно на сонячних батареях PlanetSolar

### Цікаво і пізнавально

Марія Телькеш (1900–1995) – угорсько-американська вчена й винахідниця. Фахівчиня в галузі технологій у сонячній енергетиці. Є одним з творців сонячних систем зберігання тепла, завдяки чому дістала прізвисько «Королева Сонця» (рис. 37.4).



Рис. 37.4.

### ПРО ГОЛОВНЕ

- Продовольча, сировинна та енергетична проблеми є глобальними проблемами людства.
- Матеріали, створені хімічною промисловістю, та хімічні технології використовують для розв'язування глобальних проблем людства.

### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?

### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Складіть* перелік простих щоденних дій, які сприятимуть розв'язанню продовольчої, сировинної та енергетичної проблем.

### Творча майстерня

3. *Підготуйте* повідомлення про представника чи представницю вітчизняної хімічної спільноти, які зробили вагомий унесок у розв'язування продовольчої, сировинної та енергетичної проблем.

<sup>1</sup> [https://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351\(18\)30045-X](https://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351(18)30045-X)

## § 38. Роль хімії в розв'язуванні екологічної проблеми. «Зелена» хімія: сучасні завдання перед хімічною наукою та хімічною технологією

**Після опрацювання параграфу ви зможете:**

- **оцінити** роль хімії у розв'язуванні екологічної проблеми;
- **усвідомити** значення нової філософії в хімії та власної громадянської позиції для реалізації концепції збалансованого розвитку суспільства; причинно-наслідкові зв'язки у природі та її цінність і цілісність; право на власний вибір і прийняття рішення; відповідальність за збереження довкілля від шкідливих викидів.

**Глобальна екологічна проблема** зумовлена перевищенням допустимих господарських навантажень на довкілля без належного врахування його можливостей, унаслідок чого воно деградує. Ідеться про збезліснення і виснаження земельних ресурсів, деградацію ґрунтів, забруднення екосистеми відходами виробничої та невиробничої діяльності людини.

Рідкими відходами забруднено насамперед гідросферу, причому головними забруднювачами є стічні води й нафта. Надзвичайно небезпечним є забруднення атмосфери пилоподібними й газуватими відходами, викиди яких безпосередньо пов'язані зі згорянням мінерального палива та біомаси, а також з гірськими, будівельними та іншими земляними роботами. Небезпеку для довкілля становлять і викиди парникових газів (*назвіть ці гази та джерела їхнього надходження в атмосферу*).

Як цьому може зарадити використання досягнень хімічної науки та виробництва? Для рекультивації ґрунтів використовують різноманітні хімічні меліоранти (*наведіть приклади*), зокрема такі, що знижують рухливість катіонів важких металічних елементів у ґрунті. Для укріплення зсувів використовують геотекстиль, основною сировиною для виробництва якого є поліпропілен або поліестер – продукція хімічної промисловості. Важливо (*поясніть чому*), що для виробництва геотекстилю використовують рециклізовані полімери. Наприклад, поліестерні волокна виготовляють переробленням використаних пластикових пляшок. Натомість поліпропіленовий геотекстиль виробляють з первинної сировини (рис. 38.1).

Для запобігання забрудненню повітря та ліквідування наслідків цього явища використовують фільтрацію (матеріали для фільтрів є продукцією хімічної промисловості), адсорбційні (*поясніть їхню суть*) та каталітичні

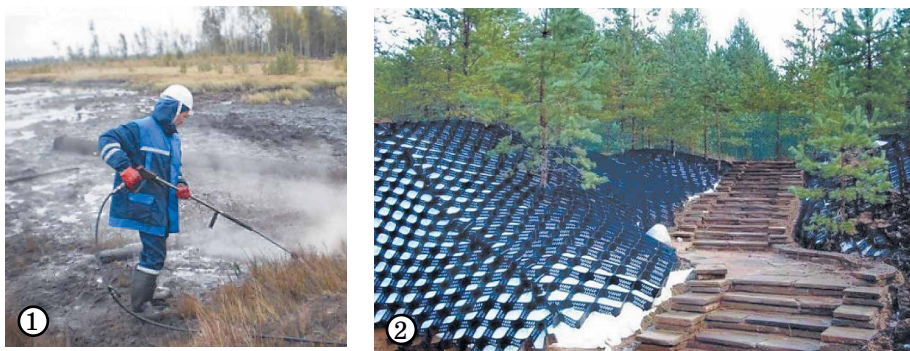


Рис. 38.1. Ефективні меліорація (1) та укріплення (2) ґрунту неможливі без досягнень сучасної хімії

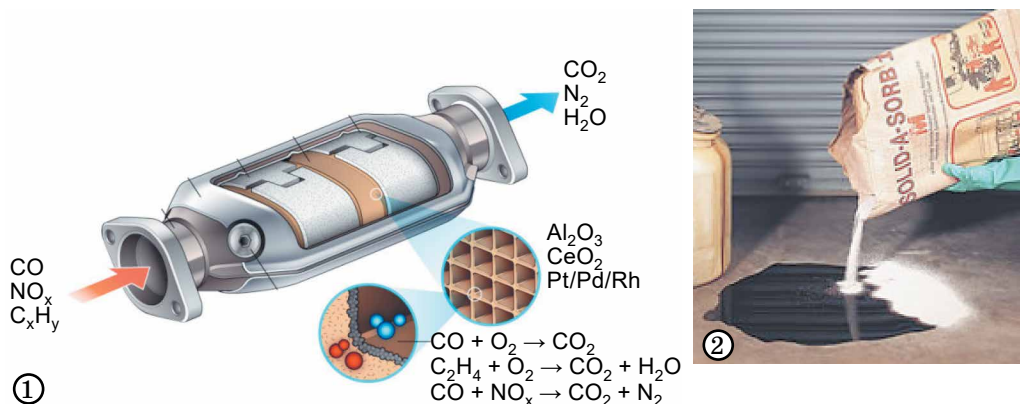


Рис. 38.2. 1. Каталітичне очищення вихлопних автомобільних газів. 2. Використання сорбенту для видалення нафти та нафтопродуктів

(хімічні перетворення токсичних компонентів на нетоксичні) методи (рис. 38.2.1). Для видалення з повітря домішок сульфур(IV) оксиду, амоніаку застосовують хімічні реакції за їхньої участі.

**?** Які з реагентів використовують, на вашу думку, для поглинання цих забруднювачів? *Складіть* рівняння відповідних реакцій.

Для збирання розливів нафти та нафтопродуктів також використовують адсорбенти, створені на основі сучасних наукових розробок (рис. 38.2.2).

Явище під назвою парниковий ефект добре відоме вам з повідомлень засобів масової інформації. Про парникові гази (*назвіть їх*) ви дізналися з курсу хімії 9 класу. Ваших знань і життєвого досвіду достатньо, щоб схарактеризувати причини та наслідки парникового ефекту та способи їхньої мінімізації, використавши рисунок 38.3 (*зробіть це*).

**?** Що позначено на рисунку 38.3 цифрами 1–9?

### Цікаво і пізнавально

Розроблено технологію поглинання карбон(IV) оксиду кальцій оксидом, який добувають з дешевих вапняків і доломіту. Технічна реалізація методу полягає в переміщенні кальцій оксиду між двома реакторами з киплячим шаром, в одному з яких за низької температури відбувається поглинання вуглекислого газу, а в іншому за вищої температури – розкладання кальцій карбонату. Застосування зорієнтовано, передусім, на вугільні електростанції з високими викидами вуглекислого газу на одиницю виробленої потужності.

**?** *Складіть* рівняння реакцій, на яких ґрунтується ця технологія.

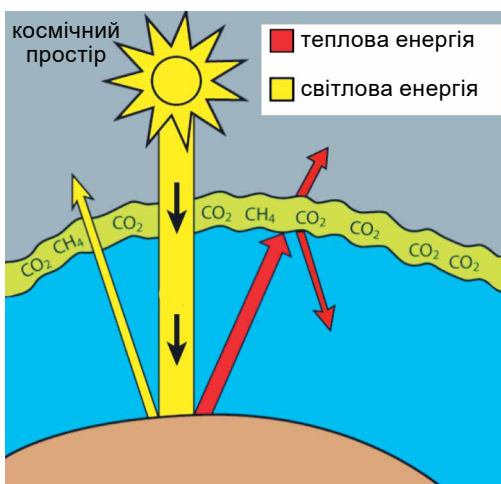


Рис. 38.3. Парниковий ефект



Стічні води очищують за допомогою реакцій осадження. Під час оброблення стічних вод реагентами відбувається їхня нейтралізація, знебарвлення та знезараження (*наведіть приклади*).

Одним з головних наслідків екологічної кризи на планеті є зубожіння її генофонду, зменшення біологічного різноманіття через руйнування життєвого середовища рослин і тварин. Тому багаторазова переробка відходів, зокрема й хімічними методами, зменшення витрат сировини та енергії у хімічній промисловості (і не лише) сприятимуть зменшенню негативного впливу людини на довкілля.

**Зелена хімія** – філософія хімічних досліджень та інженерії, яка закликає до створення продуктів та процесів, що дають змогу мінімізувати використання та виробництво шкідливих речовин. Зелена хімія найбільше сконцентрована на розв’язуванні виробничих завдань, а тому стосується вибору хімічних процесів, які будуть використані в хімічній технології. Головне завдання Зеленої хімії нарівні зі зменшенням шкідливості хімічних процесів полягає у збільшенні ефективності кожного з хіміко-технологічних процесів.



*Проаналізуйте* наведені далі 12 принципів Зеленої хімії<sup>1</sup>. Яких висновків ви дійшли за результатами аналізування їх?

- P** – *prevent wastes* (запобігти втратам)
- R** – *renewable materials* (поновлювані матеріали й сировина)
- O** – *omit derivatization steps* (виключити побічні реакції)
- D** – *degradable chemical products* (деградабельні хімічні продукти)
- U** – *use safe synthetic methods* (використовувати безпечні синтетичні методи)
- C** – *catalytic reagents* (використання каталізаторів)
- T** – *temperature, pressure ambient* (використання нормальних температури й тиску)
- I** – *in process monitoring* (моніторинг процесу)
- V** – *very few auxiliary substances* (якнайменше допоміжних речовин і розчинників)
- E** – *E-factor, maximize feed in product* (максимальний вихід продукту)
- L** – *low toxicity of chemical products* (низька токсичність хімічних продуктів)
- Y** – *yes, it is safe* (так, процес безпечний)

Про перспективність та екологічну доцільність зеленої хімії свідчить свідомий вибір молодшої наукової спільноти з усіх усюд, зокрема й з України (рис. 38.4).

Сподіваємося, що ви за можливості дотримуватиметеся принципів Зеленої хімії незалежно від вибраного фаху.<sup>2</sup>

У цьому вам допоможуть 13 принципів «Озеленення Африки»:

- G** – *generate wealth not waste* (виробляймо багатство, а не відходи);

<sup>1</sup> Мартін Поляков, Річард Бурн, Ноттингемський університет: «Хімія и жизнь» № 10, 2012

<sup>2</sup> Мартін Поляков, Річард Бурн, Ноттингемський університет: «Хімія и жизнь» № 10, 2012



Рис. 38.4. У 2014 році дослідницю Анастасію Губіну з Києва відзначено грантом ЮНЕСКО та ІЮПАК за дослідження «Мембрани на основі полісахариду для паливних елементів» під час Міжнародного симпозіуму «Зелена хімія для життя»



- R** – *regard for all life & human health* (поважаймо все живе й людське здоров'я);
- E** – *energy from sun* (берімо енергію від Сонця);
- E** – *ensure degradability & no hazards* (забезпечуймо деградабельність щоби уникнути небезпеки);
- N** – *new ideas & different thinking* (генеруймо нові ідеї та інше мислення);
- E** – *engineer for simplicity & practicality* (приймаймо прості й практичні інженерні рішення);
- R** – *recycle whenever possible* (повторно використовуймо, де тільки можливо);
- A** – *appropriate materials for function* (використовуймо матеріали відповідно до їхніх функцій);
- F** – *fewer auxiliary substances & solvents* (використовуймо якнайменше допоміжних речовин і розчинників);
- R** – *reactions using catalysts* (використовуймо каталізатори);
- I** – *indigenous renewable feedstocks* (використовуймо місцеву відновлювану сировину);
- C** – *cleaner air & water* (дбаймо про чисті повітря й воду);
- A** – *avoid the mistakes of others* (уникаймо чужих помилок).



[https://www.jase-w.eccj.or.jp/technologies-r/pdf/oil\\_refinery\\_chemicals/P-02.pdf](https://www.jase-w.eccj.or.jp/technologies-r/pdf/oil_refinery_chemicals/P-02.pdf)  
<https://ecotechnica.com.ua/technology/2709-gigantskaya-mashina-ulavlivaet-co2-iz-vozdukha-i-otpravlyaet-ego-v-teplitsy-dlya-vyrashchivaniya-ovoshchej.html>  
<http://efaculty.kiev.ua/fermentativnaia-membrana-dlia-yavlivaniia-so2>



Рис. 38.5. Поштова марка України, присвячена Роалду Хоффману (нар. 1938) – американському хіміку (органічна та квантова хімія), поету, драматургу й філософу українського єврейського походження. Р. Хоффман – лауреат Нобелівської премії (1981) «за розроблення теорії перебігу хімічних реакцій», що значно розширює можливості для планування хімічних експериментів. У 2013 був поміж інтелектуалів, які підписали звернення світової академічної спільноти на підтримку українського Євромайдану

## ПРО ГОЛОВНЕ

- Глобальна екологічна проблема зумовлена перевищенням допустимих господарських навантажень на довкілля без належного врахування його можливостей, унаслідок чого воно деградує.
- «Зелена хімія» – філософія хімічних досліджень та інженерії, яка закликає до створення продуктів і процесів, що дають змогу мінімізувати використання й виробництво шкідливих речовин.



### Перевірте себе

1. *Перетворіть* розповідні речення рубрики ПРО ГОЛОВНЕ на питальні. Чи можете ви відповісти на ці запитання без допомоги підручника?



### Застосуйте свої знання й уміння

2. *Поясніть*: а) чому людство потребує Зеленої хімії; б) у чому полягають подібність та відмінність між наукою про довкілля та зеленою хімією (*відповідь надайте як діаграму Венна*); в) що таке поновлювані ресурси та чому вони ефективніші для використання з погляду Зеленої хімії; г) як ви розумієте словосполучення «Зелена хімія для збалансованого розвитку людства».

3. *Проаналізуйте та прокоментуйте*: а) 13-й принцип Зеленої хімії, сформульований К.С. Локтевою та В.В. Луніним (Московський державний університет): «Якщо ви робите все так, як звикли, то й отримаєте те, що зазвичай отримуєте» (*чи поділяєте ви думку науковців?*); б) вислів Роалда Хоффмана (рис. 38.5) «Молекули – усього лише молекули ... Хіміки створюють нові сполуки й перетворюють старі. Інші, ті, кому це потрібно, купують і використовують їх; хтось продає такі розробки і “робить” на цьому гроші. Усі ми граємо ту чи ту роль у цьому ланцюжку та використовуємо хімічні сполуки на благо чи на шкоду...»; в) вислів президента (2012–2013) Міжнародного союзу теоретичної та прикладної хімії (IUPAC) Кацуюкі Тацумі про майбутню хімію: «Я абсолютно впевнений, що важливими будуть розробки в галузях, пов’язаних з альтернативною енергетикою, добуванням чистої води, підвищенням урожайності сільського господарства. У всіх цих областях роль хімії неможливо переоцінити»; г) вислів Рьодзі Нойорії, лауреата Нобелівської премії 2001 року: «Хіміки у ХХІ столітті мають дотримуватися принципу практичної елегантності»; г) девіз *Greenpeace* «Ми не отримали Землю в спадок від батьків, ми взяли її в борг у наших нащадків».

4. *Висловіть* своє ставлення до заборони використання пластикової упаковки в Грузії.



### Творча майстерня

5. Складіть сенкан «Зелена хімія». 6. Напишіть есеї «Нове покоління фахівців і фахівчинь у галузі хімії: яке воно?»



### Проектуймо! Творімо!

15. Розв'язування проблеми утилізації різних видів електричних ламп.
16. Підготовка есею іноземною мовою «Роль хімії в моєму житті».

## ПІДСУМКИ

Ви на порозі дорослого життя та вибору професії. Перш, ніж зробити відповідальний крок, перевірте, чи можете ви:

**назвати** s-, p-, d-елементи за їхнім місцем у періодичній системі; найпоширеніші в природі металічні й неметалічні елементи; представників класів неорганічних сполук за систематичною номенклатурою;

**пояснити** валентність і ступінь окиснення елементів 2 і 3 періодів у основному й збудженому станах атомів; **відмінності** в механізмах утворення ковалентних зв'язків у молекулі амоніаку та йоні амонію; між аморфними й кристалічними речовинами; вплив різних чинників на зміщення хімічної рівноваги, на гідроліз солей; принцип дії гальванічного елемента; суть явищ алотропії та адсорбції; відмінності властивостей алотропних модифікацій Оксигену, Сульфуру, Карбону, Фосфору їхнім кількісним складом або будовою; антропогенні й природні причини появи в атмосфері оксидів неметалічних елементів;

**навести приклади** s-, p-, d-елементів; речовин з різними видами хімічного зв'язку; аморфних і кристалічних речовин; необоротних і оборотних хімічних реакцій; алотропних модифікацій Оксигену, Сульфуру, Карбону, Фосфору; сполук неметалічних елементів з Гідрогеном (гідроген хлорид, гідроген сульфід, амоніак); взаємозв'язків між речовинами; застосування хімічних сполук у різних галузях та в повсякденному житті;

**скласти** електронні та графічні електронні формули атомів s-, p-, d-елементів (Ферум) 1–4 періодів, атомів неметалічних елементів 2 і 3 періодів в основному й збудженому станах, з урахуванням принципу «мінімальної енергії»; рівняння, що підтверджують відновні властивості металів, зокрема алюмінію і заліза (реакцій з неметалами, водою, кислотами та солями в розчинах); окисні властивості неметалів (кисень, сірка, вуглець, хлор) у реакціях з воднем і металами; відновні властивості водню й вуглецю в реакціях з оксидами металічних елементів; реакцій, які характеризують особливості водних розчинів гідроген хлориду (з основами), гідроген сульфід (з лугами), амоніаку (з кислотами); реакцій, які характеризують хімічні властивості та добування основних, кислотних та амфотерних оксидів; кислот, основ, амфотерних гідроксидів (Алюмінію та Цинку), середніх і кислих солей; реакцій нітратної і концентрованої сульфатної кислот з магнієм, цинком, міддю; рівняння реакцій гідролізу солей; план дослідження;

**схарактеризувати** суть хімічної рівноваги, гідролізу солей; метали і неметали, їхні фізичні властивості та застосування (у тому числі сплавів металів); застосування гідроген хлориду, гідроген сульфід, амоніаку; фізичні та хімічні властивості (взаємодія з магнієм, цинком, міддю) нітратної й концентрованої сульфатної кислот; застосування гідроксидів Натрію і Кальцію; поширення солей у природі;

**розрізнити** необоротні й оборотні хімічні реакції;

**установити** види хімічного зв'язку в речовинах за їхніми формулами; експериментально генетичні зв'язки між неорганічними і органічними речовинами; генетичні зв'язки між основними класами неорганічних сполук;

**дотримуватися** правил безпеки під час виконання хімічних дослідів; правил утилізації відпрацьованих гальванічних елементів;

**експериментально** визначити рН середовища водних розчинів солей за допомогою індикаторів;

**обчислити** за хімічними рівняннями відносний вихід продукту реакції, кількість речовини, масу або об'єм продукту за рівнянням хімічної реакції, якщо один з реагентів узятو в надлишку **обґрунтувати** вибраний спосіб розв'язування;

**добрати** умови зміщення хімічної рівноваги оборотних процесів на основі принципу Ле Шательє;

**проаналізувати** відмінності електронних конфігурацій атомів s-, p-, d-елементів (Ферум) 1–4 періодів; *і розтлумачити* результати досліджень; види твердості води та **запропонувати** безпечні способи її усунення в побуті;

**провести** якісні реакції й **визначити** в розчинах йони: Феруму(II), Феруму(III), осадженням їх лугами, Барію, амонію, силікат- і ортофосфат-іони;

**порівняти** можливі ступені окиснення неметалічних елементів 2 і 3 періодів, що розташовані в одній групі, на основі електронної будови їхніх атомів; фізичні та хімічні властивості металів (алюміній і залізо) і неметалів, оксидів металічних і неметалічних елементів; особливості водних розчинів гідроген хлориду, гідроген сульфїду, амоніаку; основ (гідроксидів Натрію і Кальцію);

**дослідити** якісний склад солей; адсорбційну здатність активованого вугілля та аналогічних лікарських засобів;

**обґрунтувати** періодичну зміну властивостей елементів і їхніх простих речовин на основі електронної будови їхніх атомів; значення оборотних процесів у докїллі, промислових виробництвах; вплив гідролїзу солей на рН ґрунтів; значення алотропних перетворень; причини існування кислотних і лужних ґрунтів;

**довести** практичну значущість явища адсорбції, металів і неметалів та сполук металічних і неметалічних елементів; вплив твердої води на побутові прилади і комунікації;

**усвідомити** значення нової філософії в хїмії та власної громадянської позиції для реалізації концепції сталого розвитку суспільства; причиново-наслідкові зв'язки у природі та її цїнність і цїлісність; право на власний вибір і прийняття рішення; відповідальність за збереження докїлля від шкідливих викидів;

**зробити висновки** на основі спостережень;

**спрогнозувати** фізичні властивості речовин на основі їхньої будови та будову речовин на основі їхніх фізичних властивостей; можливість реакції гідролїзу солей; рН середовища водних розчинів солей та кислотних і лужних ґрунтів;

**оцінити** на основі будови молекул води і спиртів можливість утворення водневого зв'язку між молекулами води, спиртів, води і спиртів; негативний вплив на докїлля відпрацьованих гальванічних елементів; біологічне значення металічних (Кальцію, Калію, Натрію, Магнію, Феруму) і неметалічних (Оксигену, Нітрогену, Карбону, Фосфору, галогенів) елементів; найважливіших представників основних класів неорганічних сполук; значення хїмії у створенні нових матеріалів, розвитку нових напрямів технологій, розв'язанні продовольчої, сировинної, енергетичної, екологічної проблем;

**популяризувати** хїмічні знання;

**критично поставитися** до хїмічної інформації з різних джерел;

*висловити судження* щодо застосування періодичного закону для передбачення властивостей ще не відкритих елементів; залежності між використанням речовин та їхньою будовою і властивостями; про значення принципу Ле Шательє в керуванні хімічними процесами; щодо біологічної ролі озону і його застосування, екологічних наслідків викидів в атмосферу оксидів Карбону, Нітрогену, Сульфуру; кислотних дощів, парникового ефекту, нераціонального використання мінеральних добрив; щодо значення хімічних знань як складника загальної культури людини; про вплив діяльності людини на довкілля та охорону його від забруднень;

*демонструвати власне ставлення* до природи як найвищої цінності.

Якщо так, щиро вітаємо вас, випускники та випускниці!

Якщо ж ви виявили прогалини у своїх знаннях та вміннях, не засму-  
чуйтеся, бо найліпший учитель – життя. Навчайтеся впродовж нього!  
Щастя вам!

*Авторки*



## Предметний покажчик

ЗД-друк 110  
IUPAC 176, 183  
рН 47,  
s-, p-, d-, f-елементи 6

### А

Адсорбційна колона 78  
Адсорбція 78, 79, 80  
Азот 18, 40, 59, 69, 70, 81, 82, 83, 85,  
91, 99, 107, 133, 152, 156, 169, 194  
Азотні добрива 133, 135  
Активоване вугілля 77, 78, 79, 80, 81,  
Алмаз 30, 33, 35, 36, 72, 73, 74, 83,  
194  
Алотропія 69, 70, 71, 72, 74  
Алотропні модифікації 69, 70, 71, 72,  
73, 74, 75, 82, 197  
Алюміній 29, 33, 35, 94, 101, 104, 105,  
106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 126,  
177, 178, 186, 199, 203  
Алюмосилікати 95, 126, 131, 188  
Амоніак 16, 19, 20, 27, 29, 40, 59, 81,  
85, 86, 87, 88, 89, 94, 133, 134, 138,  
142, 152, 173, 177, 178  
Аморфні речовини 32, 33,  
Амфотерні гідроксиди 114, 115, 204  
Аніони 20, 22, 23, 43, 44, 45, 62, 90  
Анод 48, 49, 51, 168, 180,  
Атом 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16,  
17, 18, 19, 20, 22, 81, 82, 86, 97, 99,  
119  
Атомні кристалічні ґратки 33, 34, 69

### Б

Бетон 128, 129  
Білий фосфор 75, 76, 81, 153  
Боросилікатне скло 127  
Бром 69, 83, 106, 155, 156, 157, 195

### В

Валентні стани елементів 9, 10,  
Вапнування 133, 136, 139, 140  
Вихід продукту реакції від теоретичного  
51, 52  
Відносний вихід продукту реакції 178  
Вогнетриви 129  
Водневий зв'язок 25, 26, 27, 28, 29, 86,  
88, 178

### Г

Галогени 63, 156  
Гальванічний елемент 48, 49, 50, 51,  
178

Гідроген хлорид 85, 86, 87, 88, 89, 177,  
178  
Гідроліз 42, 44, 45, 46, 47, 48, 115,  
138, 139, 181  
Гіпсування 133, 139, 140  
Графен 36, 171, 197  
Графіт 35, 36, 37, 51, 64, 72, 73, 74,  
76, 83, 192, 194  
Ґрунт 46, 47, 48, 50, 66, 67, 78, 88, 92,  
93, 94, 116, 122, 132, 133, 134, 135,  
136, 137, 138, 139, 157, 168, 169, 172

### Д

Деревне вугілля 77, 79, 82,  
Диполь 26, 28  
Добрива 67, 132, 133, 134, 135, 136,  
139, 140, 168  
Донорно-акцепторний механізм 16, 19

### Е

Евтрофікація 135  
Електрони 5, 6, 7, 8, 9, 10, 17, 19, 22,  
23, 29, 30, 33, 35, 48, 49, 64, 65, 81,  
149, 201  
Електроліз 22, 48, 182  
Електронегативність 14, 18, 19, 20, 64,  
65, 68, 81  
Електронна формула 6, 8,  
Електронний газ 29

### З

Залізо 35, 64, 98, 103, 104, 105, 106,  
107, 108, 109  
Залізобетон 128, 129,  
Зауранові елементи 13  
Збуджений стан атома 9, 10, 11, 20  
Зелена хімія 174, 175

### Й

Йод 34, 38, 39, 64, 66, 67, 69, 83, 106,  
131, 155, 156, 157  
Йони 9, 16, 22, 23, 24, 30, 34, 42, 44,  
45, 48, 118  
Йонний зв'язок 22  
Йонний обмін 124, 125, 139, 202  
Йонні кристалічні ґратки 34

### І

Інертні елементи 63, 65, 67, 69

### К

Калій 127, 146, 147, 150  
Калійні добрива 133, 135

Кальцій 145, 146, 153  
Карбамід 88, 133  
Карбін 197  
Карбон 9, 33, 35, 63, 66, 67, 72, 73, 84,  
90, 92, 111, 132, 152, 153, 157  
Каталізатор 40, 83, 109, 112, 167, 168,  
183  
Катіон амонію 16, 19  
Катіон Барію 121, 141, 142, 143  
Катіон метиламонію 19  
Катіони 19, 22, 23, 29, 30, 43, 44, 45,  
46, 49, 87, 93, 94  
Катіони Калію 139, 146, 147, 171  
Катіони Кальцію 124, 139, 142, 143,  
Катіони Магнію 29, 124, 139  
Катіони Натрію 22, 23, 29, 32, 43, 124,  
147, 148  
Катіони Феруму(II) 121, 141,  
Катіони Феруму(III) 121, 141  
Катод 49, 183  
Кварцове скло 36, 127  
Кислі солі 96, 97, 117, 119, 120  
Кислоти 43, 44, 45, 46, 88, 90, 96, 97,  
98, 100, 105, 107, 108, 115, 116, 119,  
120, 138, 139, 142, 146, 158, 159  
Кислотні оксиди 83, 90, 92, 93, 115,  
116, 119, 159  
Кислотні опади 90, 91, 92, 94, 122, 138  
Ковалентний зв'язок 16, 17, 19, 20, 29,  
30, 34, 35, 65, 126  
Ковалентний неполярний зв'язок 17,  
20, 69, 85, 86  
Ковалентний полярний зв'язок 19, 22,  
24, 25  
Комплексні добрива 133  
Кремнезем 126  
Кристалізація 33, 34, 69, 165  
Кристалічна будова 32,  
Кристалічні ґратки 29, 30, 33, 34, 35,  
69, 72, 103, 114  
Кришталеве скло 127

## Л

Луги 46, 88, 90, 95, 115, 116, 119, 120,  
123, 141, 142, 143, 144, 201, 202

## М

Магній 38, 101, 148, 149, 150, 151, 199  
Метали 30, 101, 102, 103, 105, 109,  
110, 111  
Металічний зв'язок 29, 30,  
Металічні кристалічні ґратки 29, 30,  
33, 35, 103,  
Мікродобрива 133  
Мінеральні добрива 132, 133, 134, 145,  
168  
Моноклінна сірка 74, 75, 194

## Н

Нанотрубки 73, 109, 197  
Натрій 22, 43, 103, 139, 147, 148, 150  
Нейзильбер 110  
Неметали 3, 63, 64, 65, 69, 70, 72, 74,  
76, 81, 82, 83, 84, 85, 105, 110, 158,  
159  
Необоротна реакція 38, 39  
Нітратна кислота 61, 62, 88, 96, 97, 98,  
99, 100, 108, 138, 201  
Нітроген 6, 19, 20, 26, 63, 66, 69, 82,  
86, 90, 92, 93, 94, 97, 132, 133, 134,  
152, 156

## О

Обернена реакція 39, 40  
Оборотна реакція 38, 39, 45, 46, 51, 52,  
107, 202  
Озон 69, 70, 71, 73, 196  
Озоновий шар 71  
Оксиген 10, 19, 26, 63, 66, 69, 70, 71,  
79, 152, 156  
Органосилікатні матеріали 130  
Ортоклаз 47  
Ортофосфат-аніон 141, 142, 143,  
Основи 44, 45, 113, 114, 115, 159

## П

Перехідні елементи 6  
Пінобетон 128  
Піноскло 127  
Пластична сірка 75  
Польові шпати 47  
Практичний вихід продукту реакції 51  
Принцип Ле Шательє 38, 40, 45, 46  
Принцип «мінімальної енергії» 5, 6, 7,  
Прості добрива 133  
Протонне число 14  
Пряма реакція 39, 40,

## Р

Радіус атома 12, 14, 29,  
Ромбічна сірка 74  
Рубінове скло 127

## С

Середні солі 118, 119  
Сечовина 133  
Силікагель 78  
Силікат-аніон 142, 143  
Силікатні фарби 129  
Силікони 130  
Сірка 64, 74, 75, 82, 83  
Сірководень 85, 87,  
Скло 28, 33, 90, 93, 126, 127,  
Скловолокно 127  
Склотканина 127

Солі 42, 43, 97, 107, 117, 118, 119, 120, 138, 142, 159  
Сплав 40, 101, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 164, 166  
Стехіометричні коефіцієнти 59, 60, 61  
Стехіометричні співвідношення 59  
Стехіометрія 59  
Ступінь окиснення 9, 115  
Сублімація 34, 69, 75, 76, 187  
Сульфатна кислота 40, 89, 96, 97, 98, 99, 119, 138, 141,

#### Т

Теоретичний вихід продукту реакції 51

#### Ф

Ферум 5, 8, 106, 107, 121, 127, 141, 143, 145, 146, 149, 150, 151  
Флуор 11, 19, 26, 67, 79, 81, 84, 154, 156  
Фосфор 63, 66, 67, 72, 75, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 107, 111, 132, 134, 146, 149, 150, 151, 152, 153, 156

Фтор 18, 69, 83, 106, 154

Фулерени 73, 197

#### Х

Хімічна рівновага 38, 39, 40, 46, 140  
Хімічний зв'язок 16, 17, 18, 21, 24, 25, 30  
Хлор 11, 18, 22, 23, 32, 69, 79, 83, 86, 106, 135, 154, 155, 156,  
Хлорид-аніони 22, 43, 124, 135  
Хлоридна кислота 43, 53, 87, 88, 97, 100, 141, 143, 144, 154, 160  
Хлороз 150, 151, 156, 157  
Хлорофіл 150, 187, 188

#### Ц

Цеоліти 131, 188

#### Ч

Червоний фосфор 75, 76, 81

#### Я

Якісні реакції 141

## Іменний покажчик

- А**  
Авілова О. 110  
Авіценна 78
- Б**  
Бакуль В. 73  
Безант А. 76  
Берцеліус Й. 70  
Бойль Р. 92, 141  
Будрейко М. 16  
Буссенго Ж. 132
- В**  
Василевська Л. 101  
Володимир Великий 102  
Вольта А. 49, 50
- Г**  
Гай Пліній-секунд 64  
Гальвані Л. 49, 50  
Городецький В. 129  
Грудзинська О. 128  
Губіна А. 175
- Д**  
Джабір Ібн Хайям 64  
Джіуффра Е. 165  
Друде П. 29
- З**  
Зая Б. 74  
Зелінський М. 79, 80
- К**  
Кальченко Г. 112  
Кім Д. 73  
Козак-Ділета І. 128  
Кумант Б. 79  
Курнаков М. 110
- Л**  
Лієпіня Л. 80  
Ле Шательє А. 40  
Левитська І. 127  
Лемері Н. 107  
Лисенко М. 101  
Лібіх Ю. 136  
Льюїс Г. 17
- М**  
Марійчук Н. 134  
Марум М. 70  
Менделєєв Д. 13  
Міжено А. 49
- Н**  
Нойорі Р. 176
- П**  
Павлов І. 168,  
Пастернак А. 78  
Полінг Л. 18  
Прянишников Д. 132, 133
- Р**  
Райт Д. 75
- С**  
Саля Е. 129  
Семенов М. 164  
Соловійов Ю. 5  
Стратійчук О. 98
- Т**  
Тавелл Ф. 74  
Тацумі К. 176  
Телькеш М. 171  
Тимірязов К. 140  
Толєйкіс С. 74
- Ф**  
Фарадей М. 22, 183  
Феліче Ф. 79  
Фігуровський М. 14  
Франклін Р. 80
- Х**  
Ходаков Ю. 77  
Хоффман Р. 175
- Ц**  
Цюньфей Д. 165
- Ш**  
Шевченко Т. 110, 185  
Шеєле К. 79  
Шенбейн Х. 70
- Я**  
Яблонська Т. 110

Таблиця 1. Агрегатний стан (ст. у.) та фізичні властивості деяких неметалів

Назва	Агрегатний стан	Колір	Запах	Температура плавлення, °С	Температура кипіння, °С	Густина, г/см <sup>3</sup>	Електропровідність
Водень	Газ.	–	–	– 259	– 253		Діелектрик
Бор	Тв.	Безбарвний	–	2075	3700	2,34	Напівпровідник
		–	–	–	–	2,267	Діелектрик
Вуглець	Тв.	–	–	3500	–	3,515	Провідник
Графіт	Тв.	Сірий	–	–	–	–	–
Силіцій	Тв.	Сірий	–	1410	2620	2,33	Напівпровідник
Азот	Газ.	–	–	– 210	– 196		Діелектрик
		Білий	Часнику	44,2	280	1,82	–
Фосфор	Тв.	Червоний	–	–	429 (сублімація)	2,20	Діелектрики
		–	–	–	–	–	–
		Чорний	–	–	–	–	2,69
Металічний	Тв.	–	–	1000 °С за Р 1,8 · 10 <sup>6</sup> Па	–	3,56–3,83	Провідник
		–	–	–	–	–	–
Арсен	Тв.	Сріблястий	–	817 (сірий) (38 атм.)	613 (сублімація)	5,73	Напівпровідник
Кисень	Газ.	–	–	– 218,35	– 182,98		Діелектрик
		Св.-жовтий	–	112,8	446	2,07	–
Сірка	Тв.	Темно.-жовтий	–	119,3	–	1,96	Діелектрики
		–	–	–	–	–	–
Селен	Тв.	Сірий	–	221	688	4,79	Напівпровідник
Телур	Тв.	Сріблясто-білий	–	450	990	6,24	Напівпровідник

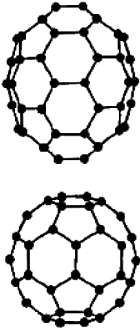



Назва	Агрегатний стан	Колір	Запах	Температура плавлення, °С	Температура кипіння, °С	Густина, г/см <sup>3</sup>	Електропровідність
<b>Фтор</b>	Газ.	Майже безбарвний, у товстих шарах – зеленувато-жовтий	Різкий, задушливий	-220	-188		Діелектрик
<b>Хлор</b>	Газ.	Жовто-зелений	Різкий, задушливий	-101	-34		Діелектрик
<b>Бром</b>	Рідк.	Бурий	Різкий, задушливий	-7	59	3,19	Діелектрик
<b>Йод</b>	Тв.	Темно-сірий, пара – фіолетова	Різкий, задушливий	114	186	4,933	Напівпровідник

**Таблиця 2.** Порівняльна характеристика кисню та озону

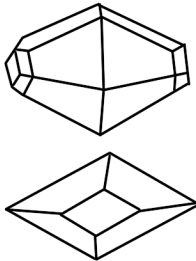
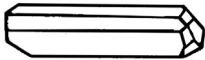
Ознака порівняння	Кисень	Озон
Походження назви	Калька з французького слова <i>l'oxygene</i> (назву запропонував А.Л. Лавуазьє), яке походить від грецьких $\beta\acute{\omicron}\varsigma$ – «кислий» і $\gamma\epsilon\upsilon\upsilon\alpha\omicron$ – «народжую», дослівно – «той, що народжує кислоти»	Від давньогрецького $\beta\acute{\omicron}\varsigma\omicron$ – пахну
Хімічна формула	$O_2$	$O_3$
Геометрична форма молекули	Лінійна	Кутова
Агрегатний стан за стандартних умов	Газуватий	
Температура кипіння, °С	-182,98	-111,9
Температура плавлення, °С	-218,79	-251,4
Колір	Газу	Безбарвний
	Рідини	Блідо-блакитний
	Кристалів	Темно-синій
Розчинність у воді, мл/100 г, 0 °С	Синій	Синій, аж до чорного
Запах	4,9	49,4
Густина (н. у.), кг/м <sup>3</sup>	–	Різкий, специфічний
Магнітні властивості	1,429	2,144
Окиснювальні властивості	Парамагнетик	Газуватий – діаманетик, рідина – слабкий парамагнетик
Застосування	Сильний окисник	Сильніший окисник, ніж кисень
	Металургія (кисневе дуття) Зварювання та різання металів Окисник ракетного палива Складова дихальних сумішей Медицина	Хімічний синтез Виблювання Дезінфекція та стерилізація Захист від УФ-випромінювання

Таблиця 3. Алотропні модифікації Карбону – матеріали нового покоління\*

Назва	Дата відкриття	Склад і будова	Застосування
<b>Фулерен</b> α-карбін	1959– 1960	$(-C\equiv C-)_n$	Електроніка, космонавтика, авіація, медицина. Оптика, мікрохвильова й електрична технології, конструювання джерел струму тощо, у фотоелементах
β-карбін	1968	$(=C=C=)_n$	
Фулерени	З 1985	$C_{60}$ $C_{70}$ 	Виробництво новітніх акумуляторних батарей, оптичних затворів, обмежувачів інтенсивності лазерного випромінювання, носіїв пам'яті в комп'ютерних технологіях, присадок ракетного пального, мастильних матеріалів. Створення нових конструкційних матеріалів з унікальними властивостями для використання в будівництві інженерно-технічних споруд, виготовленні засобів індивідуального захисту. Розроблення нових технологій у медицині, високоефективних катализаторів
Нанотрубки	1991		Наноелектроніка, композиційні матеріали, медицина. На основі багатостінних нанотрубок створено перший наномасштабний мотор. Карбонова нанотрубка виконує функцію осі, на якій монтується ротор. Максимальні розміри наномотора близько 500 нм, ротор, від 100 до 300 нм завдовжки, нанотрубка-вісь має у поперечнику розмір у кілька атомів, тобто близько 5–10 нм.
Графен (надтонкі карбонові плівки)	2004		Композиційні матеріали, для авіації, автомобільної промисловості, будівництва. Чутливий датчик маси. Матеріал для наноелектроніки та ймовірний заміник силіцію в інтегральних мікросхемах

\*У таблиці наведено перспективні напрями застосування

Таблиця 4. Порівняльна характеристика ромбічної та моноклінної сірки

Ознака порівняння	Сірка	
	Ромбічна	Моноклінна
Хімічна формула	$S_8$	
Геометрична форма кристалів		
Агрегатний стан (ст. у.)	Твердий	
Колір	Світло-жовтий	Темно-жовтий
Густина, г/см <sup>3</sup>	2,07	1,96
Відношення до розчинників	Не розчиняється у воді. Малорозчинна в етанолі, гексані, гептані. Розчиняється в бензені, сірководудлеці	
Температура плавлення, °С	112,8	119,3
Температура кипіння, °С	446,6	

Таблиця 5. Розчинність кислот, основ, амфотерних гідроксидів, солей у воді за 20–25 °С

	H <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	
OH <sup>-</sup>		Р	Р	Р	Р	Р	М	М	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	-	Н	Н	Н	Н
F <sup>-</sup>	Р	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Н	Р	Р
Cl <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р
Br <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	М	Р	Р
I <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	#	Р	#	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	М	Р
S <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	-	-	-	Н	-	-	Н	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Н	#	-	Н	-	Н	Н	#	М	Н	Н	Н	Н	#	#
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	М	-	Н	Р	Р
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	#	#	#	#	Р	М	#	#	М	#	#	#	#	#
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Р	Н	Р	Р	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	#	#	Н	#	Н	Н	Н	Н	Н	Н	#	Н	#	Н
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	Р	Р	-	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Н	Н	Р	Р	#	Н	Н	Н	Н	#	#	Н	#	#	#	Н	Н	#	#	Р	Н	Н	#

Р – розчинні (більше від 1 г в 100 г води);  
 М – малорозчинні (від 1 г до 0,001 г в 100 г води);  
 Н – нерозчинні (менше від 0,001 г у 100 г води);  
 # – не існують; «-» – реагують з водою з утворенням нерозчинних основних солей чи гідроксидів



Таблиця 6. Ряд активності металів

**РЯД АКТИВНОСТІ МЕТАЛІВ**  
Li, K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Be, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, (H), Bi, Cu, Ag, Hg, Pt, Au  
Хімічна активність металів зменшується

## ВІДПОВІДІ

### Тест-контроль

#### Тема 1

1. А В Г Б; 2. Б Г В А; 3. А Г В Б; 4. Б В А Г; 5. 6; 6. А; 7. Б А Г В; 8. Б; 9. В; 10. Г; 11. Г А Б В; 12. Б А В Г.

#### Тема 2

1. Б; 2. В; 3. В; 4. В; 5. Б; 6. В; 7. Б; 8. А; 9. Б; 10. Г.

#### Тема 3

1. Г; 2. В; 3. В; 4. А; 5. В; 6. Г; 7. В; 8. Г; 9. В; 10. Г; 11. Г; 12. В.

#### Тема 4

1. А; 2. Г; 3. В; 4. А; 5. А; 6. А; 7. В; 8. Б; 9. А; 10. В; 11. В; 12. В; 13. А; 14. Б; 15. Г; 16. Б; 17. В; 18. Б; 19. Г; 20. Г; 21. В; 22. Г. 23. 1Б, 2А, 3Г, 4В.

### Розрахункові задачі

#### § 1

2. а) 2; б) 3; в) 4; г) 6. 3. 50. 4. а) 2 й 8; б) 1 і 4.

#### § 13

3. 90 %. 4. 25,6 г. 5. 4,224 г. 6.  $\approx 24,5$  г. \*7. 69 %.

#### § 14

3. а) 2,4 л; б) 14,35 г; в) 0,585 г; г) 93,2 г.

#### § 18

5.  $\approx 4,53$  г. 6. 9,37 млн т волосся, зістриженого з  $9,37 \cdot 10^{10}$  чоловік; не вистачить, бо кількість населення Землі сягне такої величини лише після 2040 року.

#### § 19

3.  $11,2 \text{ м}^3$ . 4. а)  $\approx 11$  г; б) 37,5 %; в) 26,25 г.

#### § 20

3.  $\text{Ca(OH)}_2$ . 4.  $\approx 6,14 \text{ м}^3$ .

#### § 21

5. а)  $89,6 \text{ м}^3$ ; б) 1 т; в)  $\approx 1067 \text{ м}^3$ .

#### § 25

5. а)  $\approx 96,6 \text{ м}^3$ ,  $\approx 0,681$  т; б) 28,8 г.

#### § 34

2. 50 г

# ЗМІСТ

Вітаємо вас, одинадцятикласники та одинадцятикласниці! . . . . . 3

## Тема 1. Періодичний закон і періодична система хімічних елементів

§ 1. Принцип «мінімальної енергії». Електронні формули атомів s-, p-, d-елементів та їхні графічні варіанти . . . . .	5
§ 2. Збуджений стан атома. Валентні стани елементів. Можливі ступені окиснення неметалічних елементів другого і третього періодів . . . . .	9
§ 3. Явище періодичної зміни властивостей елементів і їхніх сполук на основі уявлень про електронну будову атомів . . . . .	12

## Тема 2. Хімічний зв'язок та будова речовини

§ 4. Ковалентний зв'язок. Донорно-акцепторний механізм утворення ковалентного зв'язку . . . . .	16
§ 5. Йонний зв'язок . . . . .	20
§ 6. Водневий зв'язок . . . . .	24
§ 7. Металічний зв'язок . . . . .	28
§ 8. Кристалічний і аморфний стани твердих речовин. Залежність фізичних властивостей речовин від їхньої будови . . . . .	32

## Тема 3. Хімічні реакції

§ 9. Необоротні та оборотні хімічні процеси. Хімічна рівновага. Принцип Ле Шательє . . . . .	38
§ 10. Гідроліз солей . . . . .	42
§ 11. Про гідроліз докладніше . . . . .	46
§ 12. Поняття про гальванічний елемент як хімічне джерело електричного струму . . . . .	48
§ 13. Обчислення за хімічними рівняннями відносного виходу продукту реакції . . . . .	51

## Тема 4. Неорганічні речовини та їхні властивості

§ 14. Обчислення кількості речовини, маси або об'єму продукту за рівнянням хімічної реакції, якщо один з реагентів взято в надлишку . . . . .	58
§ 15. Неметали. Загальна характеристика неметалів . . . . .	63
§ 16. Фізичні властивості неметалів. Алотропія . . . . .	69
§ 17. Фізичні властивості та алотропія Карбону, Сульфуру, Фосфору . . . . .	72
§ 18. Явище адсорбції . . . . .	77
§ 19. Окисні та відновні властивості неметалів . . . . .	81
§ 20. Сполуки неметалічних елементів з Гідрогеном. Особливості водних розчинів цих сполук, їхнє застосування . . . . .	85
§ 21. Оксиди неметалічних елементів, їхній уміст в атмосфері. Кислотні дощі . . . . .	90
§ 22. Кислоти . . . . .	96
§ 23. Загальна характеристика металів. Фізичні властивості металів, зумовлені їхньою будовою . . . . .	101
§ 24. Алюміній та залізо: фізичні й хімічні властивості . . . . .	104
§ 25. Застосування металів та їхніх сплавів . . . . .	109
§ 26. Основи. Властивості, застосування гідроксидів Натрію та Кальцію . . . . .	113
§ 27. Солі, їхня поширеність у природі. Середні та кислі солі . . . . .	117
§ 28. Поняття про твердість (жорсткість) води та способи її усунення . . . . .	121
§ 29. Силікатні матеріали . . . . .	126
§ 30. Мінеральні добрива . . . . .	132
§ 31. Поняття про кислі та лужні ґрунти . . . . .	136
§ 32. Якісні реакції на деякі йони . . . . .	141
Практична робота 1. Дослідження якісного складу солей . . . . .	144
§ 33. Біологічне значення металічних елементів . . . . .	145

§ 34. Біологічне значення неметалічних елементів . . . . .	152
§ 35. Генетичні зв'язки між основними класами неорганічних сполук . . . . .	158
Практична робота 2. Генетичні зв'язки між неорганічними речовинами . . . . .	160

### Тема 5. Хімія і прогрес людства

§ 36. Роль хімії у створенні нових матеріалів, розвитку нових напрямів технологій . . . . .	164
§ 37. Роль хімії в розв'язанні продовольчої, сировинної, енергетичної, екологічної проблем . . . . .	168
§ 38. Роль хімії в розв'язуванні екологічної проблеми. «Зелена» хімія: сучасні завдання перед хімічною наукою та хімічною технологією . . . . .	172
Підсумки . . . . .	177
Предметний покажчик . . . . .	180
Іменний покажчик . . . . .	183

#### ДОДАТОК

<b>Таблиця 1.</b> Агрегатний стан (ст. у.) та фізичні властивості деяких неметалів . . . . .	184
<b>Таблиця 2.</b> Порівняльна характеристика кисню та озону . . . . .	186
<b>Таблиця 3.</b> Алотропні модифікації Карбону – матеріали нового покоління* . . . . .	187
<b>Таблиця 4.</b> Порівняльна характеристика ромбічної та моноклінної сірки . . . . .	188
<b>Таблиця 5.</b> Розчинність кислот, основ, амфотерних гідроксидів, солей у воді за 20–25 °С . . . . .	189
<b>Таблиця 6.</b> Ряд активності металів . . . . .	190
Відповіді. Тест-контроль . . . . .	190

#### *Навчальне видання*

ЛАШЕВСЬКА Ганна Анатоліївна  
ЛАШЕВСЬКА Аліна Альбертівна

### ХІМІЯ (рівень стандарту)

Підручник для 11 класу  
закладів загальної середньої освіти

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*

**Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено**

Головний редактор *Н. Заблоцька*. Редактор *Л. Мялківська*.  
Обкладинка, макет, художнє оформлення і комп'ютерна обробка ілюстрацій  
*Л. Кузнецової*. Технічний редактор *Ц. Федосіхіна*.  
Комп'ютерна верстка *Л. Ємець*. Коректор *В. Бондаренко*

Формат 70×100/16. Ум. друк. арк. 15,60. Обл.-вид. арк. 14,03.  
Тираж 14102 пр. Вид. № 2019. Зам. №

Видавництво «Генеза», вул. Тимошенка, 2-л, м. Київ, 04212.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи серія ДК № 5088 від 27.04.2016.

Віддруковано у ТОВ «ПЕТ», вул. Ольмінського, 17, м. Харків, 61024.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи серія ДК № 4526 від 18.04.2013.