



2026

ХІМІЯ

9



# ХІМІЯ 9



Мідак Лілія, Кузишин Ольга,  
Пахомов Юрій, Буждиган Христина

# ХІМІЯ

Підручник для 9 класу  
закладів загальної середньої освіти

**Рекомендовано Міністерством науки і освіти України**

Тернопіль  
Астон  
2026

УДК 546(075.3)  
М87

**Авторський колектив:**

Мідак Лілія, Кузишин Ольга, Пахомов Юрій, Буждиган Христина

**Рекомендовано Міністерством науки і освіти України  
(протокол УІРО від 14.01.2026 №110)**

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

У підручнику подано навчальний матеріал за модельною навчальною програмою «Хімія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти (автор Григорович О. В.).

Інтерактивний електронний додаток можна  
переглянути за QR-кодом або за  
покликанням  
<https://cutt.ly/CrFrpOU3>



**Мідак Л. Я. та ін.**

**М87** Хімія : підручник для 9 класу закладів загальної середньої освіти. / Л. Я. Мідак, О. В. Кузишин, Ю. Д. Пахомов, Х. В. Буждиган. — Тернопіль : Астон, 2026. — 272 с. ISBN 978-617-8744-11-3

Підручник створено відповідно до вимог Державного стандарту базової середньої освіти за модельною навчальною програмою О. Григоровича. Змістове наповнення підручника враховує вікові особливості учнівства 9-х класів та орієнтоване на реалізацію життєвих навичок, спрямованих на здоровий, безпечний і гармонійний розвиток. Пропонований навчальний матеріал сприятиме формуванню ключових і предметних компетентностей, досягненню очікуваних результатів навчання, передбачених модельною програмою.

**УДК 546(075.3)**

ISBN 978-617-8744-11-3

© Мідак Л., Кузишин О.,  
Пахомов Ю., Буждиган Х., 2026  
© ТзОВ «Видавництво Астон», 2026

## Шановні дев'ятикласники та дев'ятикласниці!

Цього навчального року ви завершуєте формування компетентності в галузі природничих наук засобами навчального предмета «Хімія» у базовій середній школі. Позаду — два роки захопливого пізнання світу речовин, їх будови, властивостей і перетворень. Попереду — важливий вибір профілю навчання. Ми щиро сподіваємося, що саме хімія надихне вас на вибір профілів STEM-кластеру.

Хімія — це наука про світ речовин, що формує здатність критично мислити, приймати зважені рішення, піклуватися про здоров'я та довкілля. Вона дає ключі до розуміння процесів, які лежать в основі життя, технологій і сучасної науки. Знання хімії потрібні в багатьох галузях: медицині, екології, фармації, харчовій і легкій промисловості, сільському господарстві, енергетиці, косметології, криміналістиці, біотехнологіях та IT-сфері.

У 9 класі ви на уроках хімії:

- повторите основні поняття, що стали фундаментом ваших знань;
- з'ясуєте роль хімічних процесів у природі, техніці та повсякденному житті;
- дослідите, як хімія допомагає вирішувати побутові та екологічні проблеми;
- відкриєте для себе цілий світ **органічних речовин** — від метану до білків, жирів і вуглеводів.

Зміст навчального предмета «Хімія. 9 клас», який ви вивчатимете, поділено на чотири теми, а теми — на параграфи.

У кожному параграфі виділено три основних рубрики, які зорієнтують вас за видами діяльності:

- **Опрацьовуємо інформацію** (у ній вивчите теоретичний матеріал до кожної теми).
- **Досліджуємо** (використовуючи матеріали цієї рубрики, навчитеся формулювати гіпотези, планувати хімічний експеримент, виконувати його, пояснювати одержані результати та робити висновки).
- **Пояснюємо**, творимо, використовуємо в житті (виконуючи завдання цієї рубрики, зрозумієте значення хімії в нашому повсякденному житті).

Кожен параграф розпочинає виклад теоретичного матеріалу. У кінці підручника наведено словник зі спеціальними термінами, які вивчатимете протягом року. Параграфи містять додатковий матеріал, поданий під рубрикою «А чи знаєте ви...». Окремо виділено важливу інформацію, яку потрібно запам'ятати. Вивчення теоретичного матеріалу супроводжуватиме виконання різноманітних завдань.

Ви будете працювати в парі, у групі, виконувати експерименти, проєкти та презентувати результати власних досліджень. Свої знання зможете перевірити, відповівши на запитання та виконавши завдання, уміщені наприкінці кожного параграфа та в рубриці «Перевірте себе». Цікаві задачі та задачі підвищеної складності позначені зірочкою. Для самоперевірки можете скористатися відповідями до них, поданими в кінці підручника. Тож не гайте часу та вирушайте у світ речовин і їх перетворень! Успіхів вам!

*Автори/авторки*

**У підручнику використано рубрики:**



**Пригадайте інформацію,  
поміркуйте над запитанням**



**Запам'ятайте**



**Запитання**



**Навчальний проєкт**

## Привіт, друзі та подруги!



Ми знову разом — я, ваша допитлива кішка Селена, та мої хороші друзі Марко і Таміла. Торік ми зробили великі кроки у світі хімії, вивчаючи атоми, молекули, речовини та їхні перетворення. Але цього року наші подорожі стануть ще цікавішими!

Уявляєте, я вирушаю в хімічну експедицію світом: від гейзерів Ісландії до парфумерних майстерень Франції, від вулканів Італії до найпосушливішої пустелі в Чилі. І з кожної точки планети надсилатиму вам листи із захопливими історіями про те, як хімія допомагає зрозуміти світ, у рубриці «Селена пише з ...».

Разом із Марком і Тамілою ми продовжимо навчання, дослідження й відкриття. А ще цього року до нашої команди приєднався Ай-Хім — цифровий асистент, який миттєво відшукає потрібну інформацію! Ай-Хім працює на основі розробок українських програмістів. Вони ще не надто відомі, але зовсім скоро про них говоритимуть усі! Ай-Хім завжди наготові, щоб пояснити складне простими словами.



І ще одна новина: цього року ми вивчатимемо органічні речовини! Ви дізнаєтеся, що таке вуглеводи, жири, білки, спирти й карбонові кислоти та який вплив вони мають на наше життя. Це буде по-справжньому захопливо!

Тож приєднуйтеся до нашої хімічної команди!

Разом ми дослідники й мандрівники! Нумо навчатися!



## **ДІАГНОСТУВАННЯ УМІНЬ, НАБУТИХ У 8 КЛАСІ**





## §1. БІНАРНІ СПОЛУКИ. ОКСИДИ ТА ЇХ ГІДРАТИ. СОЛІ



**У цьому параграфі ви повторите:**

- як складати формули бінарних сполук;
- що таке оксиди;
- як класифікують оксиди;
- як оксиди взаємодіють із водою;
- що таке солі та як їх одержують.



Привіт, друзі і подруги! Як ваші справи? Мабуть, тепленьке літечко пролетіло непомітно. А осінь нагадує нам, що потрібно продовжувати навчання. Пам'ятаєте нашу Селену? Її важко забути! Зараз наша невтомна дослідниця подорожує. Вона мріяла відвідати різні країни й цікаві місця, пов'язані з хімією. Обіцяла нам із Марком писати повідомлення, ділитися враженнями від побаченого. А ось і перше...

### Селена пише з Великої Британії

Вітання з Лондона, мої юні дослідники й дослідниці! А чи знали ви, що подорожувати дуже цікаво? Важко навіть уявити, скільки цікавих місць на нашій планеті! Стільки всього можна дізнатися! Сьогодні я гуляла старовинними вулицями величного Лондона, сподівалася відчути себе частиною королівської родини, але, замість романтики, відчула, як важко дихається. У повітрі багато диму й пилу. Що це?



Мабуть, Селена має на увазі відомий лондонський смог. Забруднення повітря зумовлене, очевидно, викидами промислових підприємств та автотранспорту. Минулого року ми вивчали, що, потрапляючи в повітря, кислотні оксиди реагують із вологою в повітрі, утворюючи кислоти. Це є причиною кислотних дощів. Я правильно міркую? Ай-Хіме, відшукай інформацію про смог, будь ласка.

Дійсно, смог є небезпечним для всієї біосфери. У грудні 1952 року Лондон опинився в епіцентрі однієї з наймасштабніших екологічних катастроф ХХ століття. Унаслідок високого рівня забруднення повітря оксидами Сульфуру й Нітрогену та природного туману над містом утворилася дуже густа жовто-бура пелена — «великий смог». Смог був отруйним. Загинуло понад 12 тисяч людей, десятки тисяч захворіли.



Цей випадок став переломним моментом для розвитку екологічного законодавства у Великій Британії. Згодом було прийнято закон Clean Air Act, що обмежив використання вугілля та зменшив рівень промислових викидів.



Що зумовило отруйність лондонського смогу? Які перетворення відбулись в атмосфері?

## Опрацьовуємо інформацію



### Бінарні сполуки. Оксиди

Бінарні сполуки — це сполуки, утворені двома хімічними елементами.



#### Робота в парі

Заповніть таблицю 1.1.

Таблиця 1.1

| Бінарні сполуки     |       |        |             |
|---------------------|-------|--------|-------------|
| Назва частинки      | Йонні | Атомні | Молекулярні |
| Структурні частинки |       |        |             |
| Приклад (формула)   |       |        |             |
| Приклад (назва)     |       |        |             |



#### Робота в групах

Використовуючи таблицю 1.2, складіть формули десяти бінарних сполук і назвіть їх. Як називають бінарні сполуки, утворені елементом 2-го періоду 16 групи? Наведіть приклади.

Таблиця 1.2

| Заряди деяких йонів |                 |                  |                  |                  |                 |                 |                 |
|---------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                     | H <sup>+</sup>  |                  |                  |                  |                 |                 | H <sup>-</sup>  |
|                     | Li <sup>+</sup> | Be <sup>2+</sup> |                  | C <sup>4-</sup>  | N <sup>3-</sup> | O <sup>2-</sup> | F <sup>-</sup>  |
|                     | Na <sup>+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | Si <sup>4-</sup> | P <sup>3-</sup> | S <sup>2-</sup> | Cl <sup>-</sup> |
|                     | K <sup>+</sup>  | Ca <sup>2+</sup> |                  |                  |                 |                 |                 |

Кисень взаємодіє майже з усіма металами та більшістю неметалів з утворенням оксидів. Цей процес називають **окисненням**. Швидке окиснення речовин, яке супроводжується виділенням тепла та світла, називають **горінням**.



#### Робота в парі

Перетворіть схеми реакцій на рівняння. Назвіть продукти реакцій.

| Взаємодія з простими речовинами      |                                         | Взаємодія зі складними речовинами                                                    |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| металами                             | неметалами                              |                                                                                      |
| $\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow$ | $\text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{t}$ | $\text{C}_3\text{H}_8 + \text{O}_2 \xrightarrow{t} \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ |
| $\text{Al} + \text{O}_2 \rightarrow$ | $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow$     | $\text{CO} + \text{O}_2 \xrightarrow{t}$                                             |



|                                      |                                       |                                                                                    |
|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow$ | $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow$ | $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{t} \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ |
| $\text{Li} + \text{O}_2 \rightarrow$ | $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow$ | $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \xrightarrow{t}$                                         |

Вам уже відомо, що оксиди металічних і неметалічних елементів відрізняються за будовою та властивостями.

До основних оксидів належать оксиди металічних елементів із зарядами йонів (1+, 2+, рідше 3+). Це тверді кристалічні речовини з високою температурою плавлення й кипіння. Більшість із них не розчинні у воді.

До кислотних оксидів належить більшість оксидів неметалічних елементів, а також оксиди деяких металічних елементів із зарядами йонів 4+ і вище. Це переважно речовини молекулярної будови з невисокими температурами плавлення й кипіння. Силіцій(IV) оксид має атомну будову.

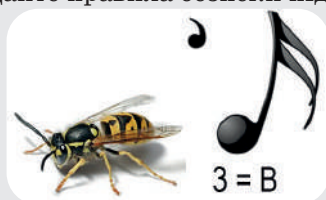


## Гідрати оксидів

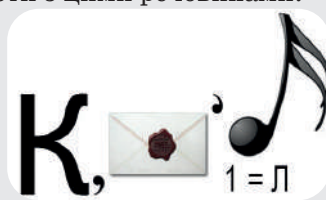


### Робота в парі

Розгадайте ребуси. Як утворено сполуки, про які йде мова? Наведіть приклади. Пригадайте правила безпеки під час роботи з цими речовинами.



3 = В

1 = Л

Деякі оксиди металічних елементів і більшість оксидів неметалічних елементів взаємодіють із водою, утворюючи гідрати оксидів — основи й кислоти. Основним оксидам відповідають основи, а кислотним оксидам — кислоти.

Основні оксиди, взаємодіючи з водою, утворюють основи. Назва основи — продукту такої реакції — складається з двох слів:

Назва йону

+

Гідроксид



Пригадайте, як називають розчинні у воді основи?

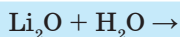
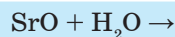
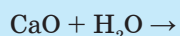
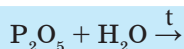
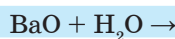
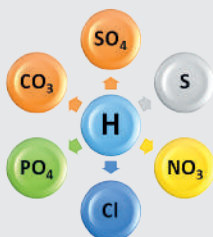
Кислотні оксиди, взаємодіючи з водою, утворюють кислоти. Тому кислотні оксиди часто називають ангідридами кислот (безводними кислотами).



### Робота в парі

1) Перетворіть схеми реакцій на рівняння. Назвіть реактанти та продукти реакцій.

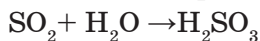
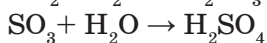
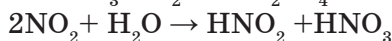
### Взаємодія оксидів із водою



2) Пригадайте та запишіть формули кислот, використовуючи схему-підказку. Назвіть кислоти. За потреби використайте додаткові джерела інформації.

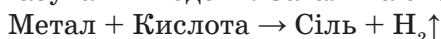


Саме взаємодія оксидів із водою є причиною екологічної катастрофи в Лондоні. Якщо взяти до уваги, що повітря Лондона було забруднене оксидами Нітрогену й Сульфуру, то з водою могли утворитися сульфідна, сульфатна, нітритна та нітратна кислоти, які є причиною кислотних дощів.



А я пригадую, що кислоти можуть взаємодіяти з металами. Продуктом реакції є газувата речовина — водень, властивості якого ми теж вивчали минулого року. Пам'ятаю, що, крім водню, утворюється ще якийсь продукт.

Так продуктами реакції металу з кислотою є складна речовина — сіль і газуватий водень. Загальна схема реакції:



Солі — складні речовини, які утворені йонами металічних елементів і кислотних залишків.

Багато бінарних сполук, які ми розглядали, є солями, наприклад,  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaF}$  та інші.

Але нам потрібно пам'ятати, що різні метали взаємодіють з однією і тією ж кислотою по-різному. III, допоможеш пригадати?



Звичайно. Активність металів визначають за здатністю їхніх атомів віддавати електрони та перетворюватися на йони. Метали з високою активністю швидко взаємодіють з іншими речовинами, тоді як менш активні метали реагують повільніше або взагалі не реагують за звичайних умов. Для прогнозування ймовірності перебігу реакції металу з кислотою використовують ряд активності.

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, (H<sub>2</sub>), Cu, Hg, Ag, Pt, Au

Чим лівіше розташований металічний елемент у ряду активності, тим активнішим є метал у хімічних реакціях.

## Досліджуємо

Дослідження взаємодії основних і кислотних оксидів із водою.

### Робота в парі

Для дослідження нам потрібно: сірка, ложка для спалювання, хімічна склянка або колба, кальцій оксид, вода, пінцет або щипці, спиртівка, пробірки, індикатори, водний розчин лугу й кислоти.

1. Об'єднайтеся в групи. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.
2. Пригадайте, що таке індикатори. Дослідіть забарвлення індикаторів у воді, розчинах кислоти, лугу. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати.
3. Виконайте експеримент. Що спостерігаєте?
4. Запишіть результати та зробіть висновок.
5. Пригадайте умови виникнення та припинення горіння.
6. Сформулюйте гіпотезу, яку речовину можна отримати в результаті спалювання сірки. Як дослідити взаємодію одержаного продукту згорання сірки з водою? Складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Яку речовину ви одержите? Як її виявити?
7. Виконайте експеримент, дотримуючись правил безпеки під час нагрівання.
8. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Запишіть рівняння реакції горіння сірки та взаємодії продукту згорання з водою. Назвіть реактанти й продукти реакцій. Визначте тип реакцій.
9. Сформулюйте висновки за власними спостереженнями.
10. Поміркуйте, яка речовина утвориться в результаті взаємодії кальцій оксиду з водою. Як її виявити? Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати.
11. Виконайте експеримент під наглядом учителя/учительки, враховуючи правила безпеки, та сформулюйте висновки за власними спостереженнями. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Яку речовину отримали? Як ви це довели?
12. Запишіть рівняння реакції одержання кальцій оксиду та його взаємодії з водою. Назвіть реактанти та продукти реакцій. Визначте тип реакцій.
13. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

## Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

1. Закінчіть речення:
  - Окиснення — це...
  - Оксид — це ...
  - Реакція взаємодії простих речовин із киснем є реакцією ...



додають оцет, сік лимона або квас.

1) Використовуючи додаткові джерела інформації, відшукайте, чому сік буряка має індикаторні властивості.

2) Сплануйте домашній експеримент і дослідіть, яке забарвлення має цей індикатор у воді, розчинах кислоти й питної соди.

3) Чому додавання кислоти допомагає зберегти яскравий колір українського борщу?

4) Для виявлення яких речовин можна використати сік буряка як натуральний індикатор у лабораторних умовах?

5) Використовуючи додаткові джерела інформації, з'ясуйте, що ще може бути природним індикатором.



### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/CtKqRS1q> і виконайте вправу.

2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:

1) Заряд оксид-йону дорівнює 2+.

2) Основні оксиди — це оксиди металічних елементів, а кислотні — оксиди неметалічних елементів.



### Навчальний проєкт «Чисте повітря — справа кожного».

Використовуючи додаткові джерела інформації, з'ясуйте, які джерела забруднення повітря є у вашому населеному пункті? Поспостерігайте за викидами транспорту на вулиці. Які автомобілі найбільше забруднюють повітря? Поговоріть із дорослими, як можна зменшити шкідливі викиди вдома чи в школі? Підготуйте постер «Чисте повітря — справа кожного» та презентуйте його в класі.



Укотре переконуюся, як корисно знати хімію. Це допоможе правильно діяти в небезпечних ситуаціях, наприклад, під час смогу. У 1952 році в Лондоні вперше було ухвалено закон, що обмежив спалювання вугілля для зменшення викидів кислотних оксидів у повітря. А що можемо зробити ми, щоб дихати чистим повітрям?

Продовжую вивчати хімію англійською. Під час подорожі мені це вкрай потрібно. Сьогодні я доповнила свій словничок словами:

**ангідрид — anhydride;**

**індикатор — indicator.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §2. БУДОВА АТОМА. ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК



**У цьому параграфі ви повторите:**

- будову атома;
- властивості субатомних частинок;
- види хімічного зв'язку та механізми їх утворення.



Ну що ж, продовжимо працювати. Щоправда, сумно якось без Селени та її численних запитань. Я вже сама почала шукати хімічний зміст навколо нас. Учора пила сік та уважно роздивилася упаковку, на якій є напис «Містить глюкозу — природний цукор, який швидко засвоює організм». А як перевірити цю інформацію?

Минулого року ми вивчали, що атом є основою всього. Будова та властивості сполук залежать від будови атомів елементів, з яких вони утворені. Тож, думаю, треба все пригадати: з яких частинок складаються атоми, як і чому вони утворюють сполуки. А тоді поміркуємо, чи правдивий напис на упаковці для соку.



Як будова молекули глюкози впливає на її властивості: розчинність у воді, смак, здатність швидко засвоюватися?



### Опрацьовуємо інформацію



#### Будова атома

Атом — це найменша електронейтральна частинка хімічного елемента, яка зберігає його хімічні властивості. Атоми складаються з субатомних частинок: протонів, нейтронів, електронів. Ядро — це центральна частина атома, у якій зосереджена основна маса атома (понад 99,9%). Розміри ядра надзвичайно малі —  $10^{-15}$ - $10^{-14}$  м.



Пригадайте властивості субатомних частинок і доповніть таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

Властивості елементарних частинок

| Назва частинки | Позначення | Абсолютна маса, кг                | Відносна маса | Заряд |
|----------------|------------|-----------------------------------|---------------|-------|
| Протон         |            | $1,672623 \cdot 10^{-27}$ кг      |               |       |
| Нейтрон        |            | $1,6749543 \cdot 10^{-27}$ кг     |               |       |
| Електрон       |            | $9,109554(906) \cdot 10^{-31}$ кг |               |       |

Заряд ядра — головна характеристика атома елемента. Ядро має позитивний заряд, який дорівнює кількості протонів, що входять до його складу.



Розгляньте схеми. Пригадайте, що таке протонне число, масове або нуклонне число. Як обчислити число нейтронів у ядрі?

$$\text{Масове число} = \text{Протонне число} + \text{Число нейтронів}$$

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Число протонів у ядрі атома} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Заряд ядра атома} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Число електронів в атомі} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Порядковий номер елемента в Періодичній таблиці} \\ \hline \end{array}$$



### Робота в парі

Заповніть таблицю.

| Нуклід           | Порядковий номер елемента | Число протонів | Заряд ядра | Число електронів | Число нейтронів |
|------------------|---------------------------|----------------|------------|------------------|-----------------|
| $^{35}\text{Cl}$ |                           |                |            |                  |                 |
|                  | 14                        |                |            |                  | 14              |
|                  |                           | 30             |            |                  | 35              |



Розгадайте ребус. Поясніть даний термін. Наведіть приклади.



### Електронна оболонка атома

Електрони, рухаючись навколо ядра, утворюють електронну оболонку, яка може складатися з декількох рівнів. Кожен електрон має певний запас енергії, яка буде визначати рівень розміщення електрона. Кількість рівнів визначено номером періоду, у якому розміщений елемент.



Пригадайте, як називається найвіддаленіший від ядра енергетичний рівень. Як визначити максимальну кількість електронів, які можуть знаходитися на одному енергетичному рівні?



### Робота в парі

Розгляньте схему будови електронної оболонки атома Сульфуру. Поясніть, що означають числа на схемі.

Складіть схеми будови електронних оболонок атомів Флюору й Калію.



### Ступені окиснення



Пригадайте, що таке ступінь окиснення та як його визначати.

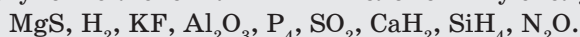


## Робота в парі

1) Розгляньте таблицю та обговоріть, як пов'язані значення ступенів окиснення елементів із групами Періодичної таблиці.

| Група ПТ                    | 1  | 2  | 13 | 14    | 15    | 16        | 17            |
|-----------------------------|----|----|----|-------|-------|-----------|---------------|
| Вищий ступінь окиснення     | +1 | +2 | +3 | +4    | +5    | +6        | +7            |
| Проміжний ступінь окиснення | –  | –  | –  | 0, +2 | 0, +3 | 0, +2, +4 | 0, +1, +3, +5 |
| Нижчий ступінь окиснення    | 0  | 0  | 0  | -4    | -3    | -2        | -1            |

2) Визначте ступені окиснення хімічних елементів у сполуках:



## Хімічний зв'язок

**Хімічний зв'язок** — це зв'язок між частинками речовини, який утримує їх разом у молекулі або кристалі. Хімічний зв'язок забезпечує міцність і стійкість хімічних сполук, визначаючи їхні фізичні та хімічні властивості.

Хімічний зв'язок утворюється внаслідок взаємодії атомів через електрони незавершеного енергетичного рівня — валентні електрони.

Атоми (за винятком елементів першого періоду) прагнуть досягти енергетично вигідного стану, доповнивши незавершений енергетичний рівень електронами до восьми, що є характерним для атомів інертних елементів.

Таке доповнення відбувається двома способами:

1) передача одного або декількох електронів від одного атома до іншого та перетворення їх на йони;

2) утворення електронних пар атомами та їх усупільнення (спільна електронна пара належить одночасно двом атомам і доповнює одночасно енергетичні рівні в обох атомах).



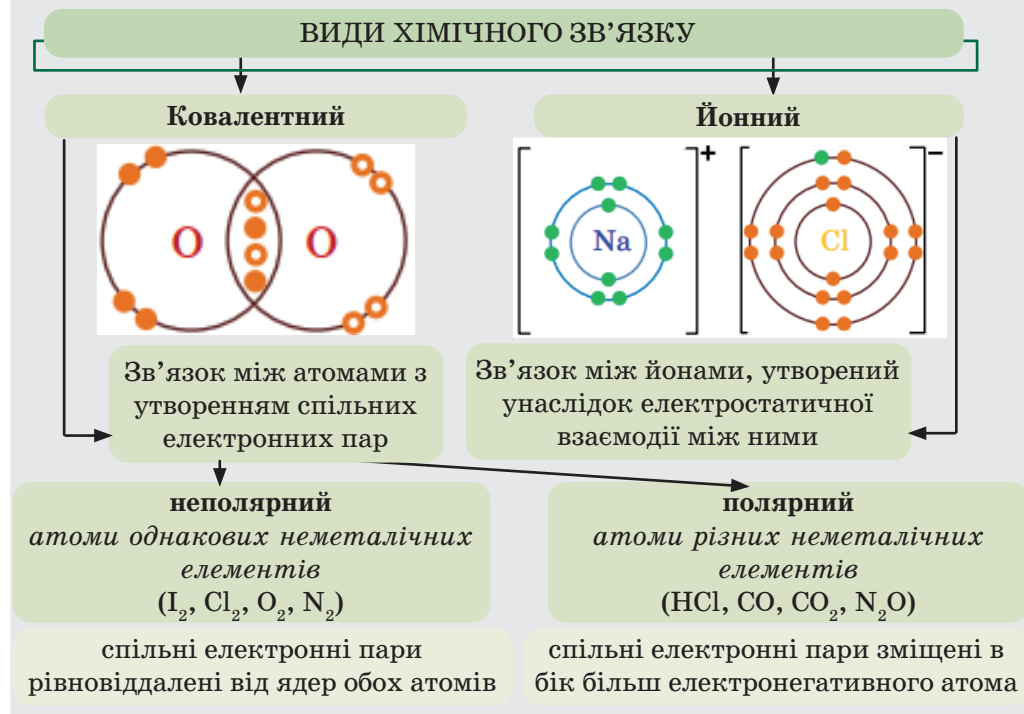
Пригадайте, у який спосіб атоми металічних і неметалічних елементів досягають енергетично вигідного стану. Заповніть таблицю. Поясніть механізми утворення катіонів й аніонів. Складіть формули бінарних сполук із запропонованих катіонів та аніонів, назвіть їх.

| Елемент | Група Періодичної таблиці | Атом (символ) | Електронна формула атома | Йон | Електронна формула йона | Механізм утворення йону (віддає чи приймає електрони) |
|---------|---------------------------|---------------|--------------------------|-----|-------------------------|-------------------------------------------------------|
| Калій   |                           |               |                          |     |                         |                                                       |
| Магній  |                           |               |                          |     |                         |                                                       |
| Фосфор  |                           |               |                          |     |                         |                                                       |
| Флюор   |                           |               |                          |     |                         |                                                       |



## Робота в парі

Розгляньте схему та пригадайте види хімічного зв'язку. Поясніть механізми їх утворення.



## Досліджуємо

**Робота в групах.** Гра «Досліджуємо будову атома».

Об'єднайтеся в групи по 7 осіб (бажано). Узгодьте критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.

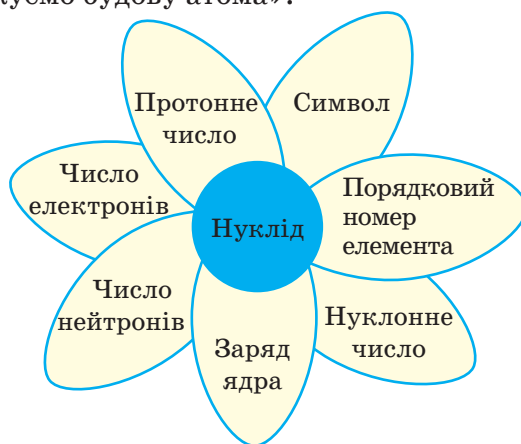
Одна група пропонує завдання для іншої групи: обирає нуклід та називає його.

Завдання для іншої групи:

1. Дати характеристику за пелюстками ромашки та записати позначення нукліду з використанням хімічних символів.

2. Використовуючи підручні засоби, змодельуйте нуклід.

3. Записати електронну формулу атома.



4. Спрогнозувати, у який спосіб атом указанного хімічного елемента може досягнути енергетично вигідного стану.  
Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

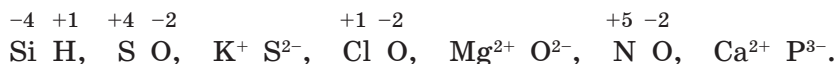
### **Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті**

- Закінчіть речення:
  - Атом складається з ...
  - Ядро — це ...
  - Ядро складається з ...
  - Заряд електрона ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Чому атом електронейтральний?
  - Як за місцем елемента в Періодичній таблиці описати будову його атома?
  - Як визначити кількість енергетичних рівнів в атомі?
  - Який енергетичний рівень називають зовнішнім?
- Поясніть порядок заповнення електронами енергетичних рівнів.
- Як впливає кількість електронів на зовнішньому енергетичному рівні атома на його здатність утворювати сполуки?
- Поясніть механізми утворення йонного, неполярного ковалентного та полярного ковалентного зв'язку. Наведіть приклади.
- Порядковий номер елемента в Періодичній таблиці дорівнює 26. Який це елемент? Чому дорівнює заряд ядра атома цього елемента? Визначте кількість протонів, електронів і нейтронів у нукліді цього елемента з масовим числом 56. Визначте елемент, атом якого містить на 6 електронів менше, ніж встановлений. Який тип зв'язку буде характерним для сполук цього елемента?
- Визначте число субатомних частинок у нуклідах:  $^{18}\text{O}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{37}\text{Cl}$ ,  $^3\text{H}$ , Хром-52, Купрум-65, Аргентум-107.
- Визначте місце хімічного елемента в Періодичній таблиці за його електронною формулою: а)  $2\bar{e}$ ,  $7\bar{e}$ ; б)  $2\bar{e}$ ,  $6\bar{e}$ ; в)  $2\bar{e}$ ,  $8\bar{e}$ ; г)  $2\bar{e}$ ,  $8\bar{e}$ ,  $2\bar{e}$ ; ґ)  $2\bar{e}$ ,  $8\bar{e}$ ,  $8\bar{e}$ ,  $1\bar{e}$ ; д)  $2\bar{e}$ ,  $8\bar{e}$ ,  $8\bar{e}$ . Складіть формули бінарних сполук, які можуть бути утворені цими елементами. Які елементи не утворюють сполук? Чому?
- Установіть будову атома та спрогнозуйте властивості для елементів, які містяться:

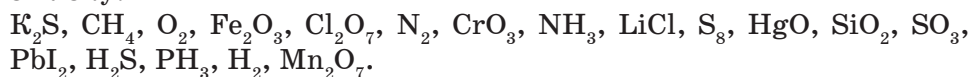
|                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| а) у 4-му періоді, 2 групі  | б) у 3-му періоді, 17 групі |
| в) у 2-му періоді, 15 групі | г) у 3-му періоді, 16 групі |
- Заряд ядра атома елемента в 6 разів більший, ніж номер групи Періодичної таблиці, у якій він розміщений. Який це елемент? Складіть формули бінарних сполук цього елемента з елементами 2-го і 3-го періодів 16-ої і 17-ої груп. Назвіть сполуки.
- Порівняйте будову електронних оболонок атомів: а) Оксигену та Сульфуру; б) Силіцію, Фосфору, Сульфуру. Наведіть приклади про-

стих і складних сполук, утворених цими елементами. Наведіть приклади йонних сполук цих елементів. Поясніть механізм їх утворення.

12. Складіть формули бінарних сполук за відомими ступенями окиснення елементів або зарядами йонів і назвіть їх:

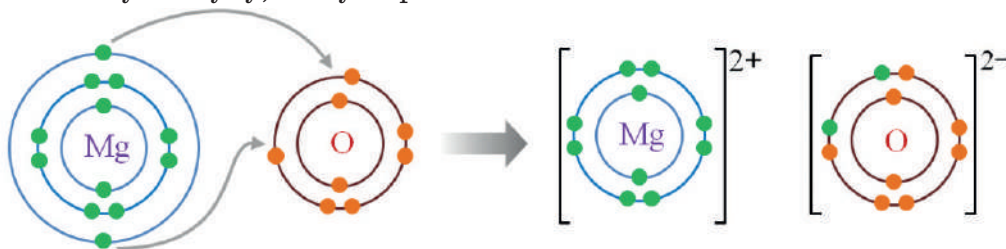


13. Прочитайте формули сполук і назвіть їх, класифікуйте за видами зв'язку:



Запишіть електронні та структурні формули для молекулярних сполук, утворених ковалентним зв'язком.

14. Поясніть механізм виникнення йонного зв'язку за мал. 2.1. Назвіть йонну сполуку, яка утворилася.



**Мал. 2.1.** Утворення йонного зв'язку

- 15\*. Усі ми щодня використовуємо зубні пасти. На упаковці зубної пасти зазначено: «Містить активний компонент — натрій фторид ( $\text{NaF}$ ), 0,24%». Поясніть, як ви розумієте зміст цього напису. Визначте вид хімічного зв'язку в сполуці та поясніть механізм його утворення. Поміркуйте, чому саме така будова речовини дозволяє їй ефективно діяти проти карієсу? Використовуючи додаткові джерела інформації, відшукайте інші приклади йонних сполук, які ми використовуємо в побуті або медицині.

### Перевірте себе

- Укажіть протонне число атома Барію  
а) 56                      б) 138                      в) 137                      г) 82
- Укажіть елемент, атом якого містить 79 електронів  
а) Селен                      б) Аргентум                      в) Бром                      г) Аурум
- Ступінь окиснення більш електронегативного елемента у сполуці  $\text{OF}_2$  дорівнює  
а) -2                      б) +2                      в) -1                      г) +1
- Який вид зв'язку в молекулі основного компонента природного газу?  
а) неполярний ковалентний                      б) полярний ковалентний  
в) йонний                      г) полярний ковалентний і йонний

5. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
- 1) Ступінь окиснення та заряд йона — це тотожні поняття.
  - 2) Знаючи вид зв'язку, можемо спрогнозувати властивості сполуки.



Дуже добре повторювати вивчене. Тепер я все пригадала. Якщо знаємо вид хімічного зв'язку у сполуці і тип кристалічної ґратки, можемо спрогнозувати її властивості. Глюкоза — молекулярна сполука. А речовини молекулярної будови утворюють молекулярні кристалічні ґратки, що визначає їхні фізичні властивості: малу твердість, низькі температури плавлення й кипіння, розчинність у воді (за наявності полярних зв'язків). Глюкоза добре розчинна у воді, а тому наш організм швидко її засвоює. Виявляється, усе дуже просто, як каже Селена. А ось й очікуване повідомлення від нашої невгамовної дослідниці.



### Селена пише зі Швейцарії

Привіт із Женеви!

Молодці, що повторюєте будову атома. Сьогодні я побувала в CERN — найбільшій у світі лабораторії, де і досліджують будову атома. Уявляєте? Тут вивчають частинки, які менші за атоми!

CERN (*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* — *Європейська організація з ядерних досліджень*) — міжнародний науковий центр, де працюють тисячі дослідників з усього світу. Саме тут у 2008–2018 роках працював легендарний Великий адронний колайдер — прискорювач заряджених частинок.

Цікаво, що ви також можете стати частиною CERN! Щороку тут проводять міжнародні освітні програми для вчителів, літні школи для студентів, конкурс наукових проєктів для школярів «Beamline for Schools», переможці якого мають шанс провести власні дослідження на прискорювачі частинок!

Повторюючи цю тему, я виписала словосполучення:

**заряд ядра — nuclear charge;**

**будова речовини — structure of matter.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



**Мал. 2.2.** Синхроциклотрон (прискорювач заряджених частинок) у CERN



## ТЕМА 1.

# ДОСЛІДЖУЄМО РОЗЧИННІСТЬ РЕЧОВИН І РОЗЧИНИ





### §3. ВОДА ЯК ПОЛЯРНИЙ РОЗЧИННИК. ВОДНЕВИЙ ЗВ'ЯЗОК



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- що вода має унікальні властивості;
- про будову молекули води;
- який зв'язок називають водневим;
- про поверхневий натяг.



З чого ж ми розпочнемо навчання цього року? Ось побачив дуже цікаву загадку: «Речовина складається з двох елементів. Проста речовина одного елемента горить, іншого — підтримує горіння. А складна речовина, утворена з них, гасить вогонь!». Про які речовини йдеться? Ай-Хіме, зможеш відгадати?

Проаналізуймо:

Водень ( $H_2$ ) — це газ, який горить. Його використовують як паливо, і ви це вивчали минулого року.

Кисень ( $O_2$ ) — газ, який підтримує горіння. Без нього вогонь не існує.

Якщо ці два елементи об'єднати, отримаємо... воду ( $H_2O$ )! Вода — це вже не паливо, а засіб для припинення горіння.



Цікаве в тебе пояснення. Мабуть, не елементи потрібно об'єднувати, а атоми цих елементів утворюють молекулу води. Але загадку ти відгадав! Маємо приклад того, як у результаті поєднання атомів двох простих речовин може утворитися складна речовина із зовсім іншими властивостями. Воду називають універсальним розчинником. Без неї не можливе життя на Землі. Кажуть, що вода має унікальні властивості. Наш організм містить воду. Тому дослідити її властивості буде дуже цікаво. Я вже почала робити це влітку на озері. Спостерігаючи за поверхнею спокійної водойми, побачила комах, які ніби плавають (ковзають) по ній. Це були водомірки. Але як вони це роблять? Камінь, кинутий в озеро, тоне. У чому ж секрет?



Чому один об'єкт, занурений у воду, одразу ж тоне, а інший може плавати по поверхні?



#### Опрацьовуємо інформацію



#### Вода — речовина з унікальними властивостями

Найпоширеніша речовина нашої планети — вода. Вона займає понад 70% поверхні Землі, насичує атмосферу, є в складі рослинних і тварин-



них організмів.



Які цікаві факти про воду вам відомі? Назвіть умови, за яких вода перетворюється на лід і пару.

Земля — єдина планета Сонячної системи, на поверхні якої вільно існує рідка вода. Без неї життя на Землі було б неможливим. Вода має кілька властивостей, які роблять її унікальною речовиною серед інших.

Вода — рідина без кольору й запаху (мал.3.1), кипить за температури  $100^{\circ}\text{C}$  і замерзає за  $0^{\circ}\text{C}$ . У процесі нагрівання вода розширюється, коли охолоджуємо, стискається, а під час перетворення в лід — знову розширюється (найвищою густина води є за температури  $3,98^{\circ}\text{C}$ ). Завдяки цій унікальній властивості води водойми взимку не замерзають повністю, лід утворюється тільки на поверхні, що дає змогу мешканцям озер і річок перезимувати у воді.



**Мал. 3.1.**  
*Вода — рідина без кольору*



### Селена пише з Ісландії

Привіт із землі льоду й вогню!

Ісландія — надзвичайно красива острівна держава в Європі. Вона вабить туристів фіордами, гейзерами та льодовиками. Уявіть собі: я пірнула в гаряче геотермальне джерело просто посеред снігу! Вода чиста й прозора, з температурою понад  $+40^{\circ}\text{C}$ . Це є свідченням того, що вода має високу теплоємність: вона повільно нагрівається й так само повільно охолоджується. Саме ця властивість допомагає живим організмам уникати різких перепадів температури.

А ще скільки цікавих водойм я тут побачила!

- Найпотужніший водоспад Європи — Деттіфосс.
- Найширша кипляча річка у світі — Дейлдартунгувер.
- Унікальне геотермальне озеро — Блакитна Лагуна.
- Найбільший льодовик Європи — Ватнайокютль.

Вода — скрізь. А які унікальні властивості води відомі вам?



**Мал. 3.2.** *Водоспад Деттіфосс*



### Робота в групах

Використовуючи додаткові джерела, відшукайте інформацію про аномальні властивості води. Що вас вразило, а що здивувало? Обговоріть інформацію з однокласниками та однокласницями.

## А чи знаєте ви...

**Важка вода ( $D_2O$ )** — вода, молекула якої складається з двох атомів Деєтерію та атома Оксигену. Воду з формулою  $HDO$  називають *напівважкою*, а  $H_2O$  — *легкою*.

Властивості важкої води помітно відрізняються від властивостей легкої води. На смак важка вода трохи солодкувата.

Тритієва вода ( $T_2O$ ) — радіоактивна форма води, де звичайні атоми Гідрогену заміщені атомами Тритію. Її чиста форма — надважка вода.

## Молекула води — диполь

### Робота в парі

1) Запишіть електронні формули атомів Гідрогену та Оксигену. Скільки в них електронів на зовнішньому енергетичному рівні? Скільки електронів потрібно до завершення рівня? Спрогнозуйте, скільки спільних електронних пар вони можуть утворити? Які сполуки з ковалентним зв'язком можуть утворити ці атоми?

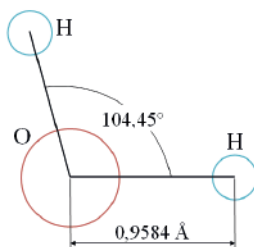
2) Пригадайте, що таке електронегативність? Як змінюється електронегативність елементів у періодах, групах? Порівняйте електронегативності Гідрогену та Оксигену. Укажіть атом елемента, до якого змістяться спільні електронні пари в сполуках Гідрогену й Оксигену.

3) Схематично покажіть, як утворюються зв'язки в молекулі  $H_2O$ . Позначте часткові заряди ( $\delta+$  і  $\delta-$ ) на атомах і покажіть напрямок полярності.

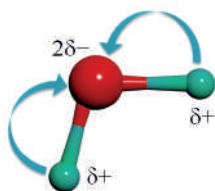


Підсумуємо? У молекулі води атом Оксигену має більшу електронегативність, ніж атоми Гідрогену. Спільні електронні пари в молекулі води зміщені від атома Гідрогену до більш електронегативного атома Оксигену. Тому зв'язок  $O-H$  є полярним ковалентним.

Молекула води має кутову будову (мал. 3.3). За такої будови та частина молекули, у якій зосереджені атоми Гідрогену, одержує частковий позитивний заряд  $\delta+$  і є позитивним полюсом молекули. Натомість на атомі Оксигену зосереджений невеликий негативний заряд, тому ця частина є негативним полюсом молекули. Така молекула буде полярною. Саме тому молекула води є диполем (мал.3.4), тобто має два різнойменно заряджені полюси. Термін походить від грецького префікса  $di(s)$  — «двічі» і слова  $polos$  — «полюс».



**Мал. 3.3.**  
Кутова будова молекули води



**Мал. 3.4.**  
Молекула води — диполь

## Водневий зв'язок

Вода є полярним розчинником. Молекули-диполі води можуть притягуватися одна до одної протилежними полюсами.

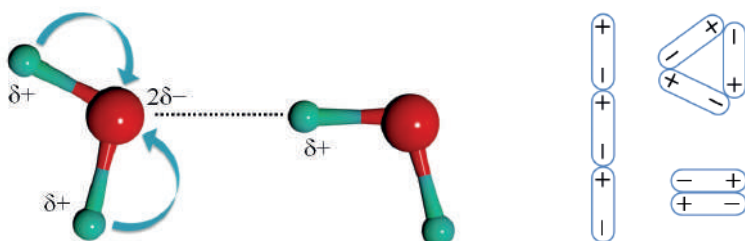
Атом  $H^{\delta+}$  однієї молекули води притягується до атома  $O^{2\delta-}$  іншої молекули. У результаті виникає зв'язок, який називають водневим.



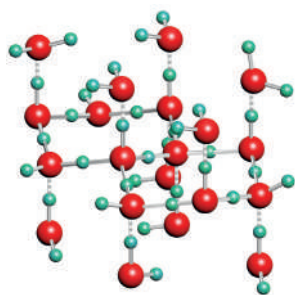
**Водневий зв'язок** — це вид хімічного зв'язку, який виникає за рахунок електростатичної взаємодії між молекулами за участю атомів Гідрогену та найбільш електронегативних елементів (наприклад, Оксигену, Флюору та ін.).

Наявність водневих зв'язків між молекулами води є причиною того, що температура кипіння води становить  $100^{\circ}\text{C}$  і є вищою, ніж у багатьох інших молекулярних речовин із близькою молярною масою.

Водневий зв'язок зазвичай позначають пунктирною лінією (.....) між атомом Гідрогену однієї молекули (донор водневого зв'язку) та атомом, який має неподілену пару електронів, другої молекули (акцептор водневого зв'язку).



Мал. 3.5. Асоціація диполів води



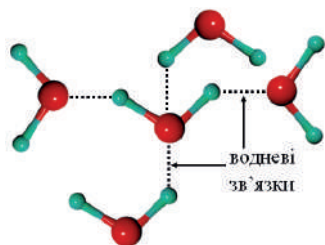
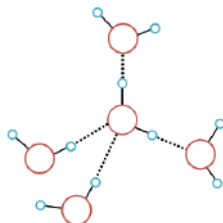
Мал. 3.6. Водневі зв'язки у структурі льоду

Оскільки в кожній молекулі води атом Оксигену має дві неподілені пари електронів, то може утворювати водневі зв'язки з двома атомами Гідрогену двох інших молекул води. Як бачимо з мал. 3.6, у структурі льоду кожен атом Оксигену оточений чотирма атомами Гідрогену, які утворюють містки з атомами Оксигену сусідніх молекул води. Однак довжина цих зв'язків різна. Кожен атом Гідрогену знаходиться на відстані 101 пм від одного атома Оксигену та 174 пм від іншого.

Навпаки, кожен атом Оксигену зв'язаний із двома атомами Гідрогену на меншій відстані (ковалентні зв'язки  $O-H$  в молекулі) та двома — на більшій відстані (водневі зв'язки  $O...H$  між молекулами). Така відкрита кліткоподібна структура спричиняє те, що лід (тверда речовина) насправді менш щільний (менша густина), ніж рідина, а отже, плаває на воді, а не тоне.

Частково негативний заряд атома Оксигену однієї молекули води притягується частково позитивними атомами Гідрогену інших молекул. Отож кожна молекула води прагне зв'язатися водневим зв'язком із чотирма сусідніми молекулами води (мал.3.7).

Структура рідкої води дуже схожа до структури льоду, але в рідині водневі зв'язки постійно розриваються та утворюються через швидкий рух молекул.



**Мал. 3.7.** Тетраедрична координація молекул води



Чи наявні водневі зв'язки у водяній парі? Чи може водневий зв'язок бути внутрішньомолекулярним?



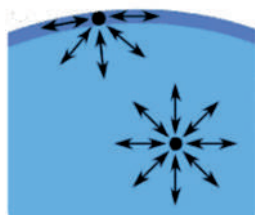
### Робота в групі

Використовуючи хімічний конструктор, пластилін або інші підручні матеріали, змодельуйте молекули води та з'єднайте їх водневими зв'язками.



### Поверхневий натяг

Зрозумілим є той факт, що молекули в рідині однаково притягуються в усіх напрямках міжмолекулярними силами. Однак молекули, які містяться на поверхні, притягуються іншими молекулами рідини тільки вниз і вбік. Загальний ефект полягає в тому, що поверхневі молекули втягуються в рідину, створюючи поверхню, яка стягується, як плівка (мал. 3.8). Поверхневий натяг рідини є мірою сили пружності на поверхні рідини. Рідини, у яких діють сильні міжмолекулярні сили, такі як водневі зв'язки у воді, мають найбільший поверхневий натяг. Поверхневий натяг дозволяє об'єктам з більшою густиною плавати на поверхні рідин (мал. 3.9). Він також спричиняє утворення крапель води на щойно навощеному автомобілі, оскільки немає притягання між полярними молекулами води та неполярним воском.



**Мал. 3.8.** Виникнення поверхневого натягу



**Мал. 3.9.** Водомірка на поверхні води



**Поверхневий натяг** — фізичне явище, суть якого полягає в прагненні рідини скоротити площу своєї поверхні при незмінному об'ємі.

## Досліджуємо

### Дослідження поверхневого натягу дистильованої води та за наявності поверхнево-активних речовин (ПАР)

#### Робота в парі

Для дослідження нам потрібно: дистильована вода, побутові ПАР (наприклад, засіб для миття посуду, рідке мило), піпетка або шприц, пінцет, кілька скріпок, монети, склянки або мензурки.

1. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.
2. Як перевірити, чи має вода поверхневий натяг? Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати.
3. Наповніть склянку водою (по самі вінця). Аккуратно візьміть пінцетом одну голку й помістіть її в рідину. Ще одну голку покладіть на поверхню води. Що спостерігаєте?
4. Виміряйте поверхневий натяг дистильованої води. За допомогою піпетки (шприца) розмістіть дистильовану воду краплями на монеті до моменту, поки остання крапля не призведе до розтікання. Порахуйте кількість крапель, які умістилися на монеті (це приблизний показник поверхневого натягу).
5. Приготуйте розчини ПАР з різними масовими частками розчиненої речовини.
6. Сформулюйте гіпотезу для виконання експерименту з одержаними розчинами, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Виконайте експеримент. Що спостерігаєте?
7. Заповніть таблицю. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу?

| № з/п | Рідина      | Кількість крапель, що вмістилися на монеті |
|-------|-------------|--------------------------------------------|
| 1.    | Вода        |                                            |
| 2.    | Розчини ПАР |                                            |
| 3.    |             |                                            |

8. Зробіть обґрунтовані висновки.
9. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

## Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

1. Закінчіть речення:
  - Молекула води має ...
  - Водневий зв'язок — це...
  - Поверхневий натяг — це...
2. Дайте відповіді на запитання:
  - Яку геометричну форму мають молекули води?

- Які частинки називають диполями?
  - Чому молекула води є полярною?
  - У яких випадках виникає міжмолекулярний водневий зв'язок?
3. Опишіть будову молекули води. Порівняйте характер хімічного зв'язку в молекулі води та в молекулах водню та кисню.
  4. Поясніть утворення водневого зв'язку на прикладі молекул гідроген флюориду та амоніаку.
  5. Поясніть, як впливає водневий зв'язок на фізичні властивості речовин.
  4. Чому вода має більшу густину, ніж лід?
  5. Чи бувають молекули води, відносна молекулярна маса яких більша ніж 18?
  6. Чому воду називають універсальним розчинником? Наведіть приклади. За потреби використайте додаткові джерела інформації.
  7. Обчисліть масову частку Протію в легкій воді, Дейтерію — у важкій воді, Тритію — у надважкій воді, Гідроґену — у напівважкій воді.
  8. Розшифруйте анаграми й запишіть прислів'я зі складених слів. Поясніть, як ви його розумієте. Використовуючи додаткові джерела інформації, відшукайте інші прислів'я та приказки про воду та обговоріть їхній зміст з однокласниками/однокласницями.
- кЯ з кагуас двао.*
9. Складіть сенкан про воду.
  10. Використовуючи додаткові джерела інформації, поясніть біологічну роль води.



### А чи знаєте ви...



Всесвітній (Міжнародний) день води (World Water Day) був започаткований Генеральною Асамблеєю ООН у 1993 році. У відповідній резолюції наголошено, що водні ресурси мають вирішальне значення для економічного розвитку, здоров'я людей і соціального добробуту, проте цю важливість часто недооцінюють.

З цією метою 22 березня оголошено Міжнародним днем води, який привертає увагу до проблем якості питної води та необхідності її раціонального використання.

Країнам-членам ООН рекомендовано цього дня проводити заходи, що сприяють інформуванню громадськості про важливість збереження, охорони та відповідального управління водними ресурсами. Серед таких заходів — публікації, виставки, конференції, семінари, уроки та круглі столи.

У 2025 році головною темою стало гасло «Вода для майбутнього: управління, збереження, інновації».



### Перевірте себе

1. Оберіть правильну відповідь.
  - 1) Укажіть усі правильні твердження. Молекула води...
    - а) кутова    б) неполярна    в) лінійна    г) полярна    ґ) диполь



- 2) Пара речовин, у якій водневий зв'язок проявляється найсильніше:
    - а)  $\text{H}_2$  і  $\text{O}_2$
    - б)  $\text{NH}_3$  і  $\text{HF}$
    - в)  $\text{CO}_2$  і  $\text{CH}_4$
    - г)  $\text{NaCl}$  і  $\text{H}_2\text{O}$
  - 3) Водневий зв'язок виникає між атомом Гідрогену та атомами
    - а) тільки металічних елементів
    - б) Гідрогену
    - в) елементів із великою електронегативністю F, O, N
    - г) неметалічних елементів
  - 4) Поверхневий натяг виникає внаслідок
    - а) притягання між молекулами
    - б) випаровування рідини
    - в) нерівномірного розподілу сил між молекулами на поверхні та в об'ємі
    - г) розчинення речовин у рідині
  - 5) Водневі зв'язки у воді зумовлюють
    - а) безбарвність
    - б) розчинність солей
    - в) високу температуру кипіння
    - г) леткість
  - 6) Укажіть речовину, яка знижує поверхневий натяг води
    - а) кухонна сіль
    - б) цукор
    - в) мийний засіб
    - г) лід
  - 7) Рідина, яка має найвищий поверхневий натяг
    - а) спирт медичний
    - б) бензин
    - в) олія
    - г) дистильована вода
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
- 1) Молекула води містить два неполярні ковалентні зв'язки O—H.
  - 2) На кожному атомі Гідрогену в молекулах води зосереджений позитивний заряд, а на атомі Оксигену — негативний.
  - 3) Водневий зв'язок прийнято позначати рядом крапок.
  - 4) Поверхнево-активні речовини зменшують поверхневий натяг води.



Ось і відповідь на запитання: за рахунок поверхневого натягу водомірки залишаються над водою і не тонуть. Взагалі в природі можна побачити багато прикладів поверхневого натягу води:

- Вода з-під погано закритого крана капає, а не ллється.
  - Крапля дощу в польоті набуває витягнутої форми.
  - Крапля води на водонепроникній поверхні набуває кулястої форми.
  - Від подиху вітру на поверхні водойми виникають брижі.
- А ще саме поверхневим натягом пояснюється утворення мильних бульбашок.

Сьогодні ми виписали такі словосполучення:

**поверхневий натяг — surface tension;**

**водневий зв'язок — hydrogen bond.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §4. ПОНЯТТЯ ПРО ІСТИННІ РОЗЧИНИ ЯК СУМІШІ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- про розчини та їх компоненти;
- як відбувається процес розчинення речовин у воді;
- про розчинення у воді речовин різної будови (різних типів);
- що таке сольватація.



Перед дослідженнями я завжди уважно переглядаю перелік реактивів, які потрібні для роботи. Часто доводиться працювати з кислотами, тож дуже важливо дотримуватися правил безпеки.

Пригадую, що під час приготування розчину кислоти слід пам'ятати головне правило: «Спочатку — вода, потім — кислота».

Так, я теж намагаюся не забути це правило. Але іноді перевіряю себе: дуже легко переплутати й сказати щось на кшталт: «Спочатку кислота, потім вода» — звучить майже так само! Тому краще зрозуміти сам процес розчинення — і тоді плутанини не буде.



Чому розчин — це суміш і чи має значення порядок змішування речовин?



### Опрацьовуємо інформацію



#### Чисті речовини. Однорідні та неоднорідні суміші



Що таке суміш? Зі скількох компонентів може складатися суміш? У яких агрегатних станах можуть перебувати компоненти суміші?

Ми це раніше вивчали, тож, сподіваюся, ви легко відповіли на ці запитання. А ось результати роботи нашого Ай-Хіма.



Чисті речовини містять частинки лише одного виду й мають сталі властивості, наприклад, повітря, алмаз, дистильована вода. Отже, чистою вважають речовину, яка не містить домішок.

Абсолютно чистих речовин у природі не буває: у кожній речовині міститься певна кількість домішок (інших речовин).

Суміш складається з двох або більше чистих речовин (компонентів), кожна з яких зберігає свої властивості. Наприклад, цукор-рафінад, природний газ, морська вода, глина. Суміші бувають однорідні та неоднорідні.



**Неоднорідні суміші** — це суміші, у якій частинки речовин дуже дрібні, їх не можна виявити навіть за допомогою потужного мікроскопа. Приклади таких сумішей:

- у твердому стані — сталь, чавун, бронза;
- у рідкому стані — молоко, суміш води й крейди, води й піску, кров;
- у газуватому — дим, повітря.

**Однорідні суміші** — це суміші, у яких частинки речовин можна побачити неозброєним оком або за допомогою мікроскопа.

Приклади таких сумішей:

- у твердому стані — граніт, мармур, латунь;
- у рідкому стані — розчин спирту у воді, оцет, солоня вода;
- у газуватому — повітря.

Мені здається, що наш ІІІ перемудрував. Я не можу зі всім тут погодитися. Відшукайте помилки в його роботі та поясніть свої міркування.



## **Робота в групах**

Суміші можуть складатися з компонентів у різних агрегатних станах. Розшифруйте анаграми та поясніть їх зміст.

ІНАП    ЕСІМУЛЬЯ    ЯНПЕСУЗІС    ОЕЛЬРОЗА

Наведіть приклади сумішей, які утворені змішуванням компонентів у різних агрегатних станах і які використовують у харчовій промисловості, фармацевції, будівництві. Які з цих сумішей є природними?

## **Розчини (істинні) як однорідні суміші**

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/ptOewZRj> або за QR-кодом та пригадайте, що таке розчин? Пригадайте його склад. Як приготувати розчин? Обговоріть з однокласниками/однокласницями, які розчини ви готуєте в повсякденному житті.



Розчин може перебувати в будь-якому агрегатному стані.

Процес приготування розчинів є дуже простим. Ви, можливо, це робите щодня, коли додаєте цукор у чай. Як тільки цукор розчиняється, утворюється однорідний розчин. Можна зробити навпаки: залити водою цукор у склянці.



### **Селена пише з Мальти**

Привіт із Середземного моря!

Цього разу я відвідала Мальту — південноєвропейську острівну державу, розташовану в серці Середземного моря.

Люблю поніжитися на сонечку й поплавати в теплій прозорій воді. Але Мальта — це не лише пляжі! У північній частині острова

знаходиться Національний акваріум Мальти, у якому мешкає понад 175 видів морських істот. Його будівля, до речі, має форму морської зірки — дуже символічно, чи не так?

Сьогодні я занурилась у солону морську воду і помітила, що можу легко триматися на поверхні. Це не магія, а хімія: у воді розчинено багато солей, зокрема натрій, магній і кальцій хлориди.

Кожна крапля морської води — це розчин, у якому вода — розчинник, а солі — розчинені речовини. Саме тому морська вода має особливий солоний смак.



**Мал. 4.1.** Національний акваріум Мальти

### Робота в групах

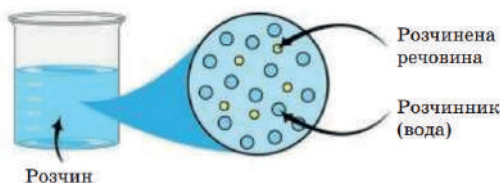
1. Наведіть приклади розчинів, у яких розчинником буде не вода, а інша рідина (за потреби скористайтесь додатковими джерелами інформації).
2. Доведіть, що морська вода й повітря — суміші. Поміркуйте: однорідними чи неоднорідними є ці суміші.

### Розчинення як фізико-хімічний процес



Що таке дифузія?

**Фізична теорія розчинів** розглядає процес розчинення як хаотичний розподіл розчиненої речовини в середовищі розчинника (процес дифузії).



**Хімічна теорія** розглядає процес розчинення як хімічну взаємодію розчинника та розчиненої речовини (сольватація, гідратація).

**Мал. 4.2.** Утворення розчину (дифузія)



**Сольватація** — процес утворення продуктів взаємодії розчинника з розчиненою речовиною.

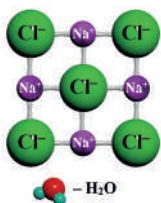
**Гідратація** — процес утворення продуктів взаємодії води з розчиненою речовиною.

**Сольвати** — продукти взаємодії розчинника з розчиненими речовинами.

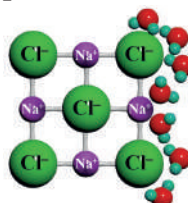
**Гідрати** — це продукти приєднання молекул води (гідратації) до молекул чи йонів (мал. 4.3).

Сучасна теорія розчинів розглядає процес розчинення як сукупність фізико-хімічних явищ, серед яких виділяють три основні етапи.

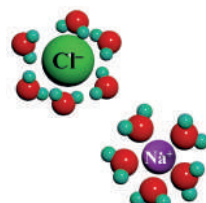
## Етапи процесу розчинення



1. Руйнування структури речовини (кристалічних ґраток): хаотичний розподіл частинок розчиненої речовини в середовищі розчинника внаслідок дифузії; супроводжується затратами енергії



2. Взаємодія частинок розчиненої речовини з молекулами розчинника (сольватація) (гідратація); відбувається з виділенням тепла

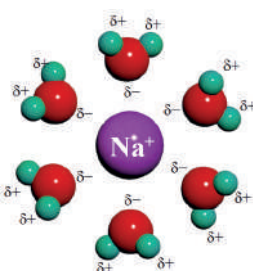


3. Розподіл сольватованих (гідратованих) йонів в об'ємі розчину

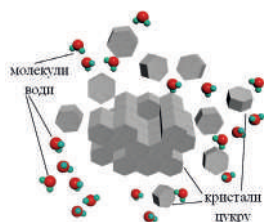


### Робота в парі

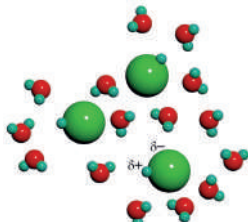
Розгляньте схеми 4.4-4.6. Обговоріть механізм розчинення цукру, гідроген хлориду й кисню у воді. Поміркуйте, фізичним чи хімічним є цей процес. Поясніть, чому ви зробили такий висновок? Використовуючи підручні засоби, змодельуйте процес розчинення кухонної солі, цукру й вуглекислого газу.



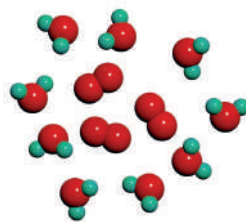
**Мал. 4.3.**  
Гідратація йона Натрію



**Мал. 4.4.** Схема розчинення цукру у воді



**Мал. 4.5.** Схема розчинення гідроген хлориду у воді



**Мал. 4.6.** Схема розчинення кисню у воді

## Досліджуємо

Досліджуємо теплові явища, що супроводжують розчинення речовин



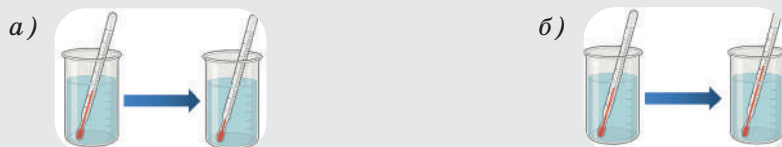
### Робота в групах

Для дослідження нам потрібно: пробірки (колби, хімічні склянки), мірний циліндр, штатив для пробірок, вода дистильована, амоній нітрат ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), натрій гідроксид ( $\text{NaOH}$ ), шпатель, термометр.

1. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.
2. Проаналізуйте реактиви, які ви маєте для дослідження. Сформулюйте гіпотезу, як дослідити теплові явища, що супроводжують розчинення речовин. Яке обладнання для цього потрібно?
3. Теплові відчуття. Визначте на дотик температуру води з водопровідного крана та води, підігрітої на плитці. У дві склянки налейте воду кімнатної температури та розчиніть кілька гранул натрій гідроксиду й 1 ложку

амоній нітрату. Торкніться склянок і оцініть, на скільки приблизно градусів змінилася температура води у склянці, коли розчинили в ній кілька гранул луку (натрій гідроксиду)? На скільки приблизно градусів змінилася температура води у склянці, коли в ній розчинили чайну ложку амоніачної селітри?

4. Сформулюйте гіпотезу та складіть план експерименту для дослідження виділення або поглинання теплоти розчину під час розчинення. Спрогнозуйте результати.
5. Виконайте експеримент. У 2 хімічні склянки налейте по 30 мл дистильованої води. Занурте в них термометри. Зафіксуйте температуру. У першу хімічну склянку додайте 10 г амоній нітрату  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (натрій нітрату  $\text{NaNO}_3$ ), у другу — 10 г натрій гідроксиду. Які зміни ви помітили?
6. Запишіть спостереження. Поясніть результати експерименту.
7. Зробіть висновок. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Розгляньте малюнки. Установіть, на якому з малюнків показано розчинення амоній нітрату, а на якому — натрій гідроксиду. Поясніть свій вибір.



### Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

1. Закінчіть речення:
  - Розчин — це ...
  - Розчинник — це ...
  - Компоненти розчину: ...
  - Розчинення — це ...
  - У водному розчині натрій хлориду розчиненою речовиною є ...
2. Дайте відповіді на запитання:
  - Яка основна ознака характеризує розчини?
  - Чи можуть розчини бути неводними?
  - Чому розчинення речовин у воді називають фізико-хімічним явищем?
  - Чому гідратацію супроводжує виділення теплоти?
  - Чи залежить тепловий ефект розчинення речовини від її агрегатного стану?
3. Наведіть приклади розчинів, у яких розчинена речовина — газ, розчинник — рідина; розчинена речовина — тверда, а розчинник — рідина; розчинена речовина і розчинник — рідини.
4. Наведіть приклади рідких, твердих і газуватих розчинів.
5. Поясніть механізм розчинення калій хлориду. До яких частинок у розчині притягуватимуться молекули (диполі) води атомами Оксигену?
6. Напишіть рівняння реакцій, які відповідають перетворенням:
  - а)  $\text{Li} \rightarrow \text{Li}_2\text{O} \rightarrow \text{LiOH}$ ;
  - б)  $\text{Ca} \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ .
7. Обчисліть масову частку (%) води у залізному купоросі  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .
8. Обчисліть і вкажіть кількість молекул у воді об'ємом 45 мл.

9. Кислотний оксид взаємодіє з водою, у результаті чого утворюється сульфатна кислота. Запишіть відповідне рівняння реакції та зазначте суму коефіцієнтів.
10. Проаналізуйте, які розчини ви щодня використовуєте. Складіть хмару слів із назв розчинів та обговоріть її з однокласниками/одно-класницями.



Використовуючи інформацію з додаткових джерел, розробіть власну модель хімічного обігрівача чи охолоджувача для побутового використання. Презентуйте модель у класі, поясніть принцип її роботи та обговоріть з однокласниками/одно-класницями.



### Перевірте себе

1. Під час розчинення кристалів солі у воді їх руйнування відбувається:  
а) самовільно б) під дією молекул повітря в) під дією молекул води
2. Під час гідратації:  
а) теплота виділяється б) теплота поглинається  
в) виділення або поглинання теплоти залежить від природи розчинника  
г) виділення або поглинання теплоти залежить від природи розчиненої речовини
3. Розчинений водень міститься у воді у вигляді:  
а) атомів Гідрогену б) молекул  $H_2$  в) йонів  $H^-$  г) йонів  $H^+$
4. Під час розчинення кристалів натрій хлориду в розчин переходять:  
а) молекули  $NaCl$  б) формульні одиниці  $NaCl$   
в) атоми Натрію та Хлору г) йони  $Na^+$  і  $Cl^-$
5. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:  
1) Розчин — це гетерогенна система.  
2) Найпоширеніший розчинник — вода.  
3) Розчин складається з двох компонентів.  
4) Розчинення — фізичний процес.



Як бачимо, процес розчинення може супроводжуватися виділенням або поглинанням теплоти. У нашому випадку — у процесі розчинення кислоти виділяється значна кількість теплоти. Тому розчинення концентрованої кислоти у воді потрібно здійснювати лише одним способом: у склянку з водою повільно додають кислоту, постійно перемішуючи.

Якщо ж долити воду в концентровану кислоту, теплота виділяється миттєво — і розчин може закипіти, а краплі — розбризкатися. Це небезпечно: бризки кислоти можуть спричинити хімічні опіки шкіри або пошкодити одяг. Тепер я точно це запам'ятаю і більше не переплутаю!

Сьогодні ми виписали такі слова:

**розчин — solution; розчинник — solvent;  
розчинена речовина — solute.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §5. РОЗЧИННІСТЬ РЕЧОВИН



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- що таке розчинність;
- як впливають різні чинники на розчинність речовин;
- що таке коефіцієнт розчинності і як його обчислювати;
- які бувають розчини;
- що таке кристалізація речовин і за яких умов вона відбувається;
- про кристалогідрати, їх склад і назви.



Цікаво, що вода — універсальний розчинник. Але як дізнатися, які речовини добре розчиняються у воді, а які — ні? Невже кожного разу треба це перевіряти дослідним шляхом?

Погоджуюся. І ще — чому одні речовини розчиняються краще, інші — гірше? Іноді розчин стає холодним, а іноді — тепліє. У такі моменти мимоволі погоджуюсь із Селеною, яка каже, що хімія — це справжня магія. Пригадую, як вона начаклювала якусь срібну воду з антимікробними властивостями. Але ж має бути пояснення всім цим явищам. Нумо досліджувати!



Чи є в природі абсолютно нерозчинні речовини?



### Опрацьовуємо інформацію



#### Розчинність



#### Робота в групах

**Гра «Що ми знаємо про воду?»**

1. Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.
2. Пригадайте якомога більше фізичних властивостей води та запишіть їх на аркуші паперу.
3. Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/KrYU3WhK> або за QR-кодом і порівняйте свої записи з інформацією, поданою у схемі.
4. Оберіть зі схеми властивість і запропонуйте іншій групі експериментально продемонструвати її (можна навести приклад із повсякденного життя).
5. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.



Вода — один із найкращих розчинників (універсальний). Вода здатна розчиняти речовини в різних агрегатних станах.



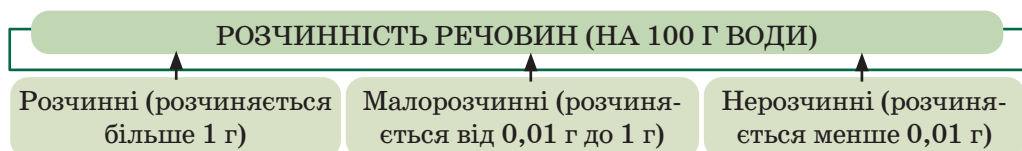


Як відбувається процес розчинення? Чим зумовлена здатність води розчиняти інші речовини?

**Розчинність** — це здатність речовини за даних умов розчинятися у воді або іншому розчиннику з утворенням істинного розчину.

За розчинністю у воді речовини поділяють на добре розчинні, малорозчинні та практично нерозчинні.

Наприклад, оцет чи лимонна кислота добре розчиняються у воді, а пісок та олія є нерозчинними.



### А чи знаєте ви...

Є речовини, які змішуються з іншими речовинами в будь-яких пропорціях. Про них кажуть, що вони мають необмежену розчинність у даному розчиннику. Так, у воді може розчинитися будь-яка кількість етанолу, оцтової (етанової), сульфатної, нітратної кислот.

Розчинність багатьох речовин у воді встановлена і зведена в спеціальні таблиці розчинності кислот, гідроксидів і солей (див. форзац «Таблиця розчинності кислот, гідроксидів і солей у воді (за 25°C)»).



### Насичені та ненасичені розчини



Що таке розчин? Як називаються компоненти розчину?

Кухонна сіль, цукор, оцтова кислота — добре розчинні у воді речовини. Здебільшого лише певна максимальна кількість розчиненої речовини може бути розчинена в заданій кількості розчинника.



**Насичений розчин** — це розчин, у якому речовина за даних умов більше не розчиняється.

**Ненасичений розчин** — розчин, у якому за даних умов можна розчинити ще певну кількість речовини.



Як можна визначити, розчин насичений чи ненасичений?

Розчинність речовин  $S$  (від англ. *solution* — *розчин*) визначають кількістю речовини або масою, яка розчиняється в 1 л розчинника (моль/л, г/л). Часто розчинність виражають у грамах безводної речовини, яка насичує 100 г розчинника за даних умов.

Кількісною характеристикою розчинності є коефіцієнт розчинності ( $k_s$ ).

Коефіцієнт розчинності — відношення маси речовини, яка утворює

за даних умов насичений розчин, до об'єму розчинника:

$$k_s = \frac{m_p}{V},$$

де  $k_s$  (читається — «ка ес») — коефіцієнт розчинності.

$m_p$  — маса речовини, яка утворює насичений за даних умов розчин;  
 $V$  — об'єм розчинника.

Враховуючи, що найбільш поширеними є водні розчини, а густина води дорівнює 1 г/мл, коефіцієнт розчинності визначаємо:

$$k_s = \frac{m_p}{m(\text{H}_2\text{O})},$$

де  $m(\text{H}_2\text{O})$  — маса води.

Як правило, розчинність речовин визначають масою речовини, яка може розчинитися в 100 г води за даних умов:

$$k_s = \frac{m_p}{100 \text{ г}},$$

У таблиці 5.1 наведено розчинність деяких сполук. Значення розчинності сильно варіюють. Так, у 100 г води може розчинитися до 70,7 г калій броміду, тоді як крейди може розчинитися лише 0,007 г у 100 г  $\text{H}_2\text{O}$ .

Таблиця 5.1

Розчинність деяких сполук

| Розчинена речовина                        | Розчинність (г/100 г $\text{H}_2\text{O}$ , 25°C) |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| KBr                                       | 70,7                                              |
| NaCl                                      | 36,1                                              |
| $\text{NaNO}_3$                           | 94,6                                              |
| Цукор                                     | 203                                               |
| $\text{AgNO}_3$                           | 228                                               |
| $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | 32                                                |
| $\text{CaCO}_3$ (крейда)                  | 0,007                                             |

Щоб приготувати насичений розчин, у воду за даної температури додаємо, безперервно перемішуючи, речовину, поки не утвориться осад, тобто надлишок речовини залишиться нерозчиненим (мал. 5.1).



Мал. 5.1. Насичений і ненасичений розчин кухонної солі

Якщо до 100 г води додано 35 г натрій хлориду (кухонної солі), розчинена речовина повністю розчиняється, утворюючи ненасичений розчин. Якщо до 100 г води додано 40 г натрій хлориду (кухонної солі), розчинена речовина повністю не розчиняється (певна кількість залишається нерозчиненою), утворюється насичений розчин.



Чи можна отримати пересичені розчини?

За певних умов у воді можна розчинити більшу від максимальної кількість розчиненої речовини в насиченому розчині. Зазвичай це відбувається шляхом повільного та обережного охолодження насиченого розчину. Такий розчин називають *пересиченим розчином*, і він не є стабільним. Якщо його

1) струсити (перемішати), то почнеться швидке випадіння осаду (розчиненої речовини) на дно;

2) кинути в нього кристалик солі, то відбудеться кристалізація (ріст кристалу).



### Концентровані й розведені розчини

Для характеристики розчинів часто використовують терміни: концентрований розчин, розведений (розбавлений) розчин. Такі терміни вказують на вміст розчиненої речовини (масову частку) у розчині. У концентрованому розчині масова частка розчиненої речовини становить понад 30%. У розведеному розчині вміст розчиненої речовини не перевищує 30%. Межі між розведеними й концентрованими розчинами умовні.

Якщо максимальна кількість розчиненої речовини розчинена в даній кількості розчинника, то розчин насичений розчиненою речовиною. Якщо в даній кількості розчинника розчинено менше від максимально можливої кількості розчиненої речовини, розчин — ненасичений.



Нащо так заплутувати? Якщо розчин концентрований, то він насичений. Усе просто!

Мушу заперечити. Концентрований і насичений — це різні характеристики розчину, і вони не завжди пов'язані. Розчин може бути концентрованим, але ненасиченим, якщо кількість розчиненої речовини недостатня для досягнення насичення за даних умов. Наприклад, у воді масою 100 г за температури 100°C може розчинитися аргентум(I) нітрат  $\text{AgNO}_3$  масою 900 г. У цьому випадку одержимо насичений розчин. Під час розчинення аргентум(I) нітрату  $\text{AgNO}_3$  масою 500 г у воді масою 100 г одержимо концентрований, але ненасичений розчин, тобто в ньому ще може розчинятися сіль.



Натомість розчин, у якому міститься кальцій гідроксид  $\text{Ca(OH)}_2$  масою 0,16 г на 100 г  $\text{H}_2\text{O}$ , насичений, але з такою малою кількістю розчиненої речовини він є досить розбавленим.



## Залежність розчинності речовин від температури

Розчинність речовин залежить від природи розчинника й речовини, яка розчиняється, а також від умов розчинення (температури, тиску, концентрації, наявності інших розчинених речовин). Немає універсальної простої формули, але термодинамічні моделі та комп'ютерні методи дозволяють досить точно передбачати розчинність для багатьох систем. Здебільшого також користуються практично встановленим правилом «подібне розчиняється в подібному».

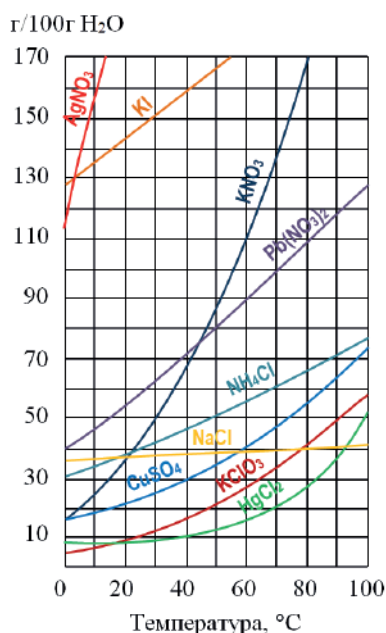


Яке цікаве правило! Я зробив табличку (табл. 5.2), щоб його було легко запам'ятати!

Таблиця 5.2

### Розчинність речовин різної будови

| Розчинена речовина<br>(полярність сполуки) | Розчинник<br>(полярність сполуки) | Чи утворюється розчин? |
|--------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Полярна                                    | Полярний                          | так                    |
| Неполярна                                  | Неполярний                        | так                    |
| Полярна                                    | Неполярний                        | ні                     |
| Неполярна                                  | Полярний                          | ні                     |
| Йонна                                      | Полярний                          | так                    |
| Йонна                                      | Неполярний                        | ні                     |



Мал. 5.2. Криві розчинності деяких солей у воді

Кількість речовини, яка здатна розчинитись у воді, може змінюватися зі зміною температури.

Залежність розчинності твердих речовин від температури прийнято зображати графічно у вигляді кривих розчинності (мал. 5.2). Ці криві будують за експериментальними даними; відкладають на осі абсцис температуру, а на осі ординат — розчинність, г/100 г  $H_2O$ .

За кривими розчинності можна зробити висновок про розчинність речовин. Так, хід кривих розчинності аргентум(I), калій і плумбум(II) нітратів показує, що з підвищенням температури розчинність цих речовин суттєво зростає. Майже горизонтальний хід кривої розчинності натрій хлориду свідчить про незначну зміну його розчинності з підвищенням температури.

## **Робота в групах**

Користуючись кривими розчинності (мал. 5.2), установіть:

1. Масу (г) калій йодиду, яку потрібно розчинити у воді масою 100 г за температури 40°C до утворення насиченого розчину.
2. За якої температури у воді масою 100 г можна розчинити калій нітрат масою 110 г до утворення насиченого розчину.
3. Порівняйте розчинність натрій хлориду та амоній хлориду ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) за температури 10°C та 80°C.

Розчинність більшості твердих речовин зменшується зі зниженням температури, тому під час охолодження гарячих насичених розчинів надлишок розчиненої речовини виділяється у вигляді кристалів.

Виділення речовини під час охолодження насиченого розчину називають кристалізацією (перекристалізацією).

Зазвичай кристали, що випадають в осад, окрім самої речовини, містять ще й молекули води. Такі сполуки називають кристалогідратами.

Склад кристалогідратів описують формулами, що показують, яку кількість кристалізаційної води містить кристалогідрат. Наприклад,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .



**Кристалогідрати** — кристалічні речовини, кристалічна ґратка яких містить гідратовані йони.



**Як утворити назву кристалогідратів?**

Назва кристалогідрату утворюється від назви хімічної речовини з додаванням слова «гідрат» та відповідного префікса, який указує на кількість молекул води (грецька назва числа: моно – 1, ди – 2, три – 3, тетра – 4, пента – 5, гекса – 6, гепта – 7, окта – 8, нона – 9, дека – 10).

Наприклад,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — кальцій хлорид дигідрат,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  — ферум(III) хлорид гексагідрат,  $\text{LiI} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  — літій йодид тригідрат.

## **Робота в групах**

Для кристалогідратів використовують тривіальні назви. Використовуючи додаткові джерела, випишіть формули та назви найпоширеніших кристалогідратів.



Чи залежить розчинність газуватих речовин від їх природи та природи розчинника? Як змінюється розчинність газуватих речовин з підвищенням температури?

Хімічна будова розчиненої речовини та розчинника є важливим чинником для вивчення розчинності. Наприклад, за нормальних умов в 1 л води розчиняється 49 мл кисню, 1,7 л вуглекислого газу і 1176 л амоніаку.

На розчинність газуватих речовин впливає температура. Розчинність газів у воді з підвищенням температури зменшується (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

**Розчинність деяких газів у воді  
за тиску 101,3 кПа залежно від температури (°C)**

| Газ             | Розчинність, л / 1 л H <sub>2</sub> O |         |         |         |
|-----------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|
|                 | 0                                     | 20      | 60      | 100     |
| H <sub>2</sub>  | 0,02148                               | 0,01819 | 0,01600 | 0,01600 |
| O <sub>2</sub>  | 0,04884                               | 0,03103 | 0,01946 | 0,01720 |
| CO <sub>2</sub> | 1,713                                 | 0,878   | 0,359   | –       |
| NH <sub>3</sub> | 1176                                  | 702     | –       | –       |



**Робота в парі**

Використовуючи дані з табл. 5.3, поміркуйте, чи однаковий вміст розчиненого кисню в поверхневих і глибинних водах Північного Льодовитого океану та поблизу екватора? За потреби використайте додаткові джерела інформації.

Таблиця 5.3

**Розчинність кисню в 1 л води за тиску 101,3 кПа**

| Температура, °C      | 0     | 15    | 25    | 40    | 50    | 60    |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Розчинність кисню, л | 0,050 | 0,034 | 0,028 | 0,023 | 0,021 | 0,019 |



**Залежність розчинності речовин від тиску й ступеня подрібнення**

Розчинність твердих речовин і рідин практично не залежить від тиску, оскільки їх розчинення не супроводжується значною зміною об'єму.

На розчинність газуватих речовин тиск впливає. Розчинність газу збільшується з підвищенням тиску.



Дійсно, газовані напої наочно ілюструють цей взаємозв'язок. У процесі виробництва газованих напоїв насичення вуглекислим газом відбувається під тиском. Коли відкрити пляшку з газованою водою (мал. 5.3), тиск знижується: газ енергійно виділяється (у вигляді дрібних бульбашок; чути знайоме шипіння).



**Мал. 5.3.** Пляшка з газованою водою



І ще одна закономірність, яку всі ми вже багато разів помічали: чим більше подрібнена речовина, тим швидше вона розчиняється (але це впливає на швидкість, а не на кількість розчинності).

## А чи знаєте ви...

Явище розчинення газів у рідині має велике значення у водолазній справі. Людей, які тривалий час перебували на значній глибині, повільно підіймають на поверхню. Кров людини, яка дихала повітрям під великим тиском, насичена азотом. У разі підйому з великою швидкістю азот виділяється з крові у вигляді бульбашок. Це може викликати різні симптоми — від висипань і болю в суглобах до паралічу й навіть смерті. Саме тому дайвери повинні підніматися з глибини з відносно низькою швидкістю (10 або 20 м/хв) або ж робити кілька зупинок на певній глибині під час сходження.



## Приклади розв'язування задач

Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/SrYU38F6> і перегляньте приклади розв'язування задач.



## Досліджуємо

### Робота в групах

#### Дослідження розчинності речовин

Для роботи нам потрібно: пісок, цукор, кухонна сіль, кальцій гідроксид (свіжоприготовлений)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , кальцій хлорид (крист.)  $\text{CaCl}_2$ , кальцій карбонат (крист.)  $\text{CaCO}_3$ , вода дистильована, термометр, хімічні склянки, скляні палички, мірні циліндри, чайна ложка.

**I. Дослідження розчинності твердих речовин із різним типом кристалічних ґраток.**

1. Перевірте розчинність піску, цукру, кухонної солі. Сформулюйте гіпотезу, чи розчиняться ці речовини у воді. Складіть план експерименту та спрогнозуйте його результати.

2. Виконайте експеримент і спостерігайте за змінами. Чи всі речовини розчинилися? До розчинних чи нерозчинних речовин вони належать? Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Зробіть висновок.

#### II. Дослідження розчинності сполук Кальцію.

1. Дослідіть розчинність речовин:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$  у дистильованій воді. Сформулюйте гіпотезу. Складіть план експерименту та спрогнозуйте його результати, скориставшись таблицею розчинності (див. форзац).

2. Виконайте експеримент і спостерігайте за змінами.

3. Порівняйте свої спостереження з табличними даними розчинності цих речовин. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Зробіть висновок.

### III. Дослідження впливу температури на розчинність речовин.

1. Пригадайте дослідження розчинності різних речовин на уроках хімії та «Пізнаємо природу» у попередніх класах. Дослідіть розчинність кухонної солі та цукру за різних температур (у холодній і гарячій воді). Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте його результати. Для зручності відмірювання однакових порцій сухої речовини скористайтеся чайною ложкою.

2. Виконайте експеримент. За вашими результатами складіть таблицю «Розчинність кухонної солі та цукру за різних температур». Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Зробіть висновок.

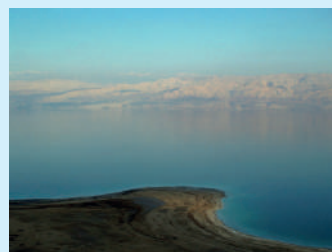


#### Селена пише з Мертвого моря

Привіт із Близького Сходу! Цього разу я опинилася між Ізраїлем і Йорданією, біля однієї з найдивовижніших водойм планети — Мертвого моря. Тут так багато розчинених солей, що більше розчинити їх уже не можна — це справжній насичений розчин! Через надвисоку концентрацію солей я без зусиль тримаюся на поверхні, наче надувний матрац.

Але й це ще не все! Коли вода випаровується, утворюється пересичений розчин, а далі формуються кристали. Саме тому на берегах можна побачити красиві сольові нарости.

Мертве море — чудовий приклад того, що розчинність залежить від природи речовини, температури та кількості розчинника.



Мал. 5.4. Мертве море

А пригадуєте: ми минулого року вирощували кристали. На фото результат мого експерименту: великий і красивий кристал, вирощений з мідного купоросу. Використовуючи додаткові джерела інформації, пригадайте методи вирощування кристалів. Підберіть сіль (натрій хлорид, алюмокалієві галуни, мідний купорос або інші) та виростіть один або декілька кристалів. Зробіть відео, як росте кристал та презентуйте його у класі.



Євген  
Гладишевський

Любителі вирощування кристалів можуть взяти участь у Всеукраїнському конкурсі «Кристали», який щороку організовують у Львівському національному університеті імені Івана Франка. Заснував конкурс Євген Гладишевський, доктор хімічних наук і видатний учений у галузі кристалохімії, один із засновників Львівської наукової школи «Кристалохімія».





1. Закінчіть речення:
  - Розчинність — це ...
  - Ненасичений розчин — це ...
  - Розчинність залежить ...
  - Кристалогідрати — це ...
2. Дайте відповіді на запитання:
  - Як підвищити розчинність газу у воді?
  - Як із ненасиченого розчину натрій хлориду отримати насичений?
  - У який спосіб можна з насиченого розчину калій йодиду одержати ненасичений розчин?
  - Як обчислити молярну масу кристалогідрату?
3. Запропонуйте спосіб, як експериментально можна розрізнити насичений і ненасичений розчин?
4. Чи можна акваріуми заповнювати кип'яченою водою?
5. Поясніть, як тиск впливає на розчинність газів.
6. Поясніть, як зниження температури впливає на розчинність твердих речовин.
7. Визначте за кривою розчинності (мал. 5.2) розчинність калій йодиду за температури 35°C.
8. Використовуючи криві розчинності (мал. 5.2), визначте, як змінюється розчинність калій хлорату  $\text{KClO}_3$  у діапазоні температур 20 – 90°C.
9. Обчисліть масу (г) калій хлориду  $\text{KCl}$ , яку слід відважити для приготування насиченого за температури 40°C розчину у воді масою 500 г (коефіцієнт розчинності солі за цієї температури становить 0,400).
10. Обчисліть масу (г) води, яку потрібно використати для приготування насиченого за температури 100°C розчину натрій сульфату, коли для цього відважено сіль масою 8,5 г? ( $k_s(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,425$ ).
- 11\*. Обчисліть масу (г) калій нітрату  $\text{KNO}_3$  і води, які потрібно використати для приготування насиченого за температури 50°C розчину масою 250 г (коефіцієнт розчинності солі за цієї температури становить 0,786).
- 12\*. Розчинність барій хлориду за температури 60°C становить 66,80 г на 100 г води. Визначте масову частку (%) солі в насиченому за цієї температури розчині.
- 13\*. Розчинність вуглекислого газу за кімнатної температури та атмосферного тиску становить 880 мл на 1 л води. Розчинність вуглекислого газу в закритій пляшці становить приблизно 1600 мл на 1 л води. Обчисліть об'єм (л) вуглекислого газу, який виділиться під час відкривання пляшки газованої води об'ємом 2 л. Чи зміниться об'єм вуглекислого газу, який буде виділятися, якщо пляшку попередньо охолодити?





### Перевірте себе

- Розташуйте види цукру в порядку зменшення швидкості їх розчинення у воді.  
а) цукор-пісок    б) цукрова пудра    в) цукор-рафінад    

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
|   |   |   |
- Укажіть вид розчину, у якому розчинена речовина за даних умов більше не розчиняється:  
а) насичений    б) ненасичений    в) розведений    г) концентрований
- Укажіть чинники, які пришвидшують процес розчинення твердої речовини у воді  
1 зниження температури    2 подрібнення  
3 перемішування    4 зниження тиску  
а) 1, 3    б) 2, 3    в) 1, 4    г) 2, 4
- Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:  
1) Насичений розчин — це розчин, у якому за певних умов речовина більше не розчиняється.  
2) Розчинність газуватих речовин зменшується з підвищенням тиску й зі зниженням температури.  
3) Розчинність більшості твердих речовин із підвищенням температури збільшується.



Ми таки знайшли відповіді на всі свої запитання. Найголовніше — у природі не існує абсолютно нерозчинних речовин. Навіть частинки металу в незначній кількості можуть переходити в розчин. Так, якщо занурити срібну ложку у воду, його частинки (йони  $\text{Ag}^+$ ) у дуже малій кількості переходять у розчин. Така срібна вода набуває антимікробних властивостей, тому що йони  $\text{Ag}^+$  у дуже малих концентраціях можуть пригнічувати ріст деяких бактерій, грибків і вірусів.

Сьогодні ми запам'ятали такі словосполучення:

**розчинність — solubility;**  
**насичений розчин — saturated solution;**  
**ненасичений розчин — unsaturated solution;**  
**пересичений розчин — supersaturated solutions;**  
**концентрований розчин — concentrated solution;**  
**розведений розчин — diluted solution.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §6. МАСОВА ЧАСТКА РОЗЧИНЕНОЇ РЕЧОВИНИ В РОЗЧИНІ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- що таке масова частка розчиненої речовини в розчині та як її розраховувати;
- як описувати кількісний склад розчину;
- як проводити розрахунки з використанням масової частки розчиненої речовини в розчині;
- як готувати розчин із певною масовою часткою розчиненої речовини.



Марку, учора я смакувала полуничне варення, яке варила влітку разом із бабусею. Вона тоді сказала, що цукру треба додати стільки, щоб його масова частка у варенні була приблизно 60%. За цієї умови воно виходить дуже смачним. Я ще тоді подумала: добре було б обчислити масу цукру, а не додавати навмання.

Ти ж можеш скористатися формулою масової частки, яку ми вивчали ще в 7 класі! Якщо взяти 600 г цукру і 400 г ягід, то вся суміш — 1000 г, і масова частка цукру справді буде 60%! А от цікаво: якщо варення вийшло занадто солодким, що тоді робити? Чи можна якось змінити масову частку цукру?



У який спосіб можна змінити масову частку розчиненої речовини в розчині?



### Опрацьовуємо інформацію



#### Масова частка розчиненої речовини

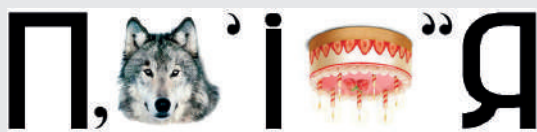


Що таке чисті речовини й суміші? Як поділяють суміші? Які ви знаєте найпоширеніші природні суміші?



#### Робота в групах

Розгадайте ребуси та виберіть назви сумішей.





Що таке розчин? Розгляньте схему та пригадайте його склад. Як приготувати розчин?

Компонент 1 + Компонент 2 = Суміш

Розчинена речовина + Розчинник = Розчин



Чи важливо знати масову частку розчиненої речовини в розчині?

Масову частку розчиненої речовини в розчині використовують для вираження кількісного складу розчинів.

Масова частка розчиненої речовини в розчині — відношення маси розчиненої речовини до маси розчину:

$$w_{\text{розчиненої речовини}} = \frac{m_{\text{розчиненої речовини}}}{m_{\text{розчину}}},$$

де  $w_{\text{розчиненої речовини}}$  — масова частка розчиненої речовини в розчині,

$m_{\text{розчиненої речовини}}$  — маса розчиненої речовини в розчині,

$m_{\text{розчину}}$  — маса розчину.

Масову частку розчиненої речовини в розчині виражають у частках (долях) від одиниці (0,05; 0,4) або відсотках (5%, 40%). Формула для обчислення масової частки речовини в розчині у відсотках:

$$w_{\text{розчиненої речовини}} = \frac{m_{\text{розчиненої речовини}}}{m_{\text{розчину}}} \cdot 100\%.$$

Оскільки розчин — це суміш, то його маса дорівнюватиме сумі мас усіх компонентів.

Маса розчину дорівнює сумі мас розчиненої речовини та розчинника:

$$m_{\text{розчину}} = m_{\text{розчиненої речовини}} + m_{\text{розчинника}}.$$

Тоді формула для обчислення масової частки розчиненої речовини в розчині:

$$w_{\text{розчиненої речовини}} = \frac{m_{\text{розчиненої речовини}}}{m_{\text{розчиненої речовини}} + m_{\text{розчинника}}}.$$

За відомими масою розчину та масовою часткою розчиненої речовини в розчині можна обчислити масу розчиненої речовини в розчині:

$$m_{\text{розчиненої речовини}} = w_{\text{розчиненої речовини}} \cdot m_{\text{розчину}}$$

або

$$m_{\text{розчиненої речовини}} = \frac{W_{\text{розчиненої речовини}} \cdot m_{\text{розчину}}}{100\%}.$$

### Селена пише з Італії

Привіт із сонячної Парми!

Сьогодні я відвідала завод «Mutti» неподалік міста. Там виготовляють знамениту томатну пасту. Усе тут автоматизовано, а кожен етап виробництва контролюють хіміки.

Одним із важливим показників якості продукту є масова частка сухих речовин у томатній масі. Якщо вона менша за 25%, пасту повертають на доуцільнення.

Ось де справді потрібні знання з теми «Розчини»! Тепер я знаю: смачний соус — це не тільки кулінарія, а й хімія в дії!



### Приклади розв'язування задач

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/xrYU9RZH> або за QR-кодом та перегляньте приклади розв'язування задач.



### Способи зміни масової частки розчиненої речовини в розчині



Як змінити масову частку розчиненої речовини в розчині?

Дуже часто на практиці під час приготування розчинів доводиться використовувати вже готові розчини, які можна змішувати. Особливу увагу слід звернути на змішування розчинів, яке не супроводжується хімічною реакцією і постійно зустрічається як під час роботи в хімічній лабораторії, так і в побуті, особливо в процесі приготування їжі.



Як виправити ситуацію, якщо страва пересолена?

Масову частку розчиненої речовини в розчині можна змінити кількома способами:

1) розведення розчину — це процес зменшення масової частки розчиненої речовини шляхом додавання розчинника (наприклад, води). Кількість (маса) розчиненої речовини залишається незмінною, змінюється (збільшується) лише маса розчину. Наприклад, додавання води до соку для отримання менш концентрованого напою.

2) концентрування розчину — додавання чистої розчинної речовини до розчину з метою збільшення масової частки розчиненої речовини. Маса розчиненої речовини збільшується. Маса розчинника не змінюється. У кінці приготування їжі страву досоложують за смаком.

3) випарювання — процес концентрування розчинів шляхом вида-

лення розчинника й перетворення його на пару. Маса розчинника зменшується, маса розчиненої речовини не змінюється. Наприклад, випарювання води з соляного розчину (розсолу, ропи) для отримання солі.

4) змішування двох розчинів із відомими масовими частками розчиненої речовини.

Розведення й концентрування — протилежні процеси, що змінюють співвідношення кількості (маси) розчиненої речовини до кількості (маси) розчинника в розчині.

Обидва процеси важливі в хімії, фармації та інших галузях для отримання розчинів із необхідними властивостями.

У фармацевтичній промисловості концентрування використовують для виділення біологічно активних речовин із рослинної сировини, а розведення — для приготування лікарських форм із потрібною масовою часткою розчиненої речовини.



### А чи знаєте ви...



Дрогобицьку сіль виготовляють на одному з найстаріших підприємств Європи в місті Дрогобичі. Важко навіть уявити, що поклади солі сформувалися тут ще 15 мільйонів років тому. Перша писемна згадка про Дрогобицьку солеварню збереглася з 1390 року. І відтоді технологія виготовлення солі практично не змінилася!



Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/jrYU3atd> або за QR-кодом та перегляньте приклади розв'язування задач.



### Розв'язування задач на приготування розчинів із кристалогідратів

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/5rYU3Zcq> або за QR-кодом та перегляньте приклади розв'язування задач.



## Досліджуємо

**Виготовлення розчинів із заданою масовою часткою розчиненої речовини.**

Для роботи нам потрібно: хімічна склянка, скляна паличка, мірний циліндр, терези, розчинна сіль (проконсультуйтеся з учителем/учителькою щодо наявних реактивів у кабінеті хімії).



### Робота в групах

1. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.
2. Виконайте експеримент за алгоритмом:

- Отримайте завдання в учителя/учительки (масу розчину, яку потрібно виготовити та масову частку розчиненої речовини в розчині)
- Обчисліть масу солі та води, необхідних для приготування даної маси розчину із заданою масовою часткою солі.
- Обчисліть об'єм розчинника (води), який необхідний для приготування розчину. Зауважте, що густина води дорівнює  $1 \text{ г/см}^3$ .

|                                 |                                      |                                             |                              |                               |
|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| $m_{\text{розчину}}, \text{ г}$ | $w_{\text{розчиненої речовини}}, \%$ | $m_{\text{розчиненої речовини}}, \text{ г}$ | $m_{\text{води}}, \text{ г}$ | $V_{\text{води}}, \text{ мл}$ |
|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|

- Перевірте одержані результати з вихідними даними вчителя/учительки.
- Уважно розгляньте основні етапи (послідовність дій — алгоритм) виготовлення розчину.



- Зважте в хімічній склянці обчислену масу розчиненої речовини (солі).
  - У мірний циліндр налейте необхідний для приготування розчину об'єм води.
  - Обережно вилийте відміряний об'єм води в хімічну склянку до відваженої речовини (солі).
  - Ретельно перемішайте суміш скляною паличкою до повного розчинення речовини.
3. Зробіть загальний висновок. Чи все вам вдалося? Який етап дослідження був найбільш складним?
4. Виконайте одне з двох завдань (на вибір групи). Складіть план експерименту й виконайте необхідні розрахунки.
- а) виготовіть розчин борної кислоти  $\text{H}_3\text{BO}_3$  з масовою часткою розчиненої речовини 3%, використавши 196 мл води;
- б) виготовіть розчин Люголя об'ємом 50 мл (густина розчину  $1 \text{ г/см}^3$ ), використавши 0,5 г кристалічного йоду, 1 г калій йоду та воду дистильовану.
4. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.



### Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

#### 1. Закінчіть речення:

- Кількісний склад розчину характеризують ...
- Масова частка розчиненої речовини — це ...
- Маса розчину дорівнює ...

2. Дайте відповіді на запитання:
- Що таке масова частка розчиненої речовини?
  - Яку формулу використовують для обчислення масової частки розчиненої речовини в розчині?
  - Яка розмірність масової частки розчиненої речовини?
  - Як обчислити масову частку розчиненої речовини в розчині?
  - Як обчислити масу розчиненої речовини за відомою масовою часткою?
  - Як можна обчислити масу розчину?
  - Як зміниться масова частка розчиненої речовини в розчині після часткового випарювання з нього води?
  - Які маси кристалізаційної води та безводної солі містяться в 500 г мідного купоросу  $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ?
3. Наведіть приклади розчинів, які вам доводиться готувати в повсякденному житті. Чи знаєте ви їх кількісний склад?
4. Обчисліть масову частку (%) розчиненої речовини в розчині, приготовленому розчиненням 0,15 моль натрій гідроксиду  $\text{NaOH}$  у воді об'ємом 144 мл.
5. Обчисліть масу (г) розчину калій хлориду з масовою часткою розчиненої речовини 12%, у якому міститься калій хлорид  $\text{KCl}$  масою 45 г.
6. Визначте об'єм (мл) води, у якій необхідно розчинити натрій сульфат  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  масою 25 г для одержання розчину з масовою часткою розчиненої речовини 20%.
7. Магній сульфат  $\text{MgSO}_4$  входить до списку основних лікарських засобів Всесвітньої організації охорони здоров'я. Обчисліть масу (г) магній сульфату  $\text{MgSO}_4$  та об'єм (мл) води, які потрібно використати для одержання розчину об'ємом 10 мл з масовою часткою солі 25% (густина розчину  $1,266 \text{ г/см}^3$ ).
8. До розчину калій броміду масою 160 г із масовою часткою солі 10% додали воду об'ємом 50 мл. Обчисліть масову частку (%) розчиненої речовини в одержаному розчині.
9. До розчину сульфатної кислоти об'ємом 250 мл (густина розчину  $1,069 \text{ г/см}^3$ ) з масовою часткою кислоти 10% додали воду об'ємом 232,75 мл. Обчисліть масову частку (%) розчиненої речовини в одержаному розчині.
10. Із розчину калій сульфату масою 300 г із масовою часткою солі 5% випарили воду масою 60 г. Обчисліть масову частку (%) розчиненої речовини в одержаному розчині.
11. Обчисліть масову частку (%) розчиненої речовини в розчині, який утворюється змішуванням розчинів барій хлориду масою 50 г і 150 г з масовою часткою солі 30% та 10% відповідно.
- 12\*. У воді об'ємом 635 мл розчинили водень хлорид об'ємом 224 л. Обчисліть масову частку (%)  $\text{HCl}$  в одержаному розчині.

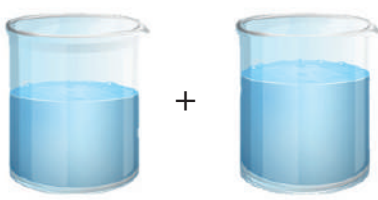
13. За температури  $20^{\circ}\text{C}$  розчинність калій хлориду становить 34 г у 100 г води. Обчисліть масову частку (%) розчиненої речовини в насиченому за цієї температури розчині.
- 14\*. Масова частка купрум(II) хлориду в насиченому розчині цієї солі за температури  $100^{\circ}\text{C}$  становить 52,5%. Визначте розчинність солі в грамах на 100 г води за цієї температури.
- 15\*. До розчину хлоридної кислоти масою 29,2 г із масовою часткою розчиненої речовини 10% додали гранулу цинку до їх повної взаємодії. Складіть рівняння реакції. Обчисліть масу (г) цинку, який прореагував.
- 16\*. Визначте масову частку (%) магній хлориду в розчині, одержаному після додавання магній хлориду гексагідрату масою 406 г до води об'ємом 394 мл.
- 17\*. Обчисліть масу (г) барій хлориду дигідрату  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , яку необхідно розчинити у воді масою 367 г для одержання розчину барій хлориду з масовою часткою солі 20%.
18. Складіть умову задачі згідно з малюнками й розв'яжіть її.

а)



розчин – 150 г  
 $w_{\text{розчиненої речовини}} = 8\%$

б)



розчин – 10 г      вода – 15 г  
 $w_{\text{розчиненої речовини}} = 5\%$

в)



+



розчин – 200 г      сіль – 25 г  
 $w_{\text{розчиненої речовини}} = 10\%$

г)



+



→



+



→



$m_{\text{розчину}} = 250 \text{ г}$   
 $w_{\text{розчиненої речовини}} = 10\%$

$V(\text{H}_2\text{O}) = 50 \text{ мл}$

$w_{\text{1 розчиненої речовини}} - ?$

$m_{\text{розчиненої речовини}} = 50 \text{ г}$

$w_{\text{2 розчиненої речовини}} - ?$

## Перевірте себе

- Зазначте масу води об'ємом 2 л  
а) 200 г                      б) 250 г                      в) 20 кг                      г) 2 кг
- Укажіть масу розчину натрій гідроксиду об'ємом 200 мл (густина  $1,2 \text{ г/см}^3$ )  
а) 166,67 г                      б) 120 г                      в) 240 г                      г) 24 г
- Укажіть масу розчину, який одержали під час розчинення харчової соди масою 5 г у воді об'ємом 85 мл  
а) 95 г                      б) 90 г                      в) 80 г                      г) 175 г
- Укажіть масу (г) калій хлориду, яку потрібно використати для приготування розчину масою 100 г з масовою часткою солі 0,05  
а) 1                      б) 2                      в) 5                      г) 15
- У розчині масою 500 г міститься натрій нітрат кількістю речовини 0,1 моль. Масова частка солі становить  
а) 7%                      б) 11%                      в) 1,7%                      г) 5%
- Для приготування розчину масою 400 г з масовою часткою купрум(II) сульфату  $\text{CuSO}_4$  4% потрібно використати мідний купорос і воду масою відповідно  
а) 16 г та 384 г                      б) 25 г та 375 г  
в) 32 г та 368 г                      г) 40 г та 360 г
- Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) Кристалогідрати — кристалічні речовини, що містять у своєму складі молекули води.
  - 2) Під час нагрівання кристалогідрати розкладаються з утворенням безводних сполук.
  - 3) Кількісний склад розчину характеризують масовою часткою розчиненої речовини.
  - 4) Значення масової частки, виражене у відсотках, чисельно дорівнює масі розчиненої речовини (г), яка міститься в розчині масою 100 г.



От тепер я точно знаю, як обчислювати масову частку розчиненої речовини і як змінювати її, якщо потрібно. Формула проста, але дуже корисна: вона допоможе не лише на уроці, а й у повсякденному житті — чи то в кулінарії, чи під час приготування розчинів. Хімія справді поруч — навіть у баночці варення!

Сьогодні я виписала такі словосполучення:

**масова частка — mass percent (the percent by mass);**

**маса розчину — mass of solution;**

**маса розчиненої речовини — mass of solute;**

**маса розчинника — mass of solvent.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §7. ЕКСТРАКЦІЯ РЕЧОВИН ЯК СПОСІБ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- що таке екстракція та як її проводять;
- які речовини є екстрагентами;
- у яких галузях використовують екстракцію.



Марку, ти знаєш, учора я розлила сік на свою улюблену футболку... Вода не допомогла. Довелося виводити пляму засобом для чищення. І знаєш що? Пляма зникла!



О, то це ж якраз хімія в дії! Пригадую, у мамі є плямовивідник, де написано, що це «потужний засіб для ефективного видалення плям». Думаю, це і є екстрагування! Тобто засіб просто витягує забруднювач із тканини? Цікаво, як обирають такий засіб... Чому пляма зникає під час використання одного, а інший — не працює? І чи існує універсальний засіб для виведення всіх плям?



Як видалити плями з одягу, якщо вони мають різний хімічний склад?



### Опрацьовуємо інформацію



#### Екстракція



Що таке істинний розчин? Якими способами виражають кількісний склад розчинів? Які чинники (фактори) впливають на розчинність речовин?

**Екстракція** (лат. *extractio* — витягувати, добувати) — це процес вилучення із суміші (розчину) одного або кількох розчинених компонентів за допомогою іншого розчинника.

Об'єкти, з яких виділяють (екстрагують) досліджувані сполуки, можуть бути твердими речовинами або рідинами. Тому процеси виділення поділяють на *екстракцію в системі тверде тіло — рідина* і на *екстракцію в системі рідина — рідина* (рідинну екстракцію).



Найчастіше екстракцію проводять на межі фаз рідина–рідина. Зазвичай один розчин — вода, а інший — органічний розчинник, що не змішується з водою. Перехід речовини з фази органічного розчинника у водну фазу називають реекстракцією.

Перехід речовини, яка екстрагується, з одного розчинника в другий відбувається внаслідок різниці концентрацій і неоднакової розчинності цієї речовини в обох розчинниках.

**Екстрагент** — вибірковий (селективний) розчинник для екстрагування окремих компонентів із рідких сумішей (наприклад, водних розчинів).

**Приклади екстрагентів:** вода, спирт (етанол), водно-спиртові суміші, зріджений вуглекислий газ, різноманітні органічні розчинники: жир, бензен, тетрахлорометан, дихлороетан, бензин, хлороформ, діетиловий етер.

**Екстрактивні речовини** — речовини, які вилучають із сировини (рослинної, тваринної) за допомогою екстрагента (розчинника).

Для проведення екстракції використовують спеціальні апарати — екстрактори, до яких поміщають вихідну суміш і розчинник (екстрагент) (мал. 7.1).

У результаті екстракції утворюються **екстракт** — розчин добутих компонентів в екстрагенті — та **рафінат** — суміш, у якій концентрація цих компонентів буде меншою.



**Мал. 7.1.** Схема процесу екстракції

Екстракція може бути одноразовою: у цьому випадку весь об'єм екстрагенту додають за один прийом; і багаторазовою (дробною): додавання екстрагенту проводять у декілька прийомів. Як правило, екстракцію проводять багаторазово, використовуючи невеликі порції розчинника.



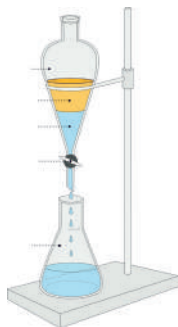
Чому багаторазова екстракція є ефективнішою за одноразову?



### Робота в групах

Розгляньте мал. 7.2 – 7.4. Які способи розділення суміші на них зображені? Назвіть складові установок та основні етапи розділення суміші різними способами. На що вказують стрілки на малюнках?

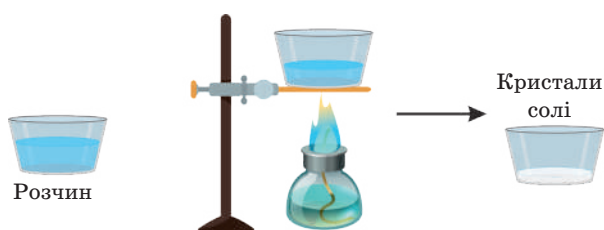
Яка з цих установок може бути використана для екстракції?



**Мал. 7.2.** Розділення суміші рідин відстоюванням



**Мал. 7.3.** Розділення суміші фільтруванням



**Мал. 7.4.** Етапи випарювання

Як можна розділити неоднорідну суміш твердої речовини та рідини або двох рідин, які не змішуються? Як користуватися ділильною лійкою?

## Екстракція як спосіб приготування розчинів

Чи можна вважати чай або компот розчинами? Чому? Які речовини переходять у воду під час приготування бульйону?

Екстракція — це не лише метод розділення речовин, а й один зі способів приготування розчинів.

Під час екстракції розчинні в певному розчиннику компоненти вихідної сировини переходять у рідину. У результаті утворюється розчин (екстракт), що містить корисні розчинені речовини (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

### Приклади екстракції для приготування розчинів

| Сировина          | Розчинник      | Що отримуємо                                  |
|-------------------|----------------|-----------------------------------------------|
| Листя чаю         | Гаряча вода    | Розчин кофеїну, дубильних речовин, ароматів   |
| Кора верби        | Спирт          | Настоянка з саліцилатами (лікувальна дія)     |
| Апельсинова цедра | Спирт          | Ароматний екстракт (використання в кулінарії) |
| М'ята             | Вода або спирт | Настій або спиртова настоянка з ментолом      |

## Робота в парі

Розгляньте табл. 7.1. Обговоріть з однокласником/однокласницею, чи використовували ви екстракти в повсякденному житті. Якщо так, то що було сировиною, а що — розчинником?

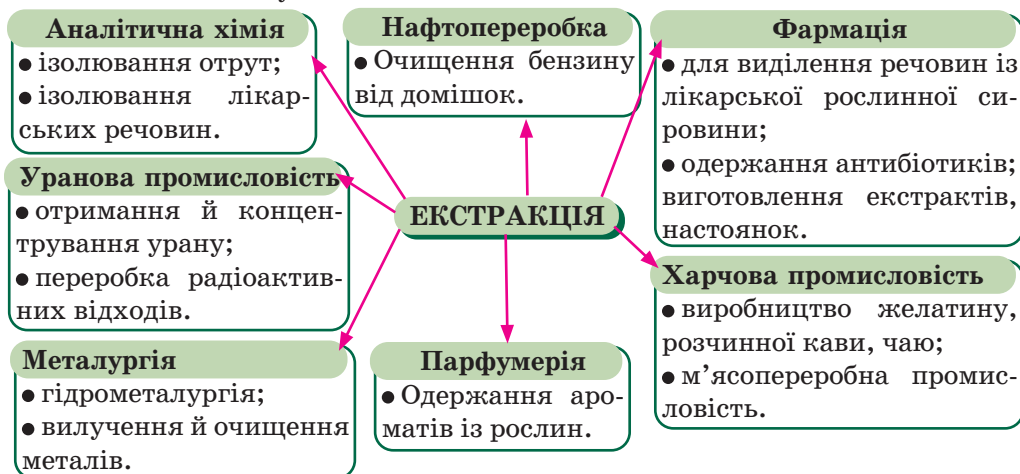
Чи впливають температура, час, ступінь подрібнення сировини на швидкість і повноту екстракції? Отриманий екстракт — істинний розчин?

## А чи знаєте ви...

**Холодна витяжка, або мацерат** готується з лікарських рослин, до складу яких входить велика кількість слизовидних компонентів, що мають підвищену чутливість до теплової обробки. Для приготування мацерату сировину заливають холодною водою (15-20°C) і настоюють упродовж тривалого часу (7 днів).

## Застосування екстракції

Екстракція — це універсальний метод вилучення речовин, який широко застосовують у хімії, харчовій, фармацевтичній, парфумерній промисловості та в побуті.



**Мал. 7.5.** Застосування екстракції в різних галузях

## Робота в групах

Об'єднайтеся в команди. Оберіть одну з галузей, де використовується процес екстракції (скористайтесь мал. 7.5). Уявіть, що ви представники адміністрації підприємства, яке впроваджує екстракційні технології.

Ваше завдання:

- описати, на яких етапах виробництва чи досліджень використовують екстракцію;
- пояснити, які речовини вилучаються, з яких матеріалів і за допомогою яких розчинників;
- зазначити, яке значення має цей етап у технологічному процесі;
- додати пропозицію щодо модернізації або вдосконалення цього процесу.

За потреби використайте додаткові джерела інформації. Презентуйте вашу ідею в класі. Обговоріть, як можна налагодити співпрацю між підприємствами для спільного вдосконалення екстракційних процесів.



### Селена пише з Франції

Привіт із столиці ароматів!

Сьогодні я в Грасі — невеликому містечку в Провансі, яке славиться своєю парфумерною промисловістю. Саме тут виготовляють найвідоміші у світі парфуми, а ще — екстрагують ефірні олії з пелюсток троянд, жасмину, лаванди...

І все це завдяки хімії! Для отримання ароматних речовин застосовують екстракцію —



**Мал. 7.6.** Скульптура парфумера в Грасі

процес, коли одна речовина витягується з іншої за допомогою розчинника. Сучасні лабораторії вже давно замінили традиційні жири органічними розчинниками або навіть надкритичним вуглекислим газом.

Я досі під враженням: запах квітів, складні формули та справжня алхімія аромату!

## Досліджуємо

### I. Екстракція кофеїну з чаю



#### Робота в групах

Для роботи нам потрібно: чорний або зелений чай (2-3 пакетики або 5 г листового), гаряча вода (150 мл), хімічна склянка (250 мл), ділильна лійка, лійка, пробірки, розчинник (олія або етилетаноат), 5% -ий розчин натрій гідроґенкарбонату (для нейтралізації танінів), вата, фільтрувальний папір, затискачі, штатив, мірний циліндр, захисні засоби.

1. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.
2. Заваріть чай: залийте окропом чай, витримайте 10 хвилин.
3. Складіть установку та відфільтруйте настій (вилучіть тверді частинки).
4. Додайте кілька крапель розчину натрій гідроґенкарбонату  $\text{NaHCO}_3$  з масовою часткою солі 5% для видалення дубильних речовин.
5. Сформулюйте гіпотезу, як екстрагувати кофеїн з одержаного настою. Складіть план експерименту, підберіть обладнання та спрогнозуйте результат.
6. Проведіть екстракцію: додайте 15-20 мл органічного розчинника; енергійно струсіть у ділильній лійці (або змішайте в пробірці), відокремте органічний шар (кофеїн переходить у нього). (Обережно відкрийте кран і злийте нижній шар суміші в конічну колбу, після чого перекрийте кран).
7. Чи вдалося розділити суміш? Який компонент суміші залишився в лійці? Чому? Проаналізуйте причини невдач, якщо вони були.
8. Зробіть висновок. Який спосіб ви б обрали для одержання кофеїну у вигляді порошку на останньому етапі?

### II. Прогнозування можливості видалення плям різними розчинниками



Видалення плям із тканини – це приклад екстракції, для якої потрібно підібрати розчинник, у якому пляма добре розчиняється. Для ефективного очищення важливо враховувати хімічну природу плями та властивості розчинника (принцип «Подібне розчиняється в подібному»).

- Полярні речовини краще розчиняються в полярних розчинниках (вода, спирт).
- Неполярні речовини — у неполярних розчинниках (бензин, гас).

1. Поміркуйте, як видалити плями з одягу, якщо вони мають різний хімічний склад. Для дослідження використайте шматочки

тканини з різними типами плям (жир, чорнило, ягідний сік тощо). Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте його результати.

2. Випробуйте різні розчинники (воду, спирт, мильний розчин, оцет та інші). Результати презентуйте у вигляді таблиці.

Таблиця 7.2

#### Плями й рекомендовані розчинники

| Тип плями  | Хімічна природа (полярна/неполярна речовина, розчинна у...) | Рекомендований розчинник |
|------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Жир, масло |                                                             |                          |
| Кава, чай  |                                                             |                          |
| Чорнило    |                                                             |                          |
| Кров       |                                                             |                          |
| Фарба, лак |                                                             |                          |
| Трава      |                                                             |                          |

3. Дайте відповіді на запитання. Який розчинник найкраще видаляє конкретну пляму? Чому один розчинник ефективно видаляє жир, а інший — чорнило чи траву? Чи можливо використовувати комбінацію розчинників або додаткові речовини та умови?

4. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Сформулюйте висновки за власними спостереженнями. Розробіть рекомендації щодо вибору розчинників для ефективного видалення плям.

### Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

- Закінчіть речення:
  - Екстракція — це...
  - Екстрактивні речовини — це...
  - Екстрагент — це ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Які типи речовин вилучають за допомогою екстракції?
  - Які рідини найчастіше використовують як екстрагенти?
  - Чому екстракція є ефективним методом розділення сумішей?
  - Яка умова повинна виконуватися для ефективного проведення екстракції між двома рідинами?
  - Як за допомогою екстракції можна очистити стічні води?
  - Як виділити кофеїн із суміші з водою?
- Поясніть, чому для приготування чаю використовують гарячу воду.
- Наведіть приклади екстрагентів.
- Наведіть приклади процесів екстракції з повсякденного життя.
- Наведіть приклади застосування екстракції для приготування страв і виділення лікарських препаратів.

7. Запропонуйте спосіб екстракції ефірної олії з м'яти.
8. Знайдіть у домашній аптечці або на кухні засоби, виготовлені з використанням процесу екстракції (настоянки, спеції, чай, кава, аро-маолії). Опишіть 2 приклади (укажіть екстрагент, екстрактивну речовину, сфери застосування) і презентуйте в класі.
9. Кору білої верби (*Salix alba*) з давніх часів застосовували для зниження температури та зменшення болю. Її дію пояснюють наявністю в отриманому екстракті саліцину — природної речовини, яка в організмі людини перетворюється на саліцилову кислоту. Саме на основі цієї сполуки наприкінці XIX століття була синтезована ацетилсаліцилова кислота. Ацетилсаліцилова кислота  $C_9H_8O_4$  входить до списку основних лікарських засобів Всесвітньої організації охорони здоров'я. Як лікарський засіб широко відома у світі під запатентованою торговою маркою «Аспірин» фірми «Bayer». Обчисліть відносну молекулярну масу ацетилсаліцилової кислоти, масову частку (%) кожного елемента, маси (г) Карбону, Оксигену та Гідрогену, які містяться в одній таблетці аспірину (вміст діючої речовини 500 мг).
10. Складіть ментальну карту «Екстракція».
11. Виконайте один із запропонованих домашніх експериментів (на вибір). Зробіть фото- або відеозвіт і презентуйте його в класі.
  - 1) Екстракція пігменту хлорофілу з листя зелених рослин. Подрібніть зелене листя. Додайте етанол, витримайте 10-15 хв, перемішуючи. Відфільтруйте. Зелений колір екстракту вказує на наявність хлорофілів. Які чинники ви врахуєте для ефективної екстракції?
  - 2) Екстракція вітаміну С з апельсина або шипшини. Подрібніть сировину, залийте невеликою кількістю води. Відфільтруйте настій. Додайте розчин йоду. Знебарвлення розчину йоду свідчатиме про наявність вітаміну С.
  - 3) Екстракція каротиноїдів з моркви. Натерту моркву залийте спиртом. Витримайте 10-15 хвилин, час від часу перемішуючи. Оранжеве забарвлення розчину вказує на наявність  $\beta$ -каротинів.



### Робота в парі

**Кава без кофеїну.** Останнім часом серед споживачів стає популярною кава без кофеїну. Використовуючи додаткові джерела інформації, підготуйте коротку доповідь про процес отримання кави без кофеїну (процес декофеїнізації).



### А чи знаєте ви...



**Кава cold brew** готується шляхом екстракції холодною водою протягом 12-24 годин (смак напою м'якший).

Добре екстрагована кава має післясмак, який можна відчувати декілька хвилин. Недоекстрагована кава має солоний смак.

## Перевірте себе

- Процес вилучення одного або декількох компонентів із сумішей селективним розчинником
  - диспергування
  - кристалізація
  - екстракція
  - конденсація
  - випарювання
- Екстракція — це
  - процес кипіння рідини
  - вилучення речовини з одного розчинника іншим
  - випаровування розчинника
  - очищення суміші від твердих домішок
- У процесі екстракції речовину вилучають
  - у розчинник, у якому вона практично не розчинна
  - у розчинник, у якому вона добре розчиняється
  - у твердий осад
  - у газуватий стан
- Для екстракції органічних речовин найчастіше використовують розчинник
  - вода
  - спирт
  - бензин
  - сіль
- Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - Перехід речовини, яка екстрагується, з одного розчинника в другий відбувається внаслідок необмеженої розчинності цієї речовини в обох розчинниках.
  - Йод краще розчиняється у воді, ніж у спирті.
  - Прання білизни — це приклад побутової екстракції.
  - Екстракцію використовують для отримання ліків із рослинної сировини.



Тепер я розумію, чому так важливо правильно обрати розчинник. Завдяки екстракції можна вилучати певні речовини з розчинів або твердих тіл — від плям на одязі до активних компонентів ліків у лабораторії. Виявляється, цей процес — справжній помічник не лише в науці, а й у повсякденному житті. Головне — знати, що і в чому розчиняється! І пам'ятати просте правило: «Подібне розчиняється в подібному».

Сьогодні ми виписали такі слова:

**екстракція — extraction**  
**екстрагент — extractant (extracting agent)**  
**екстрактор — extractor**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §8. РОЗЧИНИ В ПРИРОДІ. ЗАХИСТ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ВІД ПОБУТОВИХ І ПРОМИСЛОВИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ

**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- про колообіг води в природі;
- про важливу роль водних розчинів у живих організмах;
- про використання водних розчинів у побуті;
- про захист водних ресурсів від побутових і промислових забруднювачів.



Марку, ти колись помічав, що після дощу на асфальті залишаються калюжі з райдужними плівками? Це виглядає красиво, але чомусь тривожно. Які речовини містяться в такій воді? Мстила, мийні засоби, токсичні речовини... Але що з ними далі відбувається?

Схоже, з водою всі ці речовини змиваються в ґрунт, річки, озера... І, напевно, деякі з них залишаються там надовго. А як це впливає на воду та все живе довкола? Спадає на думку, що розчини в природі — це не тільки джерело корисних речовин, а й можливе джерело забруднення. Погляньмо, як це працює і як захистити воду від небезпечних домішок.



Як розчини, що утворюються внаслідок побутової та промислової діяльності людини, впливають на стан природних вод?



### Опрацьовуємо інформацію



#### Розчини в природі



#### Робота в групах

**Гра «Правда чи міф: що ви знаєте про воду?»**

Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.

Завдання: група групі пропонує твердження про воду. Завдання іншої групи — навести аргументи для підтвердження або спростування.

Приклади тверджень (доповніть їх власними):

- Вода — єдина речовина, яка перебуває в трьох агрегатних станах у природних умовах.
- Морська вода — це розчин кухонної солі без домішок.
- Усі ріки течуть із півночі на південь.
- Лід важчий за воду, тому тоне.
- У воді розчиняються тільки неорганічні речовини.
- Побутові мийні засоби не завдають шкоди природі, бо добре змиваються.
- Тільки 3% усіх вод на планеті — прісна вода, придатна для пиття.

Правильність відповідей визначає вчитель/учителька. У кінці гри підбийте підсумки. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

Вода — хімічна речовина, з якою ми знайомі від народження. Вода — основа життя, найпоширеніша речовина на Землі. Залежно від умов (тиску, температури) вода може перебувати в рідкому, твердому й газуватому станах.



Пригадайте, за якої температури закипить вода на вершині Евересту? Поясніть причину.



### Робота в парі

Розшифруйте слова за шифром Цезаря зі зміщенням –3. Використовуючи додаткові джерела, відшукайте інформацію про різні стани води.

УСФГ

ОКЖ

ТГУГ

Вода — універсальний і доволі поширений розчинник у живій та неживій природі. Природна вода завжди містить розчинні та нерозчинні домішки. Морська вода має високий вміст розчинених речовин: в 1 літрі води міститься до 35 г (3,5%) солей. Питна вода містить солі (Магнію та Кальцію), але в значно меншій кількості. Корисні для організму солі містить також мінеральна вода.



Які речовини та в якому агрегатному стані містяться в дощовій і талій воді? Чому взимку на водоймах, скованих льодом, роблять лунки?

Вода є особливо важливою для живих організмів. З водою рослини одержують поживні речовини з ґрунту й транспортують їх по всьому організму.



### Робота в парі

Використовуючи додаткові джерела інформації, дізнайтеся, які тварини можуть обходитися без води довше, ніж верблюди.



### Робота в групах

1. Уважно розгляньте схему (мал. 8.1). Поясніть, як відбувається колообіг води в природі.

2. Які процеси визначають безперервний рух води на поверхні землі, над і під нею?

3. Аква (лат. aqua) — «вода» латинською та італійською мовами. Наведіть приклади спільнокорених слів з «аква» (наприклад, акваторія, аквамарин ...). Поясніть значення кожного слова.

4. Складіть комікс або казку «Подорож краплини» про колообіг і роль води в природі. Обговоріть з однокласниками/однокласницями.



Мал. 8.1. Колообіг води у природі

## Розчини в організмі людини



Пригадайте, скільки рідини міститься в нашому організмі? У яких органах і тканинах міститься найбільше води, у яких — найменше? За потреби використайте додаткові джерела інформації.

У тілі тварин і людей є дуже велика кількість води. В організмі дорослої людини вода становить у середньому 55–65% загальної маси тіла.

Вода міститься у клітинах організму і в міжклітинному просторі. Навіть кістки та зуби мають у своєму складі воду, не кажучи вже про інші органи. У скловидному тілі ока — 99% води, в емалі зубів — 2–3,8%. Вміст води в кістках досягає 31%. У живому організмі в процесі життєдіяльності безперервно відбувається безліч хімічних реакцій у водних розчинах.

Кров — це також водний розчин. У ній розчинені солі та інші речовини.



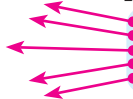
### А чи знаєте ви...



Дейтерієва та тритієва вода мають такий самий хімічний склад, як і звичайна вода, проте відрізняються фізичними властивостями: мають вищі температури кипіння й плавлення, більшу густину тощо. За кольором і смаком людина їх не відрізняє. Уживати таку незвичайну воду небажано, адже організм людини не пристосований до неї. Особливо небезпечною є тритієва вода, оскільки вона радіоактивна.



А які є забруднювачі води довкола нас? Складімо асоціативний куц і пригадаймо, як ми використовуємо розчини в побуті і з яких промислових забруднювачів шкідливі речовини потрапляють у воду.



Промислові  
забруднювачі

Побутові  
забруднювачі



## Способи очищення води



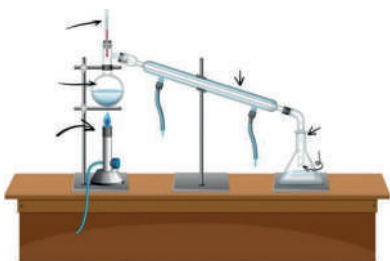
Як можна одержати чисту воду? Від чого залежать способи очищення води? Який, на вашу думку, надійний спосіб знезараження води в домашніх умовах?

Способи очищення води залежать від того, наскільки забруднена вода та якими домішками. Відстоювання та фільтрування використовують для очищення води від нерозчинних домішок, перегонку — від розчинних домішок.



### Робота в групах

Розгляньте мал. 8.2. Який спосіб очищення води на ньому зображений? Назвіть складові установки та основні етапи розділення суміші цим способом. На що вказують стрілочки? Як називається чиста вода (без домішок)? Для чого її використовують?



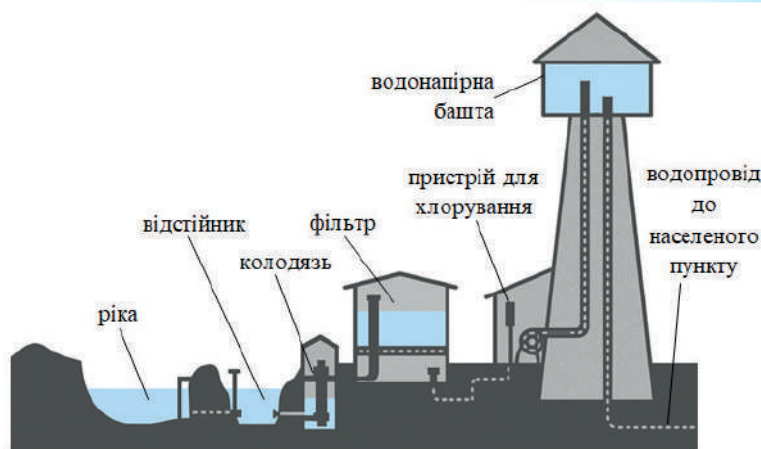
**Мал. 8.2.** *Схема установки для перегонки*



Питну воду одержують шляхом очищення природної води. Очищення природних вод — основна проблема водопостачання населених пунктів.

Для очищення відфільтровану воду направляють у відстійники (де осідають невідфільтровані частинки). Після цього вода потрапляє на вторинне очищення (хлорування, озонування) для знищення хвороботворних бактерій (знезараження). Усі операції проводять на спеціально облаштованих майданчиках (мал. 8.3).

Стічні води великих промислових підприємств, відходи сільськогосподарських комплексів теж потребують додаткового очищення. Їх не можна скидати в природні водойми (річки, озера).



**Мал. 8.3.** *Схема водоочисної станції*



### **А чи знаєте ви...**

Існують історичні свідчення, що королева Англії Єлизавета I ще в XVI столітті оголосила винагороду (премію) за винахід ефективного способу опріснення морської води. У той час Англія активно розвивала морське судноплавство та колоніальні експедиції. Під час тривалих морських подорожей прісна вода була критично важливою для виживання моряків.



### **Робота в парі**

Використовуючи додаткові джерела інформації, відшукайте інформацію про способи одержання прісної води з морської, види та кількість палива, яке необхідно використати для одержання 1 км<sup>3</sup> прісної води. Що вас вразило, а що здивувало? Обговоріть інформацію з однокласниками та однокласницями.



### Селена пише з Амазонії

Привіт із серця Південної Америки! Цього разу я подорожую вологим Амазонським тропічним лісом — територією річок і дощів. Тут вода впадає: у струмках — прозора й чиста, але в долині головних річок іноді стає каламутною та забарвленою, наче суміш глини й побутового сміття із сіл та міст.

Водойми — це живі системи. Коли до них потрапляє забруднена вода, змінюється їхній хімічний склад: усі розчинні промислові й побутові забруднювачі несуть загрозу риbam, рослинам і людям.

У таких випадках рятують тільки довготривалі заходи: очищення стоків, біофільтрація ґрунтовими рослинами та контроль за використанням хімічних речовин поблизу водойм. Вода — це життя. І кожна її краплина заслуговує на захист.



**Мал. 8.4.** Національний парк Жау, штат Амазонас, Бразилія

## Досліджуємо

### Опріснення води



#### Робота в групах

Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.

*Для роботи нам потрібно:* модельна морська вода (солонa вода — імітація морської), лабораторна установка для дистиляції або її спрощений варіант: металева банка / каструля з кришкою, склянка або стакан, харчова плівка (або кришка з отвором), вантаж (наприклад, монета), джерело тепла (електроплитка або гаряча вода), крижаний пакунок або холодна вода для охолодження кришки.

1. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.
2. Поміркуйте, як можна здійснити опріснення води. Проаналізуйте доступні реактиви й обладнання.
3. Розгляньте схему установки на мал. 8.5. Які процеси тут можуть відбуватися?
4. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте його результати.
5. Виконайте експеримент. Запишіть спостереження.
6. Поясніть результати експерименту. Які речовини вдалося вилучити з розчину? Яким є склад отриманої води?
7. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Зробіть обґрунтовані висновки.
8. Обговоріть інші способи опріснення води (виморожування, дистиляція, електро-



**Мал. 8.5.** Схема установки для опріснення води

діаліз, прямий і зворотний осмос, сепарація, йонний обмін). За потреби використайте додаткові джерела інформації.

9. У яких регіонах світу опріснення води має критичне значення? Чи застосовуються методи опріснення в Україні?

10. Зробіть загальний висновок. Чи все вам вдалося? Який етап дослідження був найбільш складним? Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.



## **Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті**



1. Закінчіть речення:
  - Вода — ...
  - Способи очистки води залежать від ...
  - Очистка природних вод — ...
2. Дайте відповіді на запитання:
  - Які фізичні властивості води вам відомі?
  - Яке значення мають водні розчини в природі, житті та практичній діяльності людини?
  - Як одержують дистильовану воду? Де її використовують?
  - Чому воду називають універсальним розчинником?
  - Як забруднювачі впливають на властивості природних розчинів у річках та озерах?
  - Яка різниця між біологічним і хімічним очищенням води?
  - Які розчини можуть бути корисними в природі, а які — шкідливими?
  - Яке значення має правильне сортування сміття для збереження чистоти водойм?
  - Чому не можна зливати ліки, фарбу або олію в каналізацію?
  - Які речовини найчастіше розчиняються у воді в природних умовах?
  - Чим небезпечні побутові мийні засоби для водойм?
3. Наведіть приклади використання води в побуті.
4. Наведіть приклади розчинних і нерозчинних у воді речовин.
5. Охарактеризуйте основні етапи очищення води.
6. Запропонуйте прості способи зменшення забруднення води в побуті.
7. Назвіть основні джерела промислового забруднення води.
8. Використовуючи додаткові джерела інформації, запишіть назви великих водосховищ України.
9. Для внутрішньовенного введення пацієнтам використовують фізіологічний розчин (розчин натрій хлориду з масовою часткою солі 0,89%). Обчисліть масу солі (г), яка міститься у фізіологічному розчині об'ємом 400 мл ( $\rho = 1,003 \text{ г/см}^3$ ).
10. Обчисліть масову частку (%) кухонної солі в розсолі, який приготували для соління огірків. На одну трилітрову банку потрібно використати 950 мл води та 3 столові ложки солі (в 1 столовій ложці міститься сіль масою 30 г).

- 11\*. Обчисліть масу (г) глюкози  $C_6H_{12}O_6$ , що міститься в крові людини об'ємом 5 л ( $\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$ ), якщо масова частка глюкози становить 0,1%.
12. У крові людини масова частка натрій хлориду становить приблизно 0,89%. Обчисліть масу (г) солі, що міститься в крові масою 5,2 кг.
- 13\*. Обчисліть масу (г) сульфитної кислоти, яка утворилася під час взаємодії сульфур(IV) оксиду об'ємом 44,8 л із водою.
14. Створіть інтелект-карту за темою «Розчини навколо нас».

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/0tOeever> або за QR-кодом та виконайте один із запропонованих домашніх експериментів (на вибір). Зробіть фото- або відеозвіт і презентуйте його в класі.



Підготуйте один із запропонованих проєктів (на ваш вибір).

- 1) Використовуючи додаткові джерела інформації, створіть лепбук «Використання розчинів у повсякденному житті».
- 2) Використовуючи додаткові джерела інформації, розробіть пам'ятку «Охорона водойм у своїй місцевості від забруднень. Державні заходи з охорони водойм України від забруднень».
- 3) Використовуючи додаткові джерела інформації, підготуйте міні-проєкт на тему: «Розчини в природі, побуті та організмі людини» або «Роль води в організмі людини» та презентуйте його в класі.

### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за поданим покликанням <https://cutt.ly/EtKqSMiH> і виконайте вправу.
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є у твердженнях:
  - 1) У воді можуть розчинятися не тільки тверді речовини, а й рідкі та газуваті.
  - 2) Перед використанням воду, яку беруть із річок та водосховищ, потрібно очищати.
  - 3) Підвищення температури зменшує розчинність кухонної солі у воді.



Цей параграф змусив мене подивитися на воду зовсім інакше. Виявляється, розчини — це не просто тема в підручнику з хімії, а те, що безпосередньо стосується нашого життя. Ми самі можемо стати джерелом забруднення води, якщо не будемо дбати про її чистоту. Тепер я знаю, що навіть мийний засіб у ванній чи пляшка з пестицидами на городі — це не дрібниці, а частина великої хімічної гри. І ми маємо в неї грати на боці природи.

Сьогодні виписали такі слова:

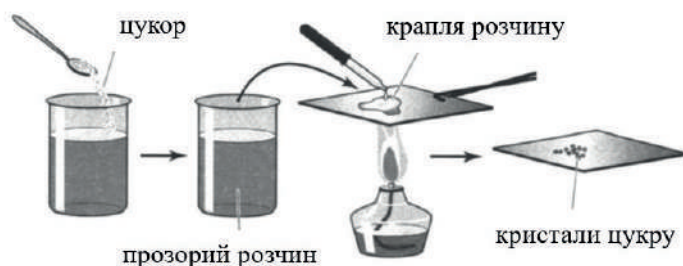
**дистиляція — distillation; опріснення — desalination.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## Самоконтроль знань із теми «Досліджуємо розчинність речовин і розчини»

1. Укажіть позначення масової частки розчиненої речовини  
а) М                      б)  $n$                       в) V                      г)  $w$
2. Найменшу кількість розчинених солей містить вода  
а) дощова                      б) морська                      в) джерельна                      г) дистильована
3. Укажіть речовину, яка належить до малорозчинних  
а) калій йодид                      б) натрій бромід  
в) магній гідроксид                      г) аргентум(I) хлорид
4. Зі зниженням тиску розчинність газів  
а) зменшується  
б) збільшується  
в) не змінюється  
г) для газів, які легші за повітря, спадає, а для газів, які важчі за повітря, зростає
5. Для очистки води на водозабірній станції використовують  
а) вату                      б) паперовий фільтр  
в) річковий пісок                      г) тканинний фільтр
6. На малюнку зображено спосіб розділення суміші  
а) однорідної                      б) неоднорідної  
в) твердої                      г) газоватої



7. У воді масою 350 г розчинили натрій гідроксид NaOH масою 50 г. Обчисліть масову частку (%) лугу в розчині.  
а) 10                      б) 12,5                      в) 15                      г) 20
8. Маса (г) калій хлориду, одержана під час випарювання розчину масою 50 г з масовою часткою розчиненої речовини 10%, —  
а) 2                      б) 2,5                      в) 5                      г) 10
9. Увідповідніть числові значення та склад розчину  
Об'єм води (мл)                      Маса солі, масова частка розчиненої речовини  
а) 90                      1) 40 г; 0,3  
б) 80                      2) 30 г; 0,4  
в) 45                      3) 20 г; 0,2  
                                    4) 10 г; 0,1
10. Проаналізуйте твердження. Чи є поміж них правильні?  
І. Сольватація — процес утворення продуктів взаємодії розчинника з розчиненою речовиною.  
ІІ. Насичений розчин — розчин, у якому за даних умов можна розчинити ще певну кількість речовини.

- а) лише І
- б) лише ІІ
- в) обидва правильні
- г) немає правильних

11. У таблиці наведено значення розчинності барій нітрату за різних температур. Укажіть **правильне** твердження, користуючись даними таблиці

| Сіль                       | Розчинність г/у 100 г води за температури |      |      |      |      |       |
|----------------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|-------|
|                            | 0°C                                       | 20°C | 40°C | 60°C | 80°C | 100°C |
| $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ | 5,0                                       | 9,2  | 14,2 | 20,3 | 27,0 | 34,2  |

- а) зі зниженням температури розчинність солі збільшується
- б) за температури 60°C у насиченому розчині  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  маса розчинника менша, ніж маса розчиненої речовини
- в) за температури 20°C масова частка солі становить 4,8%
- г) максимальна маса солі, яку можна розчинити у воді об'ємом 350 мл за температури 80°C, становить 94,5 г

12. Розташуйте маси компонентів розчинів у порядку зменшення масової частки розчиненої речовини (солі) у них

- а)  $m(\text{солі}) = 15 \text{ г}$ ;  $m(\text{води}) = 150 \text{ г}$
- б)  $m(\text{солі}) = 25 \text{ г}$ ;  $m(\text{води}) = 150 \text{ г}$
- в)  $m(\text{солі}) = 25 \text{ г}$ ;  $m(\text{води}) = 200 \text{ г}$
- г)  $m(\text{солі}) = 35 \text{ г}$ ;  $m(\text{води}) = 250 \text{ г}$

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|   |   |   |   |



Доповніть речення та оцініть свої досягнення

• Я дізнався/дізналася

• Я знаю

• Я можу

• Я вмію

Я все розумію та можу пояснити.

Я ще не все розумію та допускаю помилки.

Мені важко відповісти на запитання.



## **ТЕМА 2.**

# **ДОСЛІДЖУЄМО ХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ В РОЗЧИНАХ**





## §9. ЕЛЕКТРОЛІТИ ТА НЕЕЛЕКТРОЛІТИ. ЕЛЕКТРОЛІТИЧНА ДИСОЦІАЦІЯ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- що таке електроліти й неелектроліти;
- як відбувається процес дисоціації;
- чому відбувається йонізація молекул.



Уявляєш, Таміло, я знайшов свій минулорічний проєкт із фізики — просте електричне коло: замикаємо коло — лампочка світиться, розмикаємо — не світиться!

Зараз ми вивчаємо розчини, і цікаво було б знати, а чи розчини проводять електричний струм.



Так, дуже цікаво! Пригадую, Фарадей саме з цього починав: досліджував електрику в розчинах і відкрив закон електролізу. Ми вже так багато знаємо про розчини. Можливо, і ми відкрисемо щось корисне? Відчуємо себе фізиками, як Фарадей!



Хто сказав, що електрика — справа тільки фізиків? Майкл Фарадей був хіміком за освітою! У XIX столітті він першим почав досліджувати, як електричний струм тече через розчини. Саме Фарадей увів терміни: анод, катод, йон, електроліз — чули такі?

Його досліди з розчинами дали початок новій галузі — електрохімії. А ще завдяки його відкриттям ми сьогодні маємо батарейки та акумулятори. Фарадей починав як учень у книгарні, а став науковцем, іменем якого названі закони, одиниці вимірювання та навіть лабораторії! Тож не гайте часу!



Які речовини у водному розчині проводять електричний струм?

### Досліджуємо



У мене все готово для експерименту, тож я пропоную саме з нього сьогодні почати нашу роботу. Дуже кортить експериментувати!

**Чи проводить розчин струм?**



#### Робота в групах

Для дослідження нам потрібно: джерело струму (наприклад, батарейка або лабораторний блок живлення), лампа або світлодіод, провідник, два



графітові електроди (можна з олівців), прозора склянка з дистильованою водою, кухонна сіль (NaCl), цукор, лимонна кислота, сода.

1. Об'єднайтеся в групи. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.

2. Пригадайте, що таке електричний струм та умови його протікання. Сформулюйте гіпотезу, чи проводить дистильована вода електричний струм.

3. Зберіть просте електричне коло, як показано на мал. 9.1. Наповніть склянку дистильованою водою та занурте в неї графітові електроди. Перевірте з'єднання, замкніть і розімкніть коло. Що спостерігаєте?

4. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Поясніть результати експерименту.

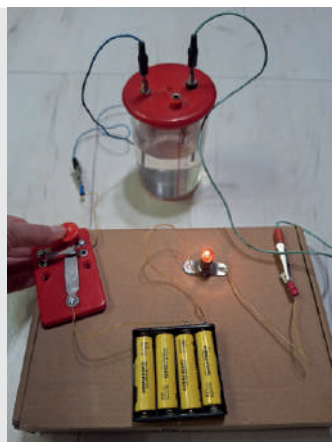
5. Приготуйте розчини досліджуваних речовин: кухонної солі, цукру, лимонної кислоти й соди.

6. Перевірте, чи проводять ці розчини електричний струм. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати.

7. Виконайте експеримент. Що спостерігаєте?

8. Оформіть результати у вигляді таблиці та зробіть висновок.

9. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.



**Мал. 9.1.** Дослідження електропровідності розчину кухонної солі



Від чого залежить здатність розчинів речовин проводити електричний струм?

## Опрацьовуємо інформацію



### Електроліти та неелектроліти

Електричний струм — це напрямлений рух заряджених частинок.

Щоб струм протікав, необхідні *дві умови*:

1. Наявність носіїв заряду — частинок, які можуть переміщуватися.

2. Наявність електричного поля, яке впорядковує рух цих частинок і надає йому напрямленості.

Отже, речовина проводить електричний струм, якщо в ній є носії заряду. У металах ними є вільні електрони — тому вони добрі провідники.

А хто ж є носіями струму в розчинах? Еврика! Це, мабуть, йони — позитивно й негативно заряджені частинки. Саме тому в нашому досліді розчин кухонної солі проводив струм, бо в ньому були йони  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$ . Але ж і розчини лимонної кислоти та соди також проводили струм. Отже, і в них містилися йони!



Подібні досліди свого часу проводили англійські вчені Гемфрі Деві та Майкл Фарадей. Вони досліджували електропровідність розчинів і розплавів і дійшли висновку, що існують речовини, які у воді або під час нагрівання розпадаються на йони, і завдяки цьому проводять струм.



**Електроліти** — це речовини, водні розчини або розплави яких проводять електричний струм.

**Неелектроліти** — речовини, які не проводять струм у водному розчині або розплаві.

Здатність речовини проводити струм пов'язана з її будовою:

- Йонні сполуки (наприклад, солі, луги, деякі оксиди) — електроліти.
- Ковалентні сполуки, які не утворюють йонів у розчині чи розплаві, — неелектроліти.



Які сполуки мають йонну будову? Як утворюється йонний зв'язок?



### Робота в парі

- 1) Випишіть формули йонних сполук. Обґрунтуйте свій вибір.  
 $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Mg}_3\text{N}_2$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{ZnS}$
- 2) Серед наведених оберіть формули йонних сполук, водні розчини яких проводять струм. Обґрунтуйте свій вибір.  
 $\text{CuO}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Fe(OH)}_2$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$



Чому розчин цукру не проводить електричний струм? Як це пов'язано з будовою молекули сахарози ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )? Якими зв'язками вона утворена?



### Електролітична дисоціація



### Робота в парі

Заповніть порівняльну таблицю за результатами виконаного експерименту. Обговоріть відповіді з однокласниками/однокласницями.

| Ознака                     | Кухонна сіль ( $\text{NaCl}$ ) | Цукор ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Тип зв'язку                |                                |                                                     |
| Утворює йони у воді?       |                                |                                                     |
| Розчин проводить струм?    |                                |                                                     |
| Електроліт чи неелектроліт |                                |                                                     |



Поясніть, як відбувається розчинення кухонної солі та цукру. Які частинки утворюються під час розчинення кожної з речовин?

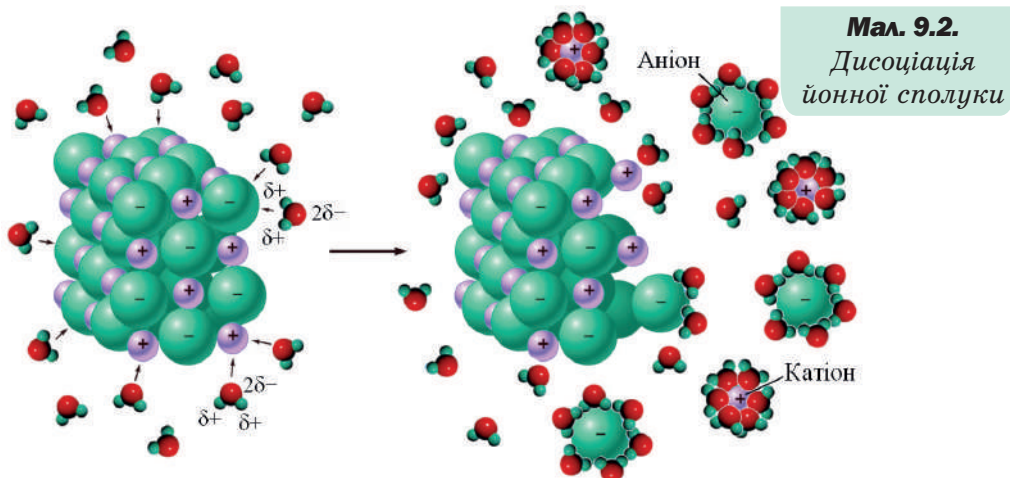


**Електролітична дисоціація** — це процес розпаду речовин на йони під час їх розчинення у воді або розплавлення.

Саме йони, що утворюються в результаті дисоціації, є носіями електричного струму в розчинах кислот, основ і солей.

Розглянемо детальніше процес дисоціації (мал. 9.2).

Розчинення йонних сполук відбувається внаслідок взаємодії йонів із диполями води та їх гідратації. У результаті утворюються гідратовані йони — катіони й аніони, які вільно рухаються в розчині. Розпад на йони відбувається й під час розплавлення речовин із йонним зв'язком.



Дисоціацію йонних сполук подають у вигляді рівнянь. Наприклад, дисоціацію натрій хлориду запишемо так:



Деякі речовини з полярними ковалентними зв'язками (наприклад, кислоти) не проводять струм у чистому вигляді, але проводять його в розчині, бо в них теж відбувається електролітична дисоціація.

Цей процес є складнішим і включає кілька етапів:

1. Орієнтація молекул води навколо полюсів молекули розчиненої речовини.
2. Електростатична взаємодія диполів води з молекулою речовини.
3. Йонізація молекули — розрив полярного зв'язку з утворенням йонів.
4. Гідратація йонів — оточення їх молекулами води.

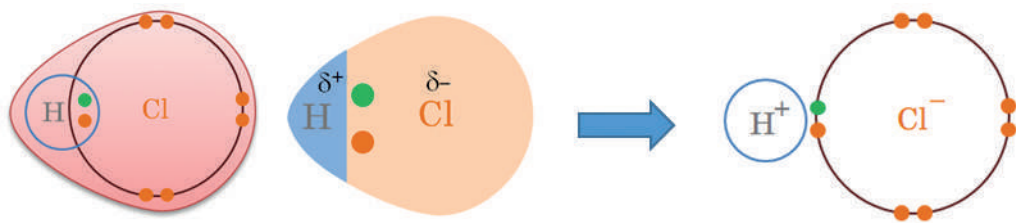


Що є причиною полярності молекул, утворених ковалентним зв'язком? Наведіть приклади полярних молекул.

Під час розчинення в молекулі  $\text{HCl}$  унаслідок дії диполів води електронна пара зміщується в бік атома Хлору — утворюються йони  $\text{Cl}^-$  та  $\text{H}^+$ . Після цього утворені йони гідратуються — і розчин стає провідником струму (мал. 9.3).



Знак оборотності  $\rightleftharpoons$  у рівнянні вказує на те, що процес дисоціації є оборотним: одночасно з дисоціацією відбувається асоціація — об'єднання протилежно заряджених йонів.



**Мал. 9.3.** Йонізація молекули гідроген хлориду

Теорію електролітичної дисоціації в 1887 році запропонував шведський фізик, хімік та астрофізик Сванте Арреніус, за що в 1903 році отримав Нобелівську премію з хімії. Його теорія стала основою для розвитку електрохімії, теорії кислот й основ, а також пояснила, як електроліти дисоціюють у воді.



Яким, на вашу думку, є процес дисоціації: фізичним чи хімічним?

### Селена пише зі Швеції

Привіт із Північної Європи!

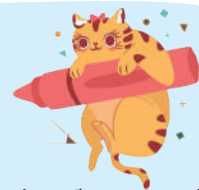
Сьогодні я побувала в місті Уппсала. Саме тут народився та працював Сванте Арреніус — один із найвідоміших учених у світі.



Сванте  
Арреніус

У місцевому музеї я побачила його старі лабораторні записи. Понад 130 років тому Арреніус запропонував теорію електролітичної дисоціації. Він довів, що деякі речовини у воді розпадаються на йони, і саме тому їх розчини проводять електричний струм.

Його ідеї змінили світ хімії! На церемонії вручення Нобелівської премії у 1903 році відзначили, що теорія йонів Арреніуса заклала якісну основу електрохімії, «дозволивши застосовувати до неї математичний підхід».



### Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

- Закінчіть речення:
  - Електроліти — це...
  - Електролітична дисоціація — це ...
  - Гідратація — це ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Що таке неелектроліти?

- Як відбувається дисоціація йонних сполук?
  - Що таке йонізація?
3. Опишіть етапи електролітичної дисоціації молекули гідроген хлориду у воді.
  4. Використовуючи додаткові джерела інформації, відшукайте тип кристалічної ґратки калій броміду та опишіть механізм дисоціації у водному розчині.
  5. Установіть формули речовин за електронними формулами атомів хімічних елементів:
 

|                                                                                |                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) $1\bar{e}$ і $2\bar{e}$ , $8\bar{e}$ , $7\bar{e}$                           | 3) $2\bar{e}$ , $7\bar{e}$ і $2\bar{e}$ , $7\bar{e}$                                        |
| 2) $2\bar{e}$ , $8\bar{e}$ , $1\bar{e}$ і $2\bar{e}$ , $8\bar{e}$ , $6\bar{e}$ | 4) $2\bar{e}$ , $8\bar{e}$ , $8\bar{e}$ , $2\bar{e}$ і $2\bar{e}$ , $8\bar{e}$ , $7\bar{e}$ |

 Який вид зв'язку в наведених сполуках? Які з наведених речовин не проводять струм у розчині? Які з наведених речовин не проводять струм у розплаві? Поясніть свій вибір.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/EtOewjpw> або за QR-кодом та виконайте завдання 6-10.



### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за поданим покликанням <https://cutt.ly/1tKqFhfp> і виконайте вправу.
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) Речовини, утворені йонним зв'язком, є електролітами.
  - 2) Кислоти не проводять електричний струм у чистому вигляді.



Тепер я точно знаю, що не всі речовини, які розчиняються у воді, проводять електричний струм. Це можуть робити лише ті, що розпадаються на йони, тобто електроліти: солі, кислоти, луги. Саме йони — катіони й аніони — вільно рухаються у воді та переносять заряд. А речовини, які не утворюють йонів у розчині, як-от цукор, хоч і добре розчиняються, струм не проводять.

А найцікавішим є той факт, що дисоціація — це фізико-хімічний процес, який можуть пояснювати і фізики, і хіміки.

Сьогодні ми запам'ятали такі слова:

**електролітична дисоціація — electrolytic dissociation;**

**електроліт — electrolyte.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §10. КИСЛОТИ, ОСНОВИ, СОЛІ З ПОЗИЦІЇ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОЇ ДИСОЦІАЦІЇ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- про особливості будови кислот, основ і солей;
- як дисоціюють кислоти, основи й солі;
- чим дисоціація кислот відрізняється від дисоціації основ і солей.

Поглянь, Марку, скільки всього написано на етикетці цієї мінеральної води!  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ... Що це – набір хімічних символів? Схоже, це йони, які містяться у воді. Але як вони туди потрапили? Їх що, спеціально додають? І чи не шкідливі вони, якщо ми цю воду п'ємо?



Пригадую з уроків географії: мінеральні води збагачені солями з ґрунтів і гірських порід. Навіть малорозчинні сполуки, наприклад, кальцій карбонат ( $\text{CaCO}_3$ ), можуть частково розчинятись у воді. Але то йдеться про солі, а звідки ж йони? Може, такий склад води є наслідком електролітичної дисоціації розчинених у ній речовин?



Які йони утворюються в результаті дисоціації кислот, основ і солей?



### Опрацюємо інформацію



### Класи неорганічних сполук



### Робота в групах

1. Об'єднайтеся в 4 групи. Випишіть формули простих речовин, усно дайте їм назви, складні речовини об'єднайте в групи за спільною ознакою щодо складу. Заповніть таблицю. Назвіть групи речовин 1-4.

$\text{NaOH}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{Ba(OH)}_2$ ,  $\text{KBr}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CaS}$ ,  $\text{ZnI}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgF}_2$

| Прості речовини | Складні речовини |              |              |              |
|-----------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
|                 | Група 1 ____     | Група 2 ____ | Група 3 ____ | Група 4 ____ |
|                 |                  |              |              |              |

2. Оберіть (за бажанням) одну з груп речовин і пригадайте, що ви про них знаєте: назви, особливості будови, властивості, способи одержання, наведіть приклади використання.

Дуже цікаве завдання. Ми теж із Марком його виконали й відчували себе справжніми науковцями-класифікаторами. Перевірмо результати роботи. Які групи складних речовин ви отримали? Назви груп ми заанаграмували. Тож розшифруйте анаграми:

СИКОДИ СИКОЛТИ СИНОВО СЮЛ

Чи правильно ми визначили групи речовин?



Я спробую допомогти. Ви вже знаєте, що існує безліч неорганічних сполук. У будь-якому хаосі треба зробити впорядкування, тому всі неорганічні речовини об'єднують у 4 класи: оксиди, кислоти, основи й солі. Бачу, що саме так ви й зробили. Чудова робота! А я склав узагальнену таблицю з прикладами про класи неорганічних сполук.

| Класи неорганічних сполук                               |                                                                            |                                                                                            |                                                                                       |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Оксиди                                                  | Кислоти                                                                    | Основи                                                                                     | Солі                                                                                  |
| Бінарні сполуки, утворені Оксигеном та іншим елементом. | Утворені атомами Гідрогену й кислотними залишками.                         | Йонні сполуки, утворені катіонами металічних елементів й однією або декількома групами OH. | Йонні сполуки, утворені катіонами металічних елементів й аніонами кислотних залишків. |
| $H_2O$ , CO, $MgO$ , $CO_2$ , $NO_2$ , NO, $SO_3$ ,     | $H_2S$ , $H_3PO_4$ , $HNO_2$ , $HNO_3$ , $H_2SO_4$ , $H_2SO_3$ , HBr, HCl, | NaOH, $Ca(OH)_2$ , KOH, $Ba(OH)_2$ ,                                                       | $FeCl_2$ , KBr, CaS, NaCl, $ZnI_2$ , $MgF_2$ .                                        |



Для розпізнавання цих сполук можна запам'ятати 4 коротких підказки:

- 1) Бінарна сполука з Оксигеном — це оксид.
- 2) Якщо у формулі є H на початку, імовірно, це кислота.
- 3) Якщо у формулі є група OH, імовірно, це основа.
- 4) Якщо формула не відповідає підказкам 1-3 і містить символи металічних і неметалічних елементів, найімовірніше, це сіль!

Але ж повернемося до нашої теми. Як ці класи сполук розпізнавав Арреніус? Очевидно, з позиції електролітичної дисоціації потрібно врахувати йони, які утворюються в розчинах або розплавах.

| Класи неорганічних сполук |                                                                            |                                                              |                                                                                                                             |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Оксиди                    | Кислоти                                                                    | Основи                                                       | Солі                                                                                                                        |
| Не дисоціюють.            | Речовини, які в розчині дисоціюють з утворенням йонів Гідрогену ( $H^+$ ). | Речовини, які в розчині утворюють гідроксид-йони ( $OH^-$ ). | Речовини, які під час дисоціації утворюють катіони металічних елементів (або амонію $NH_4^+$ ) й аніони кислотних залишків. |

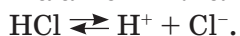


Що таке гідрати? Як їх одержують?



## Кислоти з позиції теорії електролітичної дисоціації Арреніуса

Кислоти (розчинні у воді) — це електроліти, що дисоціюють з утворенням катіонів Гідрогену  $H^+$  та аніонів кислотного залишку:



Склад кислот можна узагальнити за допомогою формули



де  $An^{x-}$  — аніон кислотного залишку ( $x-$  — заряд аніона кислотного залишку).

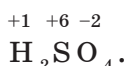
Заряд аніона кислотного залишку дорівнює числу йонів Гідрогену, але зі знаком «-». Наприклад:

| Формула кислоти | Кількість атомів Гідрогену | Заряд аніона кислотного залишку |             |
|-----------------|----------------------------|---------------------------------|-------------|
| HCl             | 1                          | 1-                              | $Cl^-$      |
| $HNO_3$         | 1                          | 1-                              | $NO_3^-$    |
| $H_2SO_4$       | 2                          | 2-                              | $SO_4^{2-}$ |
| $H_3PO_4$       | 3                          | 3-                              | $PO_4^{3-}$ |



А ще я помітив, що заряд кислотного залишку також дорівнює сумі ступенів окиснення елементів, із яких він складається.

Наприклад, визначимо ступені окиснення елементів у сульфатній кислоті:



Якщо в кислотному залишку просумувати ступені окиснення Сульфу та Оксигену, то також отримаємо:  $(+6) + (-2) \cdot 4 = -2$ .



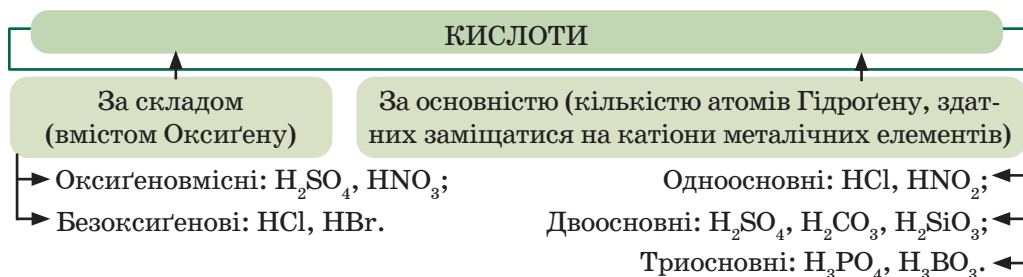
## Робота в парі

Визначте заряди аніонів кислотних залишків, заповнивши таблицю:

| Формула кислоти | Кількість атомів Гідрогену | Заряд аніона кислотного залишку | Сума ступенів окиснення | Ступені окиснення елементів |
|-----------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| HBr             | 1                          | 1-                              | -1                      | -1<br>Br                    |
| $HNO_2$         |                            |                                 |                         |                             |
| $H_2SO_3$       |                            |                                 |                         |                             |
| $HPO_3$         |                            |                                 |                         |                             |
| $H_2CO_3$       |                            |                                 |                         |                             |

Кислоти класифікують за такими ознаками:

1. За складом (вмістом Оксигену).
2. За основністю (кількістю атомів Гідрогену, здатних заміщатися на катіони металічних елементів).

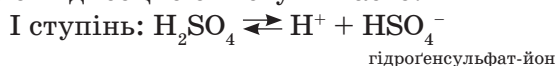


Назви та формули кислот наведені в додатку 1.

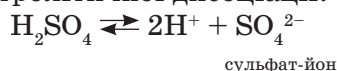
Під час дисоціації кислот у водних розчинах утворюються йони  $\text{H}^+$  й аніони кислотних залишків:



Багатоосновні кислоти дисоціюють ступінчато:



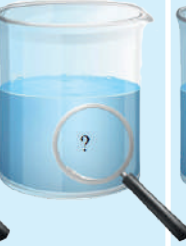
Сумарне рівняння електролітичної дисоціації:



Потрібно зауважити, що ступінчаста дисоціація за першим ступенем відбувається повніше, ніж за другим.

### Робота в парі

- 1) Розгляньте схему 1.
- 2) Аналогічно запишіть рівняння дисоціації для бромідної, сульфитної й ортофосфатної кислот (схеми 2-4). Спрогнозуйте, які йони будуть одночасно в розчині.
- 3) Сформулюйте умову завдання для схеми 5 і виконайте його.

| Схема 1                                                                             | Схема 2                                                                             | Схема 3                                                                             | Схема 4                                                                              | Схема 5                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |
| $\text{H}_2\text{CO}_3$                                                             | $\text{HBr}$                                                                        | $\text{H}_2\text{SO}_3$                                                             | $\text{H}_3\text{PO}_4$                                                              | ?                                                                                     |
| I ступінь:                                                                          |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$              |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |

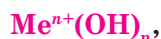
|                                                                           |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| II ступінь:                                                               |  |  |  |  |
| $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$         |  |  |  |  |
| Сумарне рівняння:                                                         |  |  |  |  |
| $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ |  |  |  |  |

## Основи з позиції теорії електролітичної дисоціації Арреніуса

**Основи** — це сполуки, які дисоціюють на катіони металічних елементів (або йон амонію  $\text{NH}_4^+$ ) та гідроксид-аніони  $\text{OH}^-$ :



Основи — речовини йонної будови, тому їхні формули відображають співвідношення катіонів металічного елемента  $\text{Me}^{n+}$  та аніонів гідроксильної групи  $\text{OH}^-$  у речовині:



де Me — металічний елемент,

n+ — заряд катіона металічного елемента.

Заряд гідроксид-йона — 1-.



Як утворюються назви основ? Що таке луги?

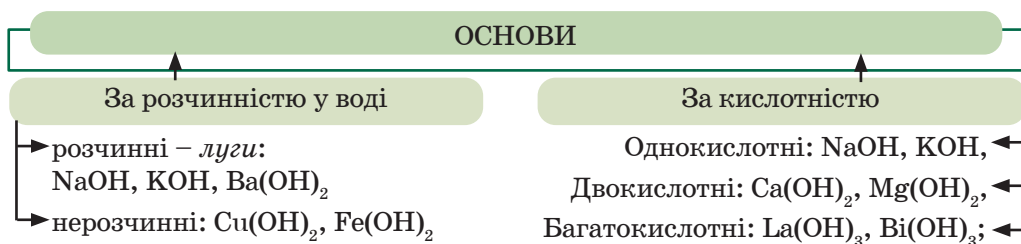
## Робота в парі

Назвіть сполуки за формулами й запишіть формули за назвами

| Формула основи           | Назва | Формула основи | Назва                |
|--------------------------|-------|----------------|----------------------|
| NaOH                     |       |                | Калій гідроксид      |
| $\text{Mg}(\text{OH})_2$ |       |                | Стронцій гідроксид   |
| $\text{Ba}(\text{OH})_2$ |       |                | Кальцій гідроксид    |
| $\text{Fe}(\text{OH})_2$ |       |                | Манган(II) гідроксид |

Основи класифікують за такими ознаками:

1. За розчинністю у воді.
2. За кислотністю (кількістю гідроксильних груп у формульній одиниці).



Розчинні у воді основи дисоціюють повністю з утворенням гідратованих катіонів металічних елементів і гідроксид-йонів  $\text{OH}^-$ :





## Робота в парі

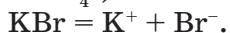
- 1) Розгляньте схему 1.
- 2) Аналогічно запишіть рівняння дисоціації для літій, натрій і кальцій гідроксидів (схеми 2-4). Спрогнозуйте, які йони будуть одночасно в розчині.
- 3) Сформулюйте умову завдання для схеми 5 та виконайте його.

| Схема 1                                                                           | Схема 2                                                                           | Схема 3                                                                           | Схема 4                                                                            | Схема 5                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |
| $\text{Ba(OH)}_2$                                                                 | $\text{LiOH}$                                                                     | $\text{NaOH}$                                                                     | $\text{Ca(OH)}_2$                                                                  | ?                                                                                   |
| $\text{Ba(OH)}_2 = \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$                                 |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |



## Солі з позиції теорії електролітичної дисоціації Арреніуса

Солі — це сполуки, які дисоціюють на гідратовані катіони металічних елементів (або йон амонію  $\text{NH}_4^+$ ) та аніони кислотних залишків:



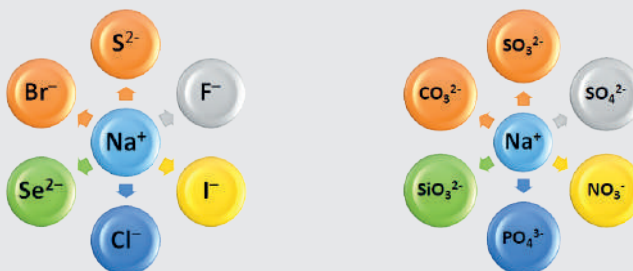
Солі — кристалічні речовини, які можна розглядати як продукти повного або часткового заміщення атомів Гідрогену в кислотах катіонами металічних елементів.

| Кислота                    | Сіль                                   |
|----------------------------|----------------------------------------|
| $\text{H}_x\text{An}^{x-}$ | $(\text{Me}^{n+})_x(\text{An}^{x-})_n$ |
| $\text{H}_2\text{SO}_4$    | $\text{Na}_2\text{SO}_4$               |
| СУЛЬФАТна кислота          | натрій СУЛЬФАТ                         |



## Робота в парі

Пригадайте, як складають формули й назви бінарних сполук, які є солями. Запишіть формули, використовуючи схеми, і назвіть ці сполуки.



Ви вже знаєте, що для йонів, які мають змінні заряди, величину заряду обов'язково вказують у дужках у назві основ і солей. Також у назві

можна використовувати величину та знак заряду катіона в дужках. Наприклад,  $\text{CuSO}_4$  — купрум(2+) сульфат,  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  — аргентум(1+) ортофосфат,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  — ферум(3+) нітрат тощо.

За складом і хімічними властивостями солі поділяють на середні, кислі, основні, подвійні, змішані та комплексні.

**Середні солі** — це продукти повного заміщення атомів Гідрогену в кислотах катіонами металічних елементів (або йоном амонію  $\text{NH}_4^+$ ):  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

Розчинні у воді солі дисоціюють повністю з утворенням гідратованих катіонів металічних елементів і аніонів кислотних залишків:



Нерозчинні у воді солі, які не розкладаються під час нагрівання, дисоціюють у розплавах.



### Робота в парі

- 1) Розгляньте схему 1.
- 2) Аналогічно запишіть рівняння дисоціації для літій нітрату, барій хлориду і купрум(2+) сульфату (схеми 2-4). Спрогнозуйте, які йони будуть одночасно в розчині.
- 3) Сформулюйте умову завдання для схеми 5 та виконайте його.

| Схема 1                                            | Схема 2         | Схема 3         | Схема 4         | Схема 5 |
|----------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|
|                                                    |                 |                 |                 |         |
| $\text{K}_2\text{S}$                               | $\text{LiNO}_3$ | $\text{BaCl}_2$ | $\text{CuSO}_4$ | ?       |
| $\text{K}_2\text{S} = 2\text{K}^+ + \text{S}^{2-}$ |                 |                 |                 |         |

## Досліджуємо

Досліджуємо склад мінеральних вод



### Робота в групах

1. Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.
2. Оберіть 2–3 марки мінеральної води (можна принести пляшки або знайти фото в інтернеті). Зверніть увагу на етикетки: відшукайте інформацію про хімічний склад води.
3. Запишіть, які йони вказано на етикетці: катіони й аніони. Зверніть увагу на загальну мінералізацію ( $\text{мг/дм}^3$ ).
4. За вмістом солей (мінералізацією) класифікуйте воду на столову, лікувально-столову або лікувальну. Використайте додаткові джерела інформації.

За складом визначте, які солі переважають у воді.

5. Заповніть таблицю для порівняння різних вод:

| Назва води | Основні йони | Мінералізація<br>(мг/дм <sup>3</sup> ) | Тип води | Можливе<br>застосування |
|------------|--------------|----------------------------------------|----------|-------------------------|
|------------|--------------|----------------------------------------|----------|-------------------------|

6. Зробіть висновки. Які йони зустрічаються найчастіше? Як змінюється мінералізація різних вод? За яких умов доцільно вживати кожну з них?

7. Обговоріть з однокласниками/однокласницями, чому важливо знати йонний склад води? Чи всі мінеральні води підходять для щоденного споживання? Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

### Селена пише з Чилі

Привіт із Південної Америки!

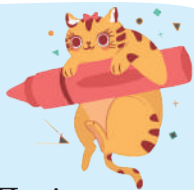
Цього разу я відвідала Чилі — країну вогню, вулканів і... хімії! Особливо мене вразила пустеля Атакама — найпосушливіше місце на планеті. Але навіть тут є дещо надзвичайно корисне — термальні джерела Пурітама.



**Мал. 10.1.** Долина в пустелі Атакама

Ці природні басейни розташовані в глибокому каньйоні серед кам'янистих схилів. Вода тут тепла, прозора і... насичена солями! У її складі — йони Натрію, Калію, Кальцію, Магнію, а також сульфат- і хлорид-йони. Місцеві жителі з давніх часів використовують цю воду для оздоровлення.

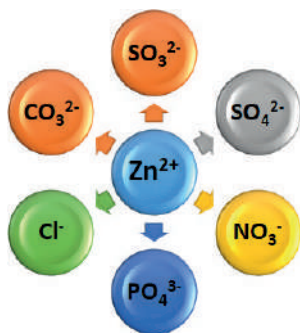
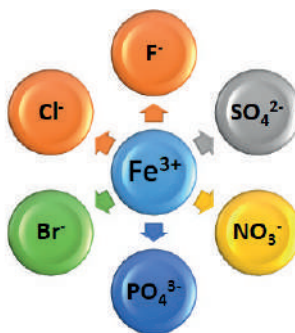
А ще Атакама — справжній рай для хіміків і геологів. Тут добувають солі Літію, які є цінною сировиною для акумуляторної промисловості. Крім того, у пустелі знаходяться значні поклади натрієвої селітри (натрій нітрату), відомої як чилійська селітра. Атакама — це найбільше у світі природне родовище цього мінералу!



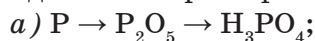
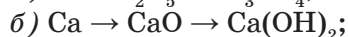
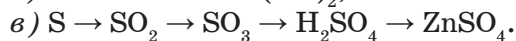
### Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

- Закінчіть речення:
  - Кислоти — це...
  - Основи — це ...
  - Солі — це ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Як дисоціюють кислоти у водних розчинах?
  - Які йони утворюються в результаті дисоціації основ у водних розчинах?
  - Як утворюються гідратовані йони катіонів й аніонів солей?
  - Що означає знак  $\rightleftharpoons$  у рівнянні дисоціації?
- Опишіть етапи електролітичної дисоціації ортофосфатної кислоти у воді.
- Запишіть формули солей: ферум(2+) хлориду, цинк сульфід, купрум(2+) бромід, барій ортофосфату, аргентум(1+) нітрату, магній сульфату, калій карбонату.

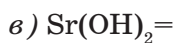
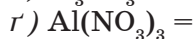
5. Запишіть формули, використовуючи схеми, і назвіть ці сполуки.



6. Здійсніть перетворення:



7. Доповніть рівняння електролітичної дисоціації для наведених сполук:



Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/MtOeQRJd> або за QR-кодом та виконайте завдання 8-12.



### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за поданим покликанням <https://cutt.ly/ItKqGRgO> і перевірте свої знання.

2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:

1) Йонні сполуки дисоціюють ступінчасто.

2) Під час дисоціації основ утворюються катіони металічних елементів, Гідрогену й гідроксид-аніони.



Тепер ми знаємо, що мінеральна вода містить різні йони, які утворилися внаслідок дисоціації солей, кислот й основ. Ці йони потрапили у воду з гірських порід і мінералів, через які вона просочувалася. І хоча в хімії, на перший погляд, усе здається складним, насправді йонний склад води — це підказка, яка розповідає про її походження, властивості та навіть користь!

Сьогодні ми запам'ятали такі словосполучення:

**йон Гідрогену — Hydrogen ion;**

**гідроксид-йон — hydroxide ion.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §11. СИЛЬНІ ТА СЛАБКІ ЕЛЕКТРОЛІТИ. ВОДНЕВИЙ ПОКАЗНИК pH



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- що таке ступінь дисоціації;
- від чого залежить сила електролітів;
- що таке показник pH;
- як ми використовуємо інформацію про pH середовища в повсякденному житті.



Таміло, я вирішив повторити серію експериментів з електропровідністю розчинів. Цього разу перевіряв розчин чилійської селітри, про яку писала Селена, та оцет. Усе зробив однаково: однакові кількості розчиненої речовини, той самий об'єм розчинів, а результат різний! У розчині селітри лампочка горить яскраво, а в оцту — ледь-ледь світиться. Чому так?

Дивно... Якщо кількість речовини однакова, то кількість йонів мала б бути теж однаковою. Але бачимо, що — ні. Може, річ у тому, що не всі частинки речовини дисоціюють на йони? Схоже, процес дисоціації залежить ще й від інших чинників. Треба дослідити це питання глибше!



Чи всі речовини повністю дисоціюють у водному розчині? Від чого залежить кількість утворених йонів?



### Опрацьовуємо інформацію



#### Робота в групах

Перейдіть на сайт за QR-кодом або за поданим покликанням <https://cutt.ly/YtKqJiCK> і повторіть умови виникнення електричного струму.



#### Ступінь дисоціації



Що таке електроліти? Які особливості будови цих сполук?



Результати Маркового експерименту вказують на те, що кількість носіїв струму в досліджуваних розчинах була різною, що вплинуло на яскравість світіння лампочки. Щоб порівнювати електроліти між собою, як це зробив Марко, важливо не тільки знати, чи дисоціює речовина, але й кількісно оцінити цей процес.



Кількісною характеристикою повноти процесу дисоціації є ступінь дисоціації.



**Ступінь дисоціації** — це відношення кількості частинок, які розпалися на йони, до загальної кількості частинок розчиненої речовини (молекул або формульних одиниць) у розчині.

Формули для обчислення ступеня дисоціації:

$$\alpha = \frac{N_{\text{дис}}}{N_{\text{заг}}}, \text{ або } \alpha = \frac{N_{\text{дис}}}{N_{\text{заг}}} \cdot 100\%,$$

де  $\alpha$  — ступінь дисоціації;

$N_{\text{дис}}$  — кількість частинок (молекул або формульних одиниць), які розпалися на йони;

$N_{\text{заг}}$  — загальна кількість частинок (молекул або формульних одиниць) розчиненої речовини в розчині.

Ступінь дисоціації виражають у відсотках або часткою від одиниці.

Він залежить від кількох чинників:

#### Природа розчиненої речовини

Йонні сполуки зазвичай майже повністю дисоціюють на йони. Натомість молекулярні сполуки, зокрема кислоти, дисоціюють частково та ступінчасто.

#### Природа розчинника

У полярних розчинниках (наприклад, у воді) дисоціація відбувається активніше. Під час розчинення йонних сполук відбувається сольватація йонів, а для молекулярних речовин — спершу йонізація молекул. Чим вища полярність розчинника, тим більший ступінь дисоціації.

#### Концентрація розчину

У концентрованих розчинах ступінь дисоціації менший, ніж у розведених. Це пояснюється тим, що за високої концентрації йонів зростає ймовірність асоціації — зворотного процесу до дисоціації.

#### Температура

З підвищенням температури ступінь дисоціації збільшується, оскільки збільшується рухливість частинок.

Наприклад, твердження «Ступінь дисоціації оцтової (етанової) кислоти ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) за певних умов дорівнює 4% » означає, що зі 100 розчинених молекул кислоти лише 4 розпадаються на йони.

Натомість ступінь дисоціації натрій хлориду ( $\text{NaCl}$ ) у водному розчині наближається до 1 (100%). Тобто практично всі формульні одиниці розпадаються на йони Натрію ( $\text{Na}^+$ ) та хлорид-йони ( $\text{Cl}^-$ ).

## Сильні та слабкі електроліти

За ступенем дисоціації розрізняють сильні та слабкі електроліти (табл. 11.1).

Таблиця 11.1

### Класифікація електролітів за ступенем дисоціації

| Тип електроліту | Ступінь дисоціації ( $\alpha$ ) | Приклади                   |
|-----------------|---------------------------------|----------------------------|
| Сильні          | $\approx 100\%$                 | NaOH, KOH, майже всі солі  |
| Слабкі          | $< 1\%$                         | $H_2O$ , $NH_3 \cdot H_2O$ |



Сильні електроліти майже повністю розпадаються на йони у воді, слабкі — лише частково.



### А чи знаєте ви...

Амоній гідроксид ( $NH_3 \cdot H_2O$ ) — це розчин амоніаку у воді з характерним різким запахом. Розчин із масовою часткою 10% відомий як нашатирний спирт. Це слабкий електроліт, адже в розчині лише частина молекул амоніаку перетворюється на йони.  $NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ . Амоніак у природі може утворюватися внаслідок розкладу бактеріями органічних решток.

У випадку класифікації кислот за ступенем дисоціації розглядають три групи: сильні, середньої сили й слабкі кислоти (табл. 11.2).

Таблиця 11.2

### Класифікація кислот за ступенем дисоціації

| Тип електроліту | Ступінь дисоціації ( $\alpha$ ) | Приклади                                     |
|-----------------|---------------------------------|----------------------------------------------|
| Сильні          | $> 30\%$                        | HCl, $H_2SO_4$ , $HNO_3$                     |
| Середньої сили  | 3–30%                           | HF, $H_3PO_4$ , $H_2SO_3$                    |
| Слабкі          | $< 3\%$                         | $CH_3COOH$ , $H_2CO_3$ , $H_2S$ , $H_2SiO_3$ |



### Робота в парі

Розгляньте табл. 11.1–11.2. Запишіть, як приклади, рівняння дисоціації одного сильного, середньої сили й слабого електроліту.



### Приклад розв'язування задач

**Приклад 1.** Ступінь дисоціації електроліту в розчині, який містить 0,01 моль етанової кислоти ( $CH_3COOH$ ), дорівнює 1,3 %. Обчисліть кількість речовини (моль) молекул кислоти, що продисоціювали.

Відомо:

$$n(CH_3COOH) = 0,01 \text{ моль}$$
$$\alpha = 1,3 \%$$

$n_{\text{дис}}$  — ?

Розв'язання:

1. Записуємо формулу для обчислення ступеня дисоціації:

$$\alpha = \frac{N_{\text{дис}}}{N_{\text{заг}}},$$

2. Оскільки загальна кількість і кількість дисоційованих молекул пропорційні до кількості речовини, то ступінь дисоціації можна обчислити за формулою:



$$\alpha = \frac{n_{\text{дис}}}{n_{\text{заг}}} \cdot 100\%.$$

3. З формули для обчислення ступеня дисоціації визначаємо кількість речовини молекул, які продисоціювали:

$$n_{\text{дис}} = \frac{n_{\text{заг}} \cdot \alpha}{100\%}$$

4. Обчислюємо кількість речовини молекул, які продисоціювали:

$$n_{\text{дис}} = \frac{0,01 \cdot 1,3\%}{100\%} = 0,00013 \text{ моль}.$$

**Відповідь:** кількість речовини молекул етанової кислоти, які продисоціювали, дорівнює 0,00013 моль ( $n_{\text{дис}} = 0,00013 \text{ моль}$ ).

## **Водневий показник pH**



Що таке індикатори? Для чого їх використовують? Наведіть приклади.

pH — це показник, що характеризує концентрацію йонів Гідрогену ( $\text{H}^+$ ) у водному розчині.

Як бачимо з табл. 11.1, вода — слабкий електроліт, а отже, частково дисоціює на йони Гідрогену й гідроксид-йони:



За рівнянням

1 моль      1 моль    1 моль

Отже, кількості речовини йонів Гідрогену й гідроксид-йонів рівні, а це означає, що під час дисоціації води кількість йонів Гідрогену дорівнює кількості гідроксид-йонів.

Під час самодисоціації чистої води утворюється дуже мала кількість йонів. За температури  $25^\circ\text{C}$  концентрації йонів  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$  дорівнюють:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/дм}^3$$

Для води pH = 7.

Це нейтральна точка шкали pH, коли кількість йонів  $\text{H}^+$  дорівнює кількості  $\text{OH}^-$  і розчин не проявляє ані кислотних, ані лужних властивостей.



Показник pH має спеціальну формулу для розрахунку, але поки що нам буде складно її повністю зрозуміти.

Я помітив інше: pH — це число, яке показує, скільки йонів Гідрогену ( $\text{H}^+$ ) є в розчині. **Чим більше цих йонів, тим менше значення pH, і навпаки.**

І ще цікаво. Якщо концентрація  $\text{H}^+$  записана у вигляді  $10^x$ , то показник степеня  $x$  — це і є значення pH (але з протилежним знаком).

Ось приклади:

$$[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/дм}^3 \quad \text{pH} = 7$$

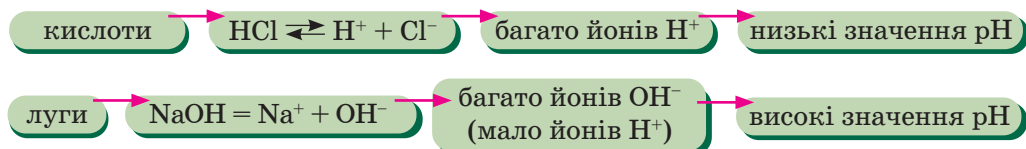
$$[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3 \quad \text{pH} = 3$$

$$[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-12} \text{ моль/дм}^3 \quad \text{pH} = 12$$

Тобто чим нижчий рН, тим розчин кисліший, а чим вищий, тим більш лужний.

У розчинах кислот й основ завжди присутні йони Гідрогену  $\text{H}^+$  і гідроксид-йони  $\text{OH}^-$ . Водневий показник рН показує кількість цих йонів у розчині, тобто наскільки сильною є кислота чи основа.

Сильні електроліти (наприклад,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaOH}$ ) повністю дисоціюють, тому в розчині утворюється багато йонів:



Слабкі електроліти (наприклад,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) дисоціюють частково, тому рН їхніх розчинів ближчий до нейтрального.



рН змінюється в межах 0–14.

Для візуального визначення рН і характеру середовища використовують індикатори (табл. 11.3, мал. 11.1). Для точного визначення рН використовують спеціальні прилади — рН-метри.

Таблиця 11.3

#### Забарвлення індикаторів у різних середовищах

| Індикатори   | Колір індикатора в середовищі |            |           |
|--------------|-------------------------------|------------|-----------|
|              | кислотне                      | нейтральне | лужне     |
| Лакмус       | червоний                      | фіолетовий | синій     |
| Фенолфталеїн | безбарвний                    | безбарвний | малиновий |
| Метилоранж   | рожевий                       | оранжевий  | жовтий    |

#### Еталонна шкала для рН (універсальний індикаторний папір)



Мал. 11.1. Еталонна шкала для визначення рН

Залежність рН від концентрації йонів Гідрогену показано в табл. 11.4.

Таблиця 11.4

## Залежність рН від концентрації йонів Гідрогену

| Концентрація $[H^+]$ , моль/дм <sup>3</sup> | Приблизне значення рН | Характер середовища |
|---------------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| $1 \cdot 10^0$                              | 0                     | Сильнокисле         |
| $1 \cdot 10^{-1}$                           | 1                     |                     |
| $1 \cdot 10^{-3}$                           | 3                     | Кисле               |
| $1 \cdot 10^{-5}$                           | 5                     | Слабокисле          |
| $1 \cdot 10^{-7}$                           | 7                     | Нейтральне          |
| $1 \cdot 10^{-9}$                           | 9                     | Слабколужне         |
| $1 \cdot 10^{-11}$                          | 11                    | Лужне               |
| $1 \cdot 10^{-13}$                          | 13                    | Сильнолужне         |

## Досліджуємо

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/4tOeRRMq> або за QR-кодом та попрацюйте в групах: виготовте натуральний індикатор з червоноголової капусти і визначте кислотність харчових продуктів.



Яке цікаве та актуальне дослідження.

Для правильного й збалансованого харчування вкрай необхідно знати рН харчових продуктів, які ви щоденно вживаєте. Я захотів допомогти вам у дослідженні та створив малюнок, який демонструє всі етапи дослідження. Ось він.



## Робота в групах

Проаналізуйте уважно малюнки Ай-Хіма. На вашу думку, які етапи дослідження намагався зобразити ШІ? Чи коректно створено малюнки? Чи відображають вони всі етапи дослідження? Обговоріть з однокласниками/однокласницями, які уточнювальні прокти (за потреби) ви сформулювали б для корекції зображень ШІ.



## Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

- Закінчіть речення:
  - Ступінь дисоціації — це...
  - Сильна кислота — це ...
  - Ступінь дисоціації слабкого електроліту ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Від яких чинників залежить ступінь дисоціації?
  - Що таке показник рН?
  - Яких значень може набувати показник рН?
- Поясніть, чому рН чистої води 7.
- Від чого залежить рН розчину? Чи можна його спрогнозувати для розчинів кислот і лугів?

5. Порівняйте ступінь дисоціації натрій карбонату й карбонатної кислоти у водних розчинах за однакових умов. Обґрунтуйте, чому один із цих електролітів є сильним, а інший — слабким.
6. У розчині, що містить флюоридну кислоту кількістю речовини 0,05 моль, продисоціювало 0,001 моль молекул. Обчисліть ступінь дисоціації кислоти.
7. У розчині, що містить нітритну кислоту кількістю речовини 0,02 моль, ступінь дисоціації дорівнює 5%. Обчисліть кількість йонів, що утворилися в розчині унаслідок дисоціації кислоти.
8. Із 150 молекул ортофосфатної кислоти **не** продисоціювало 127 молекул. Обчисліть ступінь дисоціації кислоти. Зробіть висновок про силу кислоти.
9. У чотирьох пробірках містяться розчини хлоридної, етанової (оцтової) кислот, натрій гідроксиду й води. Який індикатор доцільно використати для розпізнавання цих розчинів? Відповідь обґрунтуйте.
10. Після виконання експерименту в пробірці залишився безбарвний розчин, який окремо дослідили Марко й Таміла. Марко додав до нього фенолфталеїн і зафіксував зміну забарвлення з безбарвного на малиновий. Таміла вирішила використати інший індикатор — метилоранж. Яку зміну кольору спостерігатиме Таміла після додавання свого індикатора? Поясніть, яке середовище має розчин?
11. На етикетці газованого напою Таміла помітила в його складі харчову добавку Е338. Використовуючи додаткові джерела інформації, визначте, яка це речовина за хімічною класифікацією. Напишіть рівняння її дисоціації у водному розчині. Поясніть, яке середовище утворює Е338 у розчині. Який індикатор допоможе виявити її в розчині?

### Селена пише з Японії

Привіт із країни вранішнього сонця!  
І знову досліджую унікальні джерела.

Сьогодні я побувала в Тамаґава-онсен — біля одного



**Мал. 11.2.** Тамаґава-онсен

з найкислі-  
ших гарячих джерел Японії!  
Воно розташоване в префек-  
турі Акіта — місті Сембоку.

Вода, що виривається з  
надр Землі, має  $\text{pH} \approx 1,2$  і  
температуру майже  $98^\circ\text{C}$ . Це  
навіть не вода, а справжня  
гаряча кислота! Основним  
компонентом розчину є хло-  
ридна кислота, він також  
містить сульфати та вулка-  
нічні гази.



Японці вірять, що води онсенів (а їх тут дуже багато!), які мають помірну кислотність та не дуже високу температуру, використовують як лікувальні. Проте купатися в цих джерелах без консультації з лікарем не рекомендується.



### Робота в групах

1. Проаналізуйте інформацію в повідомленні Селени. Яке середовище має вода Тамагава-онсен за рН? Яким у ній буде забарвлення метилоранжу та виготовленого вами індикатора з соку червоноголової капусти?
2. Які йони домінують у воді з  $\text{pH} \approx 1,2$ ? Чи проводить така вода електричний струм?
3. Поясніть, чому Селена застерігає про купання в Тамагава-онсен. На основі хімічного складу води складіть коротке попередження для туристів, які хочуть купатися в цьому онсені.
4. Уявіть себе журналістами. Використовуючи додаткові джерела інформації, підготуйте заголовок і короткий анонс статті про термальні джерела України, які заохотять читачів дізнатися про них більше та навіть відвідати їх.



### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за поданим покликанням <https://cutt.ly/3tKqZXbK> і виконайте вправу.
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) Значення рН розчину хлоридної кислоти близьке до 7.
  - 2) Луги частково дисоціюють у водних розчинах.



От тепер ми зрозуміли, що не всі речовини повністю дисоціюють на йони. І результати мого експерименту не видаються дивними. Речовини, які дисоціюють повністю, — сильні електроліти, а ті, що частково, — слабкі. Саме тому ступінь дисоціації — важливий показник: він допомагає пояснити, чому розчини з однаковою кількістю розчиненої речовини можуть проводити струм по-різному.

Сьогодні ми запам'ятали такі словосполучення:

**ступінь дисоціації — degree of dissociation;**

**показник рН — pH indicator.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §12. ЙОННІ РЕАКЦІЇ В РОЗЧИНАХ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- що таке реакції обміну і як вони відбуваються у водних розчинах;
- як складати йонно-молекулярне рівняння;
- умови, за яких реакції відбуваються до кінця;
- що таке реакція нейтралізації.



Таміло, вчора я виконував цікавий експеримент: змішував різні розчини солей. І знаєш що? У деяких пробірках відразу з'являвся осад або бульбашки газу, а в інших — нічого не відбувалося. Просто... нічого. Як це можливо? Дивина та й годі!



Може, не всі речовини реагують між собою у водному розчині? Але ж якщо ми їх змішали, мала б бути якась реакція? Як дізнатися, коли реакція відбувається, а коли ні?



Які ознаки свідчать про перебіг хімічної реакції у водному розчині?



### Опрацьовуємо інформацію



Пригадайте типи хімічних реакцій.



### Робота в парі

Увідповідніть реактанти з продуктами хімічних реакцій. Перетворіть одержані схеми на рівняння. Визначте типи реакцій. Обговоріть, що означають позначення  $\uparrow$  і  $\downarrow$ ?

|                                                |                                                                |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| а) $\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow$        | 1) $\text{AgCl} \downarrow + \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$         |
| б) $\text{AgNO}_3 + \text{MgCl}_2 \rightarrow$ | 2) $\text{MgCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ |
| в) $\text{MgCO}_3 \xrightarrow{t}$             | 3) $\text{MgCl}_2 + \text{H}_2$                                |
| г) $\text{Mg} + \text{HCl} \rightarrow$        | 4) $\text{MgO}$                                                |
| ґ) $\text{MgSO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow$ | 5) $\text{MgO} + \text{CO}_2 \uparrow$                         |
| д) $\text{MgCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow$    | 6) $\text{MgCl}_2 + \text{BaSO}_4 \downarrow$                  |
|                                                | 7) $\text{AgCl} + \text{MgO} + \text{NO}_2$                    |



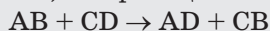
### Реакції обміну. Йонно-молекулярні рівняння

У водних розчинах між складними речовинами відбуваються реакції обміну.



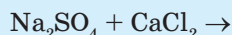
## Робота в парі

Розгляньте схему й пригадайте, яка реакція називається реакцією обміну?

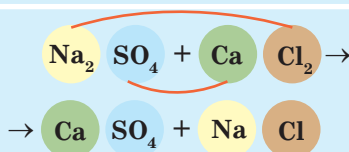


Спробуймо, використовуючи ці схеми, записати рівняння реакції між солями: натрій сульфатом і кальцій хлоридом.

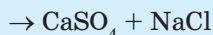
1. Запишемо формули реактантів, враховуючи заряди йонів:



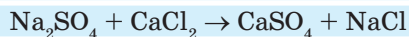
2. Спрогнозуємо, як відбудеться обмін і які продукти утворюються відповідно до схеми:



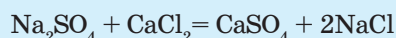
3. У результаті обміну одержимо солі, утворені катіоном Кальцію та сульфат-аніоном і катіоном Натрію та хлорид-аніоном — кальцій сульфат і натрій хлорид



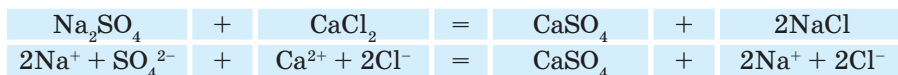
4. Запишемо схему реакції:



5. Перетворимо схему в рівняння:

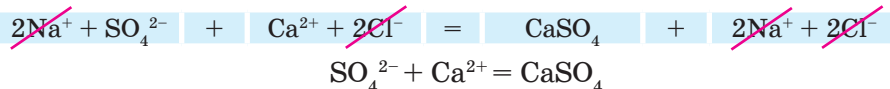


З одержаного рівняння видно, що продуктами реакції є кальцій сульфат і натрій хлорид. Але таке рівняння не враховує, що розчинні у воді продукти також дисоціюють на йони. Тому запишемо рівняння реакції, враховуючи дисоціацію солей у водному розчині:

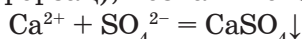


Такий запис демонструє, що до і після реакції у водному розчині присутні йони Натрію та хлорид-йони (йони-спостерігачі або спектатори).

Вилучивши їх, одержимо:



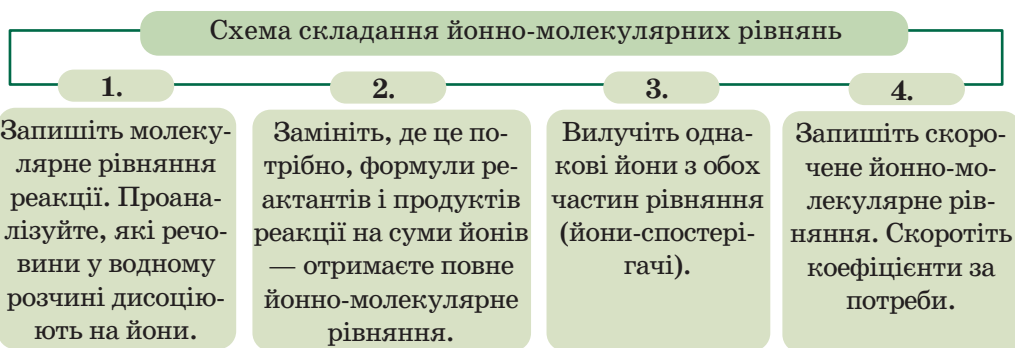
Спочатку запишемо катіон, потім — аніон. Кальцій сульфат — малорозчинна у воді сіль (див. форзац), позначимо це ↓.



Такий запис називають йонно-молекулярним рівнянням.



**Йонно-молекулярне рівняння** — це умовний запис хімічної реакції з використанням формул речовин і формул йонів.



Скористаймося схемою-алгоритмом і запишімо молекулярне, повне й скорочене йонно-молекулярні рівняння для реакції б-1 з попереднього завдання.



| Крок 1                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Запишіть молекулярне рівняння реакції.                                                                                      | $2\text{AgNO}_3 + \text{MgCl}_2 = 2\text{AgCl}\downarrow + \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Проаналізуйте, які речовини у водному розчині дисоціюють на йони.                                                           | <p>У водному розчині дисоціюють розчинні у воді солі: аргентум(1+) нітрат, магній хлорид і магній нітрат. Аргентум(1+) хлорид – нерозчинна сіль, тому не дисоціює на йони.</p> $\text{AgNO}_3 = \text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ $\text{MgCl}_2 = \text{Mg}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 = \text{Mg}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$ |
| Крок 2                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Замініть, де це потрібно, формули реагентів і продуктів реакції на суми йонів — отримаєте повне йонно-молекулярне рівняння. | $2\text{Ag}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{Mg}^{2+} + 2\text{Cl}^- =$ $2\text{AgCl}\downarrow + \text{Mg}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$                                                                                                                                                                                                              |
| Крок 3                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Вилучіть однакові йони з обох частин рівняння (йони-спостерігачі).                                                          | $2\text{Ag}^+ + \cancel{2\text{NO}_3^-} + \cancel{\text{Mg}^{2+}} + 2\text{Cl}^- =$ $2\text{AgCl}\downarrow + \cancel{\text{Mg}^{2+}} + \cancel{2\text{NO}_3^-}$                                                                                                                                                                          |
| Крок 4                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Запишіть скорочене йонно-молекулярне рівняння.                                                                              | $2\text{Ag}^+ + 2\text{Cl}^- = 2\text{AgCl}\downarrow$                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Скоротіть коефіцієнти за потреби.                                                                                           | $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}\downarrow$                                                                                                                                                                                                                                                                                       |



### Робота в парі

Складіть молекулярні, повні й скорочені йонно-молекулярні рівняння для реакцій між солями:

- а) алюміній хлоридом і калій гідроксидом;
- б) кальцій нітратом і натрій карбонатом;
- в) ферум(2+) сульфатом і барій сульфідом;
- г) цинк бромідом і натрій ортофосфатом.

## Умови перебігу йонних реакцій у розчинах



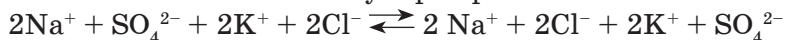
Чи всі реакції відбуваються до кінця? Обґрунтуйте вашу думку, наведіть приклади.

Розглянемо взаємодію між солями: натрій сульфатом і калій хлоридом.

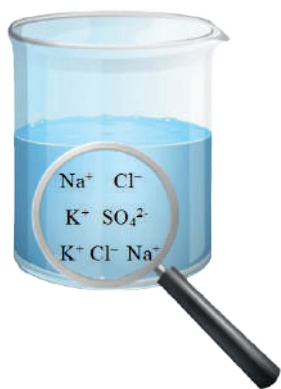
- 1) Запишемо рівняння реакції обміну:



- 2) Запишемо повне йонно-молекулярне рівняння:



- 3) Відшукаємо йони-спостерігачі, порівнюючи ліву й праву частину повного йонно-молекулярного рівняння:



**Мал. 12.1.** Йонний склад водного розчину натрій хлориду та калій сульфату

З рівняння видно, що і реактанти, і ймовірні продукти цієї реакції є розчинними у воді солями, а отже, майже повністю дисоціюють на йони. У такому водному розчині паралельно відбуваються тільки два процеси: дисоціація формульних одиниць і асоціація йонів.

Дисоціація  $\rightleftharpoons$  Асоціація

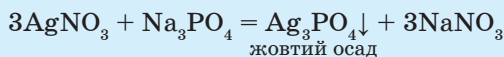
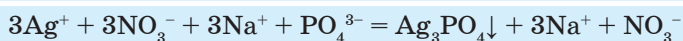
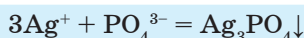
Відповідно до рівняння реакції новоутворений розчин має такий самий йонний склад, як і вихідний, нові речовини не утворюються. Реакція в цьому випадку не відбувається (мал. 12.1).

Умови перебігу йонних реакцій:

- 1) утворення нерозчинного (малорозчинного) продукту;
- 2) утворення й виділення газу;
- 3) утворення слабкого електроліту.

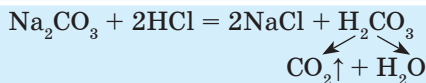
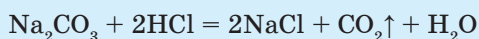
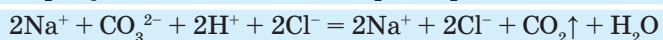
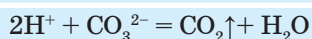
### 1. Утворення нерозчинного продукту

Продукт реакції — осад



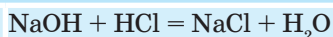
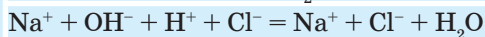
## 2. Виділення газу в результаті реакції

Продукт реакції — газувата речовина (наприклад, карбон(IV) оксид, сульфур (IV) оксид)



## 3. Утворення малодисоційованої сполуки

Продукт реакції — вода



Реакція нейтралізації

Хімічна взаємодія основи з кислотою з утворенням солі й води називається *реакція нейтралізації*.

Дійсно. Не всі речовини у водному розчині реагують між собою — і це нормально!

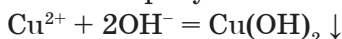
Треба запам'ятати! Щоб реакція обміну справді відбулася, має з'явитися одна з трьох ознак:

- утворення осаду,
- виділення газу,
- утворення води під час нейтралізації.

Якщо нічого з цього не сталося, отже, реакція не відбулася, навіть якщо формально ви змішали два електроліти.



Складати йонно-молекулярні рівняння дуже цікаво. А чи можна виконати зворотну дію: за скороченим йонно-молекулярним рівнянням встановити, взаємодія яких речовин відбулася у водному розчині? Спробуємо!



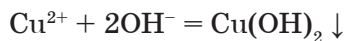
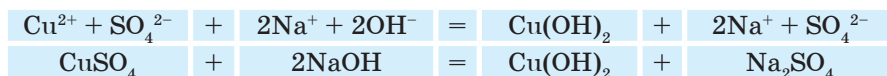
Йонний склад розчину свідчить про дисоціацію двох сполук:

- **Сполука 1** — утворена катіоном Купруму(2+) і невідомим аніоном.
- **Сполука 2** — утворена невідомим катіоном й аніоном  $\text{OH}^-$ .

Скористаємося таблицею розчинності кислот, гідроксидів і солей у воді (див. форзац), щоб встановити можливі варіанти:

- **Для сполуки 1:** розчинними є такі солі Купруму(2+): хлорид, бромід, сульфат, нітрат.
- **Для сполуки 2:** розчинними є такі гідроксиди: натрій гідроксид, калій гідроксид, барій гідроксид.

Отже, один із можливих варіантів: взаємодія купрум(2+) сульфату з натрій гідроксидом:



Бачите, це зовсім не складно. Треба тільки пам'ятати, що може бути декілька варіантів, ну і, звичайно, слідкувати за записами, щоб у формулах сполук не було помилок.



### Робота в групах

**Гра «Знайди пару».** Попередньо підготуйте по 2 набори карток із формулами катіонів й аніонів (3-4 повтори кожного йона) для кожної групи.

1. Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.

2. Завдання для груп: скласти якомога більше пар йонів, що утворюють нерозчинні у воді сполуки за певний проміжок часу.

3. Визначтеся з оцінюванням і ймовірними штрафами, установіть час для виконання завдання. Правильність відповідей визначає вчитель/учителька. Продумайте стратегію гри. У кінці гри підбийте підсумки.

## Досліджуємо

### Досліджуємо йонні реакції в розчинах



#### Робота в групах

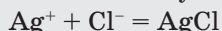
Для дослідження нам потрібно: розчини аргентум(1+) нітрату ( $\text{AgNO}_3$ ), натрій ортофосфату ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), натрій карбонату ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), хлоридної кислоти ( $\text{HCl}$ ), натрій гідроксиду ( $\text{NaOH}$ ), індикатор (фенолфталеїн), штатив із пробірками.

1. Об'єднайтеся в групи. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.
2. Дослідіть взаємодію аргентум(1+) нітрату та натрій ортофосфату у водному розчині. Налийте в пробірку 1 мл розчину аргентум(1+) нітрату й додайте 1-2 мл розчину натрій ортофосфату. Що спостерігаєте? Чи відбулася реакція? Яка речовина утворилася? Запишіть молекулярне, повне та скорочене йонно-молекулярні рівняння реакції.
3. Дослідіть взаємодію натрій карбонату та хлоридної кислоти у водному розчині. Налийте в пробірку 1 мл розчину натрій карбонату й додайте такий самий об'єм хлоридної кислоти. Що спостерігаєте? Чи відбулася реакція? Які речовини утворились? Запишіть молекулярне, повне та скорочене йонно-молекулярні рівняння реакції.
4. Дослідіть взаємодію натрій гідроксиду та хлоридної кислоти у водному розчині в присутності індикатора. Для цього в пробірку налейте 1 мл лугу та 2-3 краплі індикатора фенолфталеїну (за потреби замініть іншим індикатором). Що спостерігаєте? Після цього в пробірку невеликими порціями додайте близько 1 мл розчину хлоридної кислоти. Чи відбулася реакція?

Поясніть зміни рН, які відбулися. Яка речовина утворилася? Обґрунтуйте, чому реакцію взаємодії основи з кислотою називають реакцією нейтралізації.

Запишіть молекулярне, повне та скорочене йонно-молекулярні рівняння реакції.

5. Проаналізуйте скорочене йонно-молекулярне рівняння:



Змодельуйте реакцію, використовуючи запропоновані вам реактиви. Запишіть молекулярне рівняння та складіть методику виконання експерименту.

6. Виконайте експеримент. Що спостерігаєте? Зробіть висновок.  
7. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

### Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

- Закінчіть речення:
  - Реакція обміну — це...
  - Реакція нейтралізації — це ...
  - Йонно-молекулярне рівняння — це ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Як складати йонно-молекулярні рівняння?
  - Як змінюється рН розчину в реакції нейтралізації?
  - Які йони називають спостерігачами?
- Укажіть умови перебігу йонних реакцій.
- Укажіть йони, які утворюються під час електролітичної дисоціації натрій броміду, цинк сульфату, ферум(3+) хлориду, барій гідроксиду. Запишіть рівняння дисоціації вказаних речовин у водному розчині.
- Чи відбуватиметься реакція під час змішування розчинів? Відповідь підтвердіть рівняннями реакцій.
  - а) аргентум(1+) нітрату та натрій хлориду;
  - б) барій гідроксиду та калій нітрату;
  - в) калій гідроксиду й сульфатної кислоти;
  - г) натрій карбонату й нітратної кислоти.
- Складіть молекулярне, повне та скорочене йонно-молекулярні рівняння реакцій:
  - а)  $\text{NaOH} + \text{HBr} \rightarrow$
  - б)  $\text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$
  - в)  $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
  - г)  $\text{FeCl}_3 + \text{KOH} \rightarrow$
  - д)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_3\text{PO}_4 \rightarrow$
- Між якими речовинами не відбудеться реакція обміну? Відповідь обґрунтуйте.
  - а) натрій сульфат і хлоридна кислота;
  - б) калій нітрат і літій хлорид;
  - в) барій хлорид і сульфатна кислота;
  - г) ферум(2+) сульфат і натрій гідроксид.
- Складіть молекулярне, повне та скорочене йонно-молекулярні рівняння реакції між амоній гідроксидом ( $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) і нітратною кислотою. Який індикатор ви обрали б для дослідження перебігу цієї реакції? Поясніть, як зміниться його забарвлення.
- Заповніть пропуски в схемах реакцій. Перетворіть їх на рівняння.
  - а)  $\text{AgNO}_3 + \dots \rightarrow \text{AgBr} + \text{NaNO}_3$ ;
  - б)  $\dots + \text{KOH} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{KCl}$ ;
  - в)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NaOH} \rightarrow \dots + \dots$ ;
  - г)  $\dots + \dots \rightarrow \text{PbS} + \text{KNO}_3$ .

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/etOec8r4> або за QR-кодом та виконайте завдання 10-18.



### Селена пише з Італії

Привіт із Неаполя!

Уявіть собі: сьогодні я піднімалася на вулкан Везувій — єдиний діючий вулкан материкової Європи! Біля кратера місцеві гіді показали мені вулканічний попіл і мінерали, що містять карбонати.



**Мал. 12.2.**  
Вулкан Везувій

Вони розповіли, що під час взаємодії цих солей із кислотами виділяється вуглекислий газ. Я одразу пригадала знайому реакцію:

карбонат + кислота → сіль + вода + газ.

І подумала: вулкани — це не тільки вогонь, а й хімічна лабораторія під відкритим небом! А ви зможете записати рівняння такої реакції?



### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/xtKqXIh1> і перевірте свої знання.
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) Під час нейтралізації кислоти лугом значення рН зменшується.
  - 2) У результаті реакції обміну атоми простої речовини заміщують атоми іншого елемента в складній речовині.



Тепер усе як на долоні! Дивні результати мого вчорашнього експерименту мають цілком логічне пояснення: не всі реакції в розчинах відбуваються. Саме так і було!

Варто лише проаналізувати, які саме речовини я змішував, перекласти це на хімічну мову — і все стає зрозумілим. Особливо сподобалися йонні рівняння: вони точно показують, що відбувається між частинками в розчині.

Сьогодні ми запам'ятали такі терміни:

молекулярне рівняння — **Molecular (Complete Chemical) Equation;**

повне йонно-молекулярне рівняння — **Complete Ionic Equation;**

скорочене йонно-молекулярне рівняння — **Net Ionic Equation;**

нейтралізація — **neutralization.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §13. ВИЯВЛЕННЯ ЙОНІВ У РОЗЧИНАХ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- що таке якісні реакції;
- як можна виявити катіони й аніони в розчині;
- що таке амфотерність;
- які гідроксиди є амфотерними і які в них властивості.



Учора ми виконували дослід із трьома безбарвними розчинами. Після реакції один із них раптом змінив колір, у другому з'явився осад, а в третьому — бульбашки газу! Було дуже цікаво, але... Я так і не зрозумів, чому це сталося.

Ага, і мене це зацікавило. Усі розчини були безбарвні, а от реакції відбулися, очевидно, зовсім різні. Можливо, там були різні йони, які й реагували по-різному? Було б добре навчитися їх виявляти! Нумо з'ясувати, що таке якісні реакції та як вони допомагають у хімії!



Як визначити якісний склад безбарвного розчину солі?

### Опрацьовуємо інформацію



Як відбуваються реакції в розчинах? Пригадайте з попередніх уроків, які зовнішні ознаки перебігу реакції ви спостерігали. Які речовини були реагентами і які продукти утворювалися?

Кожен йон має свою хімічну поведінку. Наприклад, сульфат-йони осаджують катіони Барію, утворюючи білий кристалічний осад барій сульфату, карбонат-йони під дією кислоти перетворюються в карбон(IV) оксид. Таких прикладів можна навести дуже багато. Усі ці зміни: осад, колір, газ — це підказки для дослідників/дослідниць. Вони допомагають з'ясувати, які речовини є в розчині, навіть якщо він безбарвний і прозорий, як вода!



До речі, колір розчину — це перша підказка!

|  |                                                                 |
|--|-----------------------------------------------------------------|
|  | Якщо розчин блакитний, можливо, у ньому йони $\text{Cu}^{2+}$ . |
|  | Світло-зелений колір часто свідчить про йони $\text{Fe}^{2+}$ . |
|  | А жовтувато-коричневий — ознака йонів $\text{Fe}^{3+}$ .        |

**Якісні реакції** — це хімічні реакції, які дозволяють виявити певні йони в розчинах.

|                  |                                                                                                                                                                         |                                                                                      |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{Ag}^+$    | $2\text{AgNO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{AgCl}\downarrow$ $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}\downarrow$                      |    |
|                  | Реактив — аніон $\text{Cl}^-$ : утворюється білий сирнистий осад аргентум(1+) хлориду, нерозчинний у кислотах                                                           |                                                                                      |
| $\text{Ba}^{2+}$ | $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{NaCl}$ $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$               |    |
|                  | Реактив — аніон $\text{SO}_4^{2-}$ : утворюється білий осад, нерозчинний у кислотах і лугах                                                                             |                                                                                      |
| $\text{Fe}^{3+}$ | $\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NaCl}$ $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$           |    |
|                  | Реактив — аніон $\text{OH}^-$ : утворюється червоно-бурий осад, який розчиняється в кислотах                                                                            |                                                                                      |
| $\text{Fe}^{2+}$ | $\text{FeSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$ $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow$ |    |
|                  | Реактив — аніон $\text{OH}^-$ : утворюється зелений осад, який поступово перетворюється в червоно-бурий $\text{Fe}(\text{OH})_3$                                        |                                                                                      |
| $\text{Cu}^{2+}$ | $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$ $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$ |  |
|                  | Реактив — аніон $\text{OH}^-$ : утворюється блакитний осад, який під час нагрівання перетворюється в $\text{CuO}$ чорного кольору                                       |                                                                                      |



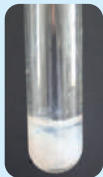
Що є реагентами й продуктами реакції нейтралізації? Наведіть приклад.

Деякі сполуки мають унікальну властивість — амфотерність, тобто здатність реагувати як із кислотами, так і з лугами.

Саме ця властивість допомагає якісно виявити йони Цинку ( $\text{Zn}^{2+}$ ) й Алюмінію ( $\text{Al}^{3+}$ ) у розчинах, адже цинк і алюміній гідроксиди є амфотерними. Ці осадні розчиняються і в кислотах, і в надлишку лугу, що є характерною ознакою для розпізнавання!

**Амфотерні гідроксиди** — тверді речовини немалекулярної будови, що виявляють подвійну хімічну природу:

- мають слабкі основні властивості;
- мають слабкі кислотні властивості;
- утворюють сіль під час взаємодії як із кислотою, так і з лугом.

|                  |                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Zn <sup>2+</sup> | $\text{ZnCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Zn(OH)}_2\downarrow + 2\text{NaCl}$ $\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Zn(OH)}_2\downarrow$                                         |                                                                                                                                                                    |  |
|                  | Реактив — аніон OH <sup>-</sup> — утворюється білий аморфний осад, який має амфотерні властивості та розчиняється в кислотах і лугах                                                    |                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
|                  | <b>З кислотами</b><br>$\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$                                                                                             | <b>З лугами</b><br>$\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2[\text{Zn(OH)}_4]$                                                                                   |                                                                                     |
|                  | Осад цинк гідроксиду розчиняється, утворюється <b>сіль цинк хлорид</b>                                                                                                                  | Осад цинк гідроксиду розчиняється, утворюється <b>сіль калій тетрагідроксоцинкат</b>                                                                               |                                                                                     |
| Al <sup>3+</sup> | $\text{AlCl}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Al(OH)}_3\downarrow + 3\text{NaCl}$ $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al(OH)}_3\downarrow$                                         |                                                                                                                                                                    |  |
|                  | Реактив — аніон OH <sup>-</sup> — утворюється білий драглистий осад, який має амфотерні властивості та розчиняється в кислотах і лугах (утворюється комплексна сполука змінного складу) |                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
|                  | <b>З кислотами</b><br>$\text{Al(OH)}_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$                                                                                             | <b>З лугами</b><br>$\text{Al(OH)}_3 + \text{NaOH} = \text{Na[Al(OH)}_4]$<br>якщо луг в надлишку<br>$\text{Al(OH)}_3 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3[\text{Al(OH)}_6]$ |                                                                                     |
|                  | Осад алюміній гідроксиду розчиняється, утворюється <b>сіль алюміній хлорид</b>                                                                                                          | Осад алюміній гідроксиду розчиняється, утворюється <b>сіль натрій тетрагідроксоалюмінат (або натрій гексагідроксоалюмінат)</b>                                     |                                                                                     |

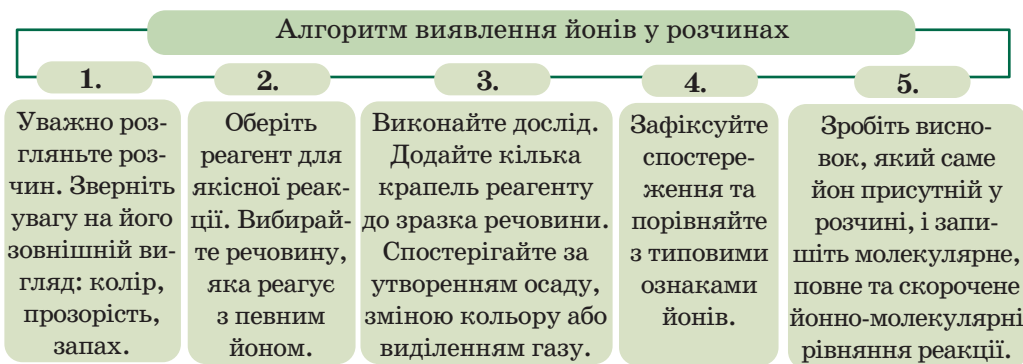
### Якісні реакції на деякі аніони

|                       |                                                                                                                                             |                                                                                       |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cl<sup>-</sup></b> | $\text{CaCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Ca(NO}_3)_2 + 2\text{AgCl}\downarrow$ $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}\downarrow$ |  |
|                       | Реактив — катіон Ag <sup>+</sup> : утворюється білий сирнистий осад, нерозчинний у кислотах                                                 |                                                                                       |
| <b>Br<sup>-</sup></b> | $\text{NaBr} + \text{AgNO}_3 = \text{NaNO}_3 + \text{AgBr}\downarrow$ $\text{Ag}^+ + \text{Br}^- \rightarrow \text{AgBr}\downarrow$         |  |
|                       | Реактив — катіон Ag <sup>+</sup> : утворюється блідо-жовтий осад, нерозчинний у кислотах                                                    |                                                                                       |
| <b>I<sup>-</sup></b>  | $\text{KI} + \text{AgNO}_3 = \text{KNO}_3 + \text{AgI}\downarrow$ $\text{Ag}^+ + \text{I}^- \rightarrow \text{AgI}\downarrow$               |  |
|                       | Реактив — катіон Ag <sup>+</sup> : утворюється жовтий осад, нерозчинний у кислотах                                                          |                                                                                       |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                      |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{SO}_4^{2-}$  | $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{NaCl}$ $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |
|                     | Реактив — катіон $\text{Ba}^{2+}$ : утворюється білий осад, нерозчинний у кислотах і лугах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                      |
| $\text{CO}_3^{2-}$  | $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |
|                     | Реактив — катіон $\text{H}^+$ : виділяється газ без запаху карбон(IV) оксид ( $\text{CO}_2$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                      |
| $\text{SiO}_3^{2-}$ | $\text{K}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow + 2\text{KCl}$ $2\text{H}^+ + \text{SiO}_3^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |
|                     | <p>Реактив — катіон <math>\text{H}^+</math>: утворюється аморфний гель силіцій(IV) оксиду (безбарвний драглистий осад).</p> <p>Хімічна формула <math>\text{H}_2\text{SiO}_3</math> є умовним записом, який відображає кількісне співвідношення між атомами в молекулі. Силікатна кислота — це суміш силікатних кислот із загальною формулою <math>m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}</math>. Хімічна формула калій силікату <math>\text{K}_2\text{SiO}_3</math> також є умовним записом складу солі.</p> |                                                                                      |
| $\text{PO}_4^{3-}$  | $\text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{AgNO}_3 = 3\text{NaNO}_3 + \text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow$ $3\text{Ag}^+ + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
|                     | Реактив — катіон $\text{Ag}^+$ : утворюється жовтий осад                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                      |



Розробимо алгоритм виявлення йонів у розчинах, щоб нічого не забути.



І ще одна порада. Завжди працюйте з чистими пробірками та невеликою кількістю розчинів, дотримуючись правил безпеки. Пам'ятайте: не всі йони можна виявити одразу — деякі потребують особливих умов!

## Виявлення йонів у розчинах



### Робота в групах

Для дослідження нам потрібно: розчини: аргентум(1+) нітрату ( $\text{AgNO}_3$ ), барій хлориду ( $\text{BaCl}_2$ ), купрум(2+) сульфату ( $\text{CuSO}_4$ ), ферум(3+) хлориду ( $\text{FeCl}_3$ ), ферум(2+) сульфату ( $\text{FeSO}_4$ ), цинк нітрату ( $\text{Zn(NO}_3)_2$ ), алюміній хлориду ( $\text{AlCl}_3$ ), натрій карбонату ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), натрій сульфату ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), хлоридної кислоти ( $\text{HCl}$ ), натрій гідроксиду ( $\text{NaOH}$ ), натрій ортофосфату ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), натрій броміду ( $\text{NaBr}$ ), калій йодиду ( $\text{KI}$ ); піпетки, штатив із пробірками, захисні окуляри, рукавички.

#### I. Виявлення в розчинах катіонів.

1. Об'єднайтеся в групи. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи. Виконуйте досліди в рукавичках і захисних окулярах.

2. *Якісне виявлення катіонів Аргентуму(1+).* Налийте в пробірку 1 мл розчину аргентум(1+) нітрату й додайте 1-2 мл розчину хлоридної кислоти. Що спостерігаєте? Чи відбулася реакція? Яка речовина утворилася? Запишіть молекулярне, повне й скорочене йонно-молекулярні рівняння реакції.

3. *Якісне виявлення катіонів Барію.* Налийте в пробірку 1 мл розчину барій хлориду та додайте 1-2 мл розчину натрій сульфату. Що спостерігаєте? Чи відбулася реакція? Яка речовина утворилася? Запишіть молекулярне, повне й скорочене йонно-молекулярні рівняння реакції.

4. *Якісне виявлення катіонів Феруму(2+), Феруму(3+), Купруму(2+).* У три пробірки налейте по 1 мл розчинів ферум(2+) сульфату, ферум(3+) хлориду й купрум(2+) сульфату та додайте по 1-2 мл розчину натрій гідроксиду в кожну пробірку. Що спостерігаєте? Чи відбулася реакція? Які речовини утворились у кожній пробірці? Запишіть молекулярні, повні й скорочені йонно-молекулярні рівняння реакцій.

5. За результатами експерименту заповніть таблицю.

| № з/п | Катіон | Реагент для виявлення | Ознака реакції | Скорочене йонно-молекулярне рівняння |
|-------|--------|-----------------------|----------------|--------------------------------------|
|       |        |                       |                |                                      |

#### II. Виявлення в розчинах аніонів.

6. *Якісне виявлення хлорид-, бромід-, йодид-, ортофосфат-аніонів.* У чотири пробірки налейте по 1 мл розчинів хлоридної кислоти, натрій броміду, калій йодиду та натрій ортофосфату й додайте по 1-2 мл розчину аргентум(1+) нітрату в кожну пробірку. Що спостерігаєте? Чи відбулася реакція? Які речовини утворились у кожній пробірці? Запишіть молекулярні, повні й скорочені йонно-молекулярні рівняння реакцій.

7. *Якісне виявлення сульфат-аніонів.* Налийте в пробірку 1 мл розчину натрій сульфату та додайте 1-2 мл розчину барій хлориду. Що спостерігаєте? Чи відбулася реакція? Яка речовина утворилася? Запишіть молекулярне, повне й скорочене йонно-молекулярні рівняння реакції.

8. *Якісне виявлення карбонат-аніонів.* Налийте в пробірку 1 мл розчину натрій карбонату й обережно невеликими порціями додайте 1-2 мл розчину хлоридної кислоти. Що спостерігаєте? Чи відбулася реакція? Які речовини утворились? Запишіть молекулярне, повне й скорочене йонно-молекулярні

рівняння реакції.

9. За результатами експерименту заповніть таблицю.

| № з/п | Аніон | Реагент для виявлення | Ознака реакції | Скорочене йонно-молекулярне рівняння |
|-------|-------|-----------------------|----------------|--------------------------------------|
|       |       |                       |                |                                      |

### III. Доведення амфотерності цинк гідроксиду й алюміній гідроксиду.

10. Одержання цинк і алюміній гідроксидів. У дві пробірки налейте по 2-3 мл розчинів цинк нітрату й алюміній хлориду та обережно невеликими порціями в обидві пробірки додайте розчин натрій гідроксиду до утворення осадів. Що спостерігаєте? Які речовини утворилися? Запишіть молекулярне, повне й скорочене йонно-молекулярні рівняння реакцій.

11. Кожен осад розділіть на дві частини (у пронумеровані пробірки). У пробірки №1 до кожного осаду додайте по 1-2 мл розчину хлоридної кислоти. У пробірки №2 до кожного осаду невеликими порціями додайте надлишок розчину натрій гідроксиду. Порівняйте вміст пробірок №1 і 2 в обидвох випадках. Що спостерігаєте? Поясніть зміни, які відбулися. Запишіть рівняння реакцій.

### IV. Аналіз невідомої речовини.

12. Отримайте завдання в учителя/учительки: розчин невідомої речовини Х. Виконайте завдання одного з варіантів за вибором учителя/учительки.

*Варіант 1.* Для аналізу складу речовини вам потрібно використати розчини натрій сульфату й аргентум(1+) нітрату. Сформулюйте гіпотезу та складіть план експерименту. Виконайте експеримент, запишіть спостереження. Установіть формулу речовини Х. Перевірте отримані результати з вихідними даними вчителя/учительки. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу?

*Варіант 2.* Для аналізу складу речовини вам потрібно використати розчини натрій гідроксиду та барій хлориду. Сформулюйте гіпотезу та складіть план експерименту. Виконайте експеримент, запишіть спостереження. Установіть формулу речовини Х. Перевірте отримані результати з вихідними даними вчителя/учительки. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу?

13. Зробіть загальний висновок. Чи все вам вдалося сьогодні? Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.



## Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті



- Закінчіть речення:
  - Якісна реакція — це...
  - Реагент — це ...
  - Амфотерний гідроксид — це ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Як виявити катіони Барію в розчині?
  - Як виявити катіони Аргентуму(1+) у розчині?
  - Як виявити катіони Феруму(2+) і Феруму(3+) у розчині?
  - Як виявити катіони Купруму(2+) у розчині?
  - Як виявити хлорид-аніони в розчині?

- Як виявити сульфат-аніони в розчині?
  - Як виявити карбонат-аніони в розчині?
  - Як виявити силікат-аніони в розчині?
3. Який реактив потрібно використати для виявлення хлорид-, бромід- і йодид-аніонів у розчинах. Запишіть рівняння якісних реакцій.
  4. Назвіть йони, які можна виявити, одержавши осад білого кольору, що не розчиняється в кислотах і лугах.
  5. Укажіть продукт реакції між аргентум(1+) нітратом і калій ортофосфатом у водному розчині. Який осад утворюється? Складіть молекулярне, повне та скорочене йонно-молекулярні рівняння реакції.
  6. У двох пробірках містяться два безбарвні розчини барій хлориду й алюміній хлориду. Як їх розпізнати? Складіть план експерименту. Доберіть відповідні реагенти та запишіть рівняння реакцій.
  7. Поясніть, за допомогою якого реактиву можна відрізнити йони  $\text{Fe}^{3+}$  та  $\text{Fe}^{2+}$ . Складіть молекулярні, повні та скорочені йонно-молекулярні рівняння реакцій.
  8. Поясніть, як за допомогою якісних реакцій розпізнати два безбарвні розчини: натрій хлориду й натрій сульфату. Складіть план експерименту. Доберіть відповідні реагенти та запишіть рівняння реакцій.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/3tOex7cx> або за QR-кодом та виконайте завдання 9-16.



### Робота в групах

**Гра «Морський бій».** Перейдіть за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/JrYU9Vft> і видрукуйте основи для гри «Морський бій». Перед початком гри уважно ознайомтеся з її правилами.

Правила гри. Об'єднайтеся в групи. Роздрукуйте й розгляньте поле для гри, на якому кожен об'єкт чи завдання має свої координати (цифру та букву). Завдання учасника/учасниці однієї групи оголосити координати для іншої групи та обрати учасника/учасницю, який/яка виконуватиме обране завдання. Якщо обраний/-а учасник/учасниця не може виконати завдання, то право його виконання має учасник/учасниця з групи, яка його вибрала.

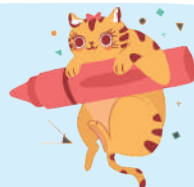
Визначтеся з оцінюванням і ймовірними штрафами. Правильність відповідей визначає вчитель/учителька. Продумайте стратегію гри. У кінці гри підбийте підсумки.



### Селена пише з Канади

Привіт із Північної Америки!

Я в Канаді — країні безкраїх лісів, кленового сиропу та... дивовижної води. Сьогодні я побачила Ніагарський водоспад — справжнє диво природи! Гуркіт води, бризки в повітрі, веселки над рікою — неймовірне видовище!





**Мал. 13.1.** Ніагарський водоспад

Але не тільки краса привернула мою увагу. Тут, у провінції Онтаріо, розташовані наукові центри, де щодня досліджують воду з озер, річок і навіть льодовиків. Науковці проводять якісні реакції, щоб визначити вміст йонів Кальцію, Натрію, хлорид-йонів тощо. Це допомагає контролювати екологічний стан природних водойм.

Особливо мене вразив простий, але ефективний дослід із виявленням хлорид-йонів. У воду додали якийсь розчин — і одразу утворився білий осад. Можете пояснити хімізм цього досліді? Який розчин використали науковці?

### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/2tKqC0Br> і перевірте свої знання.
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) Барій сульфат — жовтий кристалічний осад, нерозчинний у кислотах і лугах.
  - 2) Під час взаємодії аргентум(1+) нітрату та натрій ортофосфату утворюється білий сирнистий осад.
  - 3) Осад цинк гідроксиду розчиняється в розчинах хлоридної кислоти й калій гідроксиду.



Тепер я точно знаю: навіть у безбарвній, прозорій рідині може міститися цілий набір йонів! І хоча ми не бачимо їх неозброєним оком, якісні реакції дозволяють виявити їх за кольором осаду, зміною забарвлення розчину або виділенням газу. Це наче хімічне розслідування!

Найголовніше — йони поведуться по-різному, і це допомагає їх розрізняти. Хімія — це справді наука спостережень і підказок, і, знаючи якісні реакції, ми можемо ці підказки розшифрувати!

Сьогодні ми запам'ятали такі терміни:

**амфотерний гідроксид — amphoteric hydroxide;**

**якісна реакція — chemical test;**

**реагент — reagent (analytical reagent).**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §14. ЗНАЧЕННЯ РЕАКЦІЙ ЙОННОГО ОБМІНУ В ПРИРОДІ. ЙОННИЙ ОБМІН ЯК ЗАСІБ ВОДОПІДГОТОВКИ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- чому реакції йонного обміну мають значення в природі;
- як ці реакції використовують у природоохоронних і побутових технологіях;
- що таке жорсткість води і як її усувають;
- що таке йонний обмін і як його застосовують для пом'якшення води.



Я щойно прочитав, що дощова вода, проходячи через ґрунт, може ставати м'якшою або твердішою. Що це означає, Таміло? А ще в промисловості очищують воду від йонів важких металічних елементів. Це теж хімічні реакції?

Так, і багато з них — це саме реакції йонного обміну! Вони відбуваються і в природі, і в побуті. Вони навколо нас... Реакції йонного обміну лежать в основі багатьох процесів: від утворення сталактитів у печерах — до очищення побутової води! Розберімося детальніше, як це працює та чому це так важливо.



Чому реакції йонного обміну мають значення для довкілля та побуту людини?



### Опрацьовуємо інформацію



#### Окиснення та горіння



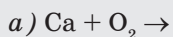
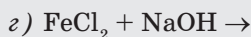
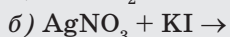
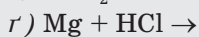
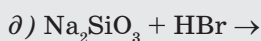
Що таке реакції обміну?



#### Робота в парі

Оберіть схеми реакцій обміну та перетворіть їх у рівняння. Які ознаки свідчатимуть про перебіг реакції у водному розчині?

Використовуючи підручні засоби, змодельуйте йони, які беруть участь у реакціях і відтворіть її перебіг.





| Йонний обмін у природі                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Йонний обмін у біологічних системах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Розчинення гірських порід (наприклад, вапняку — <math>\text{CaCO}_3</math>) під дією дощової або ґрунтової води, що містить кислоти або йонні домішки.<br/> <math display="block">\text{CaCO}_3 \text{ (вапняк)} + 2\text{H}^+ \text{ (з дощової води)} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\downarrow</math></li> <li>Утворення сталактитів і сталагмітів у печерах — це результат реакцій карбонатів із кислотами або перетворення розчинних у воді гідрокарбонатів (кислих солей) у карбонати.<br/> <math display="block">\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}</math></li> <li>Формування мінералів — унаслідок хімічної взаємодії йонів у водних розчинах солей.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>У клітинах організмів постійно відбуваються реакції обміну йонів, що є важливими для передачі нервових імпульсів, роботи м'язів і підтримання кислотно-основного балансу.</li> <li>Транспорт речовин через клітинні мембрани (наприклад, йонів Натрію та Калію) відбувається спеціальними білковими помпами — це теж йонний обмін. Цей процес можна подати спрощеною схемою:<br/> <math display="block">3\text{Na}^+ \text{ (з клітини)} \rightleftharpoons 2\text{K}^+ \text{ (усередину клітини)}</math></li> </ul> |
| Йонний обмін у побуті                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Йонний обмін у промисловості                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Пом'якшення води: фільтри з іонообмінними смолами замінюють йони Кальцію та Магнію на йони Натрію. Це пом'якшує воду й запобігає утворенню накипу в чайниках і побутовій техніці.</li> <li>Опріснення морської води: йонний обмін допомагає знизити вміст солей у воді, роблячи її придатною для пиття.</li> <li>Очищення стічних вод: видалення шкідливих йонів (наприклад, <math>\text{Fe}^{3+}</math>) з використанням реагентів, що утворюють нерозчинні осад.</li> </ul> $\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NaCl}$                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>У хімічній промисловості реакції йонного обміну використовують у виробництві кислот, лугів, мийних засобів.</li> <li>У фармацевтичній промисловості — для синтезу препаратів, очищення компонентів.</li> <li>У целюлозно-паперовому виробництві — для пом'якшення води та очищення від домішок.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                            |



Забруднення води йонами важких металічних елементів (як-от Плюмбуму  $\text{Pb}^{2+}$ , Кадмію  $\text{Cd}^{2+}$  або Меркурію  $\text{Hg}^{2+}$ ) є небезпечним для довкілля та здоров'я людини. Навіть у малих концентраціях вони мають токсичну дію: накопичуються в організмі, уражають нервову систему, нирки, кістки.

Побутові мийні засоби містять фосфати, які спричиняють цвітіння водойм — надмірний ріст водоростей, що погіршує якість води та призводить до загибелі водної фауни. Саме тому очищення води на очисних спорудах і вдома — така важлива справа!



## Жорсткість води та способи її усунення

**Жорсткість води** — це природна властивість води, зумовлена наявністю в ній розчинних кислих і середніх солей Кальцію та Магнію.



Кислі солі — це продукти неповного заміщення атомів Гідрогену на катіони металічних елементів у молекулах багатоосновних кислот:  $\text{NaHCO}_3$  (натрій гідрогенкарбонат),  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  (калій гідрогенортофосфат),  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (калій дигідроенортофосфат).

Жорстка вода непридатна для пиття й приготування їжі: її використання зумовлює утворення накипу в чайниках і побутовій техніці. Таку воду не використовують і в промисловості.

Сумарну концентрацію йонів Магнію й Кальцію у воді називають *загальною жорсткістю води*. Розрізняють *постійну* й *тимчасову* жорсткість води.

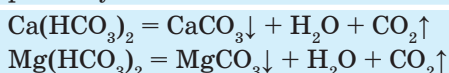
Для усунення жорсткості води, тобто її пом'якшення, з води потрібно видалити йони, які її зумовлюють (тобто  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ ) у вигляді нерозчинних солей.

**Тимчасова жорсткість води** зумовлена наявністю у воді кислих солей — кальцій і магній гідроенкарбонатів.

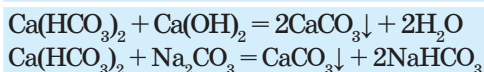
**Постійна жорсткість води** зумовлена кальцій і магній сульфатами та хлоридами.

### Способи усунення

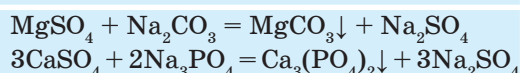
1) кип'ятіння води: під час нагрівання утворюються нерозчинні кальцій і магній карбонати, які виводять із розчину.



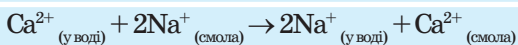
2) додавання кальцій гідроксиду (вапняної води) або натрій карбонату (кальцинованої соди).



1) введення у воду натрій карбонату, натрій ортофосфату.



2) використання йонообмінних смол — катіонітів (твердих речовин, нерозчинних у воді, до складу яких входять рухливі катіони  $\text{Na}^+$  у вигляді солей органічних кислот). Під час пропускання жорсткої води крізь колонку з катіонітом відбувається обмін йонами за схемою:



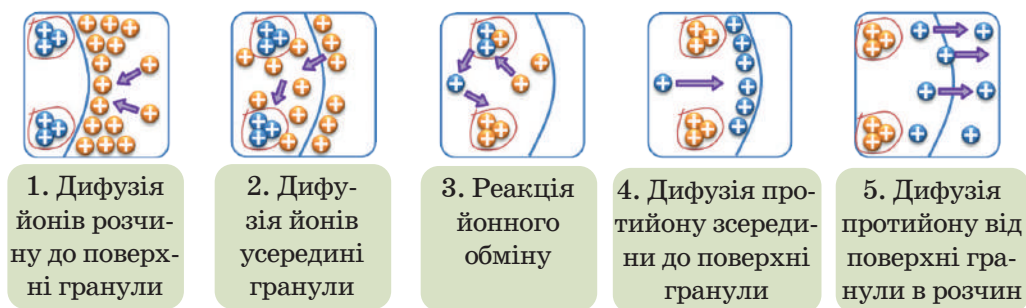
### А чи знаєте ви...

Усі йоніти — це штучно створені полімери, які поведуться як йонні губки, вбираючи певні йони з розчину. Вони мають йонозамінні центри — місця, які утримують йони, що легко



замінюються на інші (мал. 14.1). Ці властивості використовують навіть у космічних скафандрах для очищення повітря.

У медицині реакції йонного обміну використовують для очищення крові в процесі гемодіалізу — коли функцію нирок тимчасово виконує апарат.



Мал. 14.3. Стадії йонного обміну

## Досліджуємо

### Пом'якшення води йонітними смолами



#### Робота в групах

Для дослідження нам потрібно: два фільтри (із піском і йонообмінною смолою), розчини кальцій хлориду ( $\text{CaCl}_2$ ) і натрій карбонату ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), прозорі склянки, мірні циліндри, універсальний індикатор, дистильована вода, водопровідна вода.

- Об'єднайтеся в групи. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.
- Приготуйте три склянки з розчином натрій карбонату. У першу склянку додайте розчин кальцій хлориду. Що спостерігаєте? Запишіть рівняння реакції.
- У другу склянку пропустіть розчин кальцій хлориду через фільтр із піском, а в третю — через фільтр із йонітною смолою. Що спостерігаєте? Виміряйте рН. Поясніть зміни, які відбулися.
- Порівняйте результати та зробіть висновок.
- Сформулюйте гіпотезу про усунення жорсткості води використанням йонообмінної смоли. Складіть план експерименту та спрогнозуйте результати.
- Виконайте експеримент. Що спостерігаєте? Зробіть висновок.
- Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.



## Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

- Закінчіть речення:
  - Жорсткість води — це...
  - Загальна жорсткість води — це ...
  - Використання жорсткої води в побуті спричиняє ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Які солі називають кислими?

- Якими йонами зумовлена тимчасова жорсткість води?
  - Які йони зумовлюють постійну жорсткість води?
3. Які йонні реакції ви спостерігали в природі? Наведіть приклади.
  4. Поясніть різницю між тимчасовою й постійною жорсткістю води. Як їх можна усунути?
  5. Запишіть рівняння реакції пом'якшення води натрій карбонатом. Поясніть хімізм цього процесу.
  6. Поясніть, чому під час кип'ятіння жорсткої води в чайниках утворюється накип. Запишіть відповідне рівняння реакції.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/BtOekYUh> або за QR-кодом та виконайте завдання 7-11.



### А чи знаєте ви...

**Оптимістична** — гіпсова печера в Тернопільській області України; геологічна пам'ятка природи. Ця печера занесена до Книги рекордів Гіннеса як найдовша у світі гіпсова печера, найдовша печера Євразії та п'ята за довжиною серед печер світу.

Печера до кінця не розвідана. Сумарна довжина ходів становить понад 267 км. Ходи залягають на глибині близько 20-80 м від поверхні. Печера Оптимістична має декілька підземних озер, одне з яких — Мікрон — претендує на звання найбільшого підземного озера України. Його площа становить близько 500 м<sup>2</sup>, а глибина — 5-6 м. У 2010 році печера увійшла до складу національного природного парку «Дністровський каньйон».



**Мал. 14.2.**  
Геліктити в печері Оптимістична

### Робота в групах

Уявіть себе дослідниками/дослідницями печери Оптимістичної. Використовуючи додаткові джерела інформації, дайте відповіді на запитання та підготуйте інтерв'ю про печеру, яке б заохотило туристів дізнатися про неї більше та навіть відвідати її.

- Чому гіпсова порода в печері Оптимістичній поступово розчиняється у воді? Які йонні процеси це зумовлюють?
- Які йони можуть бути виявлені в природних підземних водах печери? За допомогою яких реакцій можна перевірити ваші припущення?
- Чи можна порівняти процес утворення сталактитів і сталагмітів із реакціями осадження, які ви проводили на уроках хімії? Наведіть приклади.
- Чи можна вважати печеру природною хімічною лабораторією? Відповідь обґрунтуйте.

### Селена пише з Танзанії

Привіт з Африки!

Цього тижня я побувала на березі ще одного дивовижного озера в Північній Танзанії — озера Натрон. Його вода має яскраво-рожевий

колір і лужне середовище ( $\text{pH} \approx 10,5$ ). Вода містить велику кількість йонів Натрію ( $\text{Na}^+$ ), а також карбонат-йони ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), які надходять із вулканічних порід. Під дією сонця вода активно випаровується, і внаслідок реакцій йонного обміну утворюються осади карбонатів.



**Мал. 14.3.** Озеро Натрон в Танзанії

Вони формують химерні нарости на берегах озера. Це наче природна лабораторія, де просто на очах осаджуються солі!

Лужна вода й висока температура повітря ( $40\text{--}60^\circ\text{C}$ ) робить озеро непридатним для проживання більшості живих організмів. Та попри екстремальні умови, тут мешкають колонії рожевих фламінго — єдиних істот, які почуваються комфортно в такому середовищі. Більше того Натрон — єдине місце розмноження малого фламінго. Природа дивовижна, чи не так?



### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/0tKqVy8w> і перевірте свої знання.
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) Постійну жорсткість води можна усунути кип'ятінням.
  - 2) Жорсткість води зумовлена наявністю в ній солей лужних металічних елементів.
  - 3) Для видалення шкідливих йонів зі стічних вод використовують реагенти, що утворюють нерозчинні осади з цими йонами.



Використовуючи додаткові джерела інформації, розробіть лепбук «Водневий показник  $\text{pH}$  різних середовищ довкілля».



Тепер я розумію, що реакції йонного обміну — це не просто хімічні рівняння на папері. Вони відбуваються навколо нас постійно: у воді, у ґрунтах, у живих клітинах. Навіть звичайне фільтрування води через йоніт — це хімічна магія, яка покращує наше життя. Завдяки хімії ми можемо зберігати довкілля, очищувати воду та краще розуміти природу. Я навіть не здогадувався, що сталактити в печерах і чиста вода з-під крана мають щось спільне!

Сьогодні ми запам'ятали такі терміни:

**йонний обмін — ion exchange; йоніти — ion-exchange resins;  
осад — precipitate.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



**Самоконтроль знань із теми**  
**«Досліджуємо хімічні реакції в розчинах»**

1. У розведеному водному розчині повністю дисоціює  
а) оцтова кислота      б) спирт      в) цукор      г) магній нітрат
2. У розчині, який містить йони  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , фенолфталеїн змінює своє забарвлення на  
а) малинове      б) рожеве      в) синє      г) жовте
3. Барій хлорид кількістю речовини 0,25 моль розчинили у воді. Укажіть сумарну кількість речовини (моль) позитивно й негативно заряджених йонів, які утворюються в розчині за повної дисоціації електроліту  
а) 0,25      б) 0,5      в) 0,75      г) 1
4. Обчисліть ступінь дисоціації електроліту, якщо з кожних 180 частинок розчиненої речовини 18 розпалися на йони  
а) 0,1      б) 0,2      в) 0,25      г) 0,5
5. Укажіть помилкове твердження:  
а) Катіони металічних елементів входять до складу солей.  
б) Солі містять аніони безоксигенових та оксигеновмісних кислот.  
в)  $\text{PCl}_3$  – сіль хлоридної кислоти.  
г) Розчинні у воді солі дисоціюють повністю.
6. В одному розчині містяться ферум(2+) нітрат і барій хлорид. Для осадження обох катіонів потрібно використати  
а) калій йодид      б) магній нітрат  
в) літій гідроксид      г) літій ортофосфат
7. Укажіть, між розчинами яких електролітів відбувається реакція йонного обміну  
а)  $\text{CuSO}_4 + \text{NaCl} \rightarrow$       б)  $\text{CuCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow$   
в)  $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow$       г)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{BaSO}_4 \rightarrow$
8. Укажіть речовини, які потрібно використати, щоб провести реакцію, яка відповідає скороченому йонно-молекулярному рівнянню  
$$3\text{Ba}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$$
  
а)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$       б)  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$   
в)  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$       г)  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$
9. Проаналізуйте твердження  
I. Усі солі нітратної кислоти розчинні у воді.  
II. Ферум(2+) гідроксид – розчинна у воді основа.  
III. Основи та оксигеновмісні кислоти – гідрати оксидів.  
IV. Луги – слабкі електроліти.  
V. Основи – речовини молекулярної будови.  
VI. Малинове забарвлення фенолфталеїну в розчинах лугів зумовлене наявністю гідроксид-йонів.  
Правильні з-поміж них лише  
а) I, III, V  
б) I, III, VI  
в) II, IV, V  
г) II, IV, VI

10. Увідповідніть формулу електроліта та суму всіх коефіцієнтів у рівнянні його дисоціації

- |                                 |      |
|---------------------------------|------|
| а) $\text{NaOH}$                | 1) 4 |
| б) $\text{H}_2\text{SO}_4$      | 2) 5 |
| в) $\text{FeBr}_3$              | 3) 6 |
| г) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ | 4) 3 |
|                                 | 5) 8 |

11. Розмістіть солі за зменшенням кількості йонів, що утворюються під час дисоціації 1 моль речовини в її водному розчині

- |                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| а) кальцій нітрат | б) натрій ортофосфат |
| в) калій йодид    | г) хром(3+) сульфат  |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
|   |   |   |   |

12. Укажіть, які катіони містяться в розчині, якщо під час додавання до нього розчину сульфатної кислоти випадає білий осад, а під час додавання розчину лугу випадає червоно-бурий осад

- |                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| а) $\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ | б) $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ |
| в) $\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ | г) $\text{Al}^{3+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ |



Доповніть речення та оцініть свої досягнення

• Я дізнався/дізналася

• Я знаю

• Я можу

• Я вмію

Я все розумію та можу пояснити.

Я ще не все розумію та допускаю помилки.

Мені важко відповісти на запитання.



### **ТЕМА 3. ДОСЛІДЖУЄМО ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ**





## §15. ПОНЯТТЯ ПРО ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- про особливості будови та властивості органічних сполук;
- як моделювати молекули органічних речовин;
- яке значення органічних сполук у повсякденному житті.



Маю для вас цікаве завдання! Пригадайте основні класи неорганічних сполук і класифікуйте речовини з переліку:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

Це дуже просто. Ми вивчили чотири класи неорганічних сполук: оксиди, кислоти, основи та солі. Так, оксиди —  $\text{CO}_2$  і  $\text{MgO}$ , основи —  $\text{NaOH}$  і  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , кислота —  $\text{HCl}$ , сіль —  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .



Наче все добре. Але ж у переліку є формули сполук, які до цих класів не належать:  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Може, ми щось наплутали? Чимось ці формули дуже схожі... Вони містять Карбон!

Ви виявили речовини, що містять Карбон. Їх дуже багато довкола: від молекул у вашому тілі до палива й пластиків. Склад, будову і властивості цих речовин вивчає органічна хімія.



Які особливості будови органічних речовин?



### Опрацюємо інформацію



#### Які речовини є органічними?



#### Робота в парі

Розшифруйте слова за шифром Цезаря зі зміщенням +1. Пригадайте з уроків біології, які речовини містяться в організмі людини. Які функції вони виконують?

АИКЙЗ

ЄЗПЗ

БТВКДБНГЗ

Усе живе складається з органічних сполук: білків, жирів, вуглеводів та інших речовин. Одяг, який ми носимо, пластик, засоби побутової хімії також створені з органічних речовин.

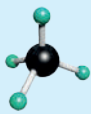
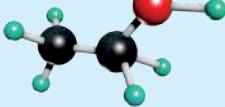
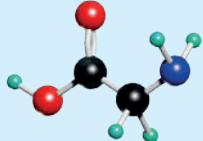
Основу всіх органічних сполук становить Карбон. Унікальність цього елемента полягає в тому, що його атоми можуть з'єднуватися, утворюючи довгі ланцюги, розгалуження або замкнуті цикли.

Саме ця здатність забезпечує велику різноманітність органічних ре-

човин. Окрім Карбону, органічні сполуки містять Гідроген.

Таблиця 15.1

### Моделі молекул деяких органічних речовин

| $\text{CH}_4$                                                                     | $\text{C}_6\text{H}_6$                                                            | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$                                                   | $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| Метан                                                                             | Бензен                                                                            | Етанол                                                                            | Гліцин                                                                             |

Як бачимо з табл. 15.1, органічні сполуки також можуть містити атоми Оксигену, Нітрогену або й інших елементів (наприклад, Сульфур, галогенів тощо).

Елементи, з яких утворені органічні сполуки в живих організмах (Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Фосфор та Сульфур), називають елементами-органогенами.



**Органічна хімія** — це розділ хімії, що вивчає сполуки Карбону (крім оксидів, карбонатів і деяких інших неорганічних речовин).



### А чи знаєте ви...

Термін «органічна» походить із часів, коли науковці вважали, що органічні речовини утворюються лише в живих організмах. У 1828 році німецький хімік Фрідріх Велер уперше синтезував органічну речовину — сечовину — з неорганічної (амоній ціанату). Це стало переломним моментом у розвитку органічної хімії: було доведено, що органічні сполуки можна отримати штучно.



### Робота в парі

1. Розгляньте формули та моделі молекул органічних речовин у табл. 15.1.
2. Атоми яких елементів містять молекули цих речовин. Які елементи є спільними для всіх речовин?
3. Обчисліть відносну молекулярну масу цих речовин і масову частку Карбону. Заповніть таблицю.

| Назва речовини | Якісний склад речовин | Елементи, які є спільними | $M_r$ | $w(\text{C})$ , % |
|----------------|-----------------------|---------------------------|-------|-------------------|
| Метан          |                       |                           |       |                   |
| Бензен         |                       |                           |       |                   |
| Етанол         |                       |                           |       |                   |
| Гліцин         |                       |                           |       |                   |

## Хімічні зв'язки в органічних сполуках



Який вид хімічного зв'язку в молекулі метану? Поясніть механізм утворення цього зв'язку. Зобразіть електронну та структурну формули метану. Пригадайте фізичні властивості метану.

Органічні сполуки, утворені переважно ковалентним зв'язком. Це вид зв'язку, за якого атоми спільно використовують електронні пари. Саме ковалентні зв'язки забезпечують стійке сполучення атомів у молекулі, а також можливість утворення ланцюгів, циклічних і розгалужених структур.



Які фізичні властивості мають сполуки з ковалентним зв'язком?

Розглядаючи моделі молекул органічних речовин, я помітив, що атоми утворюють зв'язки не безладно, а в певній послідовності, причому атоми того самого елемента утворюють однакову кількість зв'язків з іншими атомами: Карбону – 4, Гідрогену – 1, Оксигену – 2, а Нітрогену – 3.



Пригадуєте, у 8 класі ми говорили про валентність як здатність атомів утворювати певну кількість зв'язків. Мабуть, саме ця здатність атомів і визначає порядок сполучення атомів у молекулах органічних речовин і кількість зв'язків між атомами, тобто хімічну будову. Очевидно, і властивості речовин залежать від хімічної будови.

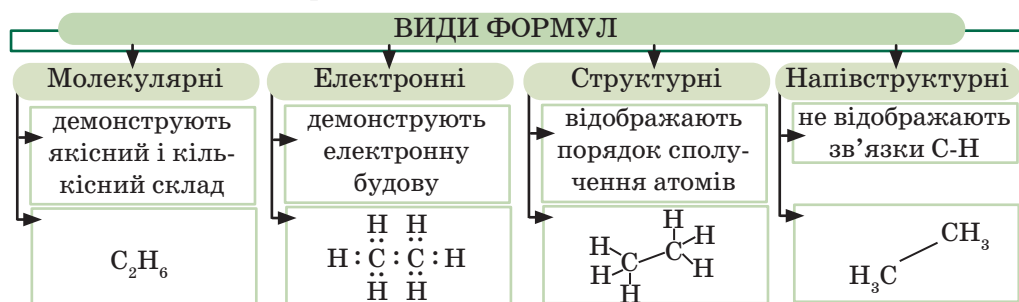


Атоми Карбону в органічних сполуках **ЗАВЖДИ** утворюють 4 зв'язки з іншими атомами (мають валентність IV).

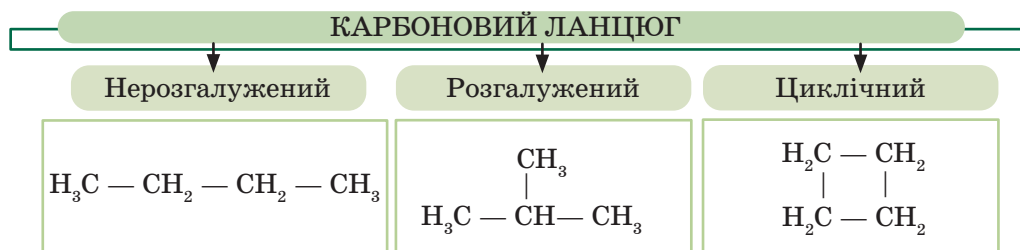
Але за молекулярною формулою важко зрозуміти порядок сполучення атомів у молекулі. Треба використовувати інші формули, які демонструють особливості будови речовин.



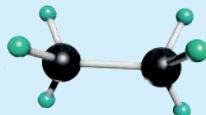
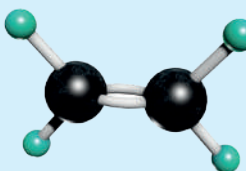
Щоб показати порядок сполучення атомів у молекулах, використовують *структурні формули*. Атоми позначають хімічними символами, а зв'язки між ними — рисками.



Карбоновий ланцюг може бути нерозгалуженим, розгалуженим, циклічним.



Іноді між двома атомами може бути не одна, а кілька рисок. Якщо рисунок дві, це подвійний зв'язок (=), якщо три — потрійний (≡).

| Фрагмент структурної формули | Зв'язок між атомами Карбону | Приклад молекули (модель)                                                           |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| C — C                        | Одинарний                   |   |
| C = C                        | Подвійний                   |   |
| C ≡ C                        | Потрійний                   |  |

### **Різноманітність органічних сполук. Явище ізомерії**

На сьогодні налічується понад 20 мільйонів органічних сполук, і їхня кількість постійно збільшується. Основною причиною такої різноманітності є здатність атомів Карбону сполучатися в ланцюги різної довжини та форми, а також утворювати циклічні структури.

Різноманітність органічних речовин також зумовлена наявністю певних груп атомів, які визначають хімічні властивості речовин: —ОН (гідроксильна), —COOH (карбоксильна), —NH<sub>2</sub> (аміногрупа) тощо.



**Функціональна група** — це група атомів у молекулі, яка визначає її властивості.

Кожна функціональна група вказує на належність речовини до певного класу органічних сполук, які ви розглянете в наступних параграфах.

Для органічних сполук характерне явище ізомерії.



**Ізомерія** — це явище існування речовин з однаковим якісним і кількісним складом (молекулярною формулою), але різною будовою або просторовим розміщенням атомів.

Сполуки, які мають однаковий якісний і кількісний склад, але різну будову й властивості, називають **ізомерами**.

### Селена пише з Франції

Привіт! Я знову у Франції!

Сьогодні відвідала пасіку на острові Уессан і виявила, що у бджіл є хімічні повідомлення. Бджоляр роз-



**Мал. 15.1.**

*Бджолина матка  
(у центрі)*

повів, що бджолина матка керує вуликом за допомогою хімічних сигналів! У її щелепних залозах утворюється феромон, який сигналізує про присутність і здоров'я матки, а також впливає на поведінку робочих бджіл, пригнічуючи розвиток їхніх яєчників. Робочі бджоли та трутні цей феромон не виробляють, але дуже чутливо на нього реагують.

У складі феромона є дві дуже схожі молекули з формулою  $C_{10}H_{18}O_3$ . Вони відрізняються лише розташуванням  $-OH$  групи, але по-різному впливають на поведінку бджіл.

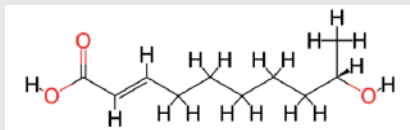
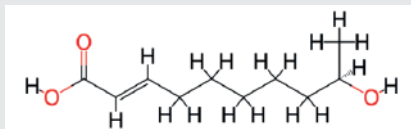
Завдяки таким сигналам у вулику панує порядок, робочі бджоли доглядають матку та потомство.

Цікаво, що Україна — один зі світових лідерів із виробництва меду. Можливо, і у вашій місцевості є пасіка?



### Робота в групах

1. На малюнку подано дві структурні формули ізомерів із формулою  $C_{10}H_{18}O_3$ . Чим вони відрізняються?



Перегляньте 3D-моделі цих молекул на сайті ChemSpider за покликаннями:  
<https://cutt.ly/NtKwgg75>  
<https://cutt.ly/FtKwReo7>

2. Подискутуйте, чому бджоли так чутливо реагують на ці хімічні сигнали? Чи можна порівняти це з людським способом спілкування? Чи знаєте ви ще

3. Використовуючи додаткові джерела інформації, відшукайте цікаві факти про українське бджільництво. Дізнайтеся, яке місце займає Україна серед світових виробників меду. Чому мед називають «солодким золотом»? Які сучасні методи використовують пасічники для збереження колоній?

## Відмінності між органічними та неорганічними сполуками



Розгадайте кроссенс. Обговоріть у групах сфери використання органічних речовин. Наведіть приклади використання з вашого повсякденного життя.



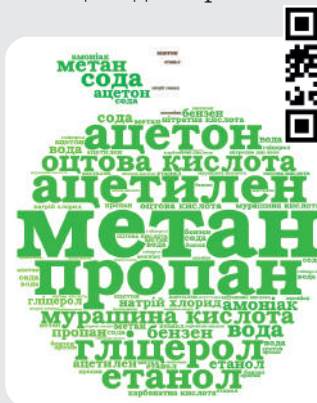
## Досліджуємо

## Работа в группах

1. Оберіть одну органічну сполуку з хмари слів. Зауважте, що в цьому списку є органічні і неорганічні речовини (для зручності пошуку подано тривіальні назви органічних сполук).

2. Використовуючи додаткові джерела інформації, відшукайте структурну формулу обраної органічної сполуки.

3. Перейдіть на сайт за покликанням <https://cutt.ly/UtKwDcJg> або за QR-кодом і змодельуйте молекулу у 3D, використовуючи онлайн-платформу MolView.



Проаналізуйте якісний і кількісний склад, а також просторову будову молекули (розміщення атомів, кути між ними тощо).

4. Використовуючи підручні засоби (пластилін, зубочистки, дрiт, кульки тощо), створіть модель молекули. Дотримуйтеся пропорцій і використовуйте різні кольори, моделюючи атоми різних елементів.

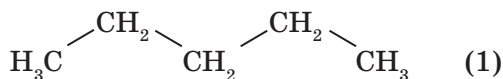
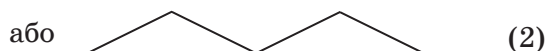
5. Використовуючи додаткові джерела інформації, відшукайте цікаві факти про обрану сполуку.

6. Створіть буклет, який міститиме назву сполуки, її структурну формулу, фото моделі та інформацію про речовину (цікаві факти). Презентуйте його однокласникам/однокласницям.

7. Оформіть мінівиставку моделей. За можливості опублікуйте свій результат на спільній онлайн-дошці.



Використовуючи платформу MolView, я звернула увагу, що структурна формула може не відображати атоми Карбону. Наприклад, напівструктурну формулу пентану ( $C_5H_{12}$ ) можна зобразити так:



То котра з них правильна?

Обидві формули відображають структуру пентану. Скорочену структурну формулу (2) називають скелетною. Під час складання скелетних формул дотримуймося декілька правил:



1) символ С у формулі не відображають. Тому потрібно пам'ятати, що в кожному куті фігури-формули міститься атом Карбону.

2) символ Н у формулі теж не відображають. Проте потрібно пам'ятати, що атоми Карбону утворюють 4 зв'язки. Якщо біля атома Карбону (у куті) сходиться менше чотирьох ліній, то решта зв'язків — це зв'язки С-Н (які не відображені).



### Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

- Закінчіть речення:
  - Органічні сполуки — ...
  - Карбоновий ланцюг — ...
  - Ізомерія — ...
  - Функціональна група — ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Які формули відображають будову органічних речовин?
  - Скільки зв'язків можуть утворити атоми Карбону й Гідрогену в

молекулах органічних сполук?

- Який вид зв'язку в молекулах органічних речовин?
3. Спрогнозуйте фізичні властивості органічних речовин, враховуючи вид зв'язку, яким вони утворені.
  4. Чим органічні речовини відрізняються від неорганічних за будовою?
  5. Назвіть галузі, у яких активно застосовують органічні речовини в повсякденному житті. Наведіть приклади.
  6. Як органічні речовини впливають на довкілля? Використовуючи додаткові джерела інформації, наведіть один приклад позитивного впливу й один — негативного.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/YtOeEq30> або за QR-кодом та виконайте завдання 7-11.



### **Робота в групах**

Поліетилен — це органічна речовина, яку використовують для виробництва пакетів. Використовуючи додаткові джерела інформації, з'ясуйте, чому поліетилен не розкладається природним шляхом? Запропонуйте дві альтернативи поліетиленовим пакетам, які були б безпечнішими для довкілля. Обговоріть з однокласниками/однокласницями власний досвід використання пластикових пакетів та/або їхніх альтернатив.



### **Перевірте себе**

1. Перейдіть за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/otKqMAjo> і перевірте свої знання.
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) В органічних сполуках атоми Карбону утворюють 2 або 4 зв'язки з іншими атомами.
  - 2) Ізомери — це сполуки з однаковим якісним, але різним кількісним складом.



Я й не здогадувалася, що навколо нас є стільки органічних речовин. Подумати тільки, якими унікальними є атоми Карбону! Скільки сполук утворено цим елементом! Органічна хімія розповість нам не лише про бензин чи пластик, а й про життя: білки, жири, вуглеводи, нуклеїнові кислоти. Організм людини теж складається з органічних речовин, тож, упевнена, буде дуже цікаво вивчати цей розділ хімії.

Сьогодні ми виписали такі словосполучення:

**organic chemistry — органічна хімія;**

**carbon chain — карбоновий ланцюг.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.

## §16. НАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ. МЕТАН І ЙОГО ВЛАСТИВОСТІ

У цьому параграфі ви дізнаєтеся:

- що таке алкани та їх загальну формулу;
- яка будова метану та його гомологів;
- як називати ізомери алканів;
- фізичні та хімічні властивості метану.



Виявляється, минулого року ми вже вивчали одну з органічних речовин — метан. Завжди пригадую його формулу, коли вмикаю газову плиту, адже він є основним компонентом природного газу. Знаю, що цей газ не має запаху. Але ми його чомусь усе ж відчуваємо. Як так?



Ти, мабуть, забув, але ми це вивчали. До газу додають спеціальні речовини — одоранти. Без них витік можна було б і не помітити! Метан належить до алканів, які ще називають насиченими вуглеводнями. Але чому їх так називають?



Чому алкани називають насиченими вуглеводнями?

### Опрацьовуємо інформацію

#### Вуглеводні та їх класифікація. Гомологічні ряди

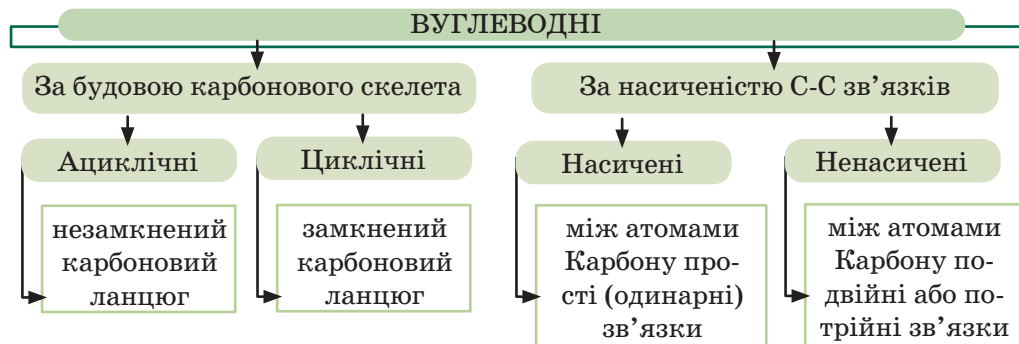
##### Робота в парі

Розгадайте ребус, у якому зашифровано назву органічних сполук. Поміркуйте, якими двома елементами утворено ці сполуки?



**Вуглеводні** — це органічні сполуки, молекули яких містять лише атоми Карбону й Гідрогену.

За особливостями будови вуглеводні поділяють на декілька класів.



Представники кожного класу органічних сполук утворюють гомологічні ряди.



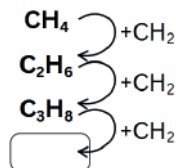
**Гомологічний ряд** — послідовність сполук, у якій молекула кожного наступного представника ряду відрізняється за складом від попередньої на одну й ту ж групу  $-\text{CH}_2-$ . Цю групу атомів називають **гомологічною різницею**.

**Гомологи** — це сполуки, які подібні за будовою й властивостями, але відрізняються за складом на одну або декілька груп атомів ( $-\text{CH}_2-$ ).



### Робота в парі

Метан ( $\text{CH}_4$ ), етан ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), пропан ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) належать до одного гомологічного ряду. Спрогнозуйте формулу наступного їхнього гомолога.



### Насичені вуглеводні



**Насичені вуглеводні** — це вуглеводні, у молекулах яких атоми Карбону сполучені простими (одинарними) ковалентними зв'язками.

Назва цього класу вуглеводнів за міжнародною номенклатурою — **алкани**.

Загальна формула алканів:  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ,  
де  $n$  — кількість атомів Карбону в молекулі.

Суфікс **-ан** у назві.

Гомологічний ряд алканів наведено в табл. 16.1.

Таблиця 16.1

Гомологічний ряд алканів

| n  | Виведення формули                      | Молекулярна формула          | Напівструктурна формула                           | Назва  |
|----|----------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|--------|
| 1  | $\text{CH}_{1 \cdot 2+2}$              | $\text{CH}_4$                | —                                                 | метан  |
| 2  | $\text{C}_2\text{H}_{2 \cdot 2+2}$     | $\text{C}_2\text{H}_6$       | $\text{CH}_3-\text{CH}_3$                         | етан   |
| 3  | $\text{C}_3\text{H}_{3 \cdot 2+2}$     | $\text{C}_3\text{H}_8$       | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$             | пропан |
| 4  | $\text{C}_4\text{H}_{4 \cdot 2+2}$     | $\text{C}_4\text{H}_{10}$    | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | бутан  |
| 5  | $\text{C}_5\text{H}_{5 \cdot 2+2}$     | $\text{C}_5\text{H}_{12}$    | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3$         | пентан |
| 6  | $\text{C}_6\text{H}_{6 \cdot 2+2}$     | $\text{C}_6\text{H}_{14}$    | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$         | гексан |
| 7  | $\text{C}_7\text{H}_{7 \cdot 2+2}$     | $\text{C}_7\text{H}_{16}$    | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}_3$         | гептан |
| 8  | $\text{C}_8\text{H}_{8 \cdot 2+2}$     | $\text{C}_8\text{H}_{18}$    | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_6-\text{CH}_3$         | октан  |
| 9  | $\text{C}_9\text{H}_{9 \cdot 2+2}$     | $\text{C}_9\text{H}_{20}$    | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}_3$         | нонан  |
| 10 | $\text{C}_{10}\text{H}_{10 \cdot 2+2}$ | $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_8-\text{CH}_3$         | декан  |

## А чи знаєте ви...

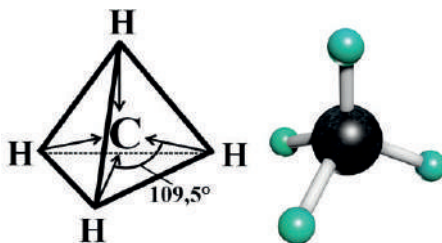
Перші чотири представники гомологічного ряду алканів мають тривіальні назви — назви, які склалися історично. Назви наступних представників гомологічного ряду утворені від грецьких числівників, які відповідають кількості атомів Карбону в молекулах алканів (грецька назва числа: моно – 1, ди – 2, три – 3, тетра – 4, пента – 5, гекса – 6, гепта – 7, окта – 8, нона – 9, дека – 10).

## Будова молекул

Атоми Карбону в алканах утворюють чотири одинарні зв'язки з іншими атомами Карбону або Гідроґену.

Просторова форма молекули метану — **тетраедрична**. Центральний атом Карбону з'єднаний із чотирма атомами Гідроґену так, що молекула має форму тетраедра.

Кут між зв'язками — приблизно  $109,5^\circ$ .



Мал. 16.1. Будова молекули метану

## Робота в парі

Перейдіть на сайт за покликанням <https://cutt.ly/UtKwDcJg> або за QR-кодом і змодельуйте молекули гомологів метану у 3D, використовуючи онлайн-платформу MolView. Дослідіть просторову будову гомологів метану за згенерованими 3D-зображеннями.



Моделюючи молекули гомологів метану, ми помітили, що карбон-карбоніві ланцюги в молекулах алканів розміщені в просторі не лінійно, а зигзагом, зберігаючи однакові кути ( $109,5^\circ$ ) і довжини зв'язків (табл. 16.2).

Таблиця 16.2

Довжина й енергія зв'язків в алканах

| Зв'язок | Довжина  | Енергія      |
|---------|----------|--------------|
| C – H   | 0,109 нм | 432 кДж/моль |
| C – C   | 0,154 нм | 348 кДж/моль |

## Ізомерія, номенклатура

Атоми Карбону в молекулах алканів можуть утворювати **нерозгалужені та розгалужені ланцюги**.

Якщо карбонівий ланцюг у молекулі вуглеводню нерозгалужений, то перед його назвою записують *н-* («нормальний»).

Починаючи від бутану, гомологи алканів мають структурні ізомери. Для алканів характерна ізомерія карбонівого ланцюга.



## Що таке ізомерія? Які сполуки називають ізомерами?

Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/or8srkgm> і дізнайтеся, як давати назву алканам із розгалуженими карбоновими ланцюгами.



У формулах розгалужених вуглеводнів замісниками є *алкільні замісники (алкіли)* — фрагменти молекул, що залишаються після уявного відокремлення атома Гідрогену від молекули алкану. Назви алкілів утворюються від назв відповідних алканів зі зміною суфікса *-ан* на *-іл* (*-ил*) (табл. 16.3).

Таблиця 16.3

### Утворення формул і назв алкільних замісників

| Молекулярна формула алкану | Назва  | Формула алкілу          | Назва  |
|----------------------------|--------|-------------------------|--------|
| Алкан                      |        | Алкіл                   |        |
| $\text{CH}_4$              | метан  | $-\text{CH}_3$          | метил  |
| $\text{C}_2\text{H}_6$     | етан   | $-\text{C}_2\text{H}_5$ | етил   |
| $\text{C}_3\text{H}_8$     | пропан | $-\text{C}_3\text{H}_7$ | пропіл |
| $\text{C}_4\text{H}_{10}$  | бутан  | $-\text{C}_4\text{H}_9$ | бутил  |



## Фізичні властивості алканів

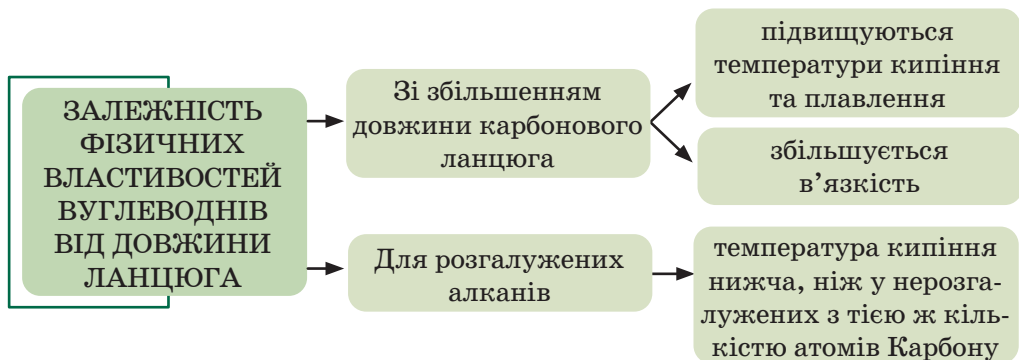


### Робота в парі

Пригадайте фізичні властивості метану. Виконуючи відповідні розрахунки, доведіть, що метан легший за повітря.

За агрегатним станом (за нормальних умов) представники  $\text{C}_1$ – $\text{C}_4$  гомологічного ряду алканів — гази,  $\text{C}_5$ – $\text{C}_{17}$  — рідини,  $\text{C}_{18}$  і більше — тверді речовини. Нерозчинні у воді, добре розчиняються в органічних розчинниках.

Фізичні властивості алканів залежать від довжини та розгалуженості карбонового ланцюга в молекулах (табл. 16.4).



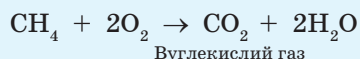
Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/xtOeEFCP> або за QR-кодом, обговоріть інформацію, уміщену в табл. 16.4 та попрацюйте в парі.



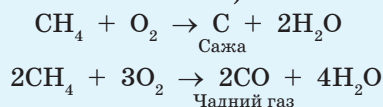
## **Хімічні властивості метану**

### **I. Реакції окиснення**

**1. Горіння метану (повне окиснення)**  
За умови згоряння в достатній кількості кисню:



**2. Часткове окиснення (за нестачі кисню)**



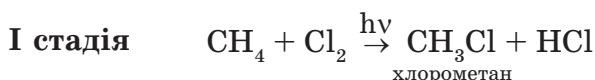
### **II. Реакція заміщення.**



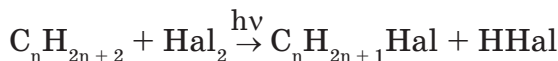
Які елементи називають галогенами? Які прості речовини вони утворюють?

За умови сильного освітлення (позначають у реакціях  $h\nu$ ) або нагрівання відбувається заміщення атомів Гідрогену на атоми галогенів.

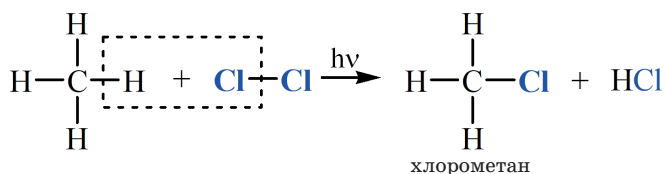
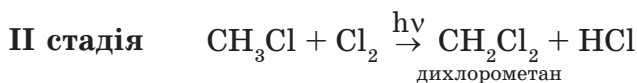
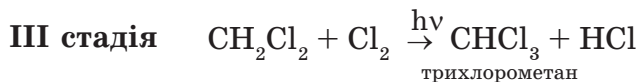
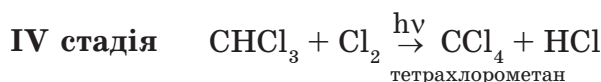
Реакція, за умови достатньої кількості галогену, може відбуватися в декілька стадій і тривати до повного заміщення атомів Гідрогену. Продуктами реакції є галогенопохідні алканів.



Загальна схема I стадії реакції:



Використовуючи структурні формули, цю стадію можемо зобразити так:



## Робота в парі

У фільмах іноді можна побачити, як злочинці миттєво присипляють людину, піднісши до її обличчя серветку, змочену хлороформом. Використовуючи додаткові джерела, перевірте достовірність цієї інформації. Зробіть висновок: фейк чи правда? Підготуйте коротку усну відповідь (2–3 хвилини) та обговоріть з однокласниками/однокласницями.

## Досліджуємо

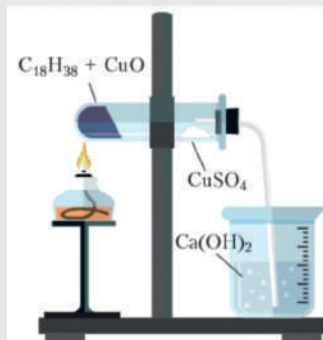
### Виявлення Карбону, Гідрогену та Хлору в органічних сполуках

#### Робота в групах

Для дослідження нам потрібно: купрум(2+) оксид ( $\text{CuO}$ ), парафін, безводний купрум(2+) сульфат ( $\text{CuSO}_4$ ), вапняна вода (водний розчин  $\text{Ca(OH)}_2$ ), пробірки, штатив із лапкою, корок із газовідвідною трубкою, спиртівка, штатив для пробірок, скляна паличка, пробіркотримач; побутовий зразок, виготовлений із полівінілхлориду (наприклад, електроізоляція), мідний дріт (тонкий, довжиною 10–15 см), закручений у спіраль, тримач або пінцет, спиртівка, сірники.

1. Об'єднайтеся в групи. Повторіть правила техніки безпеки перед початком роботи.

2. *Виявлення Карбону й Гідрогену в органічних речовинах.* Для виявлення Карбону й Гідрогену використовують реакцію окиснення вуглеводнів у присутності купрум(2+) оксиду. У суху пробірку помістіть суміш купрум(2+) оксиду (масою 0,5 г) та парафіну (масою 0,2 г). Закріпіть пробірку горизонтально в лапці штатива, як показано на мал. 16.3. Біля отвору пробірки помістіть трохи безводного купрум(2+) сульфату. Пробірку закрийте корком з газовідвідною трубкою, кінець якої занурте у склянку з вапняною водою (прозорий розчин). Суміш нагрійте спиртівкою.

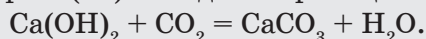


**Мал. 16.3.** Виявлення Карбону та Гідрогену в органічних речовинах

3. Що спостерігаєте? Поміркуйте, що є продуктами окиснення вуглеводнів. Поясніть, що відбувається із купрум(2+) сульфатом і чому. Які зміни ви помітили у вапняній воді?



Під час пояснення явищ, які відбуваються, візьміть до уваги, що помутніння вапняної води свідчить про її взаємодію з карбон(IV) оксидом за реакцією:



4. *Виявлення Хлору в органічних речовинах (реакція Байльштайна (Бельштейна)).* Цей метод базується на здатності хлоровмісних сполук забарвлювати полум'я пальника в зелений колір. Дослід потрібно виконувати у витяжній шафі! Прожарте мідну дротину, закручену в спіраль, у полум'ї спиртівки до повного очищення (доки полум'я не перестане змінювати колір). Трохи охолодіть дротину. Наколіть невеликий шматочок

досліджуваного зразка електроізоляції (виготовленої з полівінілхлориду) на спіраль і внесіть у полум'я спиртівки. Що спостерігаєте? Зробіть висновок.

5. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

### Селена пише з Польщі

Сьогодні я побувала в невеликій майстерні свічок у Кракові. Тут використовують парафін — твердий матеріал, який є сумішшю алканів із довгими карбоновими ланцюгами. Мене здивувало, що з парафіну виготовляють не лише свічки, а й косметику, засоби для захисту деревини та навіть створюють тонке покриття на шкірці деяких фруктів, щоб вони довше зберігалися. Виявляється, алкани можуть бути не тільки паливом, а й невидимими помічниками в нашому побуті.



### Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті



- Закінчіть речення:
  - Вуглеводні — ...
  - Алкани — ...
  - Загальна формула алканів ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Яка просторова будова молекули метану?
  - Що таке гомологічний ряд?
  - Використовуючи загальну формулу алканів, складіть формули третього, п'ятого і сьомого представників гомологічного ряду насичених вуглеводнів.
- Чому алкани вважають насиченими вуглеводнями? Поясніть на прикладі етану.
- Поясніть, чому температура кипіння алканів підвищується зі збільшенням довжини карбонового ланцюга. За потреби використайте додаткові джерела інформації.
- Використовуючи значення електронегативностей Карбону й Гідрогену, поясніть слабку полярність зв'язку C – H в алканах. Чому алкани не розчиняються у воді, але добре розчиняються в органічних розчинниках?
- Як відбувається хлорування метану під дією світла? Допишіть рівняння реакцій і назвіть продукти.

a)  $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \dots + \text{HCl}$

в)  $\text{CH}_4 + 2\text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \dots + \dots$

б)  $\text{CHCl}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \dots + \dots$

г)  $\text{CH}_4 + 4\text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \dots + \dots$
- Доповніть речення:

а) Кількість атомів Карбону в молекулі октану в ... рази ..., ніж у бутану.

- б) Кількість атомів Гідрогену в молекулі пропану в ... рази ..., ніж у гептану.
- в) Кількість атомів Карбону в молекулі гексану в 3 рази більша, ніж ....
- г) Кількість атомів Гідрогену в молекулі метану в 5 разів менша, ніж ....
8. Який вуглеводень має більше ізомерів: а) бутан чи гексан; б) пентан чи октан? Поясніть свої міркування. Розмістіть у ряд за зменшенням кількості ізомерів пропан, пентан, гексан, гептан і нонан.
9. Обчисліть масу (г) води, що утвориться в результаті повного окиснення метану масою 48 г.
10. Обчисліть об'єм (л) кисню, необхідний для спалювання метану об'ємом 10 л.
- 11\*. Тетрахлорометан масою 154 г одержали хлоруванням метану масою 32 г. Який практичний вихід (%) тетрахлорометану?



### Робота в групах

Як би ви пояснили своїм однокласникам/однокласницям гомологічний ряд алканів? Підготуйте графічні матеріали за потреби та коротке пояснення. Зробіть коротку доповідь й обговоріть з однокласниками/однокласницями.



### Перевірте себе

- Перейдіть за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/KtKq2aUp> і перевірте свої знання.
- Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - Загальна формула алканів  $C_nH_{2n-2}$ .
  - Кут між зв'язками C – H у молекулі метану приблизно  $109,5^\circ$ .
  - Зі збільшенням довжини карбонового ланцюга температура кипіння органічних речовин підвищується.



Тепер ми знаємо, що алкани — це велика сім'я вуглеводнів (гомологічний ряд): метан серед них найменший і має старших братів із довшими карбоновими ланцюгами. Усі зв'язки в молекулах алканів одинарні, саме тому їх називають насиченими.

Сьогодні ми виписали такі слова:

**вуглеводні — hydrocarbons;**

**алкани — alkanes;**

**реакції заміщення — substitution reactions.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §17. НЕНАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ. ВЛАСТИВОСТІ ЕТЕНУ Й ЕТИНУ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- що таке ненасичені вуглеводні;
- яка будова етену й етину;
- чим схожі алкени й алкіни і чим вони відрізняються;
- чи мають алкени й алкіни ізомери;
- про фізичні та хімічні властивості етену й етину.

Учора в супермаркеті купував банани. З уроків біології пригадую, що вони багаті на амінокислоту триптофан, яка в нашому організмі перетворюється на серотонін — гормон щастя. Мені порадили купити зелені плоди, мовляв, удома дозріють. І я дійсно помічав, що за кімнатної температури це відбувається дуже швидко. Учора — зелені, сьогодні — жовті. Але як пояснити цей процес? Ай-Хіме, у тебе є якась інформація?



Звичайно. Банани дійсно дозрівають після збору. Цьому процесу сприяє газ етен — природний фітогормон, який самі плоди й виділяють під час дозрівання. У промисловості газ подають у спеціальні камери, щоб дозрівання відбувалося швидше й рівномірніше. Етен — це ненасичений вуглеводень.

Дивина. І метан, й етен — вуглеводні, але яке різне застосування! Метан використовують як паливо, а етен стимулює дозрівання плодів. То чим вони відрізняються?



Чим ненасичені вуглеводні відрізняються від насичених?



### Опрацьовуємо інформацію



### Ненасичені вуглеводні



Які вуглеводні називають насиченими? Яка їх будова?



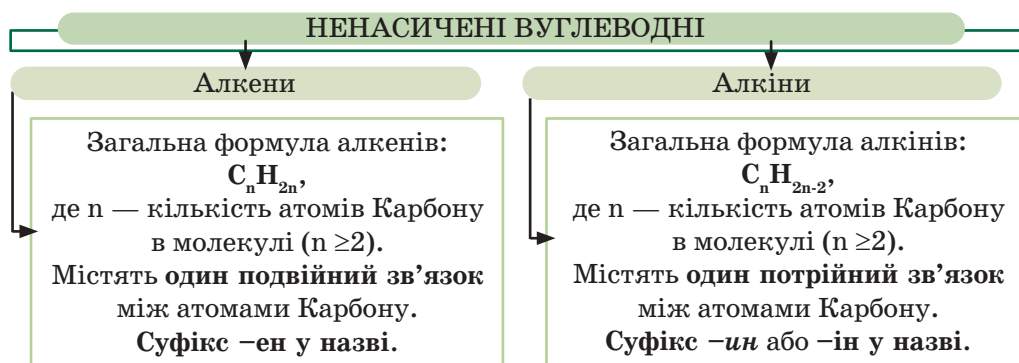
### Робота в парі

Розшифруйте анаграми, які є назвами насичених вуглеводнів. У відповідність отримані назви з числами в хмарі, які вказують кількість атомів Карбону й Гідрогену в їхніх молекулах. Складіть молекулярні формули цих алканів. Запишіть їхні скелетні формули.



**Ненасичені вуглеводні** — це вуглеводні, у молекулах яких між атомами Карбону є кратні зв'язки (подвійні або потрійні).

Розглянемо два класи ненасичених вуглеводнів — алкени й алкіни.



Гомологічні ряди алкенів й алкінів наведено в табл. 17.1.

Таблиця 17.1

**Гомологічні ряди алкенів й алкінів**

|     | Алкени $C_n H_{2n}$     |                     |                | Алкіни $C_n H_{2n-2}$       |                     |                |
|-----|-------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------|---------------------|----------------|
| $n$ | Виведення формули       | Молекулярна формула | Назва          | Виведення формули           | Молекулярна формула | Назва          |
| 1   | —                       | —                   | —              | —                           | —                   | —              |
| 2   | $C_2 H_{2 \cdot 2}$     | $C_2 H_4$           | ет <b>ен</b>   | $C_2 H_{2 \cdot 2 - 2}$     | $C_2 H_2$           | ет <b>ин</b>   |
| 3   | $C_3 H_{3 \cdot 2}$     | $C_3 H_6$           | проп <b>ен</b> | $C_3 H_{3 \cdot 2 - 2}$     | $C_3 H_4$           | проп <b>ін</b> |
| 4   | $C_4 H_{4 \cdot 2}$     | $C_4 H_8$           | бут <b>ен</b>  | $C_4 H_{4 \cdot 2 - 2}$     | $C_4 H_6$           | бут <b>ин</b>  |
| 5   | $C_5 H_{5 \cdot 2}$     | $C_5 H_{10}$        | пент <b>ен</b> | $C_5 H_{5 \cdot 2 - 2}$     | $C_5 H_8$           | пент <b>ин</b> |
| 6   | $C_6 H_{6 \cdot 2}$     | $C_6 H_{12}$        | гекс <b>ен</b> | $C_6 H_{6 \cdot 2 - 2}$     | $C_6 H_{10}$        | гекс <b>ин</b> |
| 7   | $C_7 H_{7 \cdot 2}$     | $C_7 H_{14}$        | гепт <b>ен</b> | $C_7 H_{7 \cdot 2 - 2}$     | $C_7 H_{12}$        | гепт <b>ин</b> |
| 8   | $C_8 H_{8 \cdot 2}$     | $C_8 H_{16}$        | окт <b>ен</b>  | $C_8 H_{8 \cdot 2 - 2}$     | $C_8 H_{14}$        | окт <b>ин</b>  |
| 9   | $C_9 H_{9 \cdot 2}$     | $C_9 H_{18}$        | нон <b>ен</b>  | $C_9 H_{9 \cdot 2 - 2}$     | $C_9 H_{16}$        | нон <b>ин</b>  |
| 10  | $C_{10} H_{10 \cdot 2}$ | $C_{10} H_{20}$     | дец <b>ен</b>  | $C_{10} H_{10 \cdot 2 - 2}$ | $C_{10} H_{20}$     | дец <b>ин</b>  |

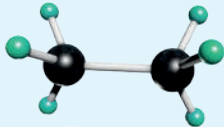
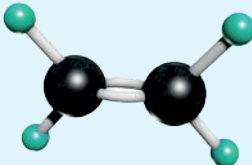
## Будова молекул

У молекулі етену ( $C_2H_4$ ) кожен атом Карбону утворює два зв'язки з іншим атомом Карбону та два зв'язки з атомами Гідрогену. Усі атоми молекули розміщені в одній площині. Валентний кут становить  $120^\circ$  (табл. 17.2).

У молекулі етину ( $C_2H_2$ ) кожен атом Карбону утворює три зв'язки з іншим атомом Карбону й один зв'язок з атомом Гідрогену. Усі атоми в молекулі розміщені на прямій. Валентний кут становить  $180^\circ$  (табл. 17.2).

Таблиця 17.2

### Будова молекул вуглеводнів

| Алкан                                                                             | Алкен                                                                             | Алкін                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Етан                                                                              | Етен                                                                              | Етин                                                                               |
|  |  |  |
| $C_2H_6$                                                                          | $C_2H_4$                                                                          | $C_2H_2$                                                                           |

## Робота в парі

Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/UtKwDcJg> і змодельуйте молекули етану, етену й етину у 3D, використовуючи онлайн-платформу MolView. Дослідіть просторову будову цих вуглеводнів за згенерованими 3D-зображеннями. Обговоріть з однокласником/однокласницею спільні та відмінні ознаки в просторовій будові молекул, які ви помітили.



## Робота в групах

### Гра «Хто швидше?».

- Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.
- Доповніть таблицю, вписавши правильні молекулярні формули запропонованих вуглеводнів у відповідному стовпчику.
- Складіть завдання для інших груп, запропонувавши назви ще 5 вуглеводнів.

| Вуглеводень | Кількість атомів Карбону в молекулі | Молекулярна формула |       |       |
|-------------|-------------------------------------|---------------------|-------|-------|
|             |                                     | Алкан               | Алкен | Алкін |
| Етен        |                                     |                     |       |       |
| Етин        |                                     |                     |       |       |
| Пропан      |                                     |                     |       |       |
| Бутен       |                                     |                     |       |       |
| Пентин      |                                     |                     |       |       |

4. Обговоріть у групі, чому карбоновий ланцюг перших представників гомологічних рядів алкенів і алкінів містить по два атоми Карбону.

Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/or8sr61W> і дізнайтеся про ізомерію ненасичених вуглеводнів.



## Фізичні властивості алкенів і алкінів

Фізичні властивості алкенів залежать від довжини карбонового ланцюга та ступеня його розгалуження.



Як змінюються температури плавлення й кипіння алканів зі збільшенням довжини карбонового ланцюга?

За звичайних умов алкени від  $C_2H_4$  до  $C_4H_8$  — гази, від  $C_5H_{10}$  до  $C_{16}H_{32}$  — рідини, а решта — тверді речовини. Зі збільшенням довжини карбонового ланцюга підвищуються їхні температури плавлення й кипіння. Алкени з розгалуженою будовою киплять за нижчих температур, ніж їхні ізомери з нормальною будовою.

Алкени майже нерозчинні у воді, добре розчиняються в органічних розчинниках.

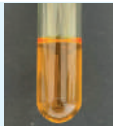
За фізичними властивостями алкіни схожі на алкени. За звичайних умов алкіни від  $C_2H_2$  до  $C_4H_6$  — гази, від  $C_5H_8$  до  $C_{16}H_{30}$  — рідини, від  $C_{17}H_{32}$  — тверді речовини. Температури кипіння алкінів вищі, ніж у відповідних алкенів. Добре розчиняються в органічних розчинниках.

| Фізичні властивості етену                                                                                                                                   |                   | Фізичні властивості етину                                                                                                                                                                                                                      |                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Безбарвний газ зі слабким солодкуватим запахом, трохи легший за повітря, малорозчинний у воді, добре розчиняється в органічних розчинниках. Легкозаймистий. |                   | Безбарвний газ, майже без запаху, малорозчинний у воді, добре розчиняється в органічних розчинниках. За умови сильного охолодження він перетворюється в білу кристалічну речовину, минаючи рідкий стан. Вибухонебезпечний у суміші з повітрям. |                                               |
| Температура плавлення                                                                                                                                       | $-169,2^{\circ}C$ | Температура плавлення й кипіння                                                                                                                                                                                                                | $-83,6^{\circ}C$ (сублімує не розплавляючись) |
| Температура кипіння                                                                                                                                         | $-103,7^{\circ}C$ |                                                                                                                                                                                                                                                |                                               |



## Робота в парі

Використовуючи додаткові джерела інформації, відшукайте інформацію про тривіальні назви етену (етилен) й етину (ацетилен) та обговоріть з однокласниками/однокласницями у класі.

| Хімічні властивості етену                                                                                                                                                                                                 | Хімічні властивості етину                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>I. Реакції приєднання</b>                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Реакція відбувається внаслідок розриву одного зв'язку між атомами Карбону.                                                                                                                                                | Реакція може відбуватися внаслідок розриву одного або двох зв'язків між атомами Карбону.                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>1. Гідрування (приєднання водню)</b>                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni}} \underset{\text{етан}}{\text{CH}_3 - \text{CH}_3}$                                                                                                        | $\text{HC} \equiv \text{CH} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni}} \underset{\text{етен}}{\text{CH}_2 = \text{CH}_2}$ $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni}} \underset{\text{етан}}{\text{CH}_3 - \text{CH}_3}$                                                                                 |
| Утворюється алкан.                                                                                                                                                                                                        | 1) Утворюється алкен.<br>2) Утворюється алкан.                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>2. Галогенування (приєднання галогену)</b>                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$                                                                                                                                          | $\text{HC} \equiv \text{CH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{Br} - \text{CH} = \text{CH} - \text{Br}$ $\text{HC} \equiv \text{CH} + 2\text{Br}_2 \rightarrow \text{Br}_2\text{CH} - \text{CHBr}_2$                                                                                                                      |
| $\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \underset{\text{Br} \quad \text{Br}}{\text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2}$ 1,2-дибромоетан                                                                       | $\text{HC} \equiv \text{CH} + \text{Br}_2 \rightarrow \underset{\text{Br} \quad \text{Br}}{\text{HC} = \text{CH}}$ 1,2-дибромоетен<br>$\text{HC} \equiv \text{CH} + 2\text{Br}_2 \rightarrow \underset{\text{Br} \quad \text{Br}}{\underset{\text{Br} \quad \text{Br}}{\text{HC} - \text{CH}}}$ 1,1,2,2-тетрабромоетан |
| Утворюється галогенопохідна алкану.                                                                                                                                                                                       | 1) Утворюється галогенопохідна алкену.<br>2) Утворюється галогенопохідна алкану.                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Якісна реакція (виявлення алкенів і алкінів: бромна вода (водний розчин броду) знебарвлюється під час пропускання алкену або алкіну через розчин — ознака наявності кратного зв'язку.</b>                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div></div> <div>  <p>Бромна вода</p> </div> </div> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>II. Реакції окиснення</b>                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>3. Повне окиснення</b>                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| $\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$                                                                                                                                       | $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>III. Реакції полімеризації</b>                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| $n\text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow (\text{CH}_2 - \text{CH}_2)_n$<br>поліетен (поліетилен)                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

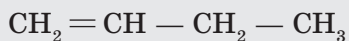
## Досліджуємо фізичні властивості ненасичених вуглеводнів



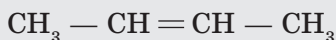
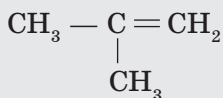
### Робота в парі

1. Розгляньте дві пари речовин:

#### Пара 1



#### Пара 2



Для кожної речовини

- запишіть молекулярну формулу та назву;
  - порівняйте температури кипіння кожної пари речовин. Сформулюйте гіпотезу й поясніть свої міркування.
2. Використовуючи додаткові джерела, відшукайте значення температур кипіння й перевірте своє припущення. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу?
3. Розгляньте дані в таблиці. Порівняйте температури кипіння алкінів. Як вони змінюються зі збільшенням відносної молекулярної маси? Визначте, у якому агрегатному стані будуть дані речовини за кімнатної температури.

| Назва сполуки | Формула                | Агрегатний стан | Температура кипіння, °C |
|---------------|------------------------|-----------------|-------------------------|
| Етин          | $\text{C}_2\text{H}_2$ |                 | -84                     |
| Пропін        | $\text{C}_3\text{H}_4$ |                 | -23                     |
| Бут-1-ин      | $\text{C}_4\text{H}_6$ |                 | +8                      |
| Пент-1-ин     | $\text{C}_5\text{H}_8$ |                 | +40                     |

4. Сформулюйте загальні висновки:

- Як довжина карбонового ланцюга впливає на температуру кипіння?
- Як розгалуженість карбонового ланцюга впливає на температуру кипіння?

## Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

1. Закінчіть речення:
  - Алкени — ...
  - Алкіни — ...
  - Загальна формула алкінів ...
2. Дайте відповіді на запитання:
  - Які зв'язки називають кратними?
  - Які суфікси використовують у назвах алкенів і алкінів?
  - Використовуючи загальну формулу алкінів, складіть формули другого, четвертого та шостого представників гомологічного ряду.
3. Чому алкени й алкіни називають ненасиченими вуглеводнями? Як така будова впливає на їхні властивості. Відповідь обґрунтуйте.

- Обчисліть, скільки атомів Гідрогену містить молекула алкіну, у якій ланцюг утворений 8 атомами Карбону.
- Як змінюються фізичні властивості алкенів і алкінів зі збільшенням довжини карбонового ланцюга?

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/ptOeswP7> або за QR-кодом та виконайте завдання 6-12.



### Робота в парі

Порівняйте хімічні властивості алканів, алкенів і алкінів. Складіть діаграми Венна:

а) у колах укажіть відмінні риси між властивостями насичених і ненасичених вуглеводнів, а на перетині кіл — спільні.

б) у колах укажіть відмінні риси між властивостями алкенів і алкінів, а на перетині кіл — спільні.



### Перевірте себе

- Перейдіть на сайт за QR-кодами або за покликаннями й виконайте вправи.  
<https://cutt.ly/ftKq2JOt>, <https://cutt.ly/5tKq8rfI>
- Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) Реакції приєднання для алкенів відбуваються у дві стадії.
  - 2) Загальна кількість зв'язків у молекулі етену — 6.
  - 3) Продуктами реакції повного окиснення алкенів і алкінів є карбон(IV) оксид і вода.



Дуже цікаво. Назва сполуки дає інформацію про її будову. Суфікс **-ан** у назві мають алкани — сполуки, утворені простими зв'язками, **-ен** — алкени, що мають подвійний зв'язок  $C=C$ , **-ин (-ін)** — алкіни, що мають потрійний зв'язок  $C \equiv C$ . Легко запам'ятати!

Сьогодні ми виписали такі слова:

**алкени — alkenes;**

**алкіни — alkynes;**

**реакції приєднання — addition reactions.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §18. ГОРІННЯ ВУГЛЕВОДНІВ. ЗАСТОСУВАННЯ ВУГЛЕВОДНІВ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- що таке горіння і які особливості цього процесу;
- що таке нафта та які фракції з неї отримують;
- як одержують пластик;
- яке значення вуглеводнів у нашому повсякденному житті.



Учора біля школи міняли металеву огорожу. Майстер для зварювання металів використовував пальник із дуже яскравим полум'ям. Мені навіть довелося відвернутися!



Я теж бачила! Здається, воно було дуже гарячим, бо метал плавився просто на очах. Цікаво, що це за газ?



Це етин (ацетилен) — ненасичений вуглеводень, горіння якого відбувається з полум'ям із дуже високою температурою — приблизно  $3000^{\circ}\text{C}$ . Завдяки цьому його використовують для зварювання та різання металів. Але горять вуглеводні не тільки в пальниках — процес горіння лежить в основі роботи двигунів, опалення, приготування їжі та виробництва електроенергії.



У чому особливості реакції горіння вуглеводнів?



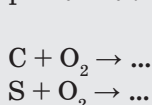
### Опрацьовуємо інформацію



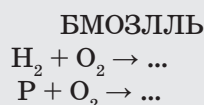
#### Горіння вуглеводнів



Розшифруйте записи Ай-Хіма за шифром Цезаря зі зміщенням +2. Поясніть їх. Які продукти утворюються в результаті таких реакцій? Наведіть приклади та перетворіть наведені схеми реакцій у рівняння.



МІЖПЛІЛЛЬ



БМОЗЛЛЬ



Пригадайте склад природного газу. Що є його основним компонентом? Як його використовують?



Метан є основним компонентом газів:

- природних горючих (до 99,5%);
- нафтових попутних (39–91%);

- болотяних (понад 99%) і рудникових (34–48%);
- присутній у газах грязьових вулканів (понад 95%),
- спорадично зустрічається у вулканічних газах і в газах магматичних та метаморфічних порід.

Велика кількість метану розчинена у водах океанів, морів, озер.

За умови згоряння метану в достатній кількості кисню (повітря) утворюються вуглекислий газ і вода, виділяється значна кількість тепла (Q).

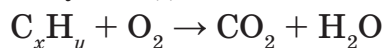


Цим пояснюють використання метану як палива.

За нестачі кисню (повітря), як уже було вказано в попередніх параграфах, утворюється чадний газ або сажа, що є небезпечним для здоров'я та довкілля.

Як і метан, усі вуглеводні — горючі речовини. Продуктами горіння усіх вуглеводнів у надлишку кисню є вуглекислий газ і вода.

Загальна схема горіння вуглеводнів:



### **Робота в парі**

Використовуючи наведену схему, запишіть рівняння реакції горіння етену й етину.



У мене виникло питання. Етин — це газ без запаху, але я точно відчував різкий неприємний запах учора біля огорожі. То може наш ІІІ помилився? І то не етин горів?



Та ні. У цьому випадку Ай-Хім відшукав правильне пояснення. Справа в тому, що для зварювання металів використовують технічний етин (ацетилен), який містить домішки, наприклад, фосфін ( $\text{PH}_3$ ) та сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Саме вони зумовлюють появу того неприємного запаху під час зварювання металів.



### **А чи знаєте ви...**



Ацетиленове полум'я раніше використовували в карбідних лампах для освітлення: у шахтах, каретах, старих авто й навіть велосипедах. Вибухи таких ламп через накопичення газу не були рідкістю.



**Мал. 18.1.**  
Карбідна  
лампа

### **Селена пише з Норвегії**

Вітання з Норвегії!

Я зараз на буровій платформі в Північному морі. Тут добувають природний газ і нафту — головні джерела вуглеводнів. Газ складається переважно з метану, а нафта — це складна суміш сотень сполук, у тому числі рідких алканів.



Її розділяють на фракції: бензин, гас, дизельне пальне, мазут. Без нафти не було б палива для автомобілів і літаків, а ще пластмас і косметики. Але я дізналася, що світова спільнота шукає заміну нафті, щоб зменшити забруднення довкілля. Може, ми колись відшукаємо альтернативу?



**Мал. 18.2.** Бурова платформа Troll A у Північному морі



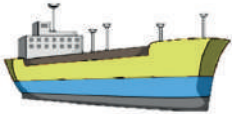
## Нафта і її фракції



**Нафта** — суміш рідких алканів, циклоалканів й інших вуглеводнів. Її розділяють методом фракційної перегонки, бо кожна група компонентів має свій діапазон температур кипіння.



### Основні фракції нафти

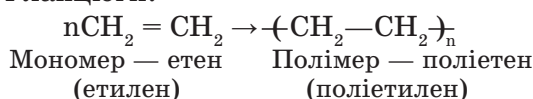
| Фракція         | Кількість атомів Карбону в ланцюгу | Використання                              |                                                                                       |
|-----------------|------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Газова          | 1 – 4                              | Паливо, газові балони                     |   |
| Бензин          | 5 – 12                             | Пальне для автомобілів                    |   |
| Лігроїн (нафта) | 7 – 14                             | Сировина для нафтохімічної промисловості  |  |
| Гас             | 11 – 15                            | Паливо для авіації                        |   |
| Дизельна        | 14 – 19                            | Дизельне пальне                           |   |
| Мазут           | 18 – 30                            | Паливо для котлів, великих морських суден |   |

|                                |           |                                                                   |                                                                                    |
|--------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Залишок<br>(бітум,<br>парафін) | Більше 30 | Дорожні покрит-<br>тя, гідроізоляція<br>дахів, свічки,<br>мастила |  |
|--------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|

## Полімери

**Полімери** — це органічні сполуки, молекули яких складаються з повторюваних маленьких ланок і мають великі значення відносної молекулярної маси. Їх називають *високомолекулярні сполуки*. Полімери навколо нас усюди: в одязі, пакуванні, іграшках, навіть у медичних пристроях. Природними полімерами є білки, нуклеїнові кислоти, крохмаль тощо.

Одним із найвідоміших полімерів є **поліетилен** — пластик, з якого виготовляють пакети, пляшки й багато інших корисних речей. Цей полімер утворюється з молекул алкену — **етену (етилену)**, які з'єднуються одна з одною в довгі ланцюги.



$n$  — *ступінь полімеризації* — число, яке показує, скільки разів повторюється фрагмент (*мономерна ланка*) у молекулі полімеру.

Речовину, з якої одержують полімер, називають *мономером*, а реакцію утворення полімеру з мономеру називають реакцією **полімеризації**.



А чи звертали ви увагу на те, що більшість пластикових пляшок, контейнерів чи пакетів містять позначку — маленький трикутник зі стрілок із цифрою всередині — це знак маркування пластику.

Він допомагає визначити, з якого полімеру виготовлено виріб і чи можна його переробити.

| Позначення                                                                          | Матеріал                          | Приклади виробів               | Чи можна переробити?                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------|
|  | PET (ПЕТ, поліетилентерефталат)   | Пляшки для води, напоїв        | Так                                                        |
|  | HDPE (поліетилен високої густини) | Каністри, пакети, флакони      | Так                                                        |
|  | PVC (полівінілхлорид)             | Труби, плівки, ізоляція дротів | Обережно: під час спалювання утворюються токсичні речовини |
|  | LDPE (поліетилен низької густини) | Пакети, обгортки, плівки       | Частково                                                   |

|                                                                                   |                                  |                               |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------|
|  | PP (поліпропілен)                | Кришки, контейнери для їжі    | Так                 |
|  | PS (полістирен)                  | Одноразові стакани, пінопласт | Переробка обмежена  |
|  | Other (інші полімери, композити) | Полікарбонати, біопластики    | Залежить від складу |



Я зрозумів, що різні види пластику мають різний хімічний склад і властивості, тому їх потрібно використовувати лише за призначенням.

- Пляшки з маркуванням **1 (ПЕТ)** підходять **тільки для одноразового використання** — за умови повторного можуть виділяти шкідливі речовини.
- Контейнери з маркуванням **5 (ПП)** безпечніші для зберігання їжі та підігріву.
- Вироби з пластику з маркуванням **3 (ПВХ)** і **6 (ПС)** не можна використовувати для продуктів або нагрівати — за цих умов виділяються токсичні сполуки.



Також потрібно пам'ятати, що не всі види пластику можна переробити, тому важливо сортувати відходи правильно. Тож перед тим, як викидати пластикову упаковку, знайдіть на ній позначку. Так ви зможете дізнатися, чи можна її здати на переробку і зменшити кількість сміття, що потрапляє на полігони.



### Робота в групах

**Пластик навколо нас: читаємо позначки**

1. Огляньте вироби з пластику в школі або вдома (пляшки, контейнери, паке-ти).
2. Знайдіть на них маркування — трикутник зі стрілок із цифрою всередині.
3. Запишіть у зошит приклади знайдених виробів і їхній номер.
4. Визначте, чи можна їх переробити та чи безпечні вони для продуктів харчування (скористайтесь таблицею з підручника).
5. Зробіть висновки. Які види пластику найчастіше трапляються у вашому побу-ті? Які з них варто замінити екологічними видами або багаторазовими аль-тернативами?



### Застосування вуглеводнів

Вуглеводні — це один із найважливіших класів органічних речовин, які мають широке застосування в побуті, промисловості, енергетиці та хімічному виробництві.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/gtOetP9t> або за QR-кодом та дослідіть галузі застосування вуглеводнів.



## Досліджуємо

### Дослідження горіння вуглеводнів (відеодослід)



#### Робота в групах

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або покликанням <https://cutt.ly/ntKwLPL5> і перегляньте відео.
2. Обговоріть результати спостережень у групі та заповніть таблицю, порівнюючи горіння гексану та гекс-1-ену.



#### Горіння вуглеводнів

|                          | Гексан | Гекс-1-ен |
|--------------------------|--------|-----------|
| Клас вуглеводнів         |        |           |
| Формула                  |        |           |
| Результати експерименту: |        |           |
| Колір полум'я            |        |           |
| Наявність кіптяви        |        |           |
| Інші спостереження       |        |           |

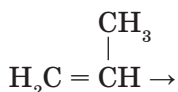
3. Запишіть рівняння реакцій горіння досліджених вуглеводнів. Які продукти утворюються? За допомогою яких речовин можна довести наявність цих продуктів? Сформулюйте гіпотезу та складіть план такого експерименту.
4. Зробіть висновки.



## Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

1. Закінчіть речення:
  - Окиснення — ...
  - Горіння — ...
  - Продуктами повного окиснення вуглеводнів є ...
  - За нестачі кисню під час горіння утворюються ...
2. Дайте відповіді на запитання:
  - Які фракції отримують із нафти? Де їх використовують?
  - Що таке полімери? Як їх отримують?
  - Що таке мономер?
  - Назвіть галузі застосування вуглеводнів.

- Використовуючи додаткові джерела інформації, порівняйте температуру полум'я метану та етину. Поясніть, чому етин (ацетилен) використовують для зварювання? Яких заходів безпеки слід дотримуватися під час роботи з ацетиленовим пальником?
- Запишіть реакції повного й неповного горіння четвертого представника гомологічного ряду алканів. Поясніть, чому повне горіння вуглеводнів є екологічно безпечнішим за неповне.
- Поміркуйте, чому метан вважається екологічно чистішим паливом порівняно з вугіллям або бензином?
- У яких галузях господарства використовують алкани? Поясніть вибір на основі їхніх властивостей.
- Поясніть, чому в побуті відчутний запах газу за умови витіку? Поліпропілен (ПП) — це полімер, який отримують полімеризацією пропену (пропілену). Він є універсальним пластиком, для якого характерні легкість, міцність, стійкість до багаторазових згинань та хімічних речовин, тому його використовують для виготовлення пакувальних матеріалів, труб, текстильних волокон, автомобільних деталей і медичних приладів. Складіть схему реакції одержання цього полімеру з пропену.



- Складіть кроссенс «Застосування вуглеводнів».
- Основним компонентом природного газу є метан. Обчисліть об'єм (л) кисню, який потрібен для спалювання метану об'ємом 200 л.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/ftOeavWO> або за QR-кодом та виконайте завдання 11-14.



## **Робота в групах**

**«Як природа підтримує баланс: фотосинтез, дихання, горіння».**

Уявіть собі, що ви команда екологів, які досліджують, як природа сама очищує повітря й забезпечує планету енергією. Щоб це зрозуміти, з'ясуйте умови перебігу трьох важливих процесів: фотосинтезу, дихання та горіння.

Об'єднайтесь у три групи та оберіть процес для дослідження:

**група 1 — фотосинтез; група 2 — дихання; група 3 — горіння.**

Заповніть відповідну колонку таблиці та презентуйте результати у класі. За потреби використовуйте додаткові джерела інформації.

| Процес     | Хімічне рівняння | Речовини-реактанти | Продукти реакції | Роль процесу в природі |
|------------|------------------|--------------------|------------------|------------------------|
| Фотосинтез |                  |                    |                  |                        |
| Дихання    |                  |                    |                  |                        |
| Горіння    |                  |                    |                  |                        |

Обговоріть з однокласниками/однокласницями:

1. Що спільного й чим відрізняються реакції фотосинтезу, дихання і горіння?
2. Яку роль у цих процесах відіграють Оксиген і Карбон?
3. Як фотосинтез і дихання взаємопов'язані у природі?
4. Який взаємозв'язок між реагентами і продуктами усіх досліджених реакцій?
5. Як горіння впливає на склад повітря і клімат?
6. Яку гіпотезу можна сформулювати щодо значення цих процесів для підтримання сталого складу повітря?
7. Як ці процеси впливають на обмін енергією між живою та неживою природою?



1) Наведіть приклади застосування алкенів з урахуванням їхніх властивостей. За потреби використайте додаткові джерела інформації. Створіть буклет, у якому коротко опишіть властивості алкенів і галузі їх застосування. Додайте ілюстрації або схеми (схеми реакції полімеризації, приклади виробів тощо).

2) Розробіть плакат, що містить короткий план заходів для зменшення викидів чадного газу й вуглецю у вашому місті чи школі та презентуйте його у класі.



### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за поданим покликанням <https://cutt.ly/ItKq8I1J> і перевірте свої знання.
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) За реакцією полімеризації одержують високомолекулярні сполуки.
  - 2) Продуктами реакції горіння за нестачі кисню є вуглекислий газ і вода.



Яке ж широке застосування вуглеводнів! Тепер я знаю, що яскраве полум'я біля школи було з ацетиленового пальника і його використовують для зварювання металів. І що вуглеводні не лише горять, а й дають нам матеріали для життя. А ще вони можуть подорожувати від бурової платформи на морі аж до нашої кухні або майстерні. Хімія справді всюди!

Сьогодні ми виписали такі слова:

**горіння — combustion;**

**полімер — polymer.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §19. СПИРТИ В ПОВСЯКДЕННІ: ЕТАНОЛ. ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ЗАСТОСУВАННЯ

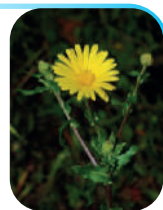


**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- які сполуки називають спиртами;
- про склад і будову молекули етанолу;
- про властивості та застосування етанолу;
- про шкідливу дію спиртів на організм людини.



Учора мама робила настоянку з квіток лікарської рослини — календули. Каже, що спирт допомагає екстрагувати з рослин корисні речовини. А ще в нашій аптечці є пляшечка з написом «Спирт етиловий 70%» — добрий антисептик! Але чому саме спирт, а не вода чи інша рідина?



І справді цікаво! Спирт — добрий розчинник, його використовують і в медицині, і в побуті. Виходить, він справді всюди! Треба дізнатися, що це за речовини — спирти і чому вони так добре розчиняють і дезінфікують усе навколо.



Які властивості мають спирти й від чого вони залежать?



### Опрацьовуємо інформацію

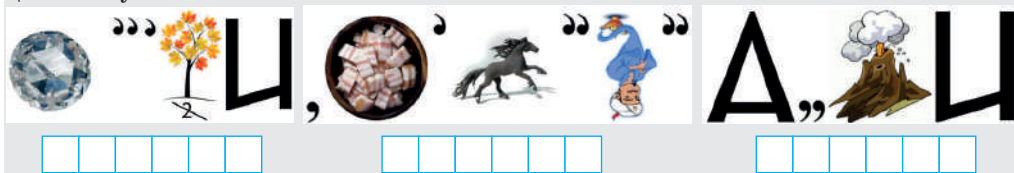


#### Оксигеновмісні органічні сполуки. Спирти



#### Робота в парі

Розгадайте ребуси. Пригадайте, з атомів яких елементів утворені молекули цих сполук.



Органічні сполуки — це не тільки вуглеводні, але і їх похідні.

Похідні вуглеводнів — це речовини, у яких атоми Гідрогену заміщено на атоми інших елементів або на групи атомів.



Атоми яких елементів, крім Карбону, можуть містити молекули органічних речовин? Що таке функціональні групи? Чи впливають вони на властивості органічних речовин?





Органічні сполуки, молекули яких утворені атомами Карбону, Гідрогену та Оксигену, називають *оксигеновмісними*.

Зазвичай Оксиген входить у молекулу не окремо, а у складі певної групи атомів. Оксигеновмісні органічні сполуки поділяють на класи, які розрізняють за наявністю функціональних груп.



**Спирти** — це оксигеновмісні органічні сполуки, молекули яких містять одну або кілька функціональних груп ( $-\text{OH}$ ), сполучених з вуглеводневим замісником.

Групу  $-\text{OH}$  називають *гідроксильною* або *гідроксигрупою*.



### Робота в парі

Запишіть молекулярну формулу етану. Складіть структурну формулу етану. У структурній формулі етану один атом Гідрогену замініть на гідроксильну групу. До якого класу належить одержана сполука?

**Спирти** — це похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на гідроксильні групи.

Міжнародна назва спиртів — *алканоли*, іноді застосовують тривіальну назву — *алкоголі*.



### Класифікація та загальна формула спиртів

Загальна формула спиртів:



де R — вуглеводневий замісник, а n — кількість гідроксильних груп.

За кількістю функціональних гідроксильних груп спирти класифікують на одноатомні ( $n = 1$ ) та багатоатомні ( $n > 1$ ) (табл. 19.1).

Таблиця 19.1

Приклади одно- та багатоатомних спиртів

| Одноатомні спирти       |                                     | Багатоатомні спирти                                                                          |                                                                                                                            |
|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         |                                     | двоатомні                                                                                    | триатомні                                                                                                                  |
| $\text{CH}_3-\text{OH}$ | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ | $\begin{array}{cc} \text{CH}_2 & -\text{CH}_2 \\   &   \\ \text{OH} & \text{OH} \end{array}$ | $\begin{array}{ccc} \text{CH}_2 & -\text{CH} & -\text{CH}_2 \\   &   &   \\ \text{OH} & \text{OH} & \text{OH} \end{array}$ |
| метанол                 | етанол                              | етандіол                                                                                     | гліцерол                                                                                                                   |

Якщо між атомами Карбону у вуглеводневому ланцюгу всі зв'язки прості, то спирт є *насиченим*. Загальну формулу насичених одноатомних спиртів можна вивести із загальної формули алканів заміщенням атома Гідрогену на гідроксильну групу:



Систематичні назви насичених одноатомних спиртів утворюють від назв відповідного вуглеводню (алкану) з додаванням суфікса *-ол*:

|                                   |                                           |
|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| $\text{CH}_3\text{OH}$ – метан+ол | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ – етан+ол |
| метанол                           | етанол                                    |

## Будова молекули етанолу



Як виникає ковалентний зв'язок? Які електрони є валентними?

### Робота в парі

Складіть схеми будови електронних оболонок атомів Карбону, Гідрогену, Оксигену.

Запишіть молекулярну, електронну, структурну та напівструктурну формули двох перших представників насичених одноатомних спиртів. За потреби використайте додаткові джерела інформації. Заповніть таблицю 19.2.

Таблиця 19.2

Молекулярні, електронні та структурні формули спиртів

| Назва спирту | Кількість атомів Карбону | Формула     |            |            |                 |
|--------------|--------------------------|-------------|------------|------------|-----------------|
|              |                          | молекулярна | електронна | структурна | напівструктурна |
|              |                          |             |            |            |                 |
|              |                          |             |            |            |                 |

### Робота в групах

Користуючись мобільними телефонами, перейдіть у додаток Molecular Constructor за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/TrsynBLG>.



Утворіть молекули  $\text{CH}_3\text{OH}$  та  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . Запишіть значення енергії зв'язків у кожній із молекул. Схематично покажіть, як утворюються зв'язки в молекулах метанолу та етанолу. Позначте часткові заряди ( $\delta+$  і  $\delta-$ ) на атомах і покажіть напрямки полярності.

## Фізичні властивості етанолу

Етанол (етиловий спирт) — легкокипляча безбарвна рідина зі слабким алкогольним запахом, легший за воду. Він є летким і легкозаймистим. Змішується в будь-яких пропорціях із водою. Етиловий спирт є добрим розчинником для багатьох органічних, а також неорганічних речовин.

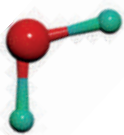
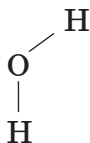


Чи можна спирти вважати похідними води ( $\text{H}_2\text{O}$  також записують як  $\text{HOH}$ )? Чи є серед спиртів газуваті речовини?

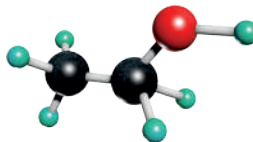
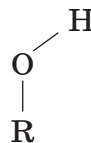


Який зв'язок називають водневим?

Молекула етанолу, подібно до молекули води, має кутову будову (мал. 19.1-19.2).



**Мал. 19.1.** Кулестержнева модель та структурна формула молекули води

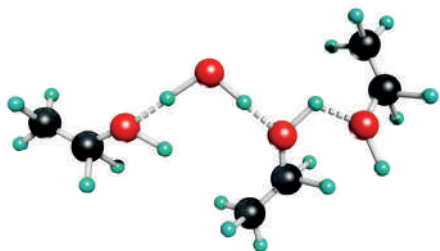


**Мал. 19.2.** Кулестержнева модель та напівструктурна формула молекули етанолу



Чи можливе утворення водневих зв'язків між молекулами спирту?

У молекулі етанолу всі атоми сполучені між собою ковалентним зв'язком. Зв'язок С–Н — слабополярний. Атом Оксигену, як найбільш електронегативний серед усіх елементів у молекулі спирту, зміщує до себе спільні електронні пари від обох сусідніх атомів ( $\text{C} \rightarrow \text{O} \leftarrow \text{H}$ ), причому найбільше — від атома Гідрогену. Унаслідок цього на атомі Оксигену виникає невеликий негативний заряд, а на атомі Гідрогену — позитивний заряд. Отже, зв'язок О–Н є полярним.



**Мал. 19.3.** Схема утворення водневого зв'язку між молекулами етанолу та води

Завдяки полярності зв'язку О–Н між молекулами етанолу, подібно до води, виникає водневий зв'язок. Спирти також можуть утворювати водневі зв'язки з молекулами води (мал. 19.3).

На відміну від вуглеводнів, нижчі спирти (карбоновий ланцюг яких утворений 1-3 атомами Карбону) необмежено розчинні у воді. Зі зростанням довжини карбонового ланцюга (збільшується

його частка в молекулі) розчинність спиртів зменшується.

Наявність водневих зв'язків:

- зумовлює підвищення температури кипіння етанолу ( $\approx 78^\circ\text{C}$  — набагато вища, ніж в етану);
- сприяє розчинності у воді;
- пояснює леткість і гігроскопічність етанолу.



### Хімічні властивості етанолу



Що таке окиснення? Чим окиснення відрізняється від горіння? Які умови виникнення та припинення горіння? Запишіть рівняння реакції горіння метану.

Спирти — досить активні речовини. Хімічна активність спиртів зумовлена наявністю функціональної гідроксильної групи, полярністю

зв'язків між атомом Оксигену та Карбону, Оксигену й Гідрогену.

### I. Реакції окиснення

Етанол — легкозаймиста речовина, швидко спалахує й горить блакитним полум'ям із виділенням великої кількості тепла. Продуктами реакції горіння етанолу є вуглекислий газ і водяна пара.

#### Робота в парі

Складіть схему реакції горіння етанолу, доберіть коефіцієнти та перетворіть схему на рівняння реакції.

### II. Реакції заміщення

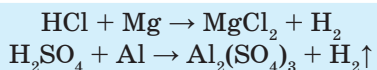
#### Робота в групах

Пригадайте, як одержують водень у лабораторних умовах. Що таке електроліти? Що таке ступінь дисоціації електролітів? Як поділяють електроліти за ступенем дисоціації? Чи можуть спирти виявляти кислотні властивості? До якого типу електролітів із позиції теорії електролітичної дисоціації належать спирти? За потреби використайте додаткові джерела інформації.

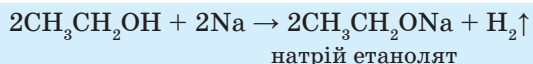
Запишіть рівняння дисоціації хлоридної кислоти, нітратної кислоти, води, етанолу.

У функціональній гідроксильній групі хімічний зв'язок О–Н є полярним, атом Гідрогену в ній досить рухливий, тобто здатний заміщуватися. Отже, спирти можуть виявляти кислотні властивості. Найактивніше спирти взаємодіють із лужними металами.

#### Взаємодія кислот із металами



#### Взаємодія спиртів із металами



#### Згубна дія спиртів на організм людини

Етанол швидко всмоктується в кров і збуджувально діє на організм. У малих дозах етанол може викликати відчуття ейфорії, розслаблення, зниження тривожності. Проте під час вживання його у великих кількостях чинить токсичну дію на центральну нервову систему, печінку, серце та інші органи. Надмірне вживання може призвести до алкогольного отруєння, розвитку хронічних захворювань, порушень роботи мозку та навіть смерті.

Метанол — дуже отруйна речовина. Навіть невеликі дози (10-30 мл) можуть спричинити важкі отруєння або смерть. Метанол потрапляє в організм і метаболізується до речовин, які уражають нервову систему, викликають сліпоту, кому й смерть. Через подібність з етанолом метанол іноді помилково вживають як алкоголь, що дуже небезпечно.

#### Застосування етанолу

Завдяки своїм фізико-хімічним властивостям етанол широко використовують у різних сферах життя.

## ЗАСТОСУВАННЯ ЕТАНОЛУ

### МЕДИЦИНА ТА ГІГІЄНА

- Антисептик для дезінфекції шкіри, медичних інструментів та поверхонь.
- Компонент лікарських препаратів, настоянок тощо.

### ПОБУТ ТА КОСМЕТИКА

- Компонент дезінфекційних засобів для дому.
- Складова парфумів, лосьйонів.

### Етанол

- Біоетанол використовують як екологічно чисте паливо або добавку до бензину.
- Розчинник у хімічній промисловості та фармації.

- Сировина для виробництва алкогольних напоїв.
- Використовують для екстракції ароматизаторів і добавок.

### ПАЛИВО ТА ПРОМИСЛОВІСТЬ

### ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ



Етанол добре розчиняє багато речовин, бо має *подвійну природу*. Гідроксильна група ( $-\text{OH}$ ) утворює водневі зв'язки з водою, а вуглеводневий ланцюг взаємодіє з неполярними речовинами. Тому етанол можна змішувати і з водою, і з неполярними органічними сполуками, що робить його універсальним розчинником.

Крім того, він діє як антисептик: руйнує клітинні мембрани мікроорганізмів і згортає їхні білки, запобігаючи росту бактерій і вірусів.



### А чи знаєте ви...



**Біоетанол** — це не просто екопаливо. Його використовували ще в середині XIX століття як джерело енергії для перших ламп. А ще цікаво, що в 1908 році перший автомобіль Генрі Форда — Ford Model T — міг працювати на біоетанолі! Сам Форд вірив, що майбутнє за паливом із рослин, яке можна вирощувати на фермах. Сьогодні біоетанол знову використовують як домішку до бензину. Його отримують із кукурудзи, цукрової тростини чи навіть картопляних відходів.



**Мал. 19.4.** Автомобіль Ford Model T

### Селена пише з Бразилії

Привіт із сонячної Бразилії!

Тут на кожній заправці можна вибрати, чим заправити авто — бензином чи біоетанолом. Його виробляють із цукрової тростини, а заводи часто розташовані поруч із плантаціями.

Біоетанол вважають чистішим паливом, бо під час його спалювання виділяється менше шкідливих речовин, ніж під час згоряння бензину.

Уявіть, навіть шкільні автобуси тут часто працюють на суміші



бензину з етанолом! Цікаво, чи зможе Україна теж більше використовувати паливо з рослин, наприклад із кукурудзи чи буряків?



## Досліджуємо

**Прогнозування фізичних і хімічних властивостей етанолу з огляду на хімічні зв'язки в молекулах і здатність утворювати водневі зв'язки**

1. Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.

2. Заповніть таблицю «Температура кипіння та молярна маса речовин» за зразком. За потреби скористайтеся додатковими джерелами інформації. Доповніть її власними прикладами речовин.

Таблиця 19.3

### Температура кипіння та молярна маса речовин

| Назва   | Формула          | Молярна маса, г/моль | Температура кипіння, °C |
|---------|------------------|----------------------|-------------------------|
| Вода    | H <sub>2</sub> O | 18                   | 100                     |
| Метан   |                  |                      |                         |
| Етан    |                  |                      |                         |
| Метанол |                  |                      |                         |
| Етанол  |                  |                      |                         |

Від чого залежать фізичні властивості речовин? Як пояснити різні значення температури кипіння сполук, що мають приблизно однакові молярні маси?

3. Заповніть пропуски в табл. 19.4, використовуючи додаткові джерела інформації.

Таблиця 19.4

### Фізичні властивості етанолу

| Властивість                              | Значення / Опис                     | Причина (вплив будови)                                        |
|------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Агрегатний стан за кімнатної температури | Рідина                              |                                                               |
| Колір і запах                            |                                     | Наявність летких молекул                                      |
| Температура кипіння                      |                                     |                                                               |
| Температура _____                        | ≈ -114°C                            | Залежить від молекулярної будови                              |
| Розчинність у воді                       |                                     | Гідроксильна група утворює водневі зв'язки з молекулами _____ |
| Густина                                  | ≈ 0,789 г/см <sup>3</sup> (за 20°C) | Зумовлена міжмолекулярними взаємодіями                        |

|                     |                                             |                               |
|---------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|
| Леткість            | _____, але<br>повільніше за вугле-<br>водні | Завдяки водневим зв'язкам     |
| Полярність молекули |                                             | Через полярний зв'язок<br>О–Н |
| Електропровідність  |                                             | Нейтральна молекула           |

4. Уважно розгляньте дані табл. 19.5. Які речовини (спирти чи вуглеводні) мають високі температури плавлення та кипіння? Чи залежать температури плавлення та кипіння від будови речовин?

Таблиця 19.5

Температури кипіння вуглеводнів і спиртів

| Кількість атомів С | Вуглеводні |                                   | Спирти   |                                   |
|--------------------|------------|-----------------------------------|----------|-----------------------------------|
|                    | назва      | $t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$ | назва    | $t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$ |
| 1                  | Метан      | –161                              | Метанол  | 65                                |
| 2                  | Етан       | –89                               | Етанол   | 78                                |
| 3                  | Пропан     | –42                               | Пропанол | 97                                |
| 4                  | Бутан      | від –1 до 1                       | Бутанол  | 117                               |

5. Побудуйте графік залежності температури кипіння від кількості атомів Карбону для спиртів і вуглеводнів. Позначте різними кольорами дві залежності: одним для спиртів, іншим — для вуглеводнів. Проаналізуйте отримані результати та зробіть висновки. Як впливає наявність водневих зв'язків на температуру кипіння?

6. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.



### Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті



- Закінчіть речення:
  - Оксигеновмісні органічні речовини — це ...
  - Спирти — це ...
  - Одноатомні спирти — це ...
  - Етанол — представник ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Що таке функціональна група?
  - Яку функціональну групу містять спирти?
  - Яка загальна формула спиртів?
  - Що таке багатоатомні спирти?
  - Яка структурна, електронна та молекулярна формула етанолу?
  - Чому температура кипіння етанолу вища, ніж етану?
  - Як наявність водневих зв'язків впливає на розчинність спиртів у воді?
  - З якими з наведених речовин — воднем, киснем, водою, металічним натрієм — взаємодітиме етанол?

- Опишіть будову молекули етанолу. Атоми яких елементів входять до її складу?
- Наведіть приклади застосування етанолу в побуті й медицині.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/YtOev3jy> або за QR-кодом та виконайте завдання 5-17.



### **Робота в групах**

Об'єднайтеся в групи. Використовуючи додаткові джерела інформації, пригадайте з уроків біології, як вживання алкогольних напоїв впливає на

- група 1 — центральну нервову систему;
- група 2 — дихальну систему;
- група 3 — серцево-судинну систему;
- група 4 — травну систему та печінку;
- група 5 — репродуктивну систему.

Презентуйте результати роботи в класі. Розробіть спільний буклет «Вплив етанолу на організм людини».



### **Перевірте себе**

- Перейдіть на сайт за QR-кодом або за поданим покликанням <https://cutt.ly/utKq7sEd> і виконайте вправу.
- Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - Молекули оксигеновмісних органічних речовин складаються з атомів Карбону, Гідрогену й Оксигену.
  - Спирти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька характеристичних гідроксильних груп —COOH.
  - За кількістю характеристичних груп спирти поділяють на одноатомні та багатоатомні.



Тепер я розумію, чому спирти такі особливі. Наприклад, етанол може бути ліками, паливом або навіть отрутою. Усе залежить від того, як його використовувати. Він допомагає створювати настоянки, ліки, парфуми й засоби для дезінфекції, але в надлишку шкодить організму. Тепер розумію, що хімія вчить мене бачити в речовинах не лише небезпеку чи користь, а передусім бути відповідальним — знати їхню природу й поводитися розумно.

Сьогодні ми запам'ятали такі терміни:

**спирти — alcohols; етанол — ethanol.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §20. ГЛІЦЕРОЛ. ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ЗАСТОСУВАННЯ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- які спирти називають багатоатомними;
- які властивості має гліцерол;
- як можна виявити гліцерол у розчині;
- про галузі застосування гліцеролу.



У холодну пору року в мене постійно сохне шкіра на руках. Учора мама порадила спробувати крем із гліцерином. Каже, що він добре утримує вологу.

Гліцерин? Я бачив такий напис на етикетках шампунів і навіть у сиропі від кашлю. Це, мабуть, якась універсальна речовина! Яке широке застосування! Може, він має щось спільне з іншими спиртами, які ми вже вивчали?



Гліцерин, або гліцерол, — це багатоатомний спирт, у молекулі якого є три гідроксильні групи ( $-\text{OH}$ ). Завдяки такій будові гліцерол добре розчиняється у воді, утримує вологу й утворює водневі зв'язки з іншими молекулами. Саме тому він є важливим компонентом кремів, ліків, сиропів і навіть харчових продуктів.



Як будова молекули гліцеролу визначає його використання в різних сферах життя?



### Опрацьовуємо інформацію



#### Багатоатомні спирти. Склад і будова молекули гліцеролу



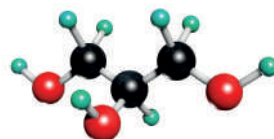
Що таке функціональна група? Яку функціональну групу містять молекули спиртів? Скільки функціональних груп містять одноатомні спирти?

Багатоатомними називають спирти, молекули яких містять дві або більше гідроксильних груп ( $-\text{OH}$ ).



#### Робота в парі

Запишіть молекулярну формулу пропану. Складіть структурну формулу пропану. У структурній формулі пропану замініть три атоми Гідроґену (по одному біля кожного атома Карбону) на три гідроксильні групи. До якого класу належить одержана сполука — пропан-1,2,3-тріол (гліцерол)?



**Мал. 20.1.** Кулестержнева модель молекули гліцеролу

Запишіть молекулярну, електронну, структурну та напівструктурну формулу триатомного спирту гліцеролу. Складіть таблицю «Молекулярна, електронна, структурна та напівструктурна формули гліцеролу». За потреби використайте додаткові джерела інформації та кулестержневу модель молекули гліцеролу (мал. 20.1).



Якою є загальна формула насичених одноатомних спиртів? Яка формула представника насичених одноатомних спиртів — етанолу? Які його властивості й застосування?

Загальна формула насичених багатоатомних спиртів:



де  $n$  — кількість атомів Карбону,

$m$  — кількість гідроксильних груп ( $-\text{OH}$ ).



### Робота в парі

Обчисліть масові частки елементів у гліцеролі. Заповніть таблицю.

| Назва    | Формула | $M_r$ | $w(\text{C}), \%$ | $w(\text{H}), \%$ | $w(\text{O}), \%$ |
|----------|---------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Гліцерол |         |       |                   |                   |                   |



### Фізичні властивості гліцеролу

Чистий гліцерол — прозора, безбарвна, масляниста рідина без запаху. Дуже густа, в'язка, неотруйна, солодкувата на смак.

Температура плавлення гліцеролу  $-17,8^\circ\text{C}$ , температура кипіння  $290^\circ\text{C}$  (частково розкладається за звичайного атмосферного тиску). За звичайних умов гліцерол нелеткий, але під час нагрівання швидко випаровується.

Гліцерол трохи важчий за воду (густина —  $1,261 \text{ г/см}^3$  за  $20^\circ\text{C}$ ), добре розчинний у воді, змішується з нею в будь-яких співвідношеннях з утворенням розчину. Розчиняється також в етанолі. Це гігроскопічна речовина, має здатність поглинати вологу з повітря (до 40% за масою) та утримувати її, тому гліцерол зберігають у щільно закритих посудинах.



### Робота в парі

Пригадайте, як утворюються водневі зв'язки між молекулами етанолу. Складіть схему утворення водневих зв'язків між молекулами гліцеролу. Чим зумовлена в'язкість гліцеролу? Складіть схему утворення водневих зв'язків між молекулами гліцеролу та води. Поміркуйте, чому крапля гліцеролу на руці створює враження легкого нагріву?



Гліцерол має здатність розчиняти різні мінеральні солі, тому чистий гліцерол одержують переважно перегонкою.

## А чи знаєте ви...

Від сильного й тривалого охолодження гліцерол кристалізується; температура плавлення кристалів  $-20^{\circ}\text{C}$ . Гліцерол може залишатися рідким і за температури нижче  $0^{\circ}\text{C}$ . Так себе поводить його водні розчини, наприклад, розчин, у якому на дві вагові частини гліцеролу припадає одна частина води, замерзає за температури  $-46,5^{\circ}\text{C}$ . Гліцерол сповільнює утворення кристалів льоду.

## Хімічні властивості гліцеролу

Хімічні властивості гліцеролу зумовлені наявністю трьох гідроксильних груп.



Чи виявляє гліцерол властивості, які характерні для насичених одноатомних спиртів?

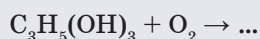
### I. Горіння

Гліцерол горить майже безбарвним полум'ям. Унаслідок горіння утворюються вуглекислий газ і вода.



### Робота в парі

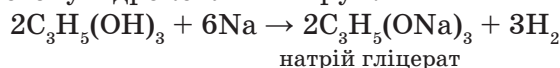
Складіть схему реакції горіння гліцеролу, доберіть коефіцієнти та перетворіть схему на рівняння реакції.



## II. Кислотні властивості

### 1. Взаємодія з металами

Гліцерол аналогічно до етанолу (насичених одноатомних спиртів) взаємодіє з лужними металами. Заміщуватись можуть від одного до трьох атомів Гідрогену гідроксильних груп.



### 2. Взаємодія з гідроксидами

Кислотні властивості гліцеролу, за рахунок наявності трьох гідроксильних груп, посилюються, порівняно з етанолом. Гліцерол реагує з лугами та гідроксидами важких металічних елементів.

Виявити гліцерол у розчині можна за реакцією з купрум(II) гідроксидом у лужному середовищі — утворюється темно-синій розчин.



гліцерол

+



$\text{Cu}(\text{OH})_2$



розчин купрум(II)  
гліцерату



Які сфери застосування етанолу? Як впливає будова молекул на застосування органічних сполук?

Гліцерол використовують у різних сферах життя: у виробництві кремів, сиропів, антисептиків, лікарських препаратів, а також у харчовій промисловості як харчову добавку.

## ЗАСТОСУВАННЯ ГЛІЦЕРОЛУ

### КОСМЕТИКА ТА ФАРМАЦІЯ

- Як зволожувач у кремах, лосьйонах, масках для обличчя.
- Складова різних мазей і ліків, що пом'якшують і захищають шкіру.

### ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

- Харчова добавка (Е422).
- Зволожувач, розчинник і стабілізатор у багатьох продуктах — цукерках, морозиві, випічці.
- Допомогає зберігати структуру й свіжість продуктів.

### Гліцерол

- Використовують у медицині як компонент ін'єкційних розчинів і у виробництві засобів для інгаляцій.
- Допомогає зберігати вологу в тканинах і має протизапальні властивості.

- Сировина для виробництва нітрогліцерину — вибухової речовини.
- Використовують під час виготовлення антифризів, пластмас і полімерів.
- Застосовують у виробництві фарб, лаків і розчинників.

### БІОЛОГІЧНА РОЛЬ І МЕДИЦИНА

### ПРОМИСЛОВІСТЬ

### Селена пише з Швеції

Я сьогодні побувала в музеї Альфреда Нобеля в Стокгольмі. Тут дізналася, що саме з гліцеролу колись створили речовину, яка змінила історію, — нітрогліцерин. Уперше цю речовину отримав італійський хімік Асканіо Собrero в 1847 році. Він був вражений, наскільки сильним є її вибух. Але пізніше винахід Альфреда Нобеля — динаміт — дав можливість керувати цим вибухом. Так небезпечна речовина стала основою для гірничих і будівельних робіт у всьому світі.

Ще більш неймовірним є той факт, що цю ж речовину нині використовують у медицині для лікування серцевих хвороб! Дивовижно, як хімія вчить нас: усе залежить не лише від речовин, а й від намірів людини, що їх створює.



**Мал. 20.2.** Динаміт виробництва фабрики Нобеля

Для роботи нам потрібно: штатив із пробірками, пробіркотримач, пальник, розчини гліцеролу, купрум(2+) сульфату, натрій гідроксиду (або калій гідроксиду), дистильована вода, чорнило.

### **I. Розчинність гліцеролу у воді**

1. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.
2. У пробірку налейте гліцерол об'ємом 1-2 мл і додайте до нього воду об'ємом 2-3 мл, підфарбовану чорнилом. Ретельно збовтайте утворену суміш. Що спостерігаєте?

### **II. Якісна реакція на багатоатомні спирти. Взаємодія гліцеролу з купрум(2+) гідроксидом**

1. Пригадайте умови перебігу йонних реакцій.
2. Сформулюйте гіпотезу, підберіть необхідне обладнання та речовини для одержання купрум(2+) гідроксиду. Складіть план експерименту та спрогнозуйте його результати. Виконайте експеримент. Яка ознака свідчила про перебіг хімічної реакції у водному розчині? Осад якої сполуки утворився? Запишіть молекулярне, повне та скорочене йонно-молекулярні рівняння реакції. Визначте тип реакції. Укажіть умову, за якої реакція відбулася до кінця.
3. Поміркуйте, як хімічні властивості спиртів залежать від числа гідроксильних груп і будови молекули. Сформулюйте гіпотезу та виконайте експеримент.
4. У пробірку з утвореним осадом купрум(2+) гідроксиду додайте розчину гліцеролу, перемішайте вміст пробірки скляною паличкою. Що спостерігаєте? Чи характерна ця реакція для одноатомних спиртів?



### **Робота в групах**

**Прогнозування фізичних і хімічних властивостей гліцеролу з огляду на хімічні зв'язки в молекулах і здатність утворювати водневі зв'язки.**

1. Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.
2. Продумайте мету вашого дослідження.
3. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте його результати.
4. Заповніть табл. 20.2 «Температура кипіння та молярна маса речовин» за зразком. За потреби скористайтесь додатковими джерелами інформації. Поміркуйте, від чого залежать фізичні властивості речовин? Як пояснити різні значення температури кипіння сполук, що містять однакову кількість атомів Карбону?
5. Уважно розгляньте дані таблиці 20.3. Проаналізуйте отримані результати. Чи залежать температури плавлення та кипіння від будови речовин? Як впливає наявність водневих зв'язків на температуру кипіння?
6. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Сформулюйте висновки за власними спостереженнями.
7. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

Таблиця 20.2

## Температура кипіння та молярна маса речовин

| Назва       | Формула  | Молярна маса, г/моль | Температура кипіння, °C |
|-------------|----------|----------------------|-------------------------|
| Етан        | $C_2H_6$ | 30                   | -89                     |
| Етанол      |          |                      |                         |
| Пропан      |          | 44                   | -42,1                   |
| Пропан-1-ол |          |                      |                         |
| Гліцерол    |          | 92                   | 290                     |

Таблиця 20.3

## Температури кипіння спиртів

| Кількість OH-груп | Спирти   |                                   |
|-------------------|----------|-----------------------------------|
|                   | назва    | $t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$ |
| 1                 | етанол   | 78                                |
| 2                 | етандіол | 197                               |
| 3                 | гліцерол | 290                               |

**Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті**

- Закінчіть речення:
  - Багатоатомні спирти — це ...
  - Гліцерол — гігроскопічна, ...
  - Гліцерол використовують ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Як наявність водневих зв'язків впливає на властивості гліцеролу?
  - Чому гліцерол є нелетким?
  - Чи впливає кількість гідроксильних груп на властивості гліцеролу?
  - Які властивості гліцеролу дозволяють використовувати його в медицині та косметології?
- Опишіть будову молекули гліцеролу.
- Наведіть приклади застосування гліцеролу в побуті й медицині.
- Опишіть, за якими зовнішніми ознаками можна розрізнити розчини гліцеролу та етанолу.
- Обчисліть масу (г) гліцеролу, яка міститься в порції речовини кількістю 0,2 моль.
- Обчисліть кількість молекул гліцеролу в порції речовини масою 9,2 г.
- У воді об'ємом 150 мл розчинили гліцерол масою 50 г. Обчисліть масову частку (%) гліцеролу в приготовленому розчині.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/ptOejqCN> або за QR-кодом та виконайте завдання 9-13.



### Створення антисептика для рук у домашніх умовах

Використовуючи додаткові джерела інформації, підготуйте навчальний проєкт про застосування антисептиків. Перейдіть на сайт за QR-кодом або покликанням <https://cutt.ly/Jr5txEK3> і відшукайте інформацію про рецепт антисептика від Всесвітньої організації охорони здоров'я. У домашніх умовах спробуйте відтворити рецепт. Чи все вам вдалося? Які речовини ви для цього використали? Презентуйте результати проєкту однокласникам/однокласницям.



### Робота в групах

Проведіть дебати на одну із запропонованих тем:

1. Харчові добавки: необхідність чи маркетинговий хід?
2. Чи дійсно всі харчові добавки шкідливі для організму?
3. Чи замінить «чиста етикетка» (clean label) традиційні харчові добавки?



### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за поданим покликанням <https://cutt.ly/3tKq63UU> і виконайте вправу.
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) Багатоатомні спирти містять декілька гідроксильних груп біля різних атомів Карбону.
  - 2) Гліцерол — представник одноатомних спиртів.
  - 3) Для якісного виявлення гліцеролу використовують реакцію зі свіжо-одержаним  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Реакцію проводять у кислому середовищі.



Тепер я розумію, чому гліцерол є в косметичці, ліках і навіть у морозиві. Він зберігає вологу, не дає висихати й допомагає утримати структуру. Але найцікавіше — одна речовина може і зволожувати шкіру, і бути основою для вибухівки. У хімії все залежить від того, як і для чого ми використовуємо речовини.

В англomовній літературі буде легко відшукати назву цього спирту:

**гліцерол — glycerol.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §21. ОРГАНІЧНІ КИСЛОТИ В ПОВСЯКДЕННІ: ЕТАНОВА КИСЛОТА. ХІМІЧНІ ФОРМУЛИ, ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ЗАСТОСУВАННЯ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- що таке насичені карбонові кислоти;
- про склад та будову молекули етанової кислоти;
- про властивості карбонових кислот;
- про поширеність карбонових кислот у природі та їх застосування.



Учора мама чистила чайник якоюсь рідиною, щоб прибрати накип. Я вже раніше помічав його утворення в електрочайнику та інших приладах. Запах під час миття був різкий і дуже специфічний! Але чайник блищить, як новий.

Твоя мама, мабуть, використала оцет. Моя бабуся каже, що це універсальний засіб: і для салату, і для прибирання. А ще я прочитала, що оцет — це розчин кислоти! Але запах у нього дійсно дуже різкий. Може, пошукаємо якусь альтернативу?



Чи можна для усунення накипу оцет замінити іншим засобом?



### Опрацьовуємо інформацію



#### Карбонові кислоти



Що таке гідрати оксидів? Наведіть приклади кислот, які ви вивчали раніше? Якою є основна ознака неорганічних кислот? За якими ознаками класифікують кислоти?



#### Робота в парі

Пригадайте, як складають формули і назви кислот. Заповніть пропущені в таблиці місця:

| Формула кислоти                | Назва кислоти | Назва відповідної солі | Формула кислоти | Назва кислоти | Назва відповідної солі |
|--------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|---------------|------------------------|
| HCl                            |               |                        |                 | нітратна      |                        |
|                                | сульфатна     |                        |                 |               | ортофосфат             |
|                                |               | карбонат               | HI              |               |                        |
| H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> |               |                        |                 | бромідна      |                        |

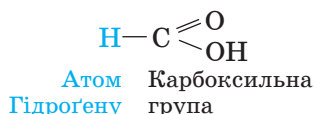
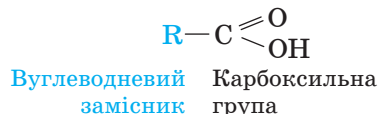
Установіть відповідності за зразком:



|                                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| HCl                             | сильна          |
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>  | середньої сили  |
| H <sub>2</sub> S                | слабка          |
| H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>  | окисигеновмісна |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | безокисигенова  |
| HNO <sub>3</sub>                | одноосновна     |
| H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> | двоосновна      |
| HF                              | триосновна      |

**Карбонові кислоти** — органічні речовини, молекули яких містять одну або кілька карбоксильних груп.

Карбоксильна група (**–COOH**) може бути сполучена з атомом Гідрогену (у випадку метанової кислоти) або з вуглеводневим замісником.



### **Робота в парі**

Запишіть молекулярну формулу метану. Складіть структурну формулу метану. У структурній формулі метану один атом Гідрогену замініть на карбоксильну групу. До якого класу належить одержана сполука?

### **Класифікація та загальна формула**

Загальна формула карбонових кислот:



де R — вуглеводневий замісник, а n — кількість карбоксильних груп.

Карбонові кислоти класифікують за кількома ознаками.

За кількістю функціональних карбоксильних груп карбонові кислоти поділяють на

- **одноосновні** (монокарбонові);
- **багатоосновні** (ди-, три-, полікарбонові).

Загальна формула насичених одноосновних карбонових кислот



Склавши всі атоми кожного елемента, отримаємо формулу



Систематичні назви насичених одноосновних кислот утворюють від назв відповідного вуглеводню (алкану) з додаванням суфікса **–ов**, закінчення **–а** та слова **кислота**:

|       |                    |       |                          |
|-------|--------------------|-------|--------------------------|
| n = 0 | $\text{HCOOH-}$    | n = 1 | $\text{CH}_3\text{COOH}$ |
|       | МЕТАН[ОВ]а кислота |       | ЕТАН[ОВ]а кислота        |

Перейдіть на сайт за QR-кодом або покликанням <https://cutt.ly/Cr5tcCBC> і дізнайтеся більше інформації про номенклатуру насичених одноосновних карбонових кислот.



### А чи знаєте ви...

Карбонові кислоти, які трапляються в рослинному і тваринному світі, мають тривіальні назви — мурашина, молочна, щавлева, яблучна, лимонна та ін. (походять від назв біологічних об'єктів, у яких вони були знайдені). Тривіальна назва етанової кислоти — оцтова кислота.

### Робота в групах

Гра «Хто швидше?»

- Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.
- Доповніть таблицю, вписавши правильні молекулярні формули запропонованих насичених одноосновних карбонових кислот у відповідному стовпчику.
- Складіть завдання для інших груп, запропонувавши назви ще 5 насичених одноосновних карбонових кислот.

Таблиця 21.1

#### Гомологічний ряд насичених одноосновних карбонових кислот

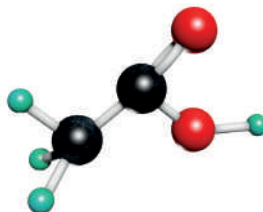
| n (Кількість атомів Карбону в молекулі) | Молекулярна формула | Напівструктурна формула | Назва кислоти |
|-----------------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------|
| 1                                       |                     |                         | метанова      |
| 2                                       |                     |                         | етанова       |
| 3                                       |                     |                         | пропанова     |
| 4                                       |                     |                         | бутанова      |
| 5                                       |                     |                         | пентанова     |

### Будова молекули етанової кислоти

Молекулу етанової кислоти можна розглядати як похідну метану, у молекулі якого один атом Гідрогену заміщений на групу  $-\text{COOH}$ .

### Робота в парі

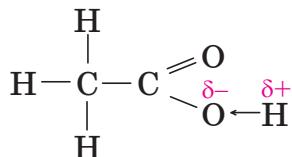
Розгляньте кулестержневу модель молекули (мал. 21.1) і запишіть молекулярну, електронну, структурну та напівструктурну формули етанової кислоти.



**Мал. 21.1.**  
Кулестержнева модель молекули етанової кислоти

Молекула етанової кислоти складається з двох частин — вуглеводневого замісника  $-\text{CH}_3$  і карбоксильної групи  $-\text{COOH}$ . Атом Карбону карбоксильної групи сполучений із двома атомами Оксигену й атомом Карбону вуглеводневого замісника.

Атом Оксигену, який сполучений з атомом Карбону подвійним зв'язком, спричиняє сильне зміщення спільної електронної пари в гідроксильній групі:



Зв'язок  $\text{O}-\text{H}$  у молекулі етанової кислоти є більш полярним, ніж у молекулах етанолу чи гліцеролу. Унаслідок цього у водних розчинах карбонові кислоти виявляють сильніші кислотні властивості, ніж спирти.

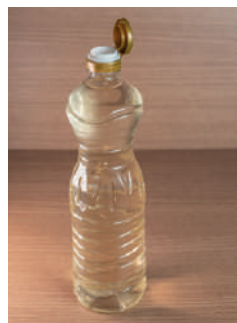
### **Фізичні властивості етанової кислоти**

Етанова кислота — безбарвна рідина з характерним різким запахом; прозора, летка, кисла на смак. Добре розчинна у воді й сама розчиняє чимало органічних сполук. Змішується з водою в будь-яких співвідношеннях з утворенням розчину. Густина етанової кислоти за звичайних умов —  $1,05 \text{ г/см}^3$  (трохи важча за воду). Температура плавлення становить  $+16,6^\circ\text{C}$ , температура кипіння  $+118,1^\circ\text{C}$ . Під час зниження температури до  $+16,6^\circ\text{C}$  вона кристалізується, немов замерзає (перетворюється на прозорі кристали). Тому чисту кислоту іноді називають крижаною етановою кислотою. Безводна етанова кислота проявляє гігроскопічні властивості.

### **А чи знаєте ви...**

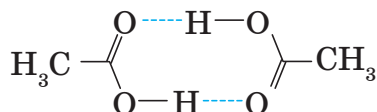
Оцет, який ми використовуємо в побуті, — це розчин етанової кислоти з масовою часткою розчиненої речовини 3-15%. Оцет відомий людині з глибокої давнини. Уперше концентровану оцтову кислоту отримав німецький учений Теофраст Парацельс у 1537 р. У 1847 році німецький хімік Герман Кольбе вперше синтезував оцтову кислоту в лабораторних умовах.

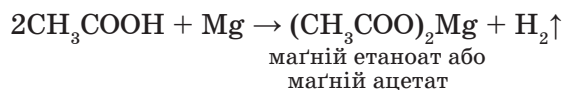
Харчову добавку E260 (оцтова кислота або оцет) використовують у харчовій промисловості як регулятор кислотності.



Як виникають водневі зв'язки в спиртах? Які властивості вони зумовлюють?

Водневі зв'язки між молекулами карбонових кислот установлюються за двома центрами, унаслідок чого утворюються димери:





Назва солі походить від назви йона, з якого вона утворена.



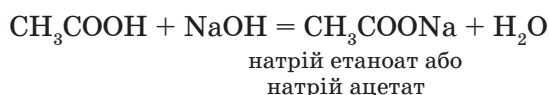
У формулах солей карбонових кислот спочатку записують аніони, потім — катіони.

### 3. Взаємодія з лугами



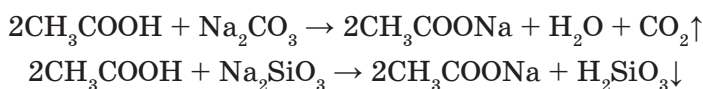
Що таке реакції обміну? Які умови перебігу йонних реакцій? Що таке реакція нейтралізації?

Етанова кислота взаємодіє з лугами (реакція нейтралізації), у результаті чого утворюються сіль та вода:



### 4. Взаємодія із солями слабких кислот

Етанова кислота взаємодіє із солями слабких кислот (карбонатами, силікатами):



У йонно-молекулярних рівняннях етанову кислоту як слабкий електроліт записують у молекулярній формі.

### Робота в парі

До наведених молекулярних рівнянь складіть йонно-молекулярні рівняння реакцій.



### Застосування

#### Селена пише з Франції

Сьогодні я побувала в дослідницькому центрі біотехнологій поблизу Ліона. Тут із відходів харчової промисловості виробляють оцтову кислоту та інші органічні сполуки. Мені пояснили, що сучасну оцтову кислоту найчастіше отримують із біоетанолу або природного газу.

Вражає, як французькі хіміки поєднують екологічність і точність: навіть кислоти намагаються виробляти без шкоди довкіллю.

Хімія, як завжди, поруч із життям!



Етанову кислоту використовують у різних сферах життя.

#### ХІМІЧНА ПРОМИСЛОВІСТЬ

- Сировина для синтезу:
  - солей етанової кислоти (етаноатів або ацетатів) – Натрію, Кальцію, Плюмбуму(2+);
  - оцтового ангідриду (для виробництва целюлозних плівок, ацетилцелюлози);
  - полімерів, зокрема полівінілацетату (ПВА, основа клеїв).
- Виробництво ароматичних речовин, барвників, штучних волокон.

#### ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

- Консервант (харчова добавка E260) – пригнічує розвиток мікроорганізмів у маринадах, соусах, консервах.
- Регулятор кислотності у виробництві напоїв, кетчупів, майонезів.
- Складова оцтової есенції і столового оцту.

Етанова кислота

- Дезінфекційний засіб (у розбавленому вигляді).
- Компонент зовнішніх лікарських засобів (наприклад, для лікування грибкових уражень, бородавок).
- Використовують у тестах для діагностики деяких захворювань (оцтова проба в гінекології).

- Видалення накипу та іржі.
- Засіб для чищення скла й кухонних поверхонь.
- Усунення неприємних запахів.
- Як гербіцид (у високих концентраціях) для знищення бур'янів.
- Консервування кормів (силосування).

#### МЕДИЦИНА Й ФАРМАЦІЯ

#### ПОБУТ І СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

### Досліджуємо



#### Робота в парі

##### 1. Дослідження хімічних властивостей етанової кислоти

Для дослідження нам потрібно: розчини етанової кислоти, натрій гідроксиду, розчини фенолфталеїну, метилоранжу, магній (порошок), натрій карбонат (або порошок питної соди).

1. Об'єднайтеся в групи. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи. Виконуйте досліди в рукавичках і захисних окулярах.

2. *Дія етанової кислоти на індикатор.* У дві пробірки налийте розчин етанової кислоти. В одну пробірку додайте кілька крапель метилоранжу, у другу — фенолфталеїну. Що спостерігаєте? Чи змінюється забарвлення розчину в пробірках? Напишіть рівняння дисоціації етанової кислоти. Поява яких йонів у розчині спричиняє зміну забарвлення індикатора?

3. *Взаємодія етанової кислоти з металами.* У пробірку з порошком магнію додайте декілька крапель розчину етанової кислоти. Що спостерігаєте? Запишіть відповідне рівняння реакції. Якими металами можна замінити в досліді магній? Сформулюйте гіпотезу та спрогнозуйте результати.

4. *Взаємодія етанової кислоти з основами.* Налийте в пробірку 1-2 мл розчину натрій гідроксиду та додайте краплю розчину фенолфталеїну. Додавайте в пробірку краплями під час перемішування розчин етанової кислоти. Зафіксуйте зовнішній ефект, який засвідчить, що кислота повністю прореагувала з лугом. Запишіть відповідне рівняння реакції. Про що свідчить зміна кольору індикатора в даній реакції?

5. Взаємодія етанової кислоти із солями. У пробірку помістіть трохи натрій карбонату (або порошку питної соди) і налейте 2 мл розчину етанової кислоти. Що спостерігаєте? Газ якого кольору та складу виділяється? Напишіть рівняння реакції. Чи можлива реакція з іншими солями? Сформулюйте гіпотезу та спрогнозуйте результати.

## 2. Усунення накипу

1. Об'єднайтеся в групи. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи. Виконуйте досліди в рукавичках і захисних окулярах.

2. Використовуючи додаткові джерела інформації, проаналізуйте склад накипу в чайниках. Поміркуйте, як можна його усунути.

3. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати.

4. Виконайте експеримент (як модель накипу можна використати крейду). Що спостерігаєте?

5. Запишіть результати та зробіть висновок.

## Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

- Закінчіть речення:
  - Карбонові кислоти — це ...
  - Етанова кислота — це ...
  - Етанову кислоту використовують ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Як за формулою розпізнавати карбонові кислоти?
  - Які фізичні властивості етанової кислоти?
  - Як утворюються водневі зв'язки між молекулами етанової кислоти і яку роль вони відіграють?
  - Як водневі зв'язки впливають на агрегатний стан речовини?
- Опишіть будову молекули етанової кислоти.
- Наведіть молекулярну, електронну та структурні формули етанової кислоти.
- Допишіть рівняння й назвіть продукти реакцій  
 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \dots$ ;  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Mg} \rightarrow \dots$ ;  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots$
- Складіть рівняння хімічної реакції етанової кислоти: а) з цинком; б) з барій гідроксидом. Назвіть продукти реакції.
- Укажіть кількість речовини (моль) етанової кислоти, у якій міститься  $2,709 \cdot 10^{23}$  молекул.
- Обчисліть масу (г) кальцій етаноату кількістю речовини 1,75 моль.
- Обчисліть об'єм (л) водню, який виділиться під час взаємодії заліза масою 11,2 г з етановою кислотою (н.у.).
- Обчисліть масу (г) натрій етаноату, який утворюється під час взаємодії етанової кислоти масою 48 г із надлишком натрій гідроксиду.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/vtOeyWYn> або за QR-кодом та виконайте завдання 11-19.





Органічні кислоти містяться в багатьох продуктах харчування. Лимонна кислота надає кислуватого смаку цитрусовим і є природним консервантом, яблучна кислота — у яблуках і винограді, а молочна кислота утворюється під час сквашування молока чи капусти. Вони не лише впливають на смак, а й беруть участь у важливих процесах обміну речовин в організмі.



Пригадайте, що таке цинга і як можна запобігти цій хворобі. Створіть короткий навчальний комікс (4-6 кадрів) для своїх однокласників/однокласниць. Ваш герой — *Капітан Цитрус*, відважний мандрівник, який бореться з хворобою моряків цингою та шукає джерела вітаміну С (аскорбінової кислоти). У коміксі продемонструйте:

1. Хто такий капітан Цитрус і що сталося з його екіпажем (проблема — нестача вітаміну С).
2. Як він дізнається, що цингу можна подолати за допомогою лимонів, апельсинів чи квашеної капусти.
3. Як він рятує свою команду.
4. Який висновок можна зробити про значення аскорбінової кислоти (вітаміну С) для людини. Пригадайте з уроків історії, біології або географії реальних мандрівників, які страждали від цинги. За потреби використайте додаткові джерела інформації. Наприкінці коміксу додайте коротку фразу-висновок.

### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/StKwqU6W> і виконайте вправу.
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) Етанова (оцтова) кислота — типовий представник карбонових кислот.
  - 2) У водних розчинах карбонові кислоти виявляють слабші кислотні властивості, ніж спирти.
  - 3) У складі етанової кислоти є гідроксильна група  $\text{—OH}$ .



Тепер я розумію, чому оцет може і смак покращити, і накип прибрати. Це ще один приклад того, як одна й та сама речовина може мати десятки корисних застосувань. А ще його можна замінити іншою органічною кислотою, наприклад, лимонною. І головне — усе залежить від кількості та розумного використання. Хімія навчає відповідальності!

Сьогодні ми виписали такі словосполучення:

**карбонові кислоти — carboxylic acids,**  
**етанова кислота — ethanoic acid.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §22. МИЛО. МИЙНА ДІЯ МИЛА ТА СИНТЕТИЧНИХ МИЙНИХ ЗАСОБІВ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- про властивості мила, його склад, мийну дію;
- про механізм мийної дії мила;
- про переваги та недоліки синтетичних мийних засобів;
- про ефективність мила та синтетичних мийних засобів.



Учора допомагав мамі мити посуд і задумався: у нас на кухні є і мило, і рідина для миття. Обидва піняться — то чим вони відрізняються?

Справді! І те, й інше змиває жир. Але я дізналася, що більшість рідин для миття — це не рідке мило, а засоби, які містять синтетичні поверхнево-активні речовини. Розберімося, як вони діють і чому саме мило стало символом чистоти.



Чим відрізняється мило від рідин для миття?



**Опрацьовуємо інформацію**



### Вищі карбонові кислоти



Що таке карбонові кислоти? Наведіть приклади. Як класифікують кислоти за кількістю карбоксильних груп?

Залежно від будови карбонового ланцюга карбонові кислоти поділяють на насичені, ненасичені, ароматичні кислоти.

Таблиця 22.1

#### Приклади насичених, ненасичених та ароматичних карбонових кислот

| Насичені                                | Ненасичені                    | Ароматичні                          |
|-----------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--COOH}$ | $\text{CH}_2\text{=CH--COOH}$ | $\text{C}_6\text{H}_5\text{--COOH}$ |
| пропанова кислота                       | пропенова кислота             | бензенова кислота                   |

За кількістю атомів Карбону розрізняють **нижчі** й **вищі** карбонові кислоти.

**Вищі карбонові кислоти** — це кислоти, у молекулах яких карбоновий ланцюг складається з 10 або більше атомів Карбону (табл. 22.2).

## Приклади вищих карбонових кислот

| Насичені кислоти                               |                               | Ненасичені кислоти                                               |                 |
|------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Формула                                        | Назва                         | Формула                                                          | Назва           |
| $C_{15}H_{31}COOH$ або $CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$ | Гексадеканова<br>Пальмітинова | $C_{17}H_{33}COOH$<br>або<br>$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$ | Октадец-9-енова |
| $C_{17}H_{35}COOH$ або $CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$ | Октадеканова<br>Стеаринова    |                                                                  | Олеїнова        |

Раніше вищі карбонові кислоти одержували з жирів рослинного та тваринного походження, тому їх називають *жирними* кислотами.

Пальмітинова й стеаринова кислоти — це тверді білі речовини, без запаху, які не розчиняються у воді.

Олеїнова кислота — безбарвна в'язка масляниста рідина, також нерозчинна у воді. На повітрі, особливо під дією світла, вона повільно окиснюється, унаслідок чого жовтіє або темніє.

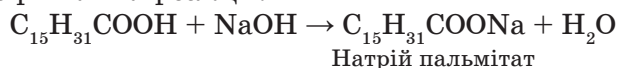
За хімічними властивостями ці кислоти схожі на етанову кислоту.



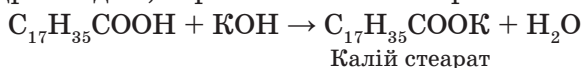
Запишіть рівняння реакції етанової кислоти з натрій гідроксидом і натрій карбонатом.



Оскільки пальмітинова кислота за властивостями схожа на етанову, то, очевидно, вона також взаємодіє з лугами. Запишіть рівняння реакції:



А я записала рівняння реакції стеаринової кислоти з калій гідроксидом, отримала калій стеарат:



Дійсно, за своєю будовою жирні кислоти схожі на етанову, тільки їхні молекули довші. Вони теж реагують із лугами, і продукти таких реакцій — це мила, які ми використовуємо щодня. Тож Марко й Таміла щойно записали реакції одержання мила.



## Мило



Мила — солі лужних металічних елементів (Натрію, Калію) і вищих карбонових кислот (із кількістю атомів Карбону від 10 до 20).

Вищі карбонові кислоти мають особливу будову. Один кінець їхньої молекули містить карбоксильну групу ( $-COOH$ ). Це полярна, гідрофільна частина, яка легко взаємодіє з водою. Інший кінець — довгий вугле-

водневий ланцюг, що є неполярним і гідрофобним, тобто не змочується водою.



Коли жирна кислота реагує з лугом, йон Гідрогену карбоксильної групи заміщується на йон Натрію або Калію. Тобто молекула мила теж має дві частини, які поведуться по-різному: гідрофільну (добре змочується водою) і гідрофобну (відштовхує воду).

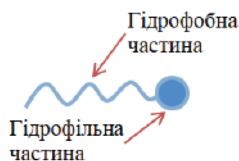
|                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| $\text{C}_{17}\text{H}_{35}$ | $-\text{COONa}$     |
| Гідрофобна частина           | Гідрофільна частина |



**Мал. 22.1.** Модель аніону пальмітинової кислоти



Щоб легше запам'ятати значення слів «гідрофільний» і «гідрофобний», я дослідила їхнє походження. У перекладі з грецької *phobos* (φόβος) означає «страх», тому гідрофобна частина молекули ніби боїться води. А *phileo* (φιλέω) — «любити», отже, гідрофільна частина молекули любить воду.



**Мал. 22.2.** Схема будови аніона вищої карбонової кислоти

Як бачимо, дія мила зумовлена будовою молекули жирної кислоти. Коротка частина аніону жирної кислоти, яку ще називають гідрофільною голівкою, легко розчиняється у воді, а довгий вуглеводневий хвіст є гідрофобним, тобто не розчиняється у воді, але добре взаємодіє з жирами та брудом (мал. 22.2).



Під час миття хвости молекул мила проникають у жировий бруд, а голівки залишаються у воді. Це допомагає милу схопити жир, оточити його й відокремити від поверхні (мал. 22.3). Так утворюються міцели — дрібні частинки, у яких бруд опиняється всередині й легко змивається водою.



**Мал. 22.3.** Утворення міцели



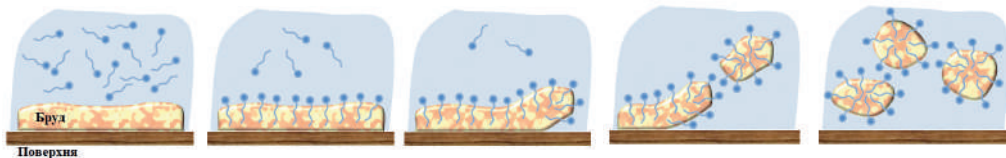
### Механізм мийної дії мила



Чому звичайна вода не змиває жир? Що станеться, якщо спробувати змити жир без мила?

Жири не розчиняються у воді, тому звичайне миття лише водою не може їх видалити. Мило допомагає розв'язати цю проблему завдяки особливій будові своїх молекул (мал. 22.4).

1. **Гідрофобні хвости** молекул мила взаємодіють із жировими частинками та проникають у них.
2. **Гідрофільні голівки** залишаються спрямованими у водний розчин.
3. Навколо краплинок жиру утворюються **міцели** — сферичні частинки, усередині яких містяться жирові молекули, а зовнішня поверхня взаємодіє з водою.
4. Унаслідок цього жирові забруднення легко змиваються з поверхонь. Цей процес називається **емульгування** — тобто перетворення нерозчинного жиру на дрібні частинки, які можна змити водою.



**Мал. 22.4.** Механізм мийної дії мила

Отже, мийна дія мила ґрунтується на його здатності одночасно взаємодіяти і з водою, і з жирами. Саме тому мило — один із найдавніших і найпоширеніших засобів очищення, відомий людству вже понад дві тисячі років.

## А чи знаєте ви...

Перші згадки про мило належать ще до Давнього Вавилону (близько 2800 року до н.е.) — у глиняних табличках описано суміш води, луку й олії, яку використовували для прання тканин. У Стародавньому Римі мило виготовляли з тваринного жиру та попелу. За легендою, його назва походить від гори Сапо (лат. «sapo», англ. «soap» — мило), де жири змішувалися з попом під час жертвоприношень, а дощ змивав суміш у річку. У середньовічній Європі мило вдосконалили: почали додавати ароматичні олії та виготовляти різні його сорти. З того часу миловаріння стало справжнім ремеслом.

### Селена пише з Франції

Продовжую свою подорож Францією. Сьогодні я побувала на невеликій фабриці в Марселі — місті, яке вже кілька століть славиться своїм милом. Тут і



**Мал. 22.5.**

*Марсельське мило*

нині виготовляють марсельське мило — лише з рослинних олій, води та луку, без барвників й ароматизаторів. Мені показали величезні казани, у яких суміш варять кілька днів, а потім розливають у форми й висушують просто на сонці. Таке мило вважають екологічним, адже воно повністю розкладається в природі й не шкодить водоймам.

Я зрозуміла, що навіть звична піна на наших долонях — це результат давнього мистецтва й сучасної науки, що працюють разом.



## Синтетичні мийні засоби. ПАР як емульгатори

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/OtOeUvyC> або за QR-кодом та ознайомтеся з інформацією про синтетичні мийні засоби.



## Досліджуємо

### Робота в групах

**Мийна дія мила та синтетичних мийних засобів. ПАР як емульгатори**

Для дослідження нам потрібно: пробірки або склянки (3-4 шт.), вода (тепла й холодна), рослинна олія або вершкове масло, мило (тверде, рідке), синтетичний мийний засіб (рідкий порошок, шампунь, гель для посуду), піпетки або чайні ложки, палички для перемішування, етикетки, серветки, маркери.

#### 1. Дослідження мийної дії мила

1. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.
2. Дослідіть розчинність олії в холодній і гарячій воді. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Виконайте експеримент і запишіть спостереження.

- Дослідіть дію мила (твердого, рідкого) та мильного розчину в досліджуваних сумішах. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Виконайте експеримент і запишіть спостереження.
- Чи утворюється емульсія? Наскільки швидко розчиняється жир? Який засіб є найбільш ефективним? Чи впливає температура суміші на швидкість дії мила? Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу.
- Запишіть спостереження в таблицю:

| Зразок         | Температура води | Додавання мила (+/-) | Спостереження | Утворення емульсії |
|----------------|------------------|----------------------|---------------|--------------------|
| 1. Контрольний |                  |                      |               |                    |
| 2.             |                  |                      |               |                    |
| 3.             |                  |                      |               |                    |

- Зробіть висновок. Опишіть механізм дії мила.

## 2. ПАР як емульгатори

- Приготуйте досліджувану суміш олії з водою та налейте її в три склянки.
- Дослідіть дію мила та синтетичного мийного засобу в сумішах олії з водою. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Виконайте експеримент і запишіть спостереження.
- У якій склянці утворилась найбільш стабільна емульсія? Чи зникла жирова плівка?
- Запишіть спостереження в таблицю:

| Зразок         | Додавання мила або СМЗ (+/-) | Спостереження | Утворення емульсії |
|----------------|------------------------------|---------------|--------------------|
| 1. Контрольний |                              |               |                    |
| 2.             |                              |               |                    |
| 3.             |                              |               |                    |



## Робота в групах

### Виготовлення свічки з мила

Для роботи нам потрібно: тверде мило, тертка, термостійка посудина, вода, водяна ванна, нитка або шнурок (можна взяти гніт від парафінової свічки), сірник, парафінова свічка.

- Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.
- Натріть мило на тертці в дрібну стружку.
- Покладіть стружку в термостійку посудину.
- Додайте до стружки декілька крапель води, щоб мило стало пластичнішим.
- Обережно нагрійте суміш у водяній ванні або в мікрохвильовці 10-15 секунд, щоб мило стало м'яким.

6. Утрамбуйте масу в посудині та вставте в центр бавовняний гніт (нитку чи шнурочок).

7. Дайте свічці застигнути.

8. Після затвердіння запаліть свічку з мила та парафінову свічку. Порівняйте перебіг процесів горіння свічок. За результатами експерименту заповніть таблицю.

| Ознака                    | Свічка з мила | Парафінова свічка |
|---------------------------|---------------|-------------------|
| Легкість запалювання      |               |                   |
| Інтенсивність горіння     |               |                   |
| Колір і стійкість полум'я |               |                   |
| Запах під час горіння     |               |                   |
| Наявність сажі та диму    |               |                   |
| Швидкість згорання        |               |                   |

9. Зробіть загальний висновок. Чи все вам вдалося? За потреби проаналізуйте причини невдачі. Який етап дослідження був найбільш складним?

10. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

### **Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті**

1. Закінчіть речення:

- Мила — це ...
- Молекула мила має дві частини ...
- Мийна дія мила зумовлена ...

2. Дайте відповіді на запитання:

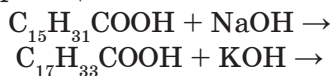
- Чому мило не може ефективно видалити жир у холодній або твердій воді? Поясніть механізм.
- Як будова аніону мила впливає на його здатність утворювати емульсії?
- Який хімічний склад має господарське мило?
- Що таке міцела і яку роль вона відіграє в процесі очищення поверхонь від жирів?
- Чому мило не просто розчиняє жир, а допомагає змити його з поверхні?

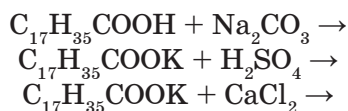
3. Поясніть, чим мийна дія синтетичних мийних засобів відрізняється від дії мила. Наведіть приклади побутових ситуацій, у яких мило буде менш ефективним, ніж універсальний мийний засіб.

4. Чим можна пояснити утворення великої кількості піни, але слабкий мийний ефект?

5. Порівняйте, що краще використати для миття жирної каструлі — мило чи засіб для посуду? Відповідь обґрунтуйте.

6. Запишіть рівняння реакцій:





7. Обчисліть масу (г) олеїнової кислоти кількістю речовини 2,5 моль.
8. Обчисліть масову частку (%) Гідрогену в пальмітиновій кислоті.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/LtOeyBLO> або за QR-кодом та виконайте завдання 9-14.



### Робота в групах

Проведіть дебати на тему «Синтетичні мийні засоби — зручність чи загроза довкіллю?» Обговоріть, які екологічні наслідки має їх широке використання та які є альтернативи.



### Перевірте себе

1. Оберіть правильну відповідь:
  - 1) Позначте формулу ненасиченої карбонової кислоти
    - а)  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$
    - б)  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$
    - в)  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOK}$
    - г)  $(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca}$
  - 2) Укажіть молярну масу (г/моль) пальмітинової кислоти
    - а) 284
    - б) 256
    - в) 282
    - г) 60
  - 3) Укажіть речовини, які є основою мила
    - а)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
    - б)  $\text{CH}_3\text{COOH}$
    - в)  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK}$
    - г)  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COONa}$
  - 4) Укажіть клас органічних сполук, до якого належить мило
    - а) спирти
    - б) карбонові кислоти
    - в) вуглеводні
    - г) солі вищих карбонових кислот
  - 5) Укажіть назву речовини, яка здатна виявляти мийну дію
    - а) калій нітрат
    - б) натрій етаноат
    - в) калій стеарат
    - г) пальмітинова кислота
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) Мила — натрієві й калієві солі вищих карбонових кислот.
  - 2) Мийна дія мила зумовлена його складом і будовою.



Стільки різних мийних засобів — аж очі розбігаються. І всі піняться! Але, як виявилось, не всі однаково безпечні. Тепер я розумію, чому екологи радять користуватися милом або екологічними ПАР. Тож зважаймо на це!

Сьогодні ми запам'ятали такі терміни:

**мило — soap;**

**синтетичні мийні засоби — synthetic detergents.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §23. ЖИРИ. ЗНАЧЕННЯ ЖИРІВ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- про будову й хімічний склад жирів;
- про властивості жирів;
- про застосування жирів, їх біологічну дію;
- про значення жирів для організму людини.



Учора прочитав, що жири використовують не лише в їжі, а й для виготовлення мила, кремів і навіть пального для автомобілів! Ніколи б не подумав, що сфери їхнього застосування такі різноманітні.



Справді цікаво! Я завжди сприймала жири тільки як частину харчування — щось про калорії й енергію. Але якщо з них роблять мило чи паливо, то їхня будова, мабуть, дуже особлива. Здається, настав час розкрити всі таємниці жирів!



Як будова молекул жирів визначає їхнє різноманітне використання — від продуктів харчування до виготовлення мила, косметики й екологічного палива?



### Опрацьовуємо інформацію



#### Склад жирів



Що таке вищі карбонові кислоти? Як їх класифікують? Назвіть найбільш поширені в природі вищі карбонові кислоти.



#### Робота в парі

1. Запишіть молекулярну та напівструктурну формулу триатомного спирту гліцеролу.

Запишіть молекулярну та напівструктурну формули вищих карбонових кислот: насиченої (містить 16 атомів Карбону), ненасиченої (містить 18 атомів Карбону, один подвійний зв'язок між 9 та 10 атомами Карбону). Назвіть карбонові кислоти. Наявністю якого зв'язку зумовлені властивості олеїнової кислоти?

2. За потреби скористайтеся додатковими джерелами інформації.

3. Обчисліть молярну масу (г/моль) вищої насиченої карбонової кислоти, яка містить на два атоми Карбону більше, ніж пальмітинова.

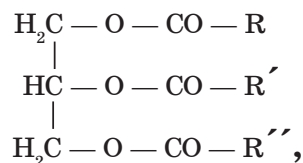
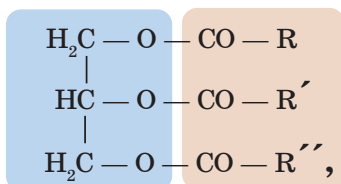
Як ви вже знаєте з уроків біології, жири, разом з вуглеводами та білками, — один з головних компонентів харчування.



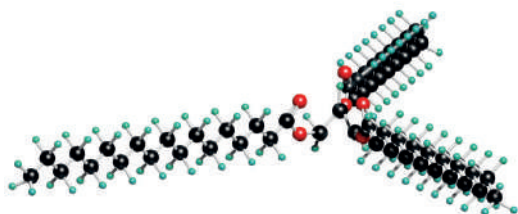
**Жири** — це похідні гліцеролу й вищих карбонових кислот.

Загальна формула жирів:  
де  $R$ ,  $R'$  і  $R''$  — вуглеводневі залишки насичених або ненасичених карбонових кислот.

Жири складаються із залишків однієї молекули гліцеролу й трьох молекул вищих карбонових кислот — тому їх називають *триацилгліцероли* або *тригліцериди*.



Залишок гліцеролу      Залишки трьох жирних кислот



**Мал. 23.1.** Модель молекули тристеарату

## Класифікація жирів

- За походженням жири поділяють на:
  - тваринні — вершкове масло, свинячий жир (сало), яловичий, гусячий, баранячий, жир у м'ясі, риб'ячий жир;
  - рослинні — соняшникова, оливкова, кукурудзяна олії тощо.
- За складом вуглеводневих залишків:
  - тверді — до складу входять переважно залишки молекул насичених вищих карбонових кислот — пальмітинової та стеаринової;
  - рідкі (за звичайних умов) — до складу входять переважно залишки молекул ненасичених вищих карбонових кислот.

Рослинні рідкі жири зазвичай називають оліями.

## Робота в парі

Розгляньте кроссенс і дайте йому назву. Використовуючи додаткові джерела інформації, назвіть рослини, які в ньому зображено. Які інші олійні культури вам відомі?

## А чи знаєте ви...

За рівнем очищення жири рослинного походження (олії) поділяють на рафіновані (очищені) та нерафіновані. Рафінація — це багатоступінчастий процес очищення олій від домішок. Такий процес дозволяє отримати продукт без запаху та з тривалим терміном зберігання. Нерафіновані олії отримують шляхом холодного віджиму; вони зберігають максимум корисних речовин.



## Фізичні властивості жирів

Жири — в'язкі олійсті рідини (переважно рослинного походження) або тверді речовини (переважно тваринні) за кімнатної температури. Колір жирів зазвичай від білого до жовтуватого. Запах залежить від походження: свіже сало має нейтральний запах, а олія — характерний запах насіння. Мають низькі температури плавлення та низьку теплопровідність.

### Робота в парі

Обговоріть, чому рослинні жири зазвичай рідкі за кімнатної температури, а тваринні — тверді або м'які? З чим це пов'язано? Чи трапляються тверді жири рослинного походження та тваринні жири — рідини? Використовуючи додаткові джерела інформації, знайдіть приклад рідкого тваринного жиру і твердого рослинного. Для чого їх використовують?

Жири не розчинні у воді, добре розчинні в органічних розчинниках, легші за воду, під час потрапляння у воду спливають на її поверхню. Проте вони здатні утворювати з водою дисперсні системи — емульсії.



**Дисперсна система** — це система, у якій одна речовина (дисперсна фаза) розподілена у вигляді дуже дрібних частинок в іншій речовині (дисперсійному середовищі).

Жири не змішуються з водою, бо їхні молекули містять довгі вуглеводневі ланцюги — гідрофобні частини, які боються води. Саме тому жири утворюють на воді плівку або краплини. Для одержання емульсій до суміші води й жиру потрібно додати емульгатори — речовини, які мають гідрофільну й жирову частини (наприклад, у майонезі це лецитин із жовтка).



Що таке неоднорідні суміші? Що таке емульсії, суспензії? Розгадайте ребуси та виберіть назви природних емульсій.



## Хімічні властивості

### 1. Гідроліз жирів

Під час нагрівання жирів із водними розчинами лугів (наприклад, натрій гідроксидом) відбувається реакція омилення: утворюється гліцерол і мила (солі жирних кислот).

Схема реакції спрощено:

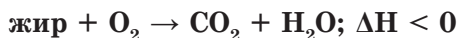


### 2. Гідрування жирів (з рідких жирів утворюють тверді)



### 3. Окиснення

Під час горіння жирів відбувається їх повне окиснення з утворенням вуглекислого газу, водяної пари й виділенням значної кількості теплоти:



#### Біологічна роль жирів

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/JtOelaOh> або за QR-кодом та ознайомтеся з функціями жирів у живих організмах.



#### Трансжири



Що таке ізомери? Які види ізомерії вам відомі? Наведіть приклади.

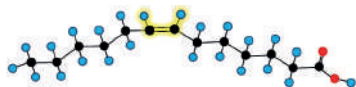
Трансжири — це різновид жирів, для яких характерний високий вміст залишків трансізомерів карбонових кислот (трансжирні кислоти). Трансізомери ненасичених вищих карбонових кислот містять трансподвійні зв'язки між атомами Карбону.

Раніше ми розглядали структурну ізомерію. Щоб зрозуміти будову ізомерів ненасичених карбонових кислот, потрібно розглянути ще один вид ізомерії — стереоізомерію.

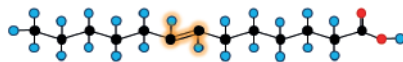


Сtereoізомерія — це вид ізомерії, за якого сполуки з однаковим складом та будовою відрізняються тільки просторовим розташуванням атомів у тривимірному просторі. Одним із видів стереоізомерії є цис-трансізомерія.

У цис-ізомері однакові атоми або групи розташовані по один бік від площини подвійного зв'язку або циклу, а в трансізомері — знаходяться по різні боки (мал. 23. 2).



Молекула ненасиченої жирної кислоти (цис-ізомер)



Молекула ненасиченої жирної кислоти (трансізомер)

**Мал. 23.2.** Моделі цис- і трансізомерів ненасичених карбонових кислот

За походженням трансжири поділяють на штучні й природні. У природі вони утворюються внаслідок життєдіяльності бактерій багатоклітинного шлунка жуйних тварин (корів, овець). Штучні трансізомери жирних кислот утворюються під час гідрогенізації олій, смаження їжі (багаторазове використання олії для приготування їжі), у процесі промислового виробництва випічки.



## Застосування жирів

Жири широко використовують у побуті та різних галузях промисловості.

### БІОЛОГІЧНА РОЛЬ

- Джерело енергії
- Запас поживних речовин
- Терморегуляція
- Захист внутрішніх органів
- Складова клітинних мембран

### ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

- Використовують для смаження, випічки, заправок.
- Є важливим компонентом молока, масла, сметани, йогуртів.
- Натуральні джерела жирів — горіхи, насіння, риба.
- Оброблені продукти — у фастфуді, чипсах, соусах часто містяться жири, зокрема й трансжири.

### Жири

- Виготовлення мила.
- Жири входять до складу кремів, бальзамів, помад, мазей.
- Тваринні жири як основа фарби та полірувальних засобів.
- Жири використовують для обробки шкіри.
- З ріпакової олії виготовляють біодизельне паливо

- Жирову основу використовують для мазей, супозиторіїв, капсул.
- Джерело Омега-3 жирних кислот.
- Жири використовують у спортивному харчуванні та в разі дефіциту маси тіла.
- У клінічному харчуванні додають спеціальні жирові суміші.

### ПРОМИСЛОВІСТЬ

### МЕДИЦИНА



## А чи знаєте ви...

Побутує думка, що в горбі верблюда зберігається вода, але насправді це міф. У горбі міститься жир, який тварина накопичує про запас. Під час довгих переходів пустелею, коли їжі й води обмаль, цей жир поступово розкладається в організмі, забезпечуючи не лише енергією, а й водою.



## Селена пише з Данії

Сьогодні я побувала на сучасному заводі з виробництва біодизелю поблизу міста Оттеруп. Тут із ріпакової та навіть відпрацьованої харчової олії виготовляють екологічне паливо для автобусів і тракторів.

Мене вразило, як звичайні жири можуть стати джерелом енергії — замість нафти чи газу. Це справжній приклад зеленої хімії, коли відходи перетворюються на корисний ресурс.

Данія прагне повністю перейти на відновлювану енергетику, і біодизель — важлива частина цього шляху. Ніколи б не подумала, що джерело енергії може пахнути... ріпаком.





### Робота в групах

**1. Дослідження дисперсних систем, складниками яких є жири**  
Для дослідження нам потрібно: склянки або пробірки — 4 шт., вода, рослинна олія (соняшникова, кукурудзяна тощо), вершкове масло, тваринний жир, майонез, вершки, розчин спирту (70-96%), ложки, шпателі, фільтрувальний папір, етикетки, маркери, серветки.

1. Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.

2. Сформулюйте гіпотезу. Складіть план експерименту та опишіть очікувані результати.

3. Утворення нестабільної емульсії.

У склянку налейте 50 мл води. Додайте 10 мл олії. Суміш перемішайте. Залиште вміст посудини відстоятися 5 хвилин. Запишіть спостереження. Що помічаєте? Зробіть висновок.

4. Виділення жиру зі стабільної емульсії нагріванням.

Помістіть у склянку кілька ложок майонезу або вершків. Додайте гарячої води, перемішайте. Залиште вміст посудини відстоятися 5 хвилин. Що спостерігаєте? Поясніть явища, які відбуваються.

5. Виділення жиру зі стабільної емульсії дією спирту.

Помістіть 1-2 ложки майонезу чи вершків у склянку або пробірку. Додайте 10-20 мл спирту. Ретельно перемішайте. Через декілька хвилин акуратно злийте верхню фракцію або відберіть піпеткою. Крапніть цю фракцію на фільтрувальний папір і висушіть його. Поясніть явища, які відбулися після випаровування спирту.

6. Зробіть висновки. Які речовини допомогли створити стійку емульсію? У яких харчових продуктах є такі поєднання?

#### 2. Порівняння фізичних властивостей жирів

1. Сформулюйте гіпотезу. Складіть план експерименту та опишіть очікувані результати.

2. Порівняйте фізичні властивості рослинної олії, вершкового масла, тваринного жиру, заповніть таблицю.

| Властивість                  | Рослинна олія | Вершкове масло | Сало (тваринний жир) |
|------------------------------|---------------|----------------|----------------------|
| Агрегатний стан              |               |                |                      |
| Колір і запах                |               |                |                      |
| Розчинність у воді           |               |                |                      |
| Поведінка під час нагрівання |               |                |                      |

3. Зробіть загальний висновок. У чому схожість і відмінність за фізичними властивостями досліджених жирів? Як ці властивості впливають на їхнє використання в кулінарії?



### Робота в парі

Упізнай емульсію.

Підготуйте продукти для дослідження: молоко, мед, майонез, сметана, йогурт, варення, маргарин, кетчуп.

Визначте, які з них є емульсіями, тобто містять жир, розподілений у воді або навпаки. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Виконайте експеримент і поясніть свій вибір.



### **Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті**



1. Закінчіть речення:
  - Жири — це ...
  - Жири утворюються з ...
  - З жирів можна одержати ...
2. Дайте відповіді на запитання:
  - Чим жири рослинного походження відрізняються від жирів тваринного походження?
  - Чому жири є важливими для організму людини?
  - Яка біологічна роль жирів?
3. Опишіть фізичні властивості жирів.
4. Наведіть приклади жирів, які найчастіше використовують як харчові продукти. Назвіть жири, які ми застосовуємо в харчуванні.
5. Що таке трансжири і як вони утворюються? Використовуючи додаткові джерела, відшукайте інформацію, як надмірне споживання трансжирів може вплинути на здоров'я людини?
6. Укажіть напрямки застосування жирів.
7. Виконайте домашній експеримент «Виявлення жирів у продуктах харчування». Підберіть продукти, сформулюйте гіпотезу та складіть план дослідження. Уважно прочитайте інформацію на упаковках досліджуваних продуктів. Чи вказаний у складі продуктів вміст жирів? Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Зробіть висновок про вміст жирів у харчових продуктах.
8. Виконайте домашній експеримент «Виявлення жиру в насінинах рослин». Підберіть обладнання, посуд та продукти для дослідження (насіння соняшника, гарбуза, ядро волоського горіха, мигдалю, арахісу, фісташки, кеш'ю, кедр), сформулюйте гіпотезу та складіть план перевірки харчових продуктів на наявність жиру. (Загорніть у папір кілька насінин соняшника (ядер горіхів), вивільнених від шкаралупи, розітріть їх качалкою для тіста чи подрібніть молотком. Розгорніть папір і подивіться, чи залишилася на ньому жирна пляма). Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Сформулюйте висновки за власними спостереженнями. Зробіть відео та презентуйте його в класі.
9. Складіть кроссес «Мій добовий раціон харчування».
10. Підготуйте повідомлення про виробництво соняшникової олії в Україні.
11. Підготуйте повідомлення про національних виробників молочної продукції (масла, молока, сметани, кефіру, м'яких і кисломолочних сирів, йогуртів).

## **Робота в групах**

### **Розроблення пам'ятки «Трансжири: користь чи шкода?»**

1. Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.
2. Проаналізуйте склад жирів рослинного й тваринного походження, спрогнозуйте вплив уживання трансжирів на здоров'я людини.
3. Перевірте ваші прогнози, використовуючи додаткові джерела інформації.
4. Розробіть пам'ятку (постер, буклет, презентацію, reels) «Трансжири: користь чи шкода?» та презентуйте в класі.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/9tDvUVNG> або за QR-кодом та підготуйте навчальний проєкт «Хімія з ароматом літа».



## **Перевірте себе**

1. Оберіть правильну відповідь:
  - 1) Під час омилення жирів утворюються
    - а) гліцерол та солі карбонових кислот
    - б) етанол і натрій етаноат
    - в) гліцерол та карбонові кислоти
    - г) етанол та карбонові кислоти
  - 2) Жири є похідними
    - а) метанолу та етанової кислоти
    - б) етанолу та метанової кислоти
    - в) гліцеролу та вищих карбонових кислот
    - г) гліцеролу та етанолу
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) За агрегатним станом жири бувають тверді та рідкі.
  - 2) Жири рослинного походження називають олії.
  - 3) Жири є обов'язковим компонентом збалансованого харчування людини.
  - 4) Жири утворюються з гліцеролу й вищих карбонових кислот.
  - 5) Вищі карбонові кислоти — це кислоти, молекули яких містять понад 10 атомів Карбону.



Тепер я точно розумію, що жири — це джерело енергії, краси, здоров'я та навіть екопалива. Залежно від того, як ми їх використовуємо, вони можуть чинити або корисну, або шкідливу дію. Головне — у всьому знати міру й цінувати ресурси природи.

Сьогодні ми запам'ятали такі терміни:

**жири — fats;**

**олія — oil;**

**вершкове масло — butter.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §24. ВУГЛЕВОДИ: МОНОСАХАРИДИ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- що таке вуглеводи і як їх класифікують;
- про властивості моносахаридів;
- яке значення вуглеводів для організму людини.



Учора на етикетці соку побачила напис «Містить фруктозу». Мені здалося, що це просто цукор, але мама пояснила, що цей вуглевод є натуральним підсолоджувачем.

А я помітив, що на енергетиках пишуть «глюкоза». Пригадуєш, на біології ми вивчали, що саме вона дає нам енергію. Виходить, фруктоза й глюкоза — це схожі речовини? Спробуймо розібратися, що ж це за сполуки, які нас і живлять, і підбадьорюють.



Як природні процеси, у яких беруть участь вуглеводи, допомагають людині отримувати енергію й створювати нові корисні продукти?

### Опрацьовуємо інформацію

#### Вуглеводи. Загальна характеристика та класифікація вуглеводів



Які основні поживні речовини містяться в харчових продуктах? Як підказки, розшифруйте анаграми.

ИРИЖ

ЛЕВОГДИВУ

ЛІВИК

**Вуглеводи** — це речовини, які є основним джерелом енергії для нашого організму. Їх ще іноді називають «цукри» або «сахариди», хоча не всі вуглеводи солодкі на смак.

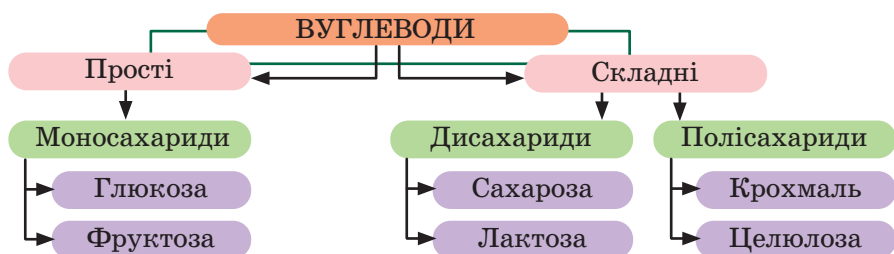
Назва класу походить від слів «**вуглець**» і «**вода**». Інша назва класу — *карбогідрати*. Загальна формула вуглеводів



#### А чи знаєте ви...

Слово «сахариди» походить від поєднання грецького слова «*σάκχαρ*» (sakchar), що означає «цукор», та слова «*εἶδος*» (eidos), що означає «вид» або «тип». Тобто «сахариди» буквально означає «вид цукру», що підкреслює їхню хімічну природу та зв'язок із вуглеводами.

Вуглеводи поділяють на прості (моносахариди) та складні (дисахариди, полісахариди).



Для вуглеводів використовують переважно тривіальні назви. Суфікс у назві більшості сполук, які належать до цього класу, -оз (табл. 24.1).

Таблиця 24.1

Загальні назви вуглеводів

| Формула        | Числівник      | Загальна назва | Формула        | Числівник      | Загальна назва |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $C_5H_{10}O_5$ | n = 5<br>Пента | Пент[оз]а      | $C_6H_{12}O_6$ | n = 6<br>Гекса | Гекс[оз]а      |

### Робота в парі

Використовуючи додаткові джерела інформації, запишіть у таблицю назви та хімічні формули найбільш поширених у природі вуглеводів. Що ви помітили? Як називають сполуки, які мають однаковий якісний і кількісний склад, але різну будову?

| Вуглеводи    | Приклади | Хімічна формула |
|--------------|----------|-----------------|
| Моносахариди |          |                 |
| Дисахариди   |          |                 |
| Полісахариди |          |                 |



Як утворюється кисень у природі? Що таке каталізatori?

Вуглеводи утворюються внаслідок процесу фотосинтезу (з вуглекислого газу та води) у зелених листках і деяких бактеріях під впливом сонячної енергії. Каталізatori процесу — зелені пігменти, хлорофіли.

### Робота в парі

Складіть схему реакції фотосинтезу, перетворіть схему на рівняння реакції. За потреби використайте додаткові джерела інформації.

### Моносахариди. Глюкоза

Моносахариди — вуглеводи, які не піддаються гідролізу.



Гідроліз — це хімічна реакція розкладу речовин під дією води з утворенням нових сполук.

Хімічний склад моносахаридів можна подати загальною формулою



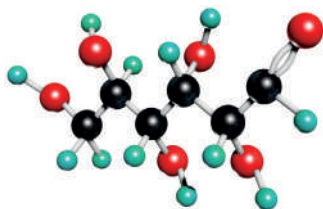
Молекули простих вуглеводів містять від 3 до 10 атомів Карбону. Найбільше значення мають моносахариди з 5 і 6 атомами Карбону (пентози й гексози).

### **Робота в парі**

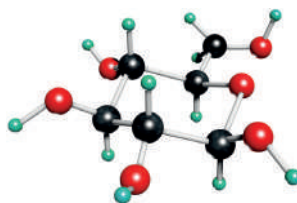
Розгляньте таблицю та пригадайте назви та хімічні формули вуглеводів, які вивчали на уроках біології. У яких біохімічних процесах беруть участь ці речовини?

| Пентози       |                | Гексози  |                |
|---------------|----------------|----------|----------------|
| Рибоза        | $C_5H_{10}O_5$ | Глюкоза  | $C_6H_{12}O_6$ |
| Дезоксирибоза | $C_5H_{10}O_4$ | Фруктоза |                |

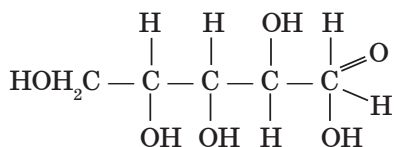
Розгляньте кулестержневу та масштабну моделі молекули глюкози (мал. 24.1–24.2). Запишіть молекулярну, структурну (відкриту та циклічну форми) та напівструктурну формули глюкози. Які функціональні групи ви помітили? Які класи сполук містять ці функціональні групи?



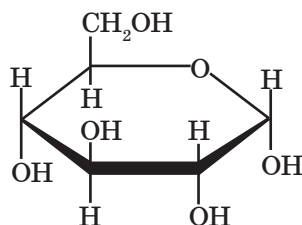
**Мал. 24.1.** Кулестержнева модель молекули глюкози (відкрита форма)



**Мал. 24.2.** Масштабна модель молекули глюкози (циклічна форма)



Відкрита формула глюкози



Циклічна формула глюкози

Відкрита форма глюкози має нерозгалужений карбоновий ланцюг, що складається з шести атомів Карбону. Один із них утворює подвійний зв'язок з атомом Оксигену, формуючи карбонільну групу ( $\text{C=O}$ ), а решта атомів Карбону сполучені одинарними зв'язками з гідроксильними групами ( $-\text{OH}$ ). У водному розчині глюкоза переважно існує в циклічній формі. Саме така форма глюкози є стабільнішою й характерна для природних вуглеводів.

## Фізичні властивості глюкози

Глюкоза — біла кристалічна, добре розчинна у воді, солодка на смак речовина. Вона міститься в клітинному соці багатьох овочів і фруктів (найбільше у винограді — виноградний цукор), у листках, стеблах, кореневищах рослин. Високий вміст глюкози в меді, нектарі квітів. Глюкоза, у невеликих кількостях, є обов'язковим компонентом крові людини й тварин.



Мал. 24.3. Глюкоза харчова

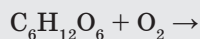
## Хімічні властивості глюкози

### 1. Реакції окиснення

У живих організмах відбувається процес повного окиснення глюкози з утворенням води й вуглекислого газу, який супроводжується виділенням енергії.

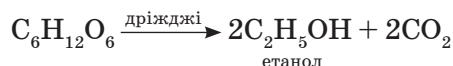
### Робота в парі

Складіть схему реакції повного окиснення глюкози та перетворіть її на рівняння.



### 2. Бродіння глюкози

а) спиртове (під дією дріжджів):



Цей процес використовують під час виготовлення квасу, сидру, отримання етанолу.

б) молочнокисле бродіння (лактатне):



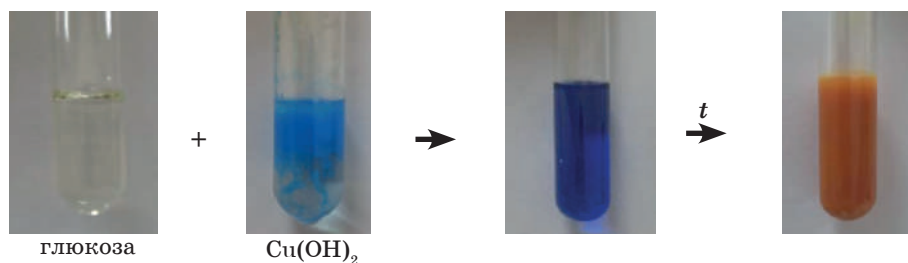
### 3. Взаємодія з купрум(2+) гідроксидом



Наведіть приклад багатоатомного спирту. Пригадайте, як експериментально довести, що речовина належить до багатоатомних спиртів?

Оскільки глюкоза є багатоатомним спиртом, то виявити її в розчині можна за реакцією з купрум(2+) гідроксидом у лужному середовищі (утворення розчину синього кольору, після нагрівання якого з'являється яскраво-червоний осад купрум(1+) оксиду (мал. 24.4)).





**Мал. 24.4.** Реакція глюкози з купрум(2+) гідроксидом



## Значення вуглеводів для організму людини



Пригадайте з уроків біології, які функції вуглеводів в організмі людини?

*Основні функції вуглеводів:*

### 1. Енергетична.

Вуглеводи — головне джерело енергії для організму, яка необхідна для життєдіяльності всіх клітин, тканин та органів. Під час окиснення 1 г вуглеводів утворюється 16,7 кДж (4 ккал) енергії.

### 2. Структурна.

Вуглеводи входять до складу клітинних стінок і тканин. Целюлоза є основою клітинної стінки рослин. Основним компонентом клітинних стінок грибів і зовнішнього скелету членистоногих є полісахарид хітин. Пентози є складовими РНК і ДНК.

### 3. Резервна.

Рослини запасують енергію у вигляді крохмалю, тварини — глікогену.

### 4. Регуляторна.

Деякі вуглеводи беруть участь у клітинному розпізнаванні та передачі сигналів між клітинами (особливо у складі глікопротеїнів і гліколіпідів).

### 5. Захисна.

Вуглеводи здатні утворювати в'язкі колоїдні розчини, гелі або слизові маси (наприклад, у насінні льону або в слизі тварин), які захищають клітини від висихання й механічних ушкоджень.

Вуглеводи — обов'язковий компонент їжі. За рекомендацією Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) більшість вуглеводів мають надходити переважно з цільнозернових продуктів, овочів, фруктів і бобових. Надмірне споживання солодкого може призвести до ожиріння, діабету, карієсу й зниження працездатності.



## Робота в групах

1. Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.

2. Розгляньте упаковки (або фото етикеток) різних продуктів — печиво, йогурти, соки, батончики, пластівці. Відшукайте інформацію про вміст вуглеводів.

3. За результатами заповніть таблицю.

| Продукти харчування | Вміст вуглеводів, г / на 100 г продукту |
|---------------------|-----------------------------------------|
|                     |                                         |
|                     |                                         |

4. Дайте відповіді на запитання:

- У якому продукті вміст вуглеводів найвищий?
- Чи варто обмежити вживання цього продукту?

5. Представте результати у вигляді діаграми.

6. Складіть рейтинг «ТОП-5 найсолодших продуктів на полицях супермаркету».

7. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

## Застосування моносахаридів

Глюкоза — основне джерело енергії в живій клітині, тому її широко застосовують у медицині для лікування різноманітних захворювань, особливо за умови загального виснаження організму. З глюкози отримують сорбіт, який використовують як замінник цукру при діабеті.

У мікробіологічній промисловості розчини глюкози застосовують як живильне середовище для розмноження кормових дріжджів. Спиртовим бродінням глюкози отримують харчовий етанол.

У кондитерській промисловості глюкозу у складі патоки використовують під час виготовлення мармеладу, карамелі тощо.

У текстильній промисловості глюкозу застосовують для обробки тканин.

Фруктоза, що міститься в меді, плодах і ягодах, солодша за глюкозу майже в півтора рази. Її використовують у дієтичному харчуванні як природний підсолоджувач, адже вона повільніше підвищує рівень цукру в крові.

## Досліджуємо



### Робота в групах

#### Досліджуємо властивості глюкози

Для дослідження нам потрібно: штатив із пробірками, розчини глюкози, купрум(2+) сульфату, натрій гідроксиду; пляшка (0,5 л), тепла вода (~35–40°C), сухі дріжджі, цукор (або глюкоза), кулька, ложка, лійка, вапняна вода.

#### I. Взаємодія глюкози з купрум(2+) гідроксидом

1. Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.

2. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.

3. Сформулюйте гіпотезу, як експериментально довести, що глюкоза виявляє властивості багатоатомних спиртів.

4. Складіть план експерименту та спрогнозуйте його результати.

5. Виконайте експеримент і сформулюйте висновки за власними спостереженнями. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу?

6. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

## II. Дослідження процесу бродіння глюкози

1. Пригадайте з уроків біології, що таке ферментація дріжджів та за яких умов вона відбувається? Сформулюйте гіпотезу про те, які речовини утворюються під час цього процесу та як їх виявити.

2. Підготуйте розчин. У пляшку налийте 200 мл теплої води. Додайте 1-2 чайні ложки сухих дріжджів. Суміш обережно перемішайте. Додайте цукор або глюкозу, ще раз перемішайте. Щільно закріпіть кульку на горлечку пляшки. Суміш поставте в тепле місце на 15-20 хв.

3. Які зміни ви помітили зразу та через 20 хвилин? Поясніть явища, які відбуваються. Який газ виділяється?

4. Виведіть трубку з посудини в пробірку з вапняною водою. Запишіть спостереження. Чи справдились ваші прогнози щодо газуватого продукту реакції?

5. Зробіть загальний висновок. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу.



## Робота в групах

Практичне значення бродіння

1. Оберіть процес для дослідження та об'єднайтеся в чотири групи:

Група 1. Консервація овочів (квашення, соління)

Група 2. Силосування кормів для тварин

Група 3. Випікання хліба

Група 4. Виготовлення інших кулінарних виробів (квасу, йогурту, сиру тощо)

2. Використовуючи додаткові джерела інформації, теоретично дослідіть значення бродіння у вашому процесі. Як саме відбувається процес бродіння? Які організми беруть участь? Яка користь від цього процесу? Які продукти утворюються?

3. Підготуйте коротке повідомлення (слайд-шоу, відеоролик, постер).

4. Обговоріть з однокласниками/однокласницями доцільність використання процесів бродіння в різних галузях промисловості.

5. Зробіть загальний висновок. Що спільного і які відмінності різних видів бродіння. Наведіть приклади використання процесів бродіння у вашій родині? Чи можна вважати бродіння способом збереження здоров'я й довкілля?

А чи знаєте ви, що бродіння — це біотехнологічний процес, оскільки відбувається за участю живих організмів (наприклад, дріжджів). Має практичне значення: продукти бродіння використовують у харчуванні, медицині, аграрній галузі. Цим процесом можна керувати, регулювати умови (температура, доступ повітря, тип цукру).



## Робота в групах

Використовуючи додаткові джерела інформації, заповніть таблицю.

### Сфери застосування бродіння як біотехнології

| Галузь                | Приклад |
|-----------------------|---------|
| Харчова промисловість |         |
| Медицина              |         |
| Сільське господарство |         |
| Енергетика            |         |
| Екологія              |         |

Обговоріть з однокласниками/однокласницями, чи може процес бродіння стати альтернативою хімічним способам одержання речовин у майбутньому?

### Селена пише з Німеччини

Вітання з Берліну! Сьогодні я відвідала біотехнологічну лабораторію, де досліджують процеси бродіння. Науковці пояснили, що за допомогою мікроорганізмів можна не лише виготовляти хліб чи квас, а й отримувати біопаливо з цукрів. Такі технології допомагають скорочувати використання нафти й зменшують кількість відходів.

Мене вразило, як звичайний процес — бродіння — може працювати на користь довкіллю. Мабуть, саме в цьому і полягає справжня сила науки: перетворювати природні явища на корисні для людини рішення.



## Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

- Закінчіть речення:
  - Вуглеводи — це ...
  - Найважливішими вуглеводами є ...
  - Глюкозу використовують ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Які основні класи вуглеводів ви знаєте?
  - Яка хімічна формула глюкози?
  - Як відбувається процес бродіння глюкози і які речовини є продуктами?
  - Як виявити глюкозу в розчині?
- Поясніть походження назви «вуглеводи».
- Опишіть основні фізичні властивості глюкози.
- Поясніть, як процес бродіння може допомогти зменшити кількість харчових відходів й органічних залишків у природі. Наведіть приклади. За потреби використовуйте додаткові джерела інформації.

6. Яку роль відіграють вуглеводи в організмі людини? Чому важливо контролювати споживання моносахаридів у раціоні?
7. Чому знання про вуглеводи й процеси їх перетворення потрібні лікарям, кухарям і фермерам? Використовуючи додаткові джерела, відшукайте інформацію про значення силосування для збереження кормів і захисту довкілля.
8. Обчисліть масові частки (%) елементів у глюкозі.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/OtOefrQZ> або за QR-кодом та виконайте завдання 9-19.



#### Навчальний проєкт. Таємниці бродіння.

Дізнайтеся в дорослих, як у вашій родині використовують процес бродіння глюкози (під час квашення овочів, випікання домашнього хліба, приготування квасу чи інших продуктів).

Запишіть один сімейний рецепт, у якому відбувається процес бродіння. Проаналізуйте, які хімічні перетворення відбуваються під час приготування обраного продукту (зверніть увагу, як запах, колір і консистенція продукту змінюються внаслідок бродіння). Поясніть, яку роль у цьому процесі відіграють мікроорганізми. Презентуйте результати свого дослідження в класі.



#### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за поданим покликанням <https://cutt.ly/XtKwwOob> і виконайте вправу.
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) Вуглеводи — сполуки із загальною формулою  $C_n(H_2O)_m$ .
  - 2) Глюкоза утворюється в зелених рослинах і деяких бактеріях унаслідок бродіння.



Тепер я розумію, що вуглеводи — це не просто солодке. Вони дають нам енергію для життя, допомагають рослинам і навіть можуть бути сировиною для виробництва різних речовин. Головне — не зловживати солодощами й обирати корисні джерела енергії.

Сьогодні ми запам'ятали такі терміни:

**вуглеводи — carbohydrates;**

**глюкоза — glucose.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §25. ВУГЛЕВОДИ: ДИСАХАРИДИ, ПОЛІСАХАРИДИ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- про хімічний склад сахарози, крохмалю, целюлози;
- про властивості ди- і полісахаридів;
- про поширення сахарози в природі та про виробництво цукру;
- про утворення та поширення в природі крохмалю та целюлози.



Учора допомагав мамі пекти торт і подумав: чому цукор у рідких компонентах розчиняється, а борошно — ні? Адже обидва містять вуглеводи: дисахарид — сахарозу і полісахарид — крохмаль.

А мене інше цікавить... Із цукру роблять карамель, а з борошна — клейстер. Обидва продукти змінюються під час температурної обробки, але зовсім по-різному. Чи впливають на таку поведінку продуктів властивості вуглеводів, які вони містять? Спробуймо розібратись, у чому різниця між різними видами вуглеводів — дисахаридами та полісахаридами.



Як хімічна будова вуглеводів впливає на їхні властивості та використання в харчових продуктах?



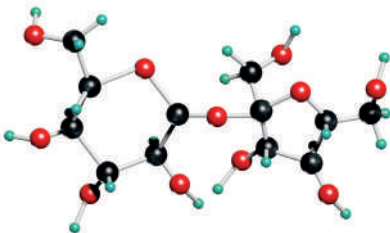
### Опрацьовуємо інформацію



#### Дисахариди. Сахароза



Що таке вуглеводи? Як їх класифікують?



**Мал. 25.1.** Кулестержнева модель молекули сахарози

Дисахариди — вуглеводи, молекули яких складаються із залишків двох молекул моносахаридів.

Найвідоміший серед них — сахароза, або звичайний цукор (харчовий продукт).

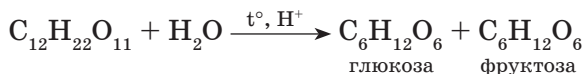
Молекулярна формула сахарози —  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Молекула сахарози складається із залишків молекул глюкози та фруктози (мал. 25.1).

Сахароза — біла кристалічна речовина, солодка на смак, без запаху (запах з'являється через домішки), добре розчинна у воді. Під час нагрівання до температури понад  $160^{\circ}\text{C}$  кристали сахарози плавляться, а потім частково розкладаються — відбувається карамелізація: утворю-

ються сполуки, які надають масі характерного бурштинового кольору, приємного запаху й смаку. Сахарозу містять цукровий буряк (16–27%), цукрова тростина (до 25%), а також плоди, стебла й листя багатьох інших рослин. Багато сахарози є у весняних соках берези й клена.

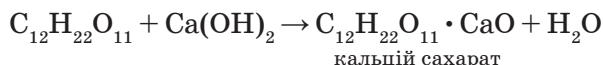
## **Хімічні властивості сахарози**

### 1. Гідроліз



### 2. Взаємодія з гідроксидами металічних елементів:

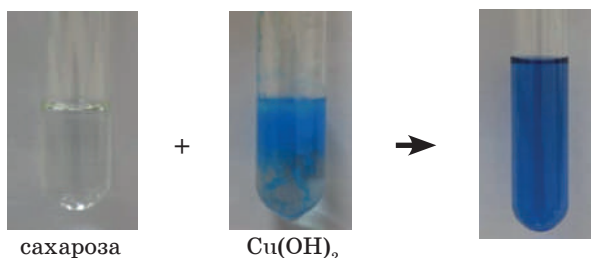
а) утворення кальцій сахарату (безбарвного розчину)



Цю реакцію використовують у процесі виробництва цукру з цукрового буряка.

б) зі свіжоосадженим купрум(2+) гідроксидом:

спостерігається розчинення осаду й утворення прозорого розчину яскраво-синього кольору, що свідчить про те, що сахароза — *багатоатомний спирт*.



**Мал. 25.2.** Реакція глюкози з купрум(2+) гідроксидом

## **Робота в парі**

Порівняйте властивості глюкози й сахарози. Заповніть таблицю.

| Характеристика                                    | Глюкоза | Сахароза |
|---------------------------------------------------|---------|----------|
| Формула                                           |         |          |
| <i>Фізичні властивості</i>                        |         |          |
| Колір                                             |         |          |
| Смак                                              |         |          |
| Розчинність у воді                                |         |          |
| <i>Хімічні властивості</i>                        |         |          |
| Взаємодія з $\text{Cu}(\text{OH})_2$              |         |          |
| Взаємодія з $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (нагрівання) |         |          |
| Гідроліз                                          |         |          |

## А чи знаєте ви...

Звичайний цукор, який ми додаємо до чаю, насправді добувають із коренеплодів цукрового буряка.

Після збору врожаю буряки миють, подрібнюють і гарячою водою вимивають із клітин сахарозу. Так утворюється солодкий розчин — дифузійний сік, а залишки буряка (жом) використовують як корм для тварин. Сік очищують, використовуючи вапняне молоко та вуглекислий газ, потім випаровують воду. Із концентрованого сиропу кристалізується цукор, який відокремлюють і висушують. Так отримують знайомі білі кристали.



## Робота в групах

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або покликанням <https://cutt.ly/gtKw6cGT> і перегляньте уважно анімаційний фільм про виробництво цукру з цукрового буряка.



2. Запишіть послідовно основні етапи виробництва цукру.
3. Після перегляду обговоріть, які фізичні та хімічні процеси відбуваються на кожному етапі.
4. Створіть власну інфографіку або схему виробництва цукру з інших продуктів (наприклад, цукрової тростини).

У буряках та інших рослинах накопичується саме сахароза, а не глюкоза чи фруктоза, тому що цей вуглевод є стабільнішим для зберігання в клітинах. Під час росту рослина утворює глюкозу в процесі фотосинтезу, але швидко перетворює її на сахарозу.



## Застосування сахарози

### Робота в групах

Дослідіть застосування сахарози в різних галузях: хімічній, харчовій промисловості, медицині та сільському господарстві.

1. Об'єднайтеся в 4 групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах. Кожна група отримує роль:

- *хіміки* досліджують властивості сахарози в хімічній лабораторії;
- *кухарі* — використання сахарози для приготуванні їжі;
- *медики* — вплив сахарози на організм;
- *фермери* — використання сахарози як добрива та корму для тварин.

2. Використовуючи додаткові джерела, відшукайте потрібну інформацію й зробіть мініпрезентацію.

3. Обговоріть з однокласниками/однокласницями, які спільні застосування сахарози виявилися для всіх галузей? Де застосування сахарози приносить найбільшу користь, а де — ризики? Як використання сахарози впливає на навколишнє середовище та місцеві громади? Які альтернативи існують для кожної галузі (наприклад, замінники цукру, синтетична сировина)?

Інколи цукор називають «*солодкою смертю*». Це перебільшення, але надмірне споживання солодошів справді може зашкодити здоров'ю. Коли рівень глюкози в крові зростає, підшлункова залоза виробляє гормон *інсулін*, який допомагає клітинам її засвоювати і перетворювати на енергію. Якщо ж цукру надходить занадто багато, а інсуліну виробляється недостатньо, клітини не можуть використати глюкозу — вона накопичується в крові, що може спричинити *цукровий діабет*.



Що ви знаєте про причини виникнення цукрового діабету з уроків біології? Як, на вашу думку, можна зменшити ризик надлишку глюкози в організмі?



## Полісахариди



Що таке полімери? Як їх одержують? Наведіть приклади полімерів.

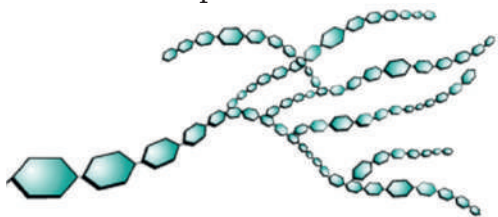
**Полісахариди** — речовини, утворені з великої кількості залишків молекул глюкози, сполучених між собою в довгі ланцюги.

Загальна формула полісахаридів —  $(C_6H_{10}O_5)_n$ .

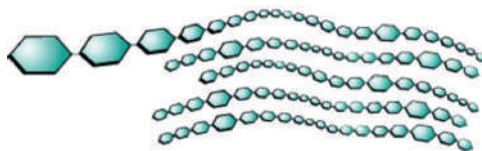
А ми вже знаємо, що полісахаридами є крохмаль і целюлоза. Їхні молекули довгі, як намисто з тисяч бісеринок-залишків глюкози. Я спробувала змодельювати ланцюги цих полімерів. Незважаючи на однакову загальну формулу, виявилось, що будова крохмалю й целюлози суттєво відрізняється. Мабуть, і властивості цих речовин різні.



Крохмаль



Целюлоза

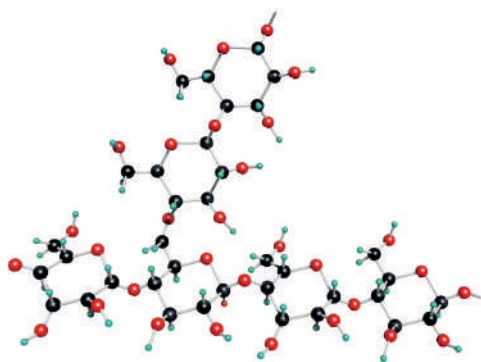


## Фізичні властивості полісахаридів

*Крохмаль і целюлоза — це природні полімери.*

**Крохмаль** — полісахарид, молекули якого мають лінійну або розгалужену будову (мал. 25.3).

Крохмаль — біла, сипка, хрустка на дотик, без запаху й смаку речовина, нерозчинна в холодній воді. У гарячій воді утворює колоїдний розчин, після охолодження якого утворюється стійкий гель — крохмальний клейстер.



**Мал. 25.3.** Модель фрагменту молекули крохмалю

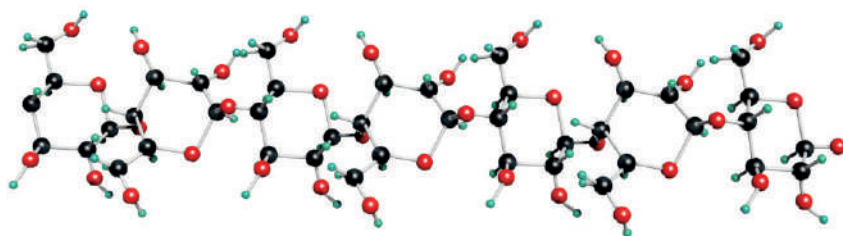
Крохмаль є запасною поживною речовиною рослин. Він відкладається в бульбах, насінні, зернах. Крохмаль містять зерна пшениці, рису, кукурудзи, бульби картоплі, плоди банана тощо.

У промисловості крохмаль використовують для виготовлення патоки, глюкози, паперу, клеїв, біорозкладних плівок, а також у харчовій і текстильній промисловості.

Целюлоза, або клітковина, є основною складовою частиною рослинних клітин, звідси і походить її

назва (лат. cellula — клітина).

Молекули целюлози мають лише лінійну, нерозгалужену будову, а тому целюлоза легко утворює волокна (мал. 25.4).



**Мал. 25.4.** Модель фрагменту молекули целюлози

Целюлоза — біла волокниста речовина, нерозчинна у воді та більшості органічних розчинників. Вона утворює клітинні стінки рослин, надаючи їм міцності. Особливо багато целюлози містять деревина, льон, бавовна.



## Хімічні властивості полісахаридів

| Крохмаль                                                                                                                                                                                              | Целюлоза                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Гідроліз</b><br>$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span>крохмаль</span> <span>глюкоза</span> </div> | <b>1. Гідроліз</b><br>$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{t^\circ, H_2SO_4} nC_6H_{12}O_6$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span>целюлоза</span> <span>глюкоза</span> </div> <p>Може відбуватися під дією ферментів або під час нагрівання з водними розчинами кислот.</p> |
| <b>2. Якісна реакція. Взаємодія з йодом (йодокрохмальна реакція)</b> — утворюється сполука темно-синього кольору.                                                                                     | <b>2. Горіння</b><br>$(C_6H_{10}O_5)_n + 6nO_2 \rightarrow 6nCO_2 + 5nH_2O$ <p>Реакція відбувається з виділенням великої кількості теплоти.</p>                                                                                                                                                                        |

## ПРОМИСЛОВІСТЬ

- Крохмаль використовують у харчовій промисловості для виробництва патоки, глюкози, карамелі; у текстильній — для апретування тканин; у паперовій — як наповнювач і клей; у хімічній — для виготовлення біопластиків.
- Целюлоза є сировиною для виробництва паперу, картону, штучних волокон (віскози, ацетату), плівок, вибухових речовин (нітроцелюлоза).

### Полісахариди

- Крохмаль застосовують у виробництві косметики, лікарських препаратів (таблетки, капсули), дитячого харчування.
- Целюлозу використовують у медицині як допоміжну речовину в ліках і перев'язувальних матеріалах (вата, бинти, марля); компонент дієтичних добавок.

## БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ

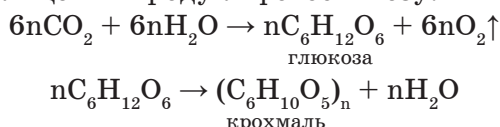
- Крохмаль є основним запасним полісахаридом рослин; у процесі гідролізу перетворюється на глюкозу — джерело енергії.
- Целюлоза формує клітинні стінки рослин, забезпечує їхню міцність; не перетравлюється людиною, але стимулює роботу травного тракту.

- Крохмаль — біорозкладна сировина для виготовлення пакувальних матеріалів, біоплівок, екопосуду.
- Целюлоза — основний компонент природної сировини (деревини); використання целюлози в екоматеріалах допомагає зменшити кількість пластику.

## ПОБУТОВІ ТА МЕДИЧНІ ЦІЛІ

## ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

Крохмаль — це кінцевий продукт фотосинтезу:



## Робота в парі

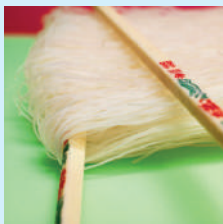
Заповніть порівняльну таблицю складу, будови та властивостей крохмалю й целюлози.

### Крохмаль vs Целюлоза

| Характеристика             | Крохмаль | Целюлоза |
|----------------------------|----------|----------|
| Формула                    |          |          |
| Будова молекули            |          |          |
| <i>Фізичні властивості</i> |          |          |
| Зовнішній вигляд           |          |          |
| Розчинність у воді         |          |          |
| <i>Хімічні властивості</i> |          |          |
|                            |          |          |
|                            |          |          |

## Селена пише з Китаю

Сьогодні я відвідала старовинний район у місті Сіань, де й досі зберігають давні кулінарні традиції. Місцевий кухар показав мені, як готують прозору локшину з рисового крохмалю. Страва виглядає як витвір мистецтва!



Я дізналася, що крохмаль у Китаї використовують уже понад дві тисячі років: спочатку для приготування соусів і супів, а згодом і для виготовлення паперу та тканин. Цікаво, що одна й та сама речовина може бути і частиною обіду, і сировиною для мистецтва чи науки.

Хімія, як завжди, поєднує найнеочікуваніше!



## Робота в парі

Дослідіть, у яких українських стравах використовують крохмаль.

1. Опитайте членів своєї родини або знайомих кухарів, де вони застосовують крохмаль (наприклад, у киселях, підливах, кремах чи випічці).
2. З'ясуйте, яку функцію виконує крохмаль у цих стравах (загущує, надає блиску, поліпшує текстуру тощо).
3. Порівняйте свої результати з кулінарними традиціями інших країн (Китай, Франція, Японія).
4. Зробіть коротку мініпрезентацію або плакат «Крохмаль у світовій кухні — від борщу до локшини!».



## Досліджуємо



## Робота в групах

### Дослідження властивостей крохмалю

Для роботи нам потрібно: крохмаль (кукурудзяний або картопляний), гаряча вода (80-90°C), склянка або пробірка, ложка або паличка для перемішування, розчин йоду, піпетка.

#### I. Розчинність крохмалю у воді.

1. Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.
2. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.
3. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту для дослідження розчинності крохмалю у воді. Спрогнозуйте його результати. Виконайте експеримент і зробіть висновки. Чи розчиняється крохмаль у холодній воді?
4. Перевірте, чи розчиняється крохмаль у гарячій воді. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Зробіть обґрунтовані висновки.

#### II. Взаємодія крохмалю з йодом

1. Дослідіть дію йоду на крохмаль. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте його результати. Виконайте експеримент та запишіть спостереження.



2. Нагрійте суміш. Що спостерігаєте? Поясніть явища, які відбуваються. За потреби використайте додаткові джерела інформації.
3. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Зробіть обґрунтовані висновки.

### **Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті**

1. Закінчіть речення:
  - Крохмаль і целюлоза утворюються в природі ...
  - Реактив для виявлення крохмалю — це ...
  - Сахарозу використовують ...
2. Дайте відповіді на запитання:
  - Що таке дисахариди?
  - Залишки яких моносахаридів входять до складу сахарози?
  - У чому полягає різниця між крохмалем і целюлозою за будовою та функціями?
  - Яке біологічне значення мають полісахариди?
  - Як у побуті застосовують крохмаль?
3. Опишіть фізичні властивості сахарози.
4. Опишіть фізичні властивості крохмалю та целюлози.
4. Опишіть процес утворення клейстеру з крохмалю.
5. Назвіть приклади застосування вуглеводів у промисловості.
6. Обчисліть масові частки (%) елементів у сахарозі.
7. Обчисліть число молекул, які містяться в сахарозі кількістю речовини 1,5 моль.
8. Обчисліть, яка кількість речовини (кмоль) сахарози міститься в цьому вуглеводі масою 17,1 кг.
9. Обчисліть масу (г) сахарози, яку містить порція вуглеводу кількістю речовини 0,5 моль.
- 10\*. Обчисліть масу (кг) крохмалю, що утворився в результаті фотосинтезу, якщо рослини виділили кисень об'ємом 20,16 м<sup>3</sup>.
- 11\*. Визначте кількість молекул глюкози, які утворюються під час гідролізу крохмалю масою 810 кг.
12. Під час гідролізу сахарози утворюються глюкоза та фруктоза в рівних кількостях. Обчисліть масу (г) кожного моносахариду, якщо прореагувала сахароза кількістю речовини 10 моль.
13. Поясніть, чому переробка паперу та використання крафтового паперу допомагає зберігати ліси. За потреби використайте додаткові джерела інформації.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/otOemoXh> або за QR-кодом та виконайте завдання 14-16.



## Робота в групах

Виготовлення крафтового паперу.

Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/ntwWxIDy>, ознайомтеся з методикою виконання експерименту й виготовте папір. Презентуйте папір у класі та обговоріть усі етапи його виготовлення з однокласниками/однокласницями.



## Робота в групах

Об'єднайтеся в групи та зіграйте гру «Хто я?». Спробуйте відгадати, назву якого вуглеводу прикріпили ваші однокласники/однокласниці на вашій спині. Для цього поставте своїм однокласникам / однокласницям запитання про ваш вуглевод, на які можна відповісти лише «так» чи «ні».

### Перевірте себе

- Оберіть правильну відповідь:
  - Укажіть хімічні формули продуктів реакції повного окиснення целюлози  
а)  $C_6H_{12}O_6$ ,  $O_2$     б)  $CO_2$ ,  $H_2O$     в)  $C_2H_5OH$ ,  $CO_2$     г)  $C_6H_{12}O_6$ ,  $H_2$
  - Природна сировина для одержання сахарози  
а) виноград    б) картопля    в) деревина    г) буряки
  - Укажіть реактив для виявлення крохмалю  
а) хлоридна кислота    б) спиртовий розчин йоду  
в) купрум(2+) гідроксид    г) водний розчин натрій гідроксиду
  - Макромолекули крохмалю й целюлози складаються із залишків  
а) сахарози    б) фруктози    в) глюкози    г) лактози
  - Укажіть вуглевод, який належить до дисахаридів  
а) глюкоза    б) сахароза    в) крохмаль    г) целюлоза
- Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - Вуглеводи є одним з основних джерел енергії для організму.
  - Крохмаль і целюлоза — вуглеводи, які є природними полімерами.
  - Крохмаль і целюлоза мають різну хімічну формулу.
  - Целюлоза утворює з водою колоїдний розчин.



Тепер я зрозумів, що вуглеводи — не просто «цукор і крохмаль». Вони дають енергію, будують клітини, допомагають природі очищатися й навіть стають основою для екотехнологій. А головне — ми щодня користуємося цими речовинами, навіть не замислюючись над цим!

Сьогодні ми запам'ятали такі терміни:

**сахароза — saccharose;**

**крохмаль — starch;**

**целюлоза — cellulose.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §26. АМІНОКИСЛОТИ ТА БІЛКИ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- який склад і будову мають амінокислоти та білки;
- які властивості мають білки та де їх застосовують;
- яка біологічна роль амінокислот і білків;
- як можна виявити білки в харчових продуктах.



Після тренування я завжди їм омлет або смузі з йогуртом. Кажуть, що ці продукти допомагають відновитися, бо містять білки — будівельний матеріал для м'язів. Без них тіло не може відновлювати тканини після навантажень. Але чи всі білки однакові? Чи можна просто їсти будь-що і це буде корисно?

Не зовсім. Організм потребує різні амінокислоти: частину може синтезувати сам, а решту отримує лише з їжею. Щоб бути здоровим, треба знати, які продукти містять білки та з чого вони утворюються. З'ясуймо!



Як будова білків й амінокислот пов'язана з їхньою роллю в організмі людини?



### Опрацьовуємо інформацію



#### Амінокислоти



#### Робота в групах

1. Розгадайте ребуси. Пригадайте, з атомів яких елементів утворені молекули цих сполук. До яких класів належать ці сполуки?



2. Поясніть, що таке функціональні групи? Чи містять функціональні групи наведені речовини? Якщо так, то які? Чи впливають вони на властивості органічних речовин?



Атоми яких елементів, окрім Карбону, можуть містити молекули органічних речовин?

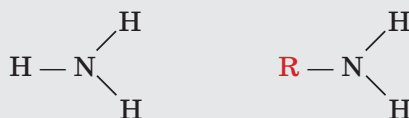


Органічні сполуки, молекули яких містять атоми Нітрогену, називають *нітрогеновмісними*.

Зазвичай атоми Нітрогену в молекулах містяться у складі певної групи атомів і утворюють зв'язки з атомами Карбону (N – C) та з атомами Гідрогену (N – H). Нітрогеновмісні органічні сполуки поділяють на класи, які розрізняють за наявністю функціональних груп.

### **Робота в парі**

Складіть структурну формулу амоніаку. Скільки зв'язків утворює атом Нітрогену з атомами Гідрогену? Замініть у формулі один атом Гідрогену на вуглеводневий замісник (наприклад, метил  $\text{CH}_3$ –). Яку нітрогеновмісну групу містить отримана сполука?



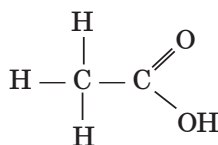
Групу  $-\text{NH}_2$  називають аміногрупою, вона є функціональною, тобто визначає хімічні властивості сполук.

Прикладами нітрогеновмісних сполук з аміногрупою є аміни та амінокислоти.

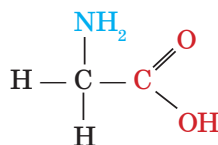


Яку функціональну групу містять карбонові кислоти?

*Амінокислоти* — похідні карбонових кислот, у молекулах яких атоми Гідрогену вуглеводневих залишків заміщені на аміногрупи ( $-\text{NH}_2$ ).

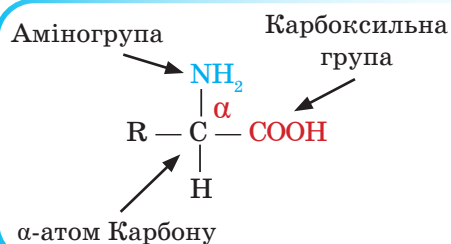


Етанова кислота

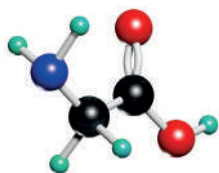


Аміноетанова кислота

Якщо аміногрупа сполучена з найближчим до карбоксильної групи атомом Карбону, то сполука належить до  $\alpha$ -амінокислот. Іншими словами, в  $\alpha$ -амінокислотах аміногрупа й карбоксильна група приєднані до одного атома Карбону ( $\alpha$ -атом).



Як бачите, амінокислоти мають спільні елементи в будові — дві функціональні групи:  $-\text{NH}_2$  (аміногрупу),  $-\text{COOH}$  (карбоксильну групу) і третій компонент — залишок R, який у різних амінокислотах різний.



**Мал. 26.1.**  
Модель  
молекули  
гліцину

Саме групи  $-\text{NH}_2$  і  $-\text{COOH}$  і визначають назву «амінокислота» і властивості цих речовин.

Найпростіша амінокислота — аміноетанова або гліцин (мал. 26.1).



### Робота в парі



1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/UtKwDcJg>
2. Використовуючи платформу MolView, змодельуйте молекулу амінокислоти й дослідіть її просторову будову.
3. Порівняйте свою амінокислоту з варіантами однокласників/однокласниць: чи однакові у вас вуглеводневі залишки R? Спробуйте видалити аміногрупу у вашій моделі. Розгляньте модель молекули, яку ви отримали. Назвіть речовину.



### Функції амінокислот

Амінокислоти виконують у живих організмах кілька важливих функцій, забезпечуючи нормальну роботу всього організму:

- **Будівельна:** з амінокислот утворюються білки м'язів, ферменти, гормони, антитіла.
- **Енергетична:** під час розщеплення амінокислот виділяється енергія, особливо коли організм має нестачу вуглеводів чи жирів.
- **Регуляторна:** деякі амінокислоти беруть участь у передачі нервових імпульсів і регулюють роботу мозку.
- **Захисна:** входять до складу речовин, що зміцнюють імунну систему.



### А чи знаєте ви...

Амінокислоти поділяють на замінні та незамінні. Замінні організм може синтезувати сам, а незамінні потрібно отримувати з їжею — з м'яса, риби, яєць, молочних чи бобових продуктів.

Якщо хоча б однієї з них бракує, порушується утворення білків, що впливає на ріст, імунітет і самопочуття.



### Робота в парі

Пригадайте з уроків біології, які харчові продукти містять незамінні амінокислоти. За потреби використайте додаткові джерела інформації. Перегляньте разом свій щоденний раціон і відшукайте в ньому ці продукти.

Обговоріть з однокласником/однокласницею:

- Які продукти трапляються у вас найчастіше?
- Як можна замінити тваринні джерела амінокислот рослинними, не порушуючи баланс харчування?



### Фізичні та хімічні властивості аміноетанової кислоти



Що таке амфотерність? Які гідроксиди є амфотерними і які в них властивості?

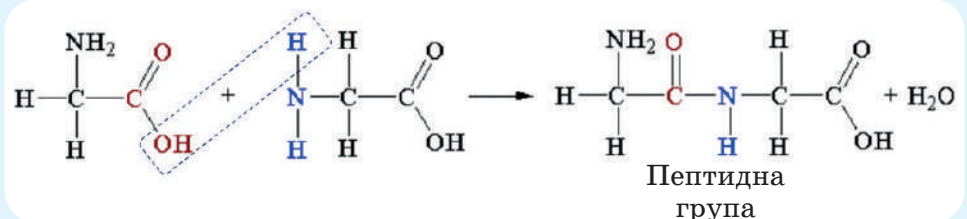


### Робота в парі

Запишіть рівняння реакцій цинк гідроксиду з хлоридною кислотою та натрій гідроксидом.

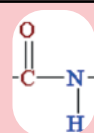
Аміноетанова кислота — за звичайних умов кристалічна речовина, без запаху. Має слабкий солодкуватий смак. Добре розчинна у воді та малорозчинна в етанолі. Має вищу температуру плавлення, порівняно з етановою кислотою.

Амінокислоти є амфотерними сполуками. Наявність аміногрупи ( $-\text{NH}_2$ ) зумовлює властивості основи, а карбоксильної групи ( $-\text{COOH}$ ) — кислоти.

| I. Реакції аміногрупи<br>(основні властивості)                                                                                                        | II. Реакції карбоксильної групи<br>(кислотні властивості)                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Взаємодія з кислотами:</b><br>$\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{HCl} \rightarrow [\text{NH}_3^+\text{-CH}_2\text{-COOH}]\text{Cl}^-$ | <b>1. Взаємодія з основами:</b><br>$\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COONa} + \text{H}_2\text{O}$ |
| <b>2. Взаємодія амінокислот між собою — утворення пептидів</b>                                                                                        |                                                                                                                                                              |
|                                                                     |                                                                                                                                                              |



**Пептидна група** — це чотириатомна функціональна група, утворена внаслідок взаємодії карбоксильної групи ( $-\text{COOH}$ ) однієї амінокислоти та аміногрупи ( $-\text{NH}_2$ ) іншої амінокислоти.

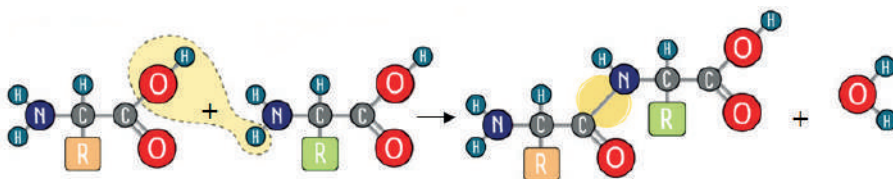


## Білки: будова та функції

**Білки** — це високомолекулярні органічні сполуки, макромолекули яких містять один або декілька довгих поліпептидних ланцюгів.

Поліпептидні ланцюги утворюються із залишків  $\alpha$ -амінокислот, з'єднаних між собою пептидними зв'язками. Під час взаємодії двох амінокислот утворюється дипептид, трьох — трипептид. Якщо таких амінокислот багато, формується поліпептидний ланцюг, який може містити сотні й навіть тисячі амінокислотних залишків. Саме з таких поліпептидів побудовані молекули білків.

Схематично це виглядає так:



Білок — це не просто ланцюг. Він складається, закручується, згинається й згортається, утворюючи складну просторову структуру. Науковці виділяють 4 рівні структури білка.

### 1. Первинна структура

Це послідовність амінокислот у поліпептидному ланцюгу. Вона нагадує нитку, на яку нанизані намистинки різних кольорів — залишки амінокислот. Навіть заміна однієї амінокислоти може змінити властивості білка або зробити його біологічно неактивним.



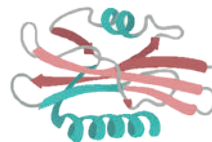
### 2. Вторинна структура

Поліпептидний ланцюг може закручуватися в **спіраль** ( $\alpha$ -спіраль) або складатися в пластинчасту форму ( $\beta$ -шар). Таке впорядкування стабілізується водневими зв'язками між атомами всередині ланцюга. Наприклад, кератин у волоссі й вовні має переважно спіральну структуру, що забезпечує їхню пружність і міцність.



### 3. Третинна структура

Це просторова форма білкової молекули, що виникає внаслідок згортання спіралей і шарів у компактну глобулу. Саме така форма визначає біологічну активність білка. Наприклад, ферменти мають характерну третинну структуру, від якої залежить їхня здатність каталізувати реакції.



### 4. Четвертинна структура

Декілька поліпептидних ланцюгів можуть об'єднуватися в один складний комплекс. Так, гемоглобін складається з чотирьох субодиниць, кожна з яких містить йон Феруму(2+), що забезпечує перенесення кисню кров'ю.



## Робота в парі

**Вивчаємо структури білка.**

Для роботи нам потрібно: кольорові нитки та підручні матеріали: макарони, скріпки, дріт, фольга, пластилін.

1. Об'єднайтеся в 4 групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.
2. Оберіть один рівень структури білка. Створіть об'ємну модель цієї структури з підручних матеріалів.
3. Приготуйте коротку презентацію (1–2 хв.), у якій поясніть, як ваша модель демонструє відповідну структуру білка.
4. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

Білки виконують у нашому організмі багато різних **функцій**:

1. **Будівельна.** Білки є основним матеріалом для побудови клітин, тканин й органів (м'язи, шкіра, волосся, нігті).
2. **Ферментативна.** Більшість ферментів — це білки, що прискорюють хімічні реакції в організмі (травлення, обмін речовин).
3. **Транспортна.** Деякі білки переносять речовини, наприклад, гемоглобін переносить кисень.
4. **Регуляторна.** Білкові гормони (наприклад, інсулін) регулюють

життєві процеси.

5. **Захисна (імунна).** Антитіла — це білки, які нейтралізують бактерії, віруси та токсини.

6. **Енергетична.** У разі нестачі вуглеводів і жирів білки можуть бути джерелом енергії.

7. **Запасна.** У деяких організмів білки можуть відкладатися про запас і використовуватись у разі потреби.



### А чи знаєте ви...



Німецький хімік Герман Еміль Фішер першим пояснив, як амінокислоти з'єднуються між собою, утворюючи пептиди й білки, і першим отримав дипептид. Його дослідження заклали основи сучасної біохімії. Лауреат Нобелівської премії з хімії (1902 р.).

Український науковець Іван Горбачевський одним із перших довів, що амінокислоти є складовими білків, і здійснив синтез органічних речовин із неорганічних сполук. Академік Всеукраїнської академії наук (1925 р.), дійсний член Наукового товариства імені Шевченка, кандидат на Нобелівську премію з фізіології та медицини (1911 р.) та один із фундаторів української хімічної термінології. Його праці стали підґрунтям розвитку української біохімії та медичної освіти.



Герман



Іван

Еміль Фішер Горбачевський



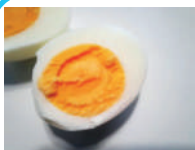
### Білки

Білки — це тверді або драглисті речовини без запаху, більшість із них не розчинні у воді. Деякі білки, наприклад альбумін, можуть утворювати колоїдні розчини. Білки чутливі до нагрівання, дії кислот, лугів і солей важких металічних елементів: за таких умов вони згортаються або випадають в осад. Забарвлення білків залежить від їхнього складу: більшість безбарвні або білі, а гемоглобін, наприклад, має червоний колір через наявність йонів Феруму( $2+$ ).

Білки виконують свої функції лише тоді, коли мають правильну просторову структуру. Якщо в результаті нагрівання, зміни рН або інших чинників ця структура руйнується, білок втрачає свою активність. Таке порушення будови називають **денатурацією** (від лат. de natura — «втрата природних властивостей»).



**Денатурація** — це руйнування білків до первинної структури під дією зовнішніх чинників.



Денатурацію легко побачити, коли варимо яйце. Під дією температури білок у ньому згортається, змінює колір і стає твердим. Так само нагрівання або кислоти можуть змінювати структуру білків у живих організмах.



## Якісні реакції для виявлення білків

**а) біуретова реакція:**  
під час додання луку й купрум(2+) сульфату білок забарвлюється в фіолетовий колір.



**б) ксантопротеїнова реакція:** під час взаємодії з нітратною кислотою утворюється жовтий осад.



## Значення білків

Добова норма споживання білків для здорової дорослої людини – 0,8–1 г на кілограм маси тіла. Для дітей, підлітків, вагітних і спортсменів потреба може бути більшою (до 1,5-2 г/кг). Надмірне споживання білків несе ризики для здоров'я, тому важливо дотримуватися балансу.

Таблиця 26.1

### Основні білкові продукти харчування

| Категорія        | Приклади продуктів                                        | Особливості                                                                               |
|------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тваринні білки   | М'ясо (яловичина, курка), риба, яйця, молоко, сир, йогурт | Повноцінні білки — містять усі незамінні амінокислоти.                                    |
| Рослинні білки   | Бобові (горох, квасоля, сочевиця), соя, горіхи, насіння   | Часто неповноцінні, але в комбінації з іншими продуктами доповнюють амінокислотний склад. |
| Молочні продукти | Молоко, сир, кефір, йогурти                               | Легко засвоювані, багаті Кальцієм і вітамінами.                                           |
| Морепродукти     | Креветки, мідії, кальмари                                 | Низькокалорійні, багаті білками й мінералами.                                             |

Білки використовують у багатьох сферах нашого життя.

### БІОТЕХНОЛОГІЇ Й ВИРОБНИЦТВО

Ферменти-білки використовують у виготовленні сиру, хліба, соків, біопалива, пральних засобів. Сучасні біотехнології дають змогу отримувати ферменти шляхом культивування спеціально відібраних мікроорганізмів.

### ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

Білки — важливий компонент харчових продуктів (м'ясо, молоко, яйця, соєві продукти). Їх використовують для збагачення їжі, виготовлення білкових добавок і спортивного харчування.

### Білки

Білки входять до складу лікарських препаратів (інсулін, ферментні засоби, антитіла, вакцини). Їх застосовують у терапії діабету, хвороб крові, імунних порушень.

Колаген, кератин, еластин застосовують у засобах догляду за шкірою та волоссям, а також у матеріалах медичного призначення (біоплівки, біошви).

### МЕДИЦИНА Й ФАРМАЦІЯ

### КОСМЕТИКА Й ПОБУТ

## **Робота в групах**

### **Роль білків у різних професіях.**

1. Об'єднайтеся в групи та оберіть професію: лікар, кухар, фармацевт, косметолог або біотехнолог.
2. З'ясуйте, як білки використовують або досліджують у цій професійній діяльності.
3. Підготуйте коротку мініпрезентацію (3-4 речення) або ілюстрацію, що характеризує роль білків у вашій сфері.
4. Обговоріть у класі, чому білки мають таке важливе значення для медицини, харчової промисловості, біології й хімії.

## **А чи знаєте ви...**

Інсулін — це білковий гормон, який виробляється підшлунковою залозою й регулює рівень глюкози в крові. Він допомагає глюкозі потрапляти до клітин, де вона використовується як джерело енергії.

Сьогодні інсулін отримують за допомогою генетично модифікованих бактерій, яким вбудовують частину ДНК людини, що відповідає за синтез інсуліну. Це безпечний і ефективний метод, що врятував мільйони життів.

Молекула інсуліну складається із залишків 51 амінокислоти, але навіть незначна зміна їхнього порядку повністю змінює властивості білка.

### **Селена пише з Нідерландів**

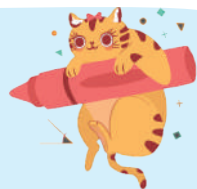
Привіт, друзі!

Сьогодні я побувала в лабораторії університету Вагенінген — одному з провідних центрів світу з дослідження харчових технологій. Тут науковці створюють білкові продукти, використовуючи рослини й навіть бактерії!



**Мал. 26.2.**

*Вагенінгенський університет*



Виявляється, білки, які зазвичай отримують із м'яса чи молока, можна синтезувати мікроорганізмами. Це допомагає зберігати природні ресурси й зменшувати шкідливі викиди. Такі білки містять усі необхідні амінокислоти й стають основою для нових видів їжі — від йогуртів до м'яса без м'яса.

Хімія справді працює на майбутнє, поєднуючи науку й турботу про здоров'я людини!

## **Досліджуємо**

### **Робота в групах**

#### **Досліджуємо властивості білків**

Для роботи нам потрібно: штатив із пробірками, хімічна склянка, яєчний білок, дистильована вода, розчини натрій гідроксиду (10%), купрум(2+) сульфату (10%), етанової кислоти (5-9%), етанолу (96%), лимонний сік; штатив із пробірками, розчини білка (молоко, м'ясний бульйон, сир, йогурт, бульйонний кубик).

1. Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.
2. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи.

### I. Розчинення білків у воді

3. Сформулюйте гіпотезу про розчинення білка у воді, складіть план експерименту та спрогнозуйте його результати.
4. Виконайте експеримент. У хімічний стакан помістіть яєчний білок. Додайте дистильовану воду об'ємом 50 мл. Уміст стакану обережно перемішайте. Що спостерігаєте?
5. Сформулюйте висновки за власними спостереженнями. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу?

### II. Денатурація білків

#### 1) Денатурація білків під час нагрівання

- У пробірку №1 налейте розчин білка об'ємом 2 мл – контрольний зразок.
- У пробірку №2 налейте розчин білка об'ємом 2 мл, що був одержаний у досліді I.
- У пробірку №3 налейте молоко об'ємом 5 мл. Уміст пробірок нагрійте. Що спостерігаєте?

#### 2) Денатурація білків під час дії різних речовин

- У пробірку №4 налейте розчин білка об'ємом 2 мл, що був одержаний у досліді I. У пробірку №5 налейте молоко об'ємом 5 мл. У дві пробірки додавайте краплями розчин натрій гідроксиду.
- У пробірку №6 налейте розчин білка об'ємом 2 мл, що був одержаний у досліді I. У пробірку №7 налейте молоко об'ємом 5 мл. У дві пробірки додавайте краплями розчин етанолу (96%).
- У пробірку №8 налейте молоко об'ємом 5 мл. Додавайте краплями розчин етанової кислоти (лимонного соку).

Що спостерігаєте? Заповніть таблицю:

| № | Чинник впливу      | Спостереження | Висновок |
|---|--------------------|---------------|----------|
| 1 | Контрольний зразок |               |          |
| 2 | Кислота            |               |          |
| 3 | Луг                |               |          |
| 4 | Спирт              |               |          |
| 5 | Нагрівання         |               |          |

Зробіть загальний висновок. Які чинники спричиняють денатурацію білків? Яке значення денатурації білків для кулінарії?

### III. Кольорові реакції білків

1. Пригадайте правила поводження з кислотами та лугами!

2. Біуретова реакція. Налийте в пробірку 5% -ий розчин білка об'ємом 1 мл. Додайте розчин натрій гідроксиду об'ємом 1 мл та 2-3 краплі розчину купрум(2+) сульфату. Суміш збовтайте. Що спостерігаєте?

#### IV. Виявлення білків у харчових продуктах

1. Сформулюйте гіпотезу, як перевірити наявність білків у харчових продуктах (молоко, м'ясний бульйон, сир, йогурт, бульйон із кубика), складіть план експерименту та спрогнозуйте його результати.
2. Виконайте експеримент. Запишіть спостереження. Заповніть таблицю:

| № пробірки | Продукт | Забарвлення | Наявність білка |
|------------|---------|-------------|-----------------|
|            |         |             |                 |

3. Поясніть результати експерименту. Сформулюйте висновки за власними спостереженнями. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу?
4. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

А чи знаєте ви, як експериментально довести білкове походження волокон? Під час спалювання таких матеріалів (нитки, тканини) відчувається запах паленого пір'я.



#### Робота в групах

Перевірте білкове походження волокон (або тканин). Спалювання здійснюйте на підставці з вогнетривкого матеріалу або тримаючи пір'їну чи зразок тканини в тримачі для пробірок або металевих щипцях.

- 1) Обережно спаліть пір'їну в полум'ї сірника та відчуйте характерний запах.
- 2) Проведіть спалювання зразків тканин чи ниток волокон різного походження (шовк, шерсть).
- 3) Зробіть обґрунтовані висновки.



#### Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

1. Закінчіть речення:
  - Амінокислоти — це ...
  - Білки — це ...
  - Амінокислоти застосовують ...
  - Денатурація білків — це
2. Дайте відповіді на запитання:
  - Які функціональні групи містять амінокислоти?
  - Як поведуться білки під час нагрівання?
  - Які функції виконують білки в живих організмах?
  - Що таке пептидна група?
3. Опишіть якісний склад білків.
4. Назвіть основні рівні просторової структури білків і їх роль.
5. Поясніть, яке значення має білкова їжа в раціоні людини? Чи можна білкову їжу замінити їжею, у якій переважають жири або вуглеводи? За потреби використайте додаткові джерела інформації.



6. Складіть рівняння реакції між аміноетановою кислотою та калій гідроксидом; гліцином та хлоридною кислотою.
7. Дипептид складається з двох залишків молекул аміноетанової кислоти. Складіть рівняння реакції утворення дипептиду з аміноетанової кислоти. Обчисліть масову частку Нітрогену в дипептиді.
8. Обчисліть число молекул, які містяться в гліцині кількістю речовини 1,5 моль.
9. Обчисліть масу (г) атомів Оксигену, що міститься в аміноетановій кислоті кількістю речовини 0,25 моль.
10. Обчисліть масові частки елементів в аміноетановій кислоті.
11. Установіть формулу нітрогеновмісної органічної сполуки, масові частки Карбону, Оксигену та Гідрогену в якій відповідно становлять 40,4%, 35,96% і 7,94%. Укажіть число атомів у молекулі цієї сполуки.
12. Аланін — амінокислота, формула якої  $\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$ . Обчисліть кількість речовини (моль) аланіну, що міститься в порції масою 445 г.
13. Обчисліть масу (г) натрій гідроксиду, який прореагує з аміноетановою кислотою кількістю речовини 4 моль.
- 14\*. Обчисліть масу (г) аміноетанової кислоти, що прореагувала з утворенням трипептиду й води кількістю речовини 6 моль.
15. Укажіть масу (г) розчину калій гідроксиду з масовою часткою лугу 10%, яку потрібно використати для нейтралізації аміноетанової кислоти масою 15 г.
16. Елементний аналіз складу білка показав, що в зразку масою 50 г міститься 13,5% Нітрогену. Обчисліть масу (г) Нітрогену в цьому зразку. Обчисліть масу (г) такого білка в раціоні, якщо потрібно спожити Нітроген масою 10 г.
17. У харчовій промисловості білки часто використовують як стабілізатори або піноутворювачі. Пригадайте й наведіть приклади таких продуктів (десерти, соуси, напої). Поясніть, чому без білків неможливо отримати їхню консистенцію або структуру. За потреби використайте додаткові джерела інформації. Зверніть увагу на продукти, у яких є пінка, кремова або тягуча текстура, наприклад, безе, мус, майонез, молочні коктейлі.
18. Наведіть 2 приклади обробки білка курячого яйця, коли змінюється його структура. Що спостерігаєте?
19. Підготуйте пам'ятку про збалансоване харчування, з рекомендаціями до вживання продуктів, які містять незамінні амінокислоти.

### **Перевірте себе**

1. Оберіть правильну відповідь:
  - 1) До складу амінокислот входять функціональні групи:
    - а) карбоксильна та аміногрупа   б) гідроксильна та карбоксильна групи
    - в) гідроксильна та аміногрупа   г) аміногрупа та нітрогрупа

- 2) Число атомів у формулі гліцину  
 а) 6 б) 4 в) 8 г) 10
- 3) Денатурація білкових молекул — це руйнування  
 а) первинної структури б) вторинної структури  
 в) третинної структури г) вторинної та третинної структури
- 4) Біуретову та ксантопротеїнову реакції використовують для виявлення  
 а) жирів б) вуглеводів в) білків г) спиртів
- 5) Продукт реакції між амінокислотами —  
 а) вуглевод б) вуглекислий газ в) спирт г) пептид
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:  
 1) Амінокислоти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять аміно- та карбоксильні групи.  
 2) Пептиди — продукти взаємодії амінокислот між собою.  
 3) Білки — низькомолекулярні органічні сполуки.  
 4) Білки — будівельний матеріал для живих організмів.



### Навчальний проєкт «Засоби для спортивного харчування».

Використовуючи додаткові джерела інформації, підготуйте проєкт «Засоби для спортивного харчування».

1) Результати аналізу складу засобів для спортивного харчування (протеїнових, злакових батончиків) презентуйте у вигляді таблиці.

| Назва | Енергетична цінність, ккал | Білки, г | Жири, г | Вуглеводи, г | Тип | Добавки | Вага, г |
|-------|----------------------------|----------|---------|--------------|-----|---------|---------|
|       |                            |          |         |              |     |         |         |

2) Складіть білкове меню для спортсмена (що вживати до та після тренування).

3) Поміркуйте, як обрані продукти впливають на здоров'я та стан довкілля. За бажанням створіть інфографіку «Білки на тарілці».

4) Презентуйте результати в класі та обговоріть з однокласниками/однокласницями.



Тепер я розумію, чому білки такі важливі. Вони не лише будують наші м'язи, а й беруть участь у роботі ферментів, гормонів і навіть у захисті організму. Без білків не може функціонувати жодна клітина. Виявляється, кожен шматочок їжі — це ціла хімічна історія про життя.

Сьогодні ми запам'ятали такі терміни:

**амінокислота — amino acid;**

**білок — protein.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



Самоконтроль знань із теми  
«Досліджуємо органічні речовини»

1. Укажіть формули речовин, які є гомологами метану  
1)  $C_4H_{10}$     2)  $C_5H_{12}$     3)  $C_5H_{10}$     4)  $C_3H_6$     5)  $C_2H_6$     6)  $C_2H_4$   
а) 1, 4, 5    б) 1, 2, 5    в) 3, 4, 6    г) 2, 3, 6
2. Масова частка Карбону в одного з гомологів метану становить 83,33%.  
Укажіть назву алкану  
а) метан    б) етан    в) пентан    г) бутан
3. Укажіть масу (кг) етену, об'єм якого 5,6 м<sup>3</sup>  
а) 2    б) 5    в) 6    г) 7
4. Коефіцієнт перед киснем у рівнянні горіння етанолу  
а) 2    б) 3    в) 4    г) 1
5. До біополімерів належать  
1) білки    2) крохмаль    3) глюкоза  
4) сахароза    5) целюлоза    6) гліцерол  
а) 1, 4, 5    б) 1, 2, 5    в) 3, 4, 6    г) 2, 3, 6
6. Укажіть функціональні групи амінокислот  
а)  $-NH_2$     б)  $-OH$     в)  $-COOH$     г)  $C = C$
7. Під час гідролізу жирів в організмі утворюються  
а) гліцерол та етанол  
б) гліцерол та етанова кислота  
в) гліцерол та карбонові кислоти  
г) глюкоза та вода
8. У воді кількістю речовини 5 моль розчинили етанол об'ємом 75 мл (густина спирту 0,8 г/мл). Обчисліть та укажіть масову частку (%) розчиненої речовини в одержаному розчині.  
а) 20    б) 30    в) 40    г) 50
9. Проаналізуйте твердження  
I. Глюкоза належить до полісахаридів.  
II. Унаслідок повного окиснення алканів утворюється  $CO_2$  і  $H_2O$ .  
III. Взаємодія етину з хлором належить до реакції заміщення.  
IV. Етанол взаємодіє з натрієм.  
V. Ознакою реакції етанової кислоти з натрій карбонатом є виділення безбарвного газу.  
Правильні з-поміж них лише  
а) I, III, V  
б) I, III, IV  
в) II, IV, V  
г) II, III, IV
10. У відповідність формулу речовини з класом органічних речовин  

| Формула               | Клас                 |
|-----------------------|----------------------|
| а) $(C_6H_{10}O_5)_n$ | 1) карбонова кислота |
| б) $HCOOH$            | 2) спирт             |
| в) $C_6H_{12}$        | 3) алкен             |
| г) $CH_3OH$           | 4) алкан             |
|                       | 5) полісахарид       |

11. Допишіть рівняння реакцій та розмістіть їх у порядку зменшення суми коефіцієнтів



| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
|   |   |   |   |

12. З крохмалю масою 4,05 т одержали глюкозу масою 1,8 т. Обчисліть та вкажіть відносний вихід (%) глюкози

а) 10

б) 15

в) 60

г) 40



Доповніть речення та оцініть свої досягнення

• Я дізнався/дізналася

• Я знаю

• Я можу

• Я вмію

Я все розумію та можу пояснити.

Я ще не все розумію та допускаю помилки.

Мені важко відповісти на запитання.



## **ТЕМА 4. УЗАГАЛЬНЮЄМО РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**





## §27. ОСНОВНІ КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК (КЛАСИФІКАЦІЯ)



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- про особливості будови кислот, основ і солей;
- як класифікують неорганічні речовини;
- чому знання про неорганічні речовини допомагають розуміти природні процеси та явища.



Таміло, цього року ми стільки різних речовин вивчили, що вже заплутався: оксиди, кислоти, основи, солі... А ще органічні речовини! Як це все запам'ятати?

Не хвилюйся! Сьогодні ми знову згадаємо класи неорганічних сполук, але вже як справжні систематизатори: побачимо, що між ними є логіка. Настав час пригадати, що ми знаємо, систематизувати й скласти все як пазл!



За якими ознаками розрізняють і класифікують неорганічні сполуки?

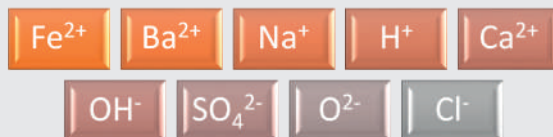


### Опрацьовуємо інформацію



#### Робота в парі

Складіть формули сполук із наведених катіонів й аніонів. Назвіть ці сполуки. До яких класів неорганічних сполук вони належать?



Усі неорганічні сполуки поділяють на чотири основні класи: оксиди, основи, кислоти, солі.

#### КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Оксиди

Кислоти

Основи

Солі

Амфотерні гідроксиди



#### Оксиди



А пригадаймо, що ми вже знаємо про ці класи сполук. Я розпочну!

**Оксиди** – бінарні сполуки, що містять Оксиген.

Тобто оксиди утворені двома елементами, одним з них є Оксиген. Назви таких сполук утворюють за схемою:



### Назва елементу + оксид

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| $\text{Na}_2\text{O}$ |       |
| натрій                | оксид |

Якщо йон елементу має змінний заряд (для йонних сполук), то його величину потрібно вказати в дужках після назви елементу.

### Назва елементу(величина заряду) + оксид

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ |       |
| ферум(3+)               | оксид |

Якщо елемент має змінну валентність (для сполук, утворених ковалентним зв'язком), то її потрібно вказати в дужках після назви елементу.

### Назва елементу(валентність) + оксид

|               |       |
|---------------|-------|
| $\text{CO}_2$ |       |
| карбон(IV)    | оксид |



## Робота в парі

Назвіть оксиди або складіть їхні формули за назвами. Заповніть таблицю.

|                         |                    |                        |                 |
|-------------------------|--------------------|------------------------|-----------------|
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ |                    | $\text{Cu}_2\text{O}$  |                 |
|                         | стронцій оксид     |                        | ферум(2+) оксид |
| $\text{SO}_2$           |                    | $\text{B}_2\text{O}_3$ |                 |
|                         | нітроген(II) оксид |                        | фосфор(V) оксид |

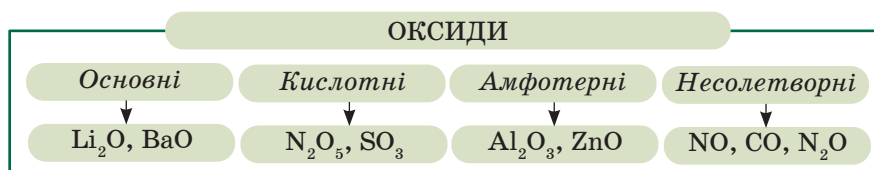


Ще пригадую, що оксиди металічних і неметалічних елементів відрізняються за будовою та властивостями. Оксиди металічних елементів (основні оксиди) утворені переважно йонами, а більшість оксидів неметалічних елементів (кислотні оксиди) — це здебільшого речовини молекулярної будови.

Основним оксидам відповідають основи, а кислотним оксидам — кислоти. Здавалось би, усе просто! Але, як завжди, є питання... Яка кислота відповідає, наприклад, нітроген(II) оксиду?

Дуже слушне запитання. Значить, класифікувати оксиди на дві групи — основні й кислотні — недостатньо, бо є оксиди, які мають властивості основних і кислотних оксидів — амфотерні. А ще є оксиди, які не виявляють ні основних, ні кислотних властивостей. Їх називають несолетворними. Тому схема класифікації оксидів виглядає так.





Також потрібно пригадати, що не всі бінарні сполуки елементів з Оксигеном є оксидами, наприклад

|                         |                   |               |                 |
|-------------------------|-------------------|---------------|-----------------|
| $\text{H}_2\text{O}_2$  | гідроген пероксид | $\text{KO}_3$ | калій озонід    |
| $\text{Na}_2\text{O}_2$ | натрій пероксид   | $\text{OF}_2$ | оксиген флюорид |



## Кислоти



Що таке гідрати? Як їх одержують?

Продовжимо? Гідратами кислотних оксидів є кислоти. Це складні речовини, які містять один або декілька атомів Гідрогену й кислотні залишки.

Склад кислот узагальнимо за допомогою формули



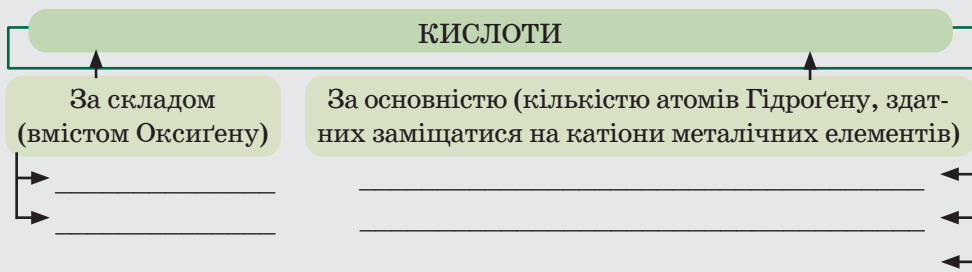
де  $\text{An}^{x-}$  – аніон кислотного залишку ( $x-$  — заряд аніона кислотного залишку).

Назви та формули кислот наведені в додатку 1. Пригадуєте, як ми класифікували кислоти (див. §10)?



## Робота в парі

Доповніть схему та наведіть приклади кислот.



Повторіть назви кислот за формулами. Заповніть таблицю.

|                |  |                         |  |                         |  |
|----------------|--|-------------------------|--|-------------------------|--|
| $\text{HCl}$   |  | $\text{H}_2\text{CO}_3$ |  | $\text{H}_2\text{S}$    |  |
| $\text{HNO}_3$ |  | $\text{H}_2\text{SO}_4$ |  | $\text{H}_3\text{PO}_4$ |  |

Виписіть з таблиці кислоти за вказаними ознаками:

- |                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 1) одноосновна, оксигеновмісна | 2) двоосновна, оксигеновмісна |
| 3) двоосновна, безоксигенова   | 4) триосновна, оксигеновмісна |



Дайте характеристику кислоти, формула якої залишилась у таблиці.



Які йони утворюються під час дисоціації кислот? Запишіть рівняння електролітичної дисоціації бромідної кислоти.



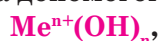
## Основи



Гідратами основних оксидів є основи. Це складні речовини, які містять катіони металічних елементів (або йон амонію  $\text{NH}_4^+$ ) і один або декілька аніонів гідроксильних груп.

Зверніть увагу, що гідратами амфотерних оксидів є амфотерні гідроксиди, які подібні за властивостями до відповідних оксидів та можуть реагувати як з кислотами, так і з лугами.

Склад основ узагальнимо за допомогою формули



де Me — металічний елемент,

$n+$  — заряд катіона металічного елемента;

заряд гідроксид-йона —  $1-$ .

Назви таких сполук утворюють за схемою:

**Назва металічного елемента + гідроксид**

|       |           |
|-------|-----------|
| KOH   |           |
| калій | гідроксид |

Якщо йон елемента має змінний заряд, то його величину потрібно вказати в дужках після назви елемента.

**Назва елемента(величина заряду) + гідроксид**

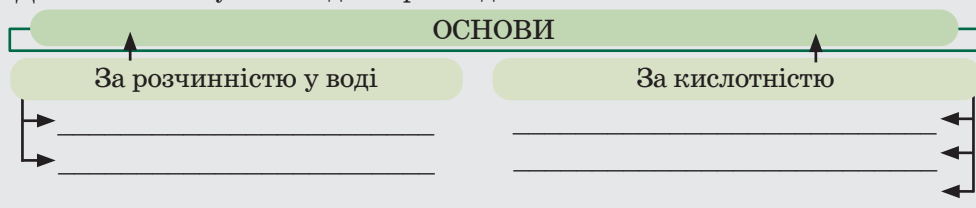
|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| $\text{Fe}(\text{OH})_2$ |           |
| ферум(2+)                | гідроксид |

Пригадуєте, як ми класифікували основи (див. §10)?



## Робота в парі

Доповніть схему та наведіть приклади основ.



Назвіть основи, заповніть таблицю.

|                          |  |                          |  |                          |  |
|--------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|--|
| NaOH                     |  | $\text{Ba}(\text{OH})_2$ |  | $\text{Fe}(\text{OH})_2$ |  |
| $\text{Cu}(\text{OH})_2$ |  | $\text{La}(\text{OH})_3$ |  | $\text{Ca}(\text{OH})_2$ |  |

Випишіть з таблиці основи за вказаними ознаками:

1) однокислотна, розчинна

2) двокислотна, розчинна

3) двокислотна, малорозчинна

4) багатокислотна

Дайте характеристику основ, формули яких залишились у таблиці.



Розгадайте ребус і пригадайте, як називають розчинні у воді основи.








## Солі

Ще один клас сполук, який ми вивчали, — це солі.

Солі — це складні речовини, утворені катіонами металічних елементів (або йоном амонію  $\text{NH}_4^+$ ) та аніонами кислотних залишків.

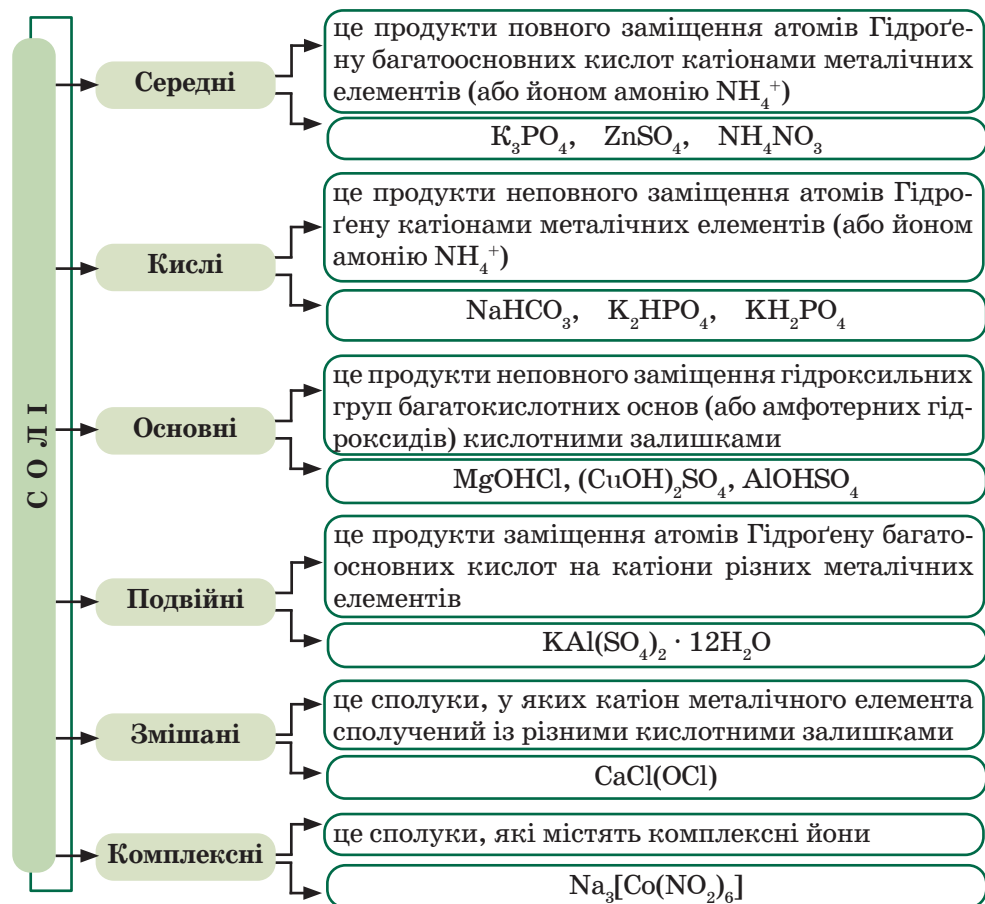
Склад солей узагальнимо за допомогою формули



Ми також пам'ятаємо, що для йонів, які мають змінні заряди, величину і знак заряду обов'язково вказують у дужках у назві основ і солей.

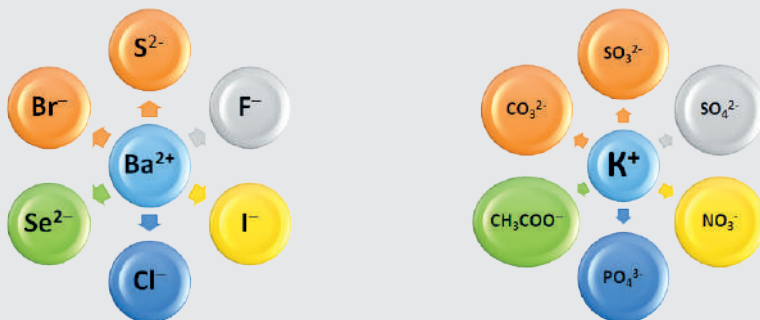


За складом і хімічними властивостями солі поділяють на середні, кислі, основні, подвійні, змішані та комплексні.



## Робота в парі

Пригадайте, як складають формули й назви солей. Запишіть формули, використовуючи схеми, і назвіть ці сполуки.



Назви кислот та основних солей утворюють за певними правилами.

Назви **кислих солей** утворюють з назви катіона металічного елемента, частини *гідроген-* (який вказує на наявність йонів Гідрогену у складі солі) та назви аніона кислоти.

Назви **основних солей** складаються з назви катіона в називному відмінку та назви аніона кислоти, до якої додають частину *гідроксид-* або *гідроксо-* (що вказує на наявність гідроксид-йонів у їх складі).

Якщо сіль містить не один, а кілька *йонів Гідрогену* (або *гідроксид-йонів*), то до її назви додають числівники *ди-*, *три-*, *тетра-*, які вказують на їх кількість.

|                          |          |          |                                   |            |        |
|--------------------------|----------|----------|-----------------------------------|------------|--------|
| $\text{KHC}_2\text{O}_4$ |          |          | $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ |            |        |
| калій                    | гідроген | карбонат | алюміній                          | дигідроксо | хлорид |

## Досліджуємо

### Робота в групах

#### Упізнайте речовину

Для дослідження нам потрібно: штатив із пробірками, 4 пронумеровані пробірки з розчинами кислоти, лугу, натрій хлориду та суспензією кальцій оксиду, індикатори.

- Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.
- Запропонуйте оптимальний спосіб розпізнавання речовин. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати.
- Виконайте експеримент та ідентифікуйте речовини. Поясніть результати спостережень.
- Зробіть обґрунтовані висновки.
- Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

## Селена пише з Норвегії

Привіт, друзі!

Я в Норвегії, країні фіордів і кришталево чистих озер. Сьогодні побувала в дослідницькому центрі біля міста Берген. Тут я дізналася, що навіть у такому екологічному регіоні науковці спостерігають наслідки кислотних дощів. В атмосфері можуть утворюватися кислоти з оксидів Сульфуру та Нітрогену, які змінюють склад ґрунтів і вод.

Хіміки в місцевих лабораторіях досліджують способи, які допомагають запобігти цим процесам: очищують викиди промислових підприємств, нейтралізують кислоти основами та відновлюють природний баланс.

Тепер я ще більше переконалася: знання про неорганічні сполуки допомагають не лише в лабораторії, а й у збереженні природи планети!



## Робота в парі

Проаналізуйте лист Селени. Запишіть рівняння реакцій утворення кислот з оксидів Сульфуру та Нітрогену. Які сполуки можна використати для нейтралізації цих кислот? Складіть рівняння реакцій.

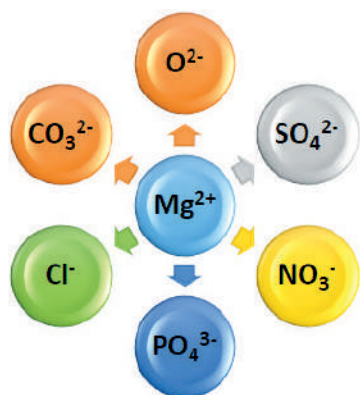
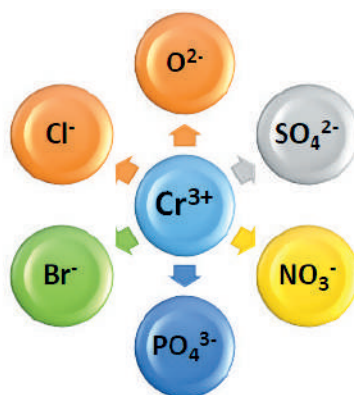
Використовуючи додаткові джерела інформації, складіть пам'ятку «5 кроків до збереження природи планети». Презентуйте її та обговоріть з однокласниками/однокласницями.



## Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

- Закінчіть речення:
  - Оксиди — це...
  - Кислоти — це...
  - Основи — це ...
  - Солі — це ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Які кислоти є безоксигеновими?
  - Які класифікують основи за кислотністю?
  - Які солі називають кислими?
  - Які оксиди є несолетворними?
- Що таке гідрати? Наведіть приклади.
- Класифікуйте речовини й назвіть їх:  
 $\text{NaOH}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Ba(OH)}_2$ ,  $\text{KBr}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Fe(OH)}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
- Запишіть формули, використовуючи схеми, і назвіть ці сполуки. До яких класів неорганічних сполук вони належать?





6. Обчисліть масову частку (%) Сульфуру в алюміній сульфіді.
7. Обчисліть масу (г) карбон(II) оксиду об'ємом 7,84 л (н.у.). Укажіть кількість молекул, що міститься в такій порції газу.

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/vtOgedH> або за QR-кодом та виконайте завдання 8-13.



### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/EtKwrVDP> і виконайте вправу.
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - 1) Усі оксиди є йонними сполуками.
  - 2) Хлоридна, сульфатна й сульфідна кислоти є безоксигеновими.
  - 3) Кальцій гідроксид — однокислотна основа.
  - 4) Загальна сума індексів у формульній одиниці алюміній нітрату дорівнює 13.



Не так усе й погано! Виявляється, ми дуже багато знаємо й пам'ятаємо. Тепер я бачу, що всі речовини пов'язані між собою. Оксиди, кислоти, основи, солі — це як велика родина, у якій кожен має своє місце. Якщо розуміти, як вони взаємопов'язані, то можна пояснити всі процеси, які відбуваються в природі.

Хімія справді допомагає побачити порядок у світі речовин! Сьогодні ми запам'ятали такі слова:

оксид — **oxide**;  
гідрат — **hydrate**.

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §28. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ МІЖ КЛАСАМИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- які фізичні та хімічні властивості мають оксиди кислоти, основи й солі;
- як одержують основні класи неорганічних сполук;
- які генетичні зв'язки існують між різними класами неорганічних сполук;
- у яких галузях застосовують неорганічні речовини.



Таміло, ми вже так багато знаємо про неорганічні сполуки! Вивчаючи їх класифікацію, я подумав, що і властивості для сполук певного класу є схожими. А отже, зі сполуки одного класу можна одержати сполуку іншого класу за певних умов. Поглянь, з оксидів можна отримати кислоти й основи, а продуктом взаємодії кислоти й основи є сіль. Солі знову можна перетворити на основи або оксиди і т.д. Це як хімічне коло природи!



То ми можемо дослідити зв'язки між різними класами неорганічних сполук і самі прогнозуватимемо їх способи одержання. Гайда працювати!



Як взаємопов'язані між собою оксиди, кислоти, основи й солі?



### Опрацьовуємо інформацію



Як класифікують оксиди? Які сполуки отримують у результаті взаємодії основних і кислотних оксидів із водою?



### Фізичні властивості оксидів

Оксиди за звичайних умов можуть бути твердими (наприклад,  $\text{CuO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ), рідкими ( $\text{SO}_3$ ) або газуватими ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ). Оксиди металічних елементів переважно тверді, кристалічні, часто білі або сірі, іноді мають характерне забарвлення ( $\text{Cu}_2\text{O}$  — червоний,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  — зелений). Оксиди мають різні температури плавлення: від дуже високих (характерні для оксидів металічних елементів) до дуже низьких (характерні для оксидів неметалічних елементів).

Деякі оксиди шкідливі для людини: наприклад, карбон(II) оксид — отруйний газ без запаху, а сульфур(IV) оксид спричиняє кислотні дощі.



## А чи знаєте ви...

**Нітроген(IV) оксид** ( $\text{NO}_2$ ) — отруйний газ бурого кольору, який має назву «лисячий хвіст». Потрапляє в атмосферу з викидами металургійних і хімічних підприємств. Під час взаємодії з водяною парою утворює нітратну кислоту, що є однією з причин кислотних дощів.

**Силіцій(IV) оксид** ( $\text{SiO}_2$ , кремнезем) є складовою піску та багатьох мінералів: кварцу, гірського кришталю, хризоліту, аметисту тощо. У Карпатах знайдено унікальний різновид кварцових кристалів — мармароський діамант.

**Алюміній оксид** ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) є основою багатьох мінералів: рубіну, хризоберилу, корунду тощо. Разом із силіцій(IV) оксидом є складовою ґрунтів і порід, зокрема бокситу, з якого добувають алюміній. В Україні великі поклади бокситів знайдено в Закарпатті.



**Мал. 28.1.**  
Мармароський  
діамант

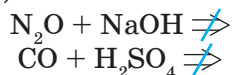
## Робота в групах

Використовуючи додаткові джерела інформації, підготуйте коротке повідомлення про один із оксидів: поширення в природі та практичне використання. Обговоріть з однокласниками/однокласницями в класі. Складіть рейтинг «ТОП-5 важливих оксидів в нашому повсякденному житті» й обґрунтуйте свій вибір.

## Хімічні властивості оксидів

| Основні оксиди                                                                                                                         | Кислотні оксиди                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Взаємодія з водою</b>                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Для оксидів лужних і лужноземельних елементів<br>$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$                                   | За винятком силіцій(IV) оксиду ( $\text{SiO}_2$ )<br>$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$<br>$\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t} 2\text{H}_3\text{PO}_4$<br>$2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$ |
| <b>2. Взаємодія з кислотами</b><br>$\text{BaO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Ba(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$                               | <b>2. Взаємодія з лугами</b><br>$\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$                                                                                                                                                                  |
| <b>3. Взаємодія з кислотними оксидами</b>                                                                                              | <b>3. Взаємодія з основними оксидами</b>                                                                                                                                                                                                                                    |
| $\text{CaO} + \text{SO}_3 \xrightarrow{t} \text{CaSO}_4$                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Амфотерні оксиди</b>                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>1. Взаємодія з кислотними оксидами</b><br>$\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_3 \xrightarrow{t} \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$         | <b>2. Взаємодія з основними оксидами</b><br>$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} \xrightarrow{t} \text{Ca(AlO}_2)_2$                                                                                                                                                         |
| <b>3. Взаємодія з кислотами</b><br>$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ | <b>4. Взаємодія з лугами</b><br>$\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{t} 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$                                                                                                                                                 |
| Амфотерні оксиди з водою безпосередньо не взаємодіють.                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Несолетворні оксиди в кислотно-основні взаємодії не вступають. Наприклад,



Усі інші види оксидів вступають у кислотно-основні взаємодії: *продуктом кислотно-основної взаємодії є сіль, а під час взаємодії з гідратами оксидів — сіль і вода.*

Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/TtwWpEet> та ознайомтеся зі способами одержання оксидів.



### Фізичні властивості кислот

Більшість кислот — це рідини або водні розчини газуватих речовин ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ). Деякі кислоти — тверді кристалічні речовини, наприклад, ортофосфатна.

Кислоти безбарвні, добре розчиняються у воді, мають кислий смак і роз'їдають рослинні й тваринні тканини, тому працювати з ними потрібно обережно. Більшість кислот проводять електричний струм у водному розчині.



Як класифікують оксиди? Які сполуки отримують у результаті взаємодії основних і кислотних оксидів із водою?

Чисті неорганічні кислоти та їх концентровані розчини є дуже небезпечними, бо ушкоджують слизові оболонки органів травлення, у разі вдихання парів подразнюють слизові оболонки органів дихання. Потрапляючи на шкіру, спричиняють почервоніння, больові відчуття, а за великої концентрації — важкі опіки.

*Роботи з кислотами необхідно проводити тільки у витяжній шафі, використовуючи захисний фартух із полівінілхлоридного матеріалу, гумові рукавички та захисні окуляри.*

Розчинення кислот у воді супроводжується виділенням великої кількості тепла, тому для їх розведення (у процесі виготовлення розчинів) **кислоти обережно вливають у воду** (у жодному разі не навпаки!) невеликими порціями, обов'язково помішуючи розчин скляною паличкою.



### Робота в парі

Відшукайте харчові продукти, що містять кислоти. До яких класів сполук вони належать — неорганічних чи органічних?

## Хімічні властивості кислот

### 1. Дія на індикатори.

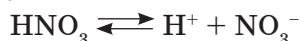
#### Робота в парі

Пригадайте забарвлення індикаторів у середовищі кислоти. Заповніть таблицю.

Забарвлення індикаторів у різних середовищах

| Індикатори   | Колір індикатора в середовищі |            |       |
|--------------|-------------------------------|------------|-------|
|              | кислотне                      | нейтральне | лужне |
| Лакмус       |                               |            |       |
| Фенолфталеїн |                               |            |       |
| Метилоранж   |                               |            |       |

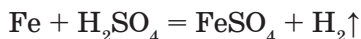
Загальні властивості кислот у водних розчинах обумовлені наявністю в розчині йонів  $\text{H}^+$ , які утворюються в результаті електролітичної дисоціації молекул кислот:



#### Робота в парі

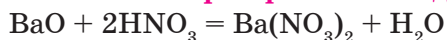
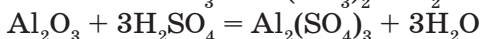
Запишіть рівняння електролітичної дисоціації сульфатної кислоти.

### 2. Взаємодія з металами.

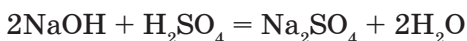
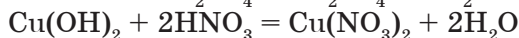


Чи всі метали взаємодіють із кислотами? Наведіть приклади. Укажіть тип реакції.

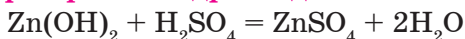
### 3. Взаємодія з основними та амфотерними оксидами.



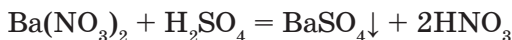
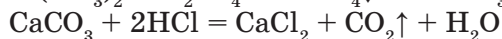
### 4. Взаємодія з основами.



### 5. Взаємодія з амфотерними гідроксидами.



### 6. Взаємодія з солями.



Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/EtwWp9eF> та ознайомтеся зі способами одержання кислот.



## Фізичні властивості основ

Більшість основ — тверді кристалічні речовини білого кольору, але

деякі мають характерне забарвлення ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$  — блакитний,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  — зелений).

Луги — тверді білі речовини, без запаху, добре розчинні у воді, роз'їдають шкіру й тканини, тому їх ще називають їдкими. Розчини лугів милкі на дотик. Розплави й розчини лугів проводять електричний струм. Розчинення лугів у воді супроводжується виділенням значної кількості тепла.

### **Робота в парі**

З'ясуйте, у яких побутових засобах (наприклад, пральних порошках, засобах для чищення труб) містяться луги. Чому їх слід використовувати обережно?

### **А чи знаєте ви...**

На відміну від усіх лугів, кальцій гідроксид (гашене вапно) — малорозчинний у воді. Його насичений розчин називають вапняною водою, а суспензію у воді — вапняним молоком.

Тверді гідроксиди Натрію й Калію настільки гігроскопічні (поглинають вологу), що на повітрі розпливаються.



**Мал. 28.2.** Гашене вапно

## **Хімічні властивості основ**

### **I. Властивості лугів**

#### **1. Дія на індикатори.**

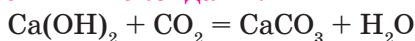


Пригадайте забарвлення індикаторів у лужному середовищі.

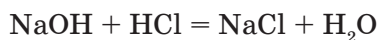
### **Робота в парі**

Запишіть рівняння дисоціації калій гідроксиду. Наявність яких йонів зумовлює зміну забарвлення індикаторів?

#### **2. Взаємодія з кислотними оксидами.**

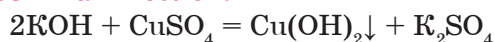


#### **3. Взаємодія з кислотами.**



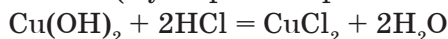
Як називають реакцію взаємодії лугу з кислотою? Чому?

#### **4. Взаємодія з розчинами солей.**



### **II. Нерозчинні у воді основи**

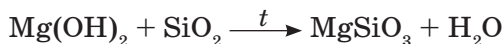
#### **1. Взаємодія з кислотами (з утворенням розчинної у воді солі)**



#### **2. Розклад під час нагрівання.**



### 3. Взаємодія з деякими кислотними оксидами під час нагрівання.



### 4. Взаємодія з органічними речовинами.



З якими органічними речовинами взаємодіє купрум(2+) гідроксид?

Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/wtwWolHK> та ознайомтеся зі способами одержання основ.



## Хімічні властивості амфотерних гідроксидів

| I. Основні властивості                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | II. Кислотні властивості:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Взаємодія з кислотами</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>1. Взаємодія з лугами:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$<br>$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{HBr} = \text{ZnBr}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$<br>$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$<br>$2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$ | <p>а) за умови сплавлення</p> $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} \xrightarrow{t} \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">натрій цинкат</p> $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KOH} \xrightarrow{t} \text{KAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">калій метаалюмінат</p> <p>б) взаємодія в розчинах:</p> $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ <p style="text-align: center;">натрій тетрагідроксоцинкат</p> $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KOH} = \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ <p style="text-align: center;">калій тетрагідроксоалюмінат</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>2. Взаємодія з основними оксидами</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $\text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{CaO} \xrightarrow{t} \text{CaZnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">кальцій цинкат</p> $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{CaO} \xrightarrow{t} \text{Ca}(\text{AlO}_2)_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">кальцій метаалюмінат</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>III. Розклад під час нагрівання</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| $\text{Zn}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t} \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## Фізичні властивості солей

Солі — тверді кристалічні речовини без запаху, різного кольору ( $\text{NaCl}$  — білий,  $\text{CuSO}_4$  — блакитний,  $\text{FeCl}_3$  — бурий). Це йонні сполуки, мають високі температури плавлення (за умови, якщо не розкладаються під час нагрівання), більшість із них добре розчиняється у воді. Розчини солей проводять електричний струм.

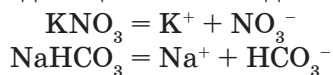
Може скластися враження, що клас речовин «Солі» одержав таку назву через солоний смак його сполук. Насправді ж є лише одна сіль

із дійсно солоним смаком — натрій хлорид. Солі Берилію — солодкі на смак, Магнію — гіркі, кальцій карбонат не має смаку.

## Хімічні властивості солей

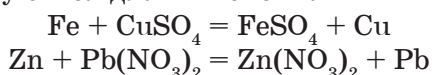
### 1. Електролітична дисоціація.

У водних розчинах солі дисоціюють на відповідні йони:



### 2. Взаємодія з металами.

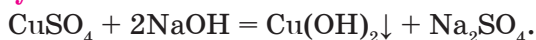
Речовини взаємодіють, якщо метал-реактант активніший за очікуваний метал-продукт. Також слід пам'ятати, що лужні та лужноземельні метали не використовуються для витіснення інших металів.



## Робота в парі

Використовуючи ряд активності металів, запропонуйте свої пари-речовин реактантів (метал і сіль) та запишіть рівняння реакцій.

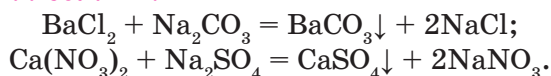
### 3. Взаємодія з лугами:



### 4. Взаємодія з кислотами:



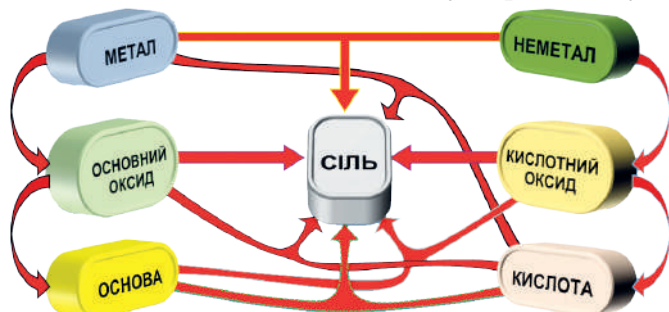
### 5. Взаємодія між солями:



Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/0twWo8xK> та ознайомтеся зі способами одержання солей.



Я був упевнений, що в хімії все взаємопов'язане. І це правда. Узагальнивши властивості й способи одержання основних класів неорганічних сполук, ми з Тамілою побачили взаємозв'язки між ними. Щоб краще зрозуміти й запам'ятати ці зв'язки, ми склали схему. Проаналізуємо її разом.



Такі зв'язки між класами неорганічних сполук називають *генетичними*. Термін «генетичний» означає «пов'язаний із походженням». Ці зв'язки демонструють можливість взаємних перетворень одних речовин на інші. Наприклад, з оксидів можна одержати кислоти або основи, з основ і кислот — солі, а деякі солі під час нагрівання знову перетворюються на оксиди. Такі перетворення утворюють єдину систему неорганічних речовин, у якій усі класи пов'язані між собою як ланки хімічного ланцюга.

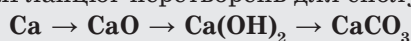


## Робота в групах

Розгляньте приклад генетичного зв'язку між класами неорганічних сполук:

**Метал → Основний оксид → Основа → Сіль.**

Чи відповідає цій схемі ланцюг перетворень для сполук Кальцію?



Запишіть рівняння реакцій за схемою. Оберіть хімічний елемент і складіть схему перетворень для його сполук за наведеним зразком. Запропонуйте іншій групі записати рівняння реакцій.

## Застосування неорганічних сполук

Перейдіть за покликанням <https://cutt.ly/8tOeYVbx> або за QR-кодом та дослідіть галузі застосування неорганічних сполук.



## Досліджуємо

### Робота в групах

**Дослідження властивостей основних класів неорганічних сполук**

Для дослідження нам потрібно: штатив із пробірками, порошок магнію, гранули цинку, шматочки міді, розчини хлоридної кислоти, натрій гідроксиду, натрій хлориду, купрум(2+) сульфату, натрій карбонату, барій нітрату, натрій сульфату, індикатори.

1. Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.

2. *Визначення рН середовища за допомогою індикатора.* Дослідіть рН розчинів кислоти, лугу та солі, використовуючи універсальний індикаторний папір. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Виконайте експеримент і заповніть таблицю.

| Формула речовини | Забарвлення індикатора, рН | Середовище |
|------------------|----------------------------|------------|
|                  |                            |            |
|                  |                            |            |
|                  |                            |            |

3. Взаємодія кислот із металами різної активності. Дослідіть взаємодію магнію, цинку й міді з хлоридною кислотою. Сформулюйте гіпотезу,

складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Виконайте експеримент і заповніть таблицю.

| Метал | Спостереження | Рівняння реакції |
|-------|---------------|------------------|
|       |               |                  |
|       |               |                  |
|       |               |                  |

Поясніть результати експерименту, використовуючи ряд активності металів.

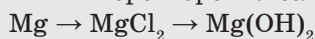
4. Взаємодія кислот із лугами. Дослідіть взаємодію розчину натрій гідроксиду з хлоридною кислотою, використовуючи індикатор фенолфталеїн. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Виконайте експеримент. Поясніть спостереження й складіть рівняння реакції. Як називають реакцію між лугом і кислотою?

5. Взаємодія лугів із солями. Дослідіть взаємодію купрум(2+) сульфату з натрій гідроксидом у водному розчині (можна використати іншу пару речовин-реактантів). Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Виконайте експеримент. Поясніть спостереження та складіть молекулярне, повне та скорочене йонно-молекулярні рівняння.

6. Взаємодія кислот із солями. Дослідіть взаємодію розчину натрій карбонату з розчином хлоридної кислоти (можна використати іншу пару речовин-реактантів). Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Виконайте експеримент. Поясніть спостереження та складіть молекулярне, повне та скорочене йонно-молекулярні рівняння. До яких класів речовин належать продукти реакції?

7. Взаємодія солей із солями. Дослідіть взаємодію барій нітрату з натрій сульфатом у водному розчині (можна використати іншу пару речовин-реактантів). Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Виконайте експеримент. Поясніть спостереження та складіть молекулярне, повне та скорочене йонно-молекулярні рівняння. Укажіть тип даної реакції.

8. Здійсніть послідовно хімічні перетворення за такою схемою:



Підберіть реактиви, потрібні для роботи. Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Виконайте експеримент. Поясніть спостереження та складіть рівняння реакцій.

9. Зробіть обґрунтовані висновки.

10. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

### Селена пише з Нідерландів

Привіт, друзі!

Сьогодні я відвідала завод поблизу Роттердама, де виготовляють екологічні мийні засоби. Мене вразило, як сучасна хімія допомагає дбати про чистоту й водночас про довкілля. Замість агресивних речовин для виробництва мийних засобів тут використовують натрій гідрокарбонат (соду) та додають невеликі кількості калій гідроксиду — речовини, які добре розчиняють жири та видаляють бруд. Хіміки пояснили, що луги — чудові очисники,



проте у великих концентраціях вони можуть бути небезпечними: викликати опіки шкіри чи пошкодити тканини. Саме тому важливо дотримуватися інструкцій і працювати в рукавичках.

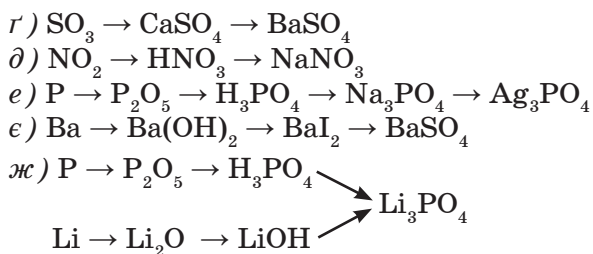
Тепер я точно розумію, що навіть хімія в побуті — це справжня наука, у якій потрібно знати міру та дотримуватися правил безпеки.



### Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті



- Закінчіть речення:
  - Дисоціація — це...
  - Реакція нейтралізації — це...
  - Умовами перебігу реакцій до кінця є ...
  - Солі — це ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - З якими речовинами взаємодіють кислоти?
  - З якими речовинами взаємодіють основи?
  - З якими речовинами взаємодіють солі?
  - Які властивості мають оксиди?
- Які властивості мають амфотерні оксиди й гідроксиди? Наведіть приклади реакцій.
- Перетворіть схеми реакцій на рівняння:
  - а)  $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$
  - б)  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$
  - в)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \dots$
  - г)  $\text{ZnO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$
- Відшукайте зайву речовину в кожному рядку. Поясніть свій вибір:
  - а)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;
  - б)  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ;
  - в)  $\text{NaCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ .
- Оберіть із запропонованого переліку формули речовин, із якими буде взаємодіяти: а) хлоридна кислота; б) натрій гідроксид; в) барій оксид; г) сульфур(IV) оксид; д) ферум(3+) хлорид.  
 $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Zn}$  (металічний),  $\text{CuO}$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$   
Складіть рівняння можливих реакцій.
- Укажіть, які реакції можливі: а) між кислотою й основою; б) між основним оксидом і кислотою; в) між основним оксидом та основою; г) між двома солями. Наведіть приклади речовин і складіть рівняння реакцій.
- У чотирьох пробірках містяться безбарвні розчини: хлоридної кислоти, натрій гідроксиду, натрій карбонату, магній хлориду. Як, використовуючи додатково тільки індикатор, можна визначити, у якій пробірці міститься кожна речовина? Складіть план експерименту. Запишіть рівняння можливих реакцій.
- Запишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:
  - а)  $\text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O}$
  - б)  $\text{Na} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2$
  - в)  $\text{K} \rightarrow \text{KOH} \rightarrow \text{KBr} \rightarrow \text{AgBr}$
  - г)  $\text{HCl} \rightarrow \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl}$



10. Складіть рівняння реакцій (усі можливі, щонайменше 3), у результаті яких можна отримати середні солі: магній хлорид, ферум(2+) сульфат, алюміній нітрат.
- 11\*. Натрій масою 4,6 г розчинили у воді, а утворений луг використали для реакції з купрум(2+) сульфатом. Обчисліть масу одержаного осаду.
- 12\*. Визначте масу (г), об'єм (л) (н.у.), кількість речовини (моль), кількість молекул кисню, кількість атомів Оксигену, необхідних для окиснення магнію масою 120 г.
- 13\*. На розчин цинк хлориду масою 108,8 г подіяли надлишком натрій силікату й одержали осад кількістю речовини 0,08 моль. Визначте масову частку (%) цинк хлориду у вихідному розчині.
- 14\*. Барій оксид кількістю речовини 0,5 моль розчинили у воді, а утворений луг використали для проведення реакції з надлишком натрій сульфату. Обчисліть масу (г) одержаного осаду.

### Перевірте себе

1. Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/vtKwyuue> і виконайте вправу.
2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:



- 1) Сульфатну кислоту можна одержати взаємодією сульфур(IV) оксиду з водою.
- 2) Продуктами розкладу цинк гідроксиду є основний оксид і вода.
- 3) Під час взаємодії металів із розчинами кислот одержують солі.



Сьогодні ми переконалися, що оксиди, кислоти, основи й солі взаємоперетворюються, утворюючи генетичні зв'язки. Це наче одна велика хімічна екосистема, у якій усе взаємопов'язане. Якщо зрозуміти її зв'язки, можна не лише пояснити реакції в природі, а й передбачити, як одержати потрібну речовину в лабораторії чи на виробництві.

Сьогодні ми запам'ятали таке словосполучення:

**генетичний зв'язок — genetic interconnection.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §29. КЛАСИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК. КЛАСИФІКАЦІЯ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- які причини багатоманітності органічних речовин;
- як розрізняти органічні сполуки за належністю до відповідних гомологічних рядів речовин;
- як наводити приклади гомологів та ізомерів; сполук із простими й кратними зв'язками, з різними функціональними групами;
- як використовувати набуті знання про органічні сполуки для пояснення їх різноманітності.



Таміло, ти пригадуєш, що відомо понад 20 мільйонів органічних сполук! Невже всі вони такі різні?

Мабуть, щоб не загубитися серед них, хіміки розподіляють їх за певними ознаками. Це допомагає зрозуміти, як вони побудовані й навіть передбачити їхні властивості.



Виходить, кожна формула щось розповідає про речовину? Тоді з'ясуємо, як класифікують органічні сполуки.



За якими ознаками розрізняють і класифікують органічні сполуки, щоб зрозуміти їхню будову та властивості?



### Опрацюємо інформацію



#### Класифікація органічних сполук



Ми вже знаємо, що органічних сполук є дуже багато. Вивчили формули представників різних класів сполук, знаємо їх властивості та розуміємо, у яких галузях їх застосовують. Тому виникає питання: як класифікувати органічні сполуки, щоб врахувати всі особливості їх будови.



За якими ознаками класифікують органічні речовини?



- За якісним (елементним складом) органічні сполуки поділяють на вуглеводні, оксигеновмісні, нітрогеновмісні.
- За будовою карбонового скелета вуглеводні поділяють на ациклічні та циклічні.
- За насиченістю C – C зв'язків вуглеводні поділяють на насичені та ненасичені.
- За наявністю функціональних груп оксигеновмісні органічні сполуки поділяють на спирти, карбонові кислоти, вуглеводи (карбогідрати).

- Нітрогеновмісні сполуки охоплюють декілька класів, зокрема амінокислоти і білки.

Класи органічних сполук наведено в табл. 29.1.

Таблиця 29.1

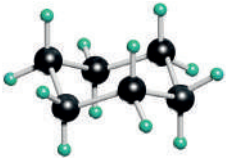
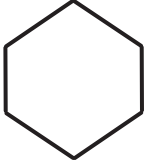
### Найважливіші класи органічних сполук

| Органічні речовини |            |        |                   |                 |
|--------------------|------------|--------|-------------------|-----------------|
| Вуглеводні         |            |        | Оксигеновмісні    | Нітрогеновмісні |
| насичені           | ненасичені |        | Спирти            | Амінокислоти    |
| Алкани             | Алкени     | Алкини | Карбонові кислоти |                 |
|                    |            |        | Жири              | Білки           |
|                    |            |        | Вуглеводи         |                 |

Циклічними називають сполуки, молекули яких містять замкнені в цикли карбонові ланцюги (табл. 29.2).

Таблиця 29.2

### Деякі класи циклічних вуглеводнів

| Циклічні вуглеводні                                                                |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Аліциклічні (циклоалкани)                                                          |                                                                                    | Ароматичні (арени)                                                                 |                                                                                      |
| $C_6H_{12}$                                                                        |                                                                                    | $C_6H_6$                                                                           |                                                                                      |
|  |  |  |  |
| Циклогексан                                                                        |                                                                                    | Бензен                                                                             |                                                                                      |

Уперше бензен виділив англійський учений Майкл Фарадей у 1825 році зі світильного газу. У 1865 році німецький хімік Фрідріх Кекуле запропонував відому циклічну формулу бензену у вигляді шестикутної структури.



Молекула бензену ( $C_6H_6$ ) пласка, має форму правильного шестикутника, а всі атоми Карбону та Гідрогену розташовані в одній площині.

Бензен — безбарвна рідина зі своєрідним запахом. Завдяки своїй симетричності це неполярна речовина. Не розчиняється у воді, проте з більшістю неполярних розчинників змішується в будь-яких відношеннях. Бензен є добрим розчинником для багатьох органічних речовин.



Я пригадала ще один важливий факт. Функціональні групи, які містяться в молекулах органічних сполук, визначають властивості речовин.



## Що таке функціональна група?

Класифікація органічних речовин за наявністю функціональних груп наведена в табл. 29.3.

Таблиця 29.3

### Класифікація органічних сполук за наявністю функціональних груп

| Клас сполук         | Функціональна група      | Приклад           | Сфери застосування                                              |
|---------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Спирти              | –OH                      | Етанол            | Паливо, сировина, розчинники та антисептики                     |
| Карбонові кислоти   | –COOH                    | Етанова кислота   | Виробництво барвників, ліків; як консерванти та харчові добавки |
| Жири                | –COO–                    | Олія              | Джерело енергії                                                 |
| Вуглеводи           | –OH, –CHO                | Глюкоза, крохмаль | Джерело енергії, виробництво синтетичних волокон                |
| Амінокислоти, білки | –NH <sub>2</sub> , –COOH | Колаген, ферменти | Відновлення тканин, транспортування речовин, захист організму   |

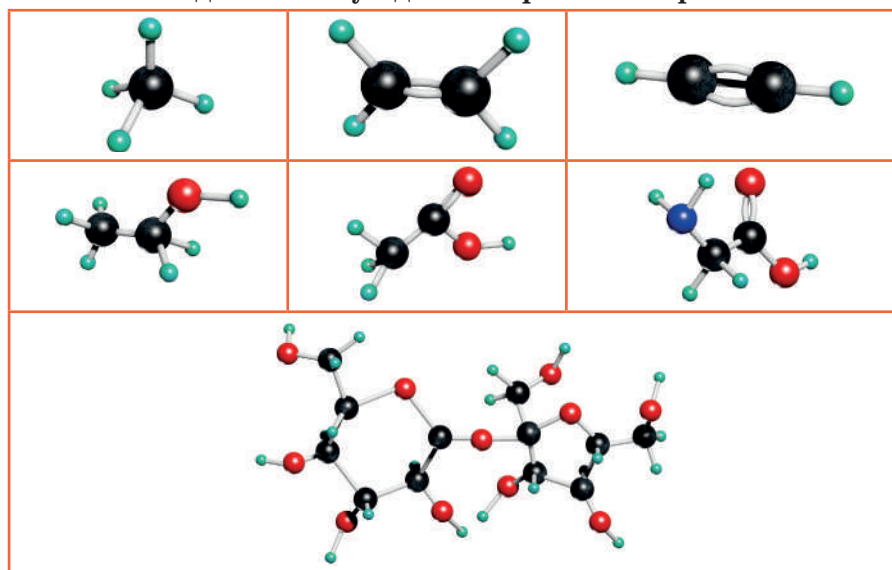


### Робота в групах

Розгляньте таблицю «Моделі молекул деяких органічних речовин». Складіть їх молекулярні, структурні та напівструктурні формули. Назвіть ці сполуки. До яких класів органічних речовин вони належать? Укажіть функціональні групи або інші ознаки, за яким ви визначили приналежність сполук до певного класу.

Таблиця 29.4

### Моделі молекул деяких органічних речовин





А ще одним поясненням великої кількості органічних сполук є явище ізомерії, за якого декілька органічних сполук мають однаковий якісний і кількісний склад, але різну будову та властивості. Такі сполуки є ізомерами.

Я спробував записати ізомери для декількох формул. Але підозрюю, що не всі. Тож доповніть мою таблицю та назвіть усі сполуки. За потреби використайте додаткові джерела інформації.

| Вид ізомерії                            | Молекулярна формула              | Напівструктурні формули ізомерів                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Структурна ізомерія                     |                                  |                                                                                                                                                                                    |
| Ізомерія карбонового скелету            | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>   | $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$                                                                                                               |
|                                         |                                  | $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$                                                                            |
| Ізомерія положення алкільного замісника | C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>   | $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$                                                    |
|                                         |                                  | $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$                                                    |
| Ізомерія місця кратного зв'язку         | C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>    | $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$                                                                                                                                    |
|                                         |                                  | $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$                                                                                                                                      |
| Ізомерія місця функціональної групи     | C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH | $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$                                                                                                                             |
|                                         |                                  | $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$                                                                                          |
| Ізомерія між різними класами сполук     |                                  |                                                                                                                                                                                    |
| Циклоалкани й алкени                    | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>    | $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$                                                                                                                                                |
|                                         |                                  | $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \end{array}$                                                                                  |
| Спирти й етери                          | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O  | $\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{OH}$                                                                                                                                                 |
|                                         |                                  | $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$                                                                                                                                                 |
| Стереοізомерія                          |                                  |                                                                                                                                                                                    |
| Цис-, транс-ізомерія                    | C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>    | $\begin{array}{ccc} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \backslash \\ \text{H}_3\text{C} & & \text{CH}_3 \end{array} \text{ цис-ізомер}$   |
|                                         |                                  | $\begin{array}{ccc} \text{H} & & \text{CH}_3 \\ & \backslash & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \backslash \\ \text{H}_3\text{C} & & \text{H} \end{array} \text{ транс-ізомер}$ |

Тепер стає зрозуміло, чому існує так багато органічних сполук. Стало цікаво, а які ж типи реакцій відбуваються між цими сполуками?



Я зробив інформаційний пошук й оформив результати класифікації органічних реакцій у табл. 29.5.



Таблиця 29.5

## Класифікація органічних реакцій за характером перетворення в молекулах

| № з/п                | Приклад                                                         | Схема реакції                                                                                                                                                                     |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Заміщення</b>     |                                                                 |                                                                                                                                                                                   |
| 1                    | Галогенування (реактанти – вуглеводень і галогени)              | $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$                                                                                                  |
| <b>Приєднання</b>    |                                                                 |                                                                                                                                                                                   |
| 2                    | Галогенування (реактанти – вуглеводень і галогени)              | $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2\text{Br}$                                                                                     |
| 3                    | Гідрогенізація (гідрування) (реактанти — вуглеводень і водень)  | $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni}} \text{CH}_3-\text{CH}_3$                                                                                            |
| 4                    | Приєднання гідрогенгалогенідів (реактанти – вуглеводень і HHal) | $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{Br}$                                                                                               |
| 5                    | Гідратація (реактанти – вуглеводень і вода)                     | $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HON} \xrightarrow{\text{H}^+} \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{OH}$                                                                                  |
| <b>Відщеплення</b>   |                                                                 |                                                                                                                                                                                   |
| 6                    | Дегідрогенізація (побічний продукт – водень)                    | $\text{CH}_3-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{Ni}} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2$                                                                                            |
| 7                    | Дегідратація (побічний продукт – вода)                          | $\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{H}^+} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HON}$                                                                                  |
| <b>Ізомеризація</b>  |                                                                 |                                                                                                                                                                                   |
| 8                    | Ізомеризація н-бутану                                           | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{AlCl}_3} \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$                                    |
| <b>Циклізація</b>    |                                                                 |                                                                                                                                                                                   |
| 9                    | Одержання бензену з н-гексану                                   | $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2}{\text{CH}_2} \xrightarrow{140^\circ\text{C}, \text{Pd}} \text{C}_6\text{H}_6 + 4\text{H}_2$ |
| <b>Окиснення</b>     |                                                                 |                                                                                                                                                                                   |
| 10                   | Повне                                                           | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$                                                                                      |
| 11                   | Неповне                                                         | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{[\text{O}]} \text{CH}_3\text{COOH}$                                                                                                   |
| <b>Розклад</b>       |                                                                 |                                                                                                                                                                                   |
| 12                   | Одержання етину                                                 | $2\text{CH}_4 \xrightarrow{1500^\circ\text{C}} \text{CH}\equiv\text{CH} + 3\text{H}_2$                                                                                            |
| <b>Полімеризація</b> |                                                                 |                                                                                                                                                                                   |
| 13                   | Одержання поліетену                                             | $n \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow (\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$                                                                                                                  |

Перейдіть на сайт за QR-кодом або за покликанням <https://cutt.ly/AtwWadnA> і перегляньте інші підходи до класифікації органічних і неорганічних реакцій.



## Досліджуємо



### Робота в групах

Досліджуємо будову органічних сполук

1. Об'єднайтеся в групи. Розробіть критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.

2. Дайте відповіді на запитання й виконайте завдання.

1) Який вид хімічного зв'язку в молекулах алканів? Поясніть механізм утворення цього зв'язку. Зобразіть електронну та структурну формулу метану. Пригадайте його фізичні властивості.

2) Що таке гомологічний ряд? Пригадайте загальні формули алканів, алкенів, алкінів. Запишіть формулу та назву першого, третього й шостого представників гомологічних рядів алканів, алкенів, алкінів.

3) Назвіть вуглеводні або складіть їхні молекулярні формули за назвами. Заповніть таблицю.

|                        |       |                           |        |
|------------------------|-------|---------------------------|--------|
| $\text{CH}_4$          |       | $\text{C}_5\text{H}_{10}$ |        |
|                        | етен  |                           | гексин |
| $\text{C}_3\text{H}_4$ |       | $\text{C}_8\text{H}_{18}$ |        |
|                        | бутан |                           | нонан  |

4) Які сполуки називають оксигеновмісними? Що таке функціональні групи? Запишіть загальну формулу насичених одноатомних спиртів. Поясніть будову молекули етанолу.

5) Які органічні сполуки називають карбоновими кислотами? Наведіть приклади. Які йони утворюються під час дисоціації кислот? Запишіть рівняння електролітичної дисоціації метанової кислоти.

6) Повторіть назви спиртів і кислот за формулами. Заповніть таблицю.

|                                     |  |                          |  |                                         |  |
|-------------------------------------|--|--------------------------|--|-----------------------------------------|--|
| $\text{CH}_3\text{OH}$              |  | $\text{CH}_3\text{COOH}$ |  | $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ |  |
| $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ |  | $\text{HCOOH}$           |  | $\text{HOOC} - \text{COOH}$             |  |

Випишіть із таблиці органічні сполуки за вказаними ознаками:

- 1) одноатомний спирт
- 2) багатоатомний спирт
- 3) одноосновна кислота
- 4) двоосновна кислота

7) Які органічні сполуки є основою життя? Наведіть приклади. До яких класів сполук вони належать? Які особливості їхньої будови?

3. Зробіть обґрунтовані висновки про будову та класифікацію органічних сполук.

4. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.

### Селена пише з Аргентини

Привіт, друзі!

Я зараз у лабораторії Національного університету Буенос-Айреса. Тут досліджують, як природні органічні сполуки можна використовувати для створення біопалива та ліків. Науковиця, з якою я розмовляла, сказала: «Усе життя — це хімія Карбону». І справді, від молекули метану до білків і ДНК — усе підпорядковується одним законам.

Тепер я розумію, чому класифікація органічних речовин така важлива: вона допомагає хімікам передбачати властивості речовин і відкривати нові сполуки.



### Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

- Закінчіть речення:
  - Вуглеводні — це...
  - Ізмери — це...
  - Спирти — це ...
  - Карбонові кислоти — це...
  - Вуглеводи — це...
  - Полімери — це ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Які ознаки використовують для класифікації органічних сполук?
  - Як класифікують органічні речовини за будовою карбонового скелета?
  - Як класифікують органічні речовини за насиченістю C – C зв'язків?
  - Що таке функціональна група?
  - Що виражає структурна формула речовини?
- Використовуючи хімічний конструктор, пластилін чи інші матеріали, змодельуйте молекули запропонованих органічних сполук,  $C_4H_{10}$ ,  $C_6H_{12}O_6$ ,  $C_3H_7OH$ ,  $C_2H_5COOH$ ,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ,  $C_3H_6$ ,  $C_3H_5(OH)_3$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_6H_{14}$ ,  $NH_2CH_2COOH$ ,  $C_4H_6$ ,  $(C_6H_{10}O_5)_n$ ,  $CH_3COOH$ ,  $HCOOH$ ,  $C_2H_5OH$ . Врахуйте пропорції для розмірів атомів і довжини зв'язків. Класифікуйте органічні речовини на класи за їхніми молекулярними формулами. Розподіліть формули речовин у таблицю.

| Алкани | Алкени | Алкини | Спирти | Карбонові кислоти | Вуглеводи | Амінокислоти |
|--------|--------|--------|--------|-------------------|-----------|--------------|
|        |        |        |        |                   |           |              |

- Наведіть загальні формули вуглеводнів насиченого та ненасиченого ряду.
- \*. Складіть напівструктурну формулу алкану розгалуженої будови. Назвіть вуглеводень за систематичною номенклатурою.
- Назвіть речовини, що є основою таких продуктів органічного похо-

дження: оцет, мило, цукор, бензин, борошно, алкоголь, папір, сало, соняшникова олія.

- 7\*. Складіть структурні формули *цис*-, *транс*ізомерів для гекс-3-ену.  
 8\*. Напишіть структурні формули молекул ізомерів речовин складу  $C_5H_{12}$ ,  $C_5H_{10}$ ,  $C_5H_8$ . Назвіть їх.  
 9\*. Назвіть органічні сполуки, напівструктурні формули яких

|                                                                                                |                                                                                 |                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| $\begin{array}{c} CH_3-CH_2-CH-C=CH_2 \\   \quad   \\ CH_3 \quad CH_3 \end{array}$             | $CH_3-CH_2-C \equiv CH$                                                         | $\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_2 \\   \quad   \\ CH_3 \quad CH_2-CH_3 \end{array}$   |
| $\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_3 \\   \\ CH_3 \end{array}$                                       | $\begin{array}{c} CH_3-CH=C-CH_3 \\   \\ CH_3 \end{array}$                      | $\begin{array}{c} CH_3-CH_2-CH-C=CH_2 \\   \quad   \\ CH_3 \quad CH_3 \end{array}$ |
| $\begin{array}{c} CH_3-CH-CH=CH_2 \\   \\ CH_3 \end{array}$                                    | $\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_2 \\   \quad   \\ CH_3 \quad CH_3 \end{array}$     | $\begin{array}{c} CH_2=CH-C-CH_2-CH_3 \\   \\ CH_3 \end{array}$                    |
| $\begin{array}{c} CH_2-CH-CH_2 \\   \quad   \quad   \\ CH_3 \quad CH_3 \quad CH_3 \end{array}$ | $\begin{array}{c} CH_2=CH-CH_2 \\   \\ CH_3 \end{array}$                        | $\begin{array}{c} CH_3-CH_2-CH_2-CH-CH_3 \\   \\ CH_3 \end{array}$                 |
| $\begin{array}{c} CH_2-CH_2-CH_2 \\   \quad \quad   \\ CH_3 \quad \quad CH_3 \end{array}$      | $\begin{array}{c} CH_3 \\   \\ CH_3-C-C \equiv C-CH_3 \\   \\ CH_3 \end{array}$ | $\begin{array}{c} H_3C-CH_2-CH_2 \\   \\ H_3C-CH_2-CH_2 \end{array}$               |

Укажіть ізомери та гомологи серед запропонованих речовин.

10. Обчисліть відносну молекулярну масу 3-етил-2-метилпентану.  
 11. Допишіть рівняння реакцій, які характеризують хімічні властивості органічних речовин
- |                                                                                                                    |                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $CH_4 + Br_2 \rightarrow$<br>$nCH_2 = CH_2 \rightarrow$<br>$CH_3OH + K \rightarrow$<br>$CH_3COOH + Fe \rightarrow$ | $C_2H_4 + I_2 \rightarrow$<br>$CH \equiv CH + Cl_2 \rightarrow$<br>$C_3H_8O_3 + O_2 \rightarrow$<br>$C_6H_{12}O_6 \rightarrow$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
- Назвіть продукти реакцій. Укажіть умови перебігу реакцій.
12. Наведіть приклади хімічних властивостей органічних сполук: галогенування, гідрування, гідролізу, омилення. Складіть рівняння реакцій.
13. Обчисліть об'єм (л) водню, який утвориться (н.у.) під час взаємодії етанолу масою 18,4 г із калієм.
14. Обчисліть кількість речовини (моль), масу (г), об'єм (л) карбон(IV) оксиду (н.у.), що утвориться внаслідок повного згоряння пропену об'ємом 89,6 л.
15. У результаті гідролізу целюлози масою 32,4 кг одержали глюкозу масою 28,8 кг. Обчисліть відносний вихід (%) продукту реакції.

- 16\*. Оксигеновмісна органічна речовина належить до класу двоатомних спиртів. Масові частки Карбону та Гідрогену у ній становлять 38,71 та 9,68% відповідно. Визначте молекулярну формулу спирту. Використовуючи додаткові джерела, укажіть назву цієї сполуки, опишіть фізичні властивості, охарактеризуйте галузі застосування.
- 17\*. Вуглекислий газ, який утворюється під час спиртового бродіння глюкози масою 630 г, поглинули баритовою водою (насичений водний розчин барій гідроксиду). Обчисліть масу (г) одержаного осаду.

### Перевірте себе

- Оберіть правильну відповідь:
  - Укажіть молекулярні формули гомологів етанолу:  
 а)  $\text{CH}_3\text{OH}$       б)  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$       в)  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$       г)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$
  - Укажіть формулу сахарози  
 а)  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$       б)  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$       в)  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$       г)  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$
  - Укажіть хімічні формули вищих насичених карбонових кислот:  
 а)  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$       б)  $\text{CH}_3\text{COOH}$   
 в)  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$       г)  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$
  - Укажіть речовину, з якою реагують і гліцерол, і глюкоза  
 а)  $\text{Cu}$       б)  $\text{CuSO}_4$       в)  $\text{NaOH}$       г)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$
  - До природних полімерів належить  
 а) глюкоза      б) сахароза      в) поліпропілен      г) крохмаль
  - Укажіть функціональні групи амінокислот  
 а)  $-\text{CHO}$       б)  $-\text{COOH}$       в)  $-\text{OH}$       г)  $-\text{NH}_2$
- Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
  - Предмет вивчення органічної хімії — сполуки Гідрогену, їх склад, будова і властивості.
  - Алканам не властива структурна ізомерія, зумовлена будовою карбонового скелета.
  - Оксигеновмісні органічні речовини горять з утворенням вуглекислого газу й води.
  - Загальна формула насичених одноатомних спиртів —  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ .



Сьогодні ми переконалися, що за різноманіттям органічних сполук стоїть чітка система — класифікація. Вона допомагає зрозуміти, чим подібні й чим відрізняються вуглеводні, спирти, кислоти, жири чи білки.

Сьогодні ми запам'ятали такі слова:

**відщеплення — elimination;**

**ізомеризація — isomerization.**

Чи все вам сьогодні вдалося? Внесіть інформацію про ваші досягнення в карту успіху.



## §30. ГЕНЕТИЧНІ ЗВ'ЯЗКИ МІЖ ОРГАНІЧНИМИ ТА НЕОРГАНІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ



**У цьому параграфі ви дізнаєтеся:**

- як органічні сполуки утворюються з неорганічних і навпаки;
- які приклади таких перетворень трапляються в природі та промисловості;
- як розуміння генетичних зв'язків допомагає людині створювати нові речовини та зберігати ресурси планети.



Ми вже вивчили неорганічні й органічні сполуки: їхній склад, будову і властивості. Здається, це зовсім різні світи — як нежива і жива природа. Але ж у природі все взаємопов'язане! Тож, мабуть, подібні зв'язки існують і між цими сполуками.

Саме так! Між ними є генетичний зв'язок: органічні речовини можуть утворюватися з неорганічних і навпаки. Розберімося, як це відбувається в природі та в лабораторії.



Як взаємопов'язані органічний і неорганічний світи речовин і яку роль відіграє хімія в збереженні гармонії між ними?



### Опрацьовуємо інформацію



#### Генетичні зв'язки між органічними та неорганічними речовинами в природі



##### Робота в парі

Розгадайте ребус. Пригадайте природні процеси, під час яких відбувається перетворення органічних речовин на неорганічні. Наведіть приклади реакцій і запишіть рівняння. За потреби використайте додаткові джерела інформації.



Світ навколо нас побудований із мільйонів різних речовин, які постійно взаємодіють і перетворюються одна в одну. Серед них особливе місце займають органічні речовини, які є основою життя. Проте жодна органічна речовина не виникає з нічого, а є результатом хімічних перетворень органічних і неорганічних сполук.



##### Робота в парі

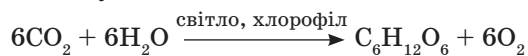
Використовуючи додаткові джерела інформації, порівняйте неорганічні й органічні речовини за складом, властивостями та іншими ознаками. Заповніть таблицю, наведіть приклади речовин.



| Ознаки для порівняння                   | Неорганічні речовини | Органічні речовини |
|-----------------------------------------|----------------------|--------------------|
| Кількість                               |                      |                    |
| Елементний склад                        |                      |                    |
| Валентність Карбону                     |                      |                    |
| Тип хімічного зв'язку                   |                      |                    |
| Кристалічна ґратка, фізичні властивості |                      |                    |
| Розчинність у воді                      |                      |                    |
| Горіння                                 |                      |                    |
| Ізомерія                                |                      |                    |
| Утворення гомологів                     |                      |                    |
| Фізіологічна роль                       |                      |                    |

Процес перетворення неорганічних сполук на органічні відбувається як у природі, так і в лабораторних умовах. Наприклад, фотосинтез — процес, за допомогою якого зелені рослини, водорості й деякі бактерії перетворюють вуглекислий газ і воду на органічні речовини й кисень.

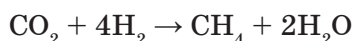
Рівняння фотосинтезу:



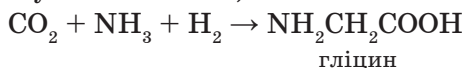
Цей процес є основою життя на Землі, адже забезпечує енергією практично всі живі організми. Тобто прості неорганічні речовини перетворюються на складні органічні молекули — вуглеводи, які потім організми використовують як джерело енергії для дихання, росту та синтезу білків й інших біополімерів.

Інші приклади таких зв'язків:

- **метаногенез** — природний процес утворення метану в болотах, ґрунтах, кишківнику тварин із неорганічних речовин (зокрема  $\text{CO}_2$  і водню).



- **утворення амінокислот:** амоніак і вуглекислий газ можуть бути реактантами для синтезу амінокислот, які є основою білків.



- **синтез органічних кислот** із неорганічних речовин у лабораторії та промисловості.

Неорганічні речовини не тільки слугують сировиною для органічних, а й підтримують життєві функції:

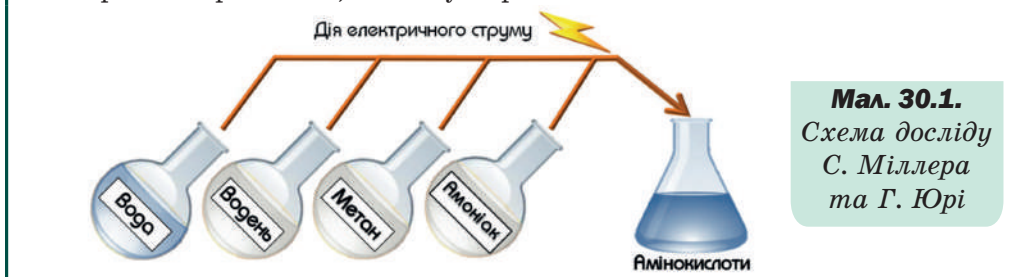
- вода — середовище для хімічних реакцій у клітинах;
- кисень — необхідний для дихання;
- йони металічних елементів — каталізатори біохімічних реакцій.

Без цих неорганічних речовин неможливий перебіг біохімічних процесів та існування живих організмів.

### А чи знаєте ви...

Науковці припускають, що мільйони років тому могли виникнути такі умови, за яких на Землі утворилися амінокислоти — речовини, які є основою всього живого. Науковці Стенлі Міллер та Гарольд Юрі в Чиказькому університеті в 1952 році продемонстрували своїм дослідженням, що цей процес міг відбутися за схемою, наведеною на мал. 30.1.

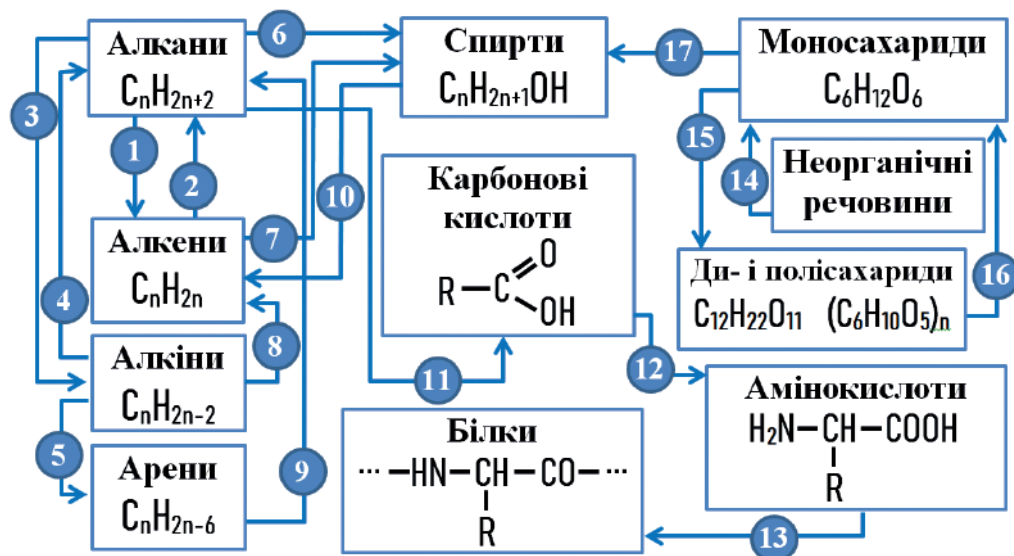
Через суміш із води, водню, метану й амоніаку пропускали електричні розряди (імітація блискавок). За кілька днів у пробірках виявили амінокислоти — органічні речовини, з яких утворені білки.



### Генетичні зв'язки між органічними речовинами

Органічні речовини утворюють складні ланцюги перетворень і взаємозв'язків. Усвідомлення цих зв'язків допомагає зрозуміти біохімічні процеси, які відбуваються в живій природі.

Основні типи генетичних зв'язків між органічними речовинами зображено на мал. 30.2.





Використовуючи цю схему, можемо спрогнозувати методи одержання органічних речовин. Я вже дещо узагальнив у таблиці для вуглеводнів.

| Вуглеводень | Приклад реакції                  | Рівняння                                         |
|-------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|
| Етан        | Гідроґенізація алкенів й алкінів | $C_2H_4 + H_2 \xrightarrow{kat} C_2H_6$          |
|             |                                  | $C_2H_2 + 2H_2 \xrightarrow{kat} C_2H_6$         |
| Етен        | Дегідроґенізація етану           | $C_2H_6 \xrightarrow{kat} C_2H_4 + H_2$          |
|             | Дегідратація етанолу             | $C_2H_5OH \xrightarrow{H^+} C_2H_4 + H_2O$       |
| Етин        | Дегідроґенізація етану           | $C_2H_6 \xrightarrow{kat} C_2H_2 + 2H_2$         |
|             | Розклад метану                   | $2CH_4 \xrightarrow{1500^\circ C} C_2H_2 + 3H_2$ |

А я розглянула деякі способи одержання оксигеновмісних речовин.

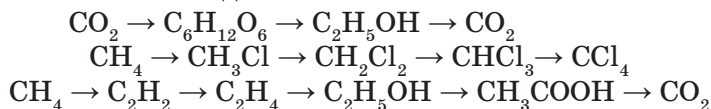


| Речовина        | Приклад реакції        | Рівняння                                                      |
|-----------------|------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Етанол          | Гідратація алкенів     | $C_2H_4 + H_2O \xrightarrow{H^+} C_2H_5OH$                    |
|                 | Бродіння глюкози       | $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{дріжджі}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$ |
| Етанова кислота | Окиснення етанолу      | $C_2H_5OH \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$                         |
|                 | Окиснення бутану       | $C_4H_{10} \xrightarrow{[O]} 2CH_3COOH + H_2O$                |
| Глюкоза         | Фотосинтез             | $6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{h\nu} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$        |
|                 | Гідроліз полісахаридів | $(C_6H_{10}O_5)_n \xrightarrow{+H_2O(H^+)} nC_6H_{12}O_6$     |

### Робота в парі

Використовуючи додаткові джерела інформації, дослідіть способи одержання нітроґеновмісних речовин. Запишіть рівняння реакцій.

Підсумовуючи нашу спільну роботу, можемо скласти приклади генетичних зв'язків між неорганічними та органічними речовинами. Ось деякі схеми:



### Робота в групах

Перетворіть наведені схеми на рівняння.



## Робота в групах

### Дослідження властивостей органічних сполук

Для роботи нам потрібно: штатив із пробірками, пробіротримач, піпетка, пальник, розчини етанолу, гліцеролу, етанової кислоти, купрум(2+) сульфату, натрій гідроксиду (або калій гідроксиду), натрій карбонату (або порошок питної соди), йоду, дистильована вода, індикаторний папірець, розчини, фенолфталеїну, метилоранжу, залізні ошурки, купрум(2+) оксид.

1. Об'єднайтеся в групи. Узгодьте критерії оцінювання власної діяльності та діяльності ваших однокласників/однокласниць під час роботи в групах.

2. Повторіть правила безпеки під час виконання роботи. Пригадайте правила користування нагрівними приладами.

### 3. Розпізнавання твердих речовин лимонної кислоти, глюкози, крохмалю.

Перед вами в пронумерованих склянках три білі речовини: лимонна кислота, глюкоза, крохмаль. За допомогою наявних реактивів і знань про властивості цих речовин визначте, у якій склянці знаходиться кожна з них.

- Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати.
- Виконайте експеримент і сформулюйте висновки за власними спостереженнями.
- Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Укажіть подібні та відмінні властивості досліджених речовин. Як підтвердити (довести) наявність крохмалю в одній зі склянок?

### 4. Розпізнавання розчинів етанолу та гліцеролу.

- У двох пронумерованих пробірках знаходяться розчини етанолу та гліцеролу. За допомогою наявних реактивів і знань про властивості цих речовин визначте, у якій пробірці знаходиться кожна з них.

**Увага!** Під час роботи з етанолом дотримуйтеся правил безпеки: працюйте з малими кількостями речовини в добре провітрюваному приміщенні, без нагрівання й відкритого вогню; уникайте вдихання парів і потрапляння етанолу до організму.

- Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати.
- Виконайте експеримент. Дотримуючись правил техніки безпеки, дослідіть фізичні властивості спиртів. Поясніть результати. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу?
- Сформулюйте висновки за власними спостереженнями. Укажіть реагент для якісного визначення багатоатомних спиртів.

### 5. Дослідження хімічних властивостей карбонових кислот.

- Підберіть реактиви для дослідження (проконсультуйтеся з учителем/вчителькою щодо наявних реактивів у кабінеті хімії).
- Дослідіть хімічні властивості карбонових кислот на прикладі етанової: дію на індикатор, взаємодію з металами, основними оксидами, основами, солями.

- Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати. Виконайте експеримент і заповніть таблицю.

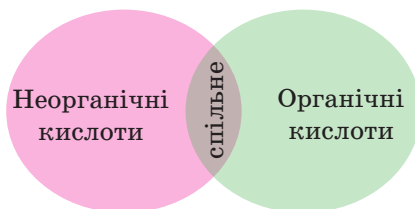
| Реактанти                       | CH <sub>3</sub> COOH |                  |
|---------------------------------|----------------------|------------------|
|                                 | Спостереження        | Рівняння реакції |
| Zn                              |                      |                  |
| CuO                             |                      |                  |
| NaOH                            |                      |                  |
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> |                      |                  |

- Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу?
- 6. Розв'язування експериментальних задач.** У чотирьох пробірках без надписів містяться етанол, етанова кислота, глюкоза, гліцерол.
- Визначте вміст кожної пробірки з використанням мінімальної кількості додаткових речовин і найменшої кількості експериментальних дій.
  - Сформулюйте гіпотезу, складіть план експерименту та спрогнозуйте результати.
  - Виконайте експеримент. Підтверджено чи спростовано вашу гіпотезу? Чи вдалося вам розв'язати експериментальні задачі?
7. Оцініть роботу учасників вашої групи та інших груп.



### Робота в групах

Складіть діаграму Венна та обговоріть з однокласниками/однокласницями. У колах укажіть відмінні риси між неорганічними й органічними кислотами, а на перетині кіл — спільні.



### Пояснюємо, творимо, використовуємо в житті

- Закінчіть речення:
  - Генетичні зв'язки — це...
  - Гідратація — це ...
  - Дегідратація — це ...
  - Гідроґенізація — це...
  - Дегідрування — це ...
  - Полімеризація — це ...
- Дайте відповіді на запитання:
  - Що таке гомологи?
  - Якими способами можна одержати спирти?
  - Яку спільну хімічну властивість мають ди- й полісахариди?
  - Яке значення мають реакції гідролізу вуглеводів?
  - Як утворюється пептидний зв'язок?
  - Який висновок можна зробити щодо взаємозв'язку неорганічних й органічних речовин?
- Які властивості характерні для насичених (алкани) та ненасичених (алкени, алкіни) вуглеводнів? Наведіть приклади реакцій.
- Перетворіть схеми реакцій на рівняння:
 

а) пропен + H<sub>2</sub> → ...    б) етен + HI → ...    в) гексан + O<sub>2</sub> → ...

г) етанол → ...    г) пентин + A → пентан

5. Відшукайте зайву речовину в кожному рядку. Поясніть свій вибір:  
 а)  $C_5H_{12}$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_7H_{16}$ ,  $C_2H_6$   
 б)  $C_5H_{12}O$ ,  $CH_3OH$ ,  $C_3H_5(OH)_3$ ,  $C_3H_7OH$   
 в)  $HCOOH$ ,  $H_2CO_3$ ,  $C_3H_7COOH$ ,  $HOOC-COOH$
6. Оберіть із запропонованого переліку формули речовин, із якими буде взаємодіяти:  
 а) пропан      б) етанова кислота      в) етанол  
 г) пропін      ґ) глюкоза      д) етен  
 $H_2O$ ,  $NaOH$ ,  $Cu(OH)_2$ ,  $Zn$  (металічний),  $CaO$ ,  $O_2$ ,  $K_2CO_3$ ,  $H_2$ ,  $I_2$ ,  $HBr$   
 Складіть рівняння можливих реакцій.
7. Укажіть, які реакції можливі:  
 а) між алканом та воднем  
 б) між лугом і карбоновою кислотою  
 в) між малоактивними металами й спиртами  
 г) між трьома амінокислотами  
 Наведіть приклади речовин і складіть рівняння реакцій. За потреби використайте додаткові джерела інформації.
- 8\*. У чотирьох пробірках містяться органічні речовини: пентан, пент-1-ен, пропанол, пропанова кислота. Визначте вміст кожної пробірки з використанням мінімальної кількості додаткових речовин і найменшої кількості експериментальних дій. Складіть план експерименту. Підтвердіть свої припущення записом відповідних молекулярних рівнянь реакцій.
9. Запишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити наступні перетворення:  
 а)  $CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow CO_2 \rightarrow Na_2CO_3$   
 б)  $C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa$   
     ↓  
      $C_2H_4 \rightarrow CO_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CO_2$   
 в) етин → етен → етанол → вуглекислий газ → глюкоза  
 г) сахароза → глюкоза → етанол → етанова кислота → магній етаноат  
 ґ) етен → етан → вуглекислий газ → глюкоза → етанол → етен  
 д) вуглець → вуглекислий газ → глюкоза → етанол → натрій етанолят  
 е) крохмаль → глюкоза → етанол → вуглекислий газ → глюкоза  
 є) етен → етанол → етанова кислота → натрій етаноат → етанова кислота  
 є) метан → вуглекислий газ → глюкоза → етанол → вуглекислий газ  
 ж) -ан → -ен → -ол → -ен  
 Назвіть продукти реакцій.
10. Складіть рівняння реакцій, у результаті яких можна одержати галогеновмісні органічні сполуки.
11. Укажіть кінцевий продукт перетворень за наведеною схемою:  
**метан** → **X** → **Y** → **Q**?  
 Визначте **можливі** продукти **X**, **Y**, **Q**. Складіть рівняння реакцій.

12. Обчисліть об'єм (л) етену, (н.у.), який можна одержати з етанолу кількістю речовини 4 моль.
13. Обчисліть максимальний об'єм (л) гідроген броміду, який може прореагувати з етином масою 104 г.
14. Обчисліть кількість речовини (моль) етанолу та об'єм вуглекислого газу, які утворюються під час спиртового бродіння глюкози масою 162 г.
15. Обчисліть масу (г) фруктози, що утворюється під час гідролізу сахарози кількістю речовини 2,5 моль.
- 16\*. Алкен масою 28 г прореагував із йодом масою 101,6 г. Визначте молекулярну формулу алкену. Укажіть кількість атомів Гідрогену в його молекулі.
- 17\*. Визначте молекулярну формулу насиченого одноатомного спирту, якщо його відносна молекулярна маса становить 60.
- 18\*. Обчисліть кількість речовини (моль) магнію та масу (г) розчину етанової кислоти з масовою часткою розчиненої речовини 9%, які потрібно використати, щоб одержати необхідний об'єм водню для відновлення міді з купрум(2+) оксиду масою 30 г.
19. Поясніть, як процес фотосинтезу демонструє зв'язок між органічними й неорганічними речовинами.
20. Використовуючи додаткові джерела інформації, наведіть приклади генетичних зв'язків у живій природі. Складіть власний приклад генетичного ланцюга, у якому беруть участь сполуки Карбону. Запропонуйте однокласникам/однокласницям скласти рівняння реакцій.
21. Поміркуйте, чому генетичні зв'язки важливі для розвитку хімічної промисловості. Наведіть приклади, використовуючи додаткові джерела інформації.

### Перевірте себе

1. Оберіть правильну відповідь:

1) Укажіть тип реакції, яка **не** характерна для метану

а) галогенування

б) горіння

в) термічний розклад

г) ізомеризація

2) Укажіть невідомий вуглеводень у реакції



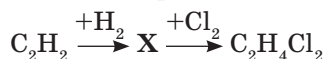
а) пропен

б) пропан

в) пропін

г) етен

3) Укажіть формулу невідомої речовини X у схемі перетворень



а)  $C_2H_4$

б)  $C_2H_5Cl$

в)  $C_2H_2Cl_4$

г)  $C_2H_6$

4) Складіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити перетворення

вуглець  $\rightarrow$  метан  $\rightarrow$  етин  $\rightarrow$  етен  $\rightarrow$  вуглекислий газ  $\rightarrow$  глюкоза

Укажіть суму коефіцієнтів у всіх рівняннях реакцій.

а) 20                      б) 30                      в) 40                      г) 45

2. Знайдіть і виправте помилки, якщо вони є в даних твердженнях:
- 1) Для органічних сполук **не** характерне існування гомологічних рядів.
  - 2) З вуглеводнів можна одержати оксигеновмісні органічні сполуки.
  - 3) Насичені вуглеводні вступають у реакцію гідроґенізації.
  - 4) Під час гідролізу ди- та полісахаридів утворюються моносахариди.
  - 5) Амінокислоти взаємодіють між собою з утворенням білків.



Використовуючи додаткові джерела інформації, створіть лепбук на одну із запропонованих тем: «Генетичні зв'язки між неорганічними сполуками», «Генетичні зв'язки між органічними сполуками» або «Генетичні зв'язки між органічними й неорганічними сполуками».

### Селена пише з України

Привіт, друзі!

Я повернулася додому, в Україну. Подорожуючи світом, бачила, як хіміки й хімікині в різних країнах перетворюють вуглекислий газ на паливо, воду — на енергію, а відходи — на корисні речовини. І зрозуміла: усі ці відкриття ґрунтуються на простій ідеї — у природі все пов'язане.

У лабораторії мого університету я спостерігаю ті ж самі реакції — між неорганічними й органічними речовинами. Стає зрозумілим, що генетичні зв'язки — це не лише формули. Це нагадування про те, що природа вміє створювати нове, використовуючи вже існуюче. І наше завдання — навчитися робити це розумно, з користю для планети.



Дивно, але коли ми починали вивчати цей предмет, хімія здавалася мені просто набором формул і реакцій. А тепер бачу: це історія про життя навколо нас: від повітря, яким ми дихаємо, до речовин, що живлять, лікують і захищають. І що цікавіше — усе в природі пов'язано. Неорганічні речовини перетворюються на органічні, а з органічних утворюються нові матеріали, паливо й навіть ліки. Хімія — це мова природи, яку ми навчилися розуміти.

Саме так! А ще — вона не стоїть осторонь сучасних технологій. Без хімії не було б ні розумних матеріалів, ні енергоощадних батарей, ні екологічних технологій. А все починається з маленького досліджу...

Це захоплює й надихає! Тому я вже точно знаю: хочу продовжити навчатися у STEM-кластері. Хімія, біологія, фізика, математика — це не просто предмети. Це ключі до розв'язання проблем, які стоять перед людством.





**Самоконтроль знань із теми**  
**«Узагальнюємо результати навчальної діяльності»**

1. Укажіть клас неорганічних сполук, водні розчини яких милкі на дотик, роз'їдають тканини, шкіру, змінюють забарвлення індикатора фенолфталеїну на малинове  
а) основні оксиди                      б) луги                      в) кислоти                      г) спирти
2. Укажіть рядок, що містить формули представників чотирьох основних класів неорганічних речовин  
а)  $\text{HI}$ ,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ba(OH)}_2$                       б)  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Li}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$   
в)  $\text{CO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$                       г)  $\text{HCl}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{Fe(OH)}_2$
3. Укажіть назву речовини **X** у схемі перетворень  
 $\text{Cu} \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{CuSO}_4$   
а) купрум(1+) оксид                      б) купрум(2+) оксид  
в) купрум(1+) гідроксид                      г) купрум(2+) гідроксид
4. Укажіть пару речовин, які **реагують** між собою  
а)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NaOH}$                       б)  $\text{HCl}$ ,  $\text{Ag}$   
в)  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Cu}$                       г)  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{LiOH}$
5. Реакція нейтралізації відбувається між речовинами, хімічні формули (формульні одиниці) яких  
а)  $\text{Mg}$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$                       б)  $\text{H}_3\text{PO}_4$  і  $\text{AgNO}_3$   
в)  $\text{NaOH}$  і  $\text{CH}_3\text{COOH}$                       г)  $\text{KOH}$  і  $\text{ZnSO}_4$
6. Укажіть назву речовини **X** у схемі перетворень  
 $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4$   
а)  $\text{H}_2\text{O}$                       б)  $\text{SO}$                       в)  $\text{H}_2\text{SO}_3$                       г)  $\text{H}_2\text{SO}_4$
7. Укажіть формулу речовини, яка взаємодіє з хлоридною кислотою  
а)  $\text{Hg}$                       б)  $\text{N}_2\text{O}_5$                       в)  $\text{FeO}$                       г)  $\text{KNO}_3$
8. Проаналізуйте твердження  
I. Взаємодія етину з хлором належить до реакції окиснення.  
II. Генетичний ряд відображає взаємозв'язок між різними класами неорганічних та органічних речовин.  
III. Усі солі  $\text{H}_2\text{ErO}_3$  розчинні у воді.  
IV. Гідрати основних оксидів належать до класу основ.  
V. Ознакою реакції етанової кислоти з натрій карбонатом є виділення безбарвного газу.  
Правильні з-поміж них лише  
а) I, III, V                      б) I, II, V                      в) II, IV, V                      г) II, III, IV
9. Увідповідніть назву хімічної реакції та назву одного з її продуктів  

| <i>Назва реакції</i>    | <i>Назва продукту</i>      |
|-------------------------|----------------------------|
| а) фотосинтез           | 1) 2-метилбутанова кислота |
| б) ізомеризація бутану  | 2) 2-метилпропан           |
| в) гідратація етену     | 3) етанол                  |
| г) дегідратація етанолу | 4) глюкоза                 |
|                         | 5) етен                    |

10. Установіть послідовність одержання етанолу з наведених речовин

а)  $\text{CH}_4$                       б)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$                       в)  $\text{C}_2\text{H}_4$ ;                      г)  $\text{C}_2\text{H}_2$

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
|   |   |   |   |

11. Проаналізуйте перелік речовин, хімічні формули яких:

$\text{HCOOH}$ ;  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ;  $\text{CH}_3\text{OH}$ ;  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ;  $\text{CH}_2(\text{OH})-\text{CH}_2(\text{OH})$ ;  $\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ .

У цьому переліку сполуки: одноатомні спирти (I), багатоатомні спирти (II), карбонові кислоти (III)

|    | I                                                                                                                              | II                                                                                                                             | III                                                                                                                            |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| а) | $\text{CH}_3\text{OH}$ ,<br>$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$                                                                    | $\text{CH}_2(\text{OH})-\text{CH}_2(\text{OH})$ ,<br>$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ,<br>$\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_6$ | $\text{HCOOH}$ ,<br>$\text{CH}_3\text{COOH}$                                                                                   |
| б) | $\text{CH}_3\text{OH}$ ,<br>$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$                                                                    | $\text{HCOOH}$ ,<br>$\text{CH}_3\text{COOH}$                                                                                   | $\text{CH}_2(\text{OH})-\text{CH}_2(\text{OH})$ ,<br>$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ,<br>$\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_6$ |
| в) | $\text{HCOOH}$ ,<br>$\text{CH}_3\text{COOH}$                                                                                   | $\text{CH}_2(\text{OH})-\text{CH}_2(\text{OH})$ ,<br>$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ,<br>$\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_6$ | $\text{CH}_3\text{OH}$ ,<br>$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$                                                                    |
| г) | $\text{CH}_2(\text{OH})-\text{CH}_2(\text{OH})$ ,<br>$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ,<br>$\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_6$ | $\text{CH}_3\text{OH}$ , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$                                                                       | $\text{HCOOH}$ ,<br>$\text{CH}_3\text{COOH}$                                                                                   |

12. Обчисліть об'єм (л) етену (н.у.), який можна одержати з етанолу кількістю речовини 3 моль

а) 6,72                      б) 67,2                      в) 22,4                      г) 3



Доповніть речення та оцініть свої досягнення

• Я дізнався/дізналася

• Я знаю

• Я можу

• Я вмію

Я все розумію та можу пояснити.

Я ще не все розумію та допускаю помилки.

Мені важко відповісти на запитання.

# Додаток 1

## Склад і назви деяких кислот і кислотних залишків

| Формула                         | Назва        |              | Аніон                            |            | Оксид                                           |
|---------------------------------|--------------|--------------|----------------------------------|------------|-------------------------------------------------|
|                                 | хімічна      | тривіальна   | формула                          | назва      |                                                 |
| HF                              | флюоридна    | плавикова    | F <sup>-</sup>                   | флюорид    |                                                 |
| HCl                             | хлоридна     | соляна       | Cl <sup>-</sup>                  | хлорид     |                                                 |
| HBr                             | бромідна     | бромоводнева | Br <sup>-</sup>                  | бромід     |                                                 |
| HI                              | йодидна      | йодоводнева  | I <sup>-</sup>                   | йодид      |                                                 |
| H <sub>2</sub> S                | сульфідна    | сірководнева | S <sup>2-</sup>                  | сульфід    |                                                 |
| H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>  | сульфітна    | сірчиста     | SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>    | сульфіт    | SO <sub>2</sub>                                 |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | сульфатна    | сірчана      | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>    | сульфат    | SO <sub>3</sub>                                 |
| HNO <sub>3</sub>                | нітратна     | азотна       | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>     | нітрат     | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , NO <sub>2</sub> |
| HNO <sub>2</sub>                | нітритна     | азотиста     | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>     | нітрит     | N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> |
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>  | ортофосфатна | фосфорна     | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>    | ортофосфат | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                   |
| HPO <sub>3</sub>                | метафосфатна | метафосфорна | PO <sub>3</sub> <sup>-</sup>     | метафосфат | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                   |
| H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>  | карбонатна   | вугільна     | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>    | карбонат   | CO <sub>2</sub>                                 |
| H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> | силікатна    | кремнієва    | SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>   | силікат    | SiO <sub>2</sub>                                |
| CH <sub>3</sub> COOH            | етанова      | оцтова       | CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> | етаноат    |                                                 |

Відповіді до задач можна переглянути за  
QR-кодом або за покликанням  
<https://cutt.ly/ztOeYlCR>



# Періодична таблиця хімічних

| Періоди | I                                               | II                                                            | III                                   | IV                                              | V                                           |                                      |                                         |
|---------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1       | 1<br><b>H</b><br>Гідроген<br>Водень<br>1,0078   |                                                               |                                       |                                                 |                                             |                                      |                                         |
| 2       | 3<br><b>Li</b><br>Літій<br>6,939                | 4<br><b>Be</b><br>Берилій<br>9,0122                           | 5<br><b>B</b><br>Бор<br>10,806        | 6<br><b>C</b><br>Карбон<br>Вуглець<br>12,0096   | 7<br><b>N</b><br>Нітроген<br>Азот<br>14,006 |                                      |                                         |
| 3       | 11<br><b>Na</b><br>Натрій<br>22,990             | 12<br><b>Mg</b><br>Магній<br>24,304                           | 13<br><b>Al</b><br>Алюміній<br>26,982 | 14<br><b>Si</b><br>Силіцій<br>Кремній<br>28,084 | 15<br><b>P</b><br>Фосфор<br>30,974          |                                      |                                         |
| 4       | 19<br><b>K</b><br>Калій<br>39,098               | 20<br><b>Ca</b><br>Кальцій<br>40,078                          | 21<br><b>Sc</b><br>Скандій<br>44,956  | 22<br><b>Ti</b><br>Титан<br>47,867              |                                             |                                      |                                         |
|         | 29<br><b>Cu</b><br>Купрум<br>Мідь<br>63,546     | 30<br><b>Zn</b><br>Цинк<br>65,38                              | 31<br><b>Ga</b><br>Галій<br>69,723    | 32<br><b>Ge</b><br>Германій<br>72,63            | 33<br><b>As</b><br>Арсен<br>74,922          |                                      |                                         |
| 5       | 37<br><b>Rb</b><br>Рубідій<br>85,468            | 38<br><b>Sr</b><br>Стронцій<br>87,62                          | 39<br><b>Y</b><br>Ітрій<br>88,906     | 40<br><b>Zr</b><br>Цирконій<br>91,222           |                                             |                                      |                                         |
|         | 47<br><b>Ag</b><br>Аргентум<br>Срібло<br>107,87 | 48<br><b>Cd</b><br>Кадмій<br>112,41                           | 49<br><b>In</b><br>Індій<br>114,818   | 50<br><b>Sn</b><br>Станум<br>Олово<br>118,71    | 51<br><b>Sb</b><br>Стибій<br>121,76         |                                      |                                         |
| 6       | 55<br><b>Cs</b><br>Цезій<br>132,905             | 56<br><b>Ba</b><br>Барій<br>137,33                            | 57<br><b>La</b><br>Лантан<br>138,91   | 72<br><b>Hf</b><br>Гафній<br>178,49             |                                             |                                      |                                         |
|         | 79<br><b>Au</b><br>Аурум<br>Золото<br>196,97    | 80<br><b>Hg</b><br>Меркурій<br>Ртуть<br>Гідраргірум<br>200,59 | 81<br><b>Tl</b><br>Талій<br>204,38    | 82<br><b>Pb</b><br>Плюмбум<br>Свинець<br>207,94 | 83<br><b>Bi</b><br>Бісмут<br>208,98         |                                      |                                         |
| 7       | 87<br><b>Fr</b><br>Францій<br>—                 | 88<br><b>Ra</b><br>Радій<br>—                                 | 89<br><b>Ac</b><br>Актиній<br>—       | 104<br><b>Rf</b><br>Резерфордій<br>—            |                                             |                                      |                                         |
|         | 111<br><b>Rg</b><br>Рентгеній<br>—              | 112<br><b>Cn</b><br>Коперницій<br>—                           | 113<br><b>Nh</b><br>Ніхоній<br>—      | 114<br><b>Fl</b><br>Флеровій<br>—               | 115<br><b>Mc</b><br>Московій<br>—           |                                      |                                         |
|         |                                                 |                                                               |                                       |                                                 |                                             |                                      |                                         |
|         | 58<br><b>Ce</b><br>Церій<br>140,116             | 59<br><b>Pr</b><br>Празеодим<br>140,907                       | 60<br><b>Nd</b><br>Неодим<br>144,24   | 61<br><b>Pm</b><br>Прометій<br>—                | 62<br><b>Sm</b><br>Самарій<br>150,36        | 63<br><b>Eu</b><br>Європій<br>151,96 | 64<br><b>Gd</b><br>Гадоліній<br>157,249 |
|         | 90<br><b>Th</b><br>Торій<br>232,0377            | 91<br><b>Pa</b><br>Протактиній<br>231,04                      | 92<br><b>U</b><br>Уран<br>238,0289    | 93<br><b>Np</b><br>Нептуній<br>—                | 94<br><b>Pu</b><br>Плутоній<br>—            | 95<br><b>Am</b><br>Америцій<br>—     | 96<br><b>Cm</b><br>Кюрії<br>—           |

266

елементів (короткий варіант)

| Групи                         |                                       |                                   |                               |                               |                               |                               |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                               | VI                                    | VII                               | VIII                          |                               |                               |                               |
|                               |                                       |                                   | 2<br>He<br>Гелій<br>4,0026    |                               |                               |                               |
|                               | 8<br>O<br>Оксиген<br>Кисень<br>15,999 | 9<br>F<br>Флюор<br>Фтор<br>18,998 | 10<br>Ne<br>Неон<br>20,180    |                               |                               |                               |
|                               | 16<br>S<br>Сульфур<br>Сірка<br>32,06  | 17<br>Cl<br>Хлор<br>35,45         | 18<br>Ar<br>Аргон<br>39,792   |                               |                               |                               |
| 23<br>V<br>Ванадій<br>50,942  | 24<br>Cr<br>Хром<br>51,996            | 25<br>Mn<br>Манган<br>54,938      | 26<br>Fe<br>Ферум<br>55,845   | 27<br>Co<br>Кобальт<br>58,933 | 28<br>Ni<br>Нікель<br>58,693  |                               |
|                               | 34<br>Se<br>Селен<br>78,971           | 35<br>Br<br>Бром<br>79,902        | 36<br>Kr<br>Криптон<br>83,798 |                               |                               |                               |
| 41<br>Nb<br>Ніобій<br>92,906  | 42<br>Mo<br>Молібден<br>95,95         | 43<br>Tc<br>Технецій<br>—         | 44<br>Ru<br>Рутеній<br>101,07 | 45<br>Rh<br>Родій<br>102,905  | 46<br>Pd<br>Паладій<br>106,42 |                               |
|                               | 52<br>Te<br>Телур<br>127,60           | 53<br>I<br>Йод<br>126,904         | 54<br>Xe<br>Ксенон<br>131,29  |                               |                               |                               |
| 73<br>Ta<br>Тантал<br>180,95  | 74<br>W<br>Вольфрам<br>183,84         | 75<br>Re<br>Реній<br>186,207      | 76<br>Os<br>Осмій<br>190,23   | 77<br>Ir<br>Іридій<br>192,217 | 78<br>Pt<br>Платина<br>195,08 |                               |
|                               | 84<br>Po<br>Полоній<br>—              | 85<br>At<br>Астат<br>—            | 86<br>Rn<br>Радон<br>—        |                               |                               |                               |
| 105<br>Db<br>Дубній<br>—      | 106<br>Sg<br>Сіборгій<br>—            | 107<br>Bh<br>Борій<br>—           | 108<br>Hs<br>Гасій<br>—       | 109<br>Mt<br>Майтнерій<br>—   | 110<br>Ds<br>Дармштадтій<br>— |                               |
|                               | 116<br>Lv<br>Ліверморій<br>—          | 117<br>Ts<br>Теннессин<br>—       | 118<br>Og<br>Оганесон<br>—    |                               |                               |                               |
| 65<br>Tb<br>Тербій<br>158,925 | 66<br>Dy<br>Диспрозій<br>162,50       | 67<br>Ho<br>Гольмій<br>164,93     | 68<br>Er<br>Ербій<br>167,259  | 69<br>Tm<br>Тулій<br>168,93   | 70<br>Yb<br>Ітербій<br>173,05 | 71<br>Lu<br>Лютецій<br>174,97 |
| 97<br>Bk<br>Берклій<br>—      | 98<br>Cf<br>Каліфорній<br>—           | 99<br>Es<br>Айнштайній<br>—       | 100<br>Fm<br>Фермій<br>—      | 101<br>Md<br>Менделєвій<br>—  | 102<br>No<br>Нобелій<br>—     | 103<br>Lr<br>Лоуренсій<br>—   |



## СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

**Алкани** (насичені вуглеводні) — це вуглеводні, у молекулах яких атоми Карбону сполучені простими (одинарними) ковалентними зв'язками.

**Амінокислоти** — похідні карбонових кислот, у молекулах яких атоми Гідрогену вуглеводневих залишків заміщені на аміногрупи ( $-\text{NH}_2$ ).

**Амфотерні гідроксиди** — тверді речовини немалекулярної будови, що виявляють подвійну хімічну природу.

**Білки** — це високомолекулярні органічні сполуки, макромолекули яких містять один або декілька довгих поліпептидних ланцюгів.

**Водневий зв'язок** — це вид хімічного зв'язку, який виникає за рахунок електростатичної взаємодії між молекулами за участю атомів Гідрогену та найбільш електронегативних елементів (наприклад, Оксигену, Флюору та ін.).

**Вуглеводи** (цукри, сахариди, карбогідрати) — це речовини, які є основним джерелом енергії для нашого організму.

**Вуглеводні** — це органічні сполуки, молекули яких містять лише атоми Карбону й Гідрогену.

**Гідратація** — процес утворення продуктів взаємодії води з розчищеною речовиною.

**Гідрати** — це продукти приєднання молекул води (гідратації) до молекул чи йонів.

**Гідроліз** — це хімічна реакція розкладу речовин під дією води з утворенням нових сполук.

**Гомологи** — це сполуки, які подібні за будовою та властивостями, але відрізняються за складом на одну або декілька груп атомів ( $-\text{CH}_2-$ ).

**Гомологічний ряд** — послідовність сполук, у якій молекула кожного

наступного представника ряду відрізняється за складом від попередньої на одну й ту ж групу  $-\text{CH}_2-$ .

**Гомологічна різниця** — група атомів  $-\text{CH}_2-$ .

**Дисахариди** — вуглеводи, молекули яких складаються із залишків двох молекул моносахаридів.

**Екстракція** — це процес вилучення із суміші (розчину) одного або кількох розчинених компонентів за допомогою іншого розчинника.

**Екстрагент** — вибірковий (селективний) розчинник для екстрагування окремих компонентів із рідких сумішей (наприклад, водних розчинів).

**Екстрактивні речовини** — речовини, які вилучають із сировини (рослинної, тваринної) за допомогою екстрагента (розчинника).

**Електроліти** — це речовини, водні розчини або розплави яких проводять електричний струм.

**Неелектроліти** — речовини, які не проводять струм у водному розчині або розплаві.

**Електролітична дисоціація** — це процес розпаду речовин на йони під час їх розчинення у воді або розплавлення.

**Жири** (триацилгліцероли або тригліцериди) — це похідні гліцеролу й вищих карбонових кислот.

**Жорсткість води** — це природна властивість води, зумовлена наявністю в ній розчинних кислих і середніх солей Кальцію та Магнію.

**Ізомери** — сполуки, які мають однаковий якісний і кількісний склад, але різну будову й властивості.

**Ізомерія** — це явище існування речовин з однаковим якісним і кількісним складом (молекулярною формулою), але різною будовою або

просторовим розміщенням атомів.

**Йонно-молекулярні рівняння** — це умовний запис хімічної реакції з використання формул речовин і формул йонів.

**Кислоти** (розчинні у воді) — це електроліти, що дисоціюють з утворенням катіонів Гідрогену  $H^+$  та аніонів кислотного залишку.

**Кристалогідрати** — кристалічні речовини, кристалічна ґратка яких містить гідратовані йони.

**Масова частка розчиненої речовини в розчині** — відношення маси розчиненої речовини до маси розчину.

**Моносахариди** — вуглеводи, які не піддаються гідролізу.

**Насичений розчин** — це розчин, у якому речовина за даних умов більше не розчиняється.

**Ненасичений розчин** — розчин, у якому за даних умов можна розчинити ще певну кількість речовини.

**Ненасичені вуглеводні** — це вуглеводні, у молекулах яких між атомами Карбону є кратні зв'язки (подвійні або потрійні).

**Оксигеновмісні органічні сполуки** — сполуки, молекули яких утворені атомами Карбону, Гідрогену та Оксигену.

**Органічна хімія** — це розділ хімії, що вивчає сполуки Карбону (крім оксидів, карбонатів і деяких інших неорганічних речовин).

**Основи** — це сполуки, які дисоціюють на катіони металічних елементів (або йон амонію  $NH_4^+$ ) та гідроксид-аніони  $OH^-$ .

**Поверхневий натяг** — фізичне явище, суть якого полягає в прагненні рідини скоротити площу своєї поверхні при незмінному об'ємі.

**Полімери** — це органічні сполуки, молекули яких складаються з повторюваних маленьких ланок і ма-

ють великі значення відносної молекулярної маси.

**Полісахариди** — речовини, утворені з великої кількості залишків молекул глюкози, сполучених між собою в довгі ланцюги.

**Розчин** — однорідна (гомогенна) система, що складається з двох або більше компонентів чи продуктів їх взаємодії.

**Розчинність** — це здатність речовини за даних умов розчинятися у воді або іншому розчиннику з утворенням істинного розчину.

**Солі** — це сполуки, які дисоціюють на гідратовані катіони металічних елементів (або йон амонію  $NH_4^+$ ) та аніони кислотних залишків.

**Сольватація** — процес утворення продуктів взаємодії розчинника з розчиненою речовиною.

**Сольвати** — продукти взаємодії розчинника з розчиненими речовинами.

**Спирти** — це оксигеновмісні органічні сполуки, молекули яких містять одну або кілька функціональних груп ( $-OH$ ), сполучених із вуглеводневим замісником.

**Ступінь дисоціації** — це відношення кількості частинок, які розпалися на йони, до загальної кількості частинок розчиненої речовини (молекул або формульних одиниць) у розчині.

**Функціональна група** — це група атомів у молекулі, яка визначає її властивості.

**Якісні реакції** — це хімічні реакції, які дозволяють виявити певні йони в розчинах.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. SUPERSIMPLE CHEMISTRY. The ultimate bitesize study guide / Nigel Saunders, Kat Day, Iain Brand, Anna Claybourne. — London: A Penguin Random House (Dorling Kindersley Limited), 2020 — 288 p.
2. Березан О. Хімія: підручник для 9 кл. загальноосвітніх навчальних закладів з українською мовою навчання. / О. Березан. — Тернопіль: Підручники і посібники, 2017. — 240 с., іл.
3. Білик О.М. Хімія у визначеннях, таблицях і схемах. 7-11 кл. / О.М. Білик. — Харків: Вид-во «Ранок», 2021. — 128 с. — (Серія «Рятівник 3.0»).
4. Бутенко А.М. Хімія для загальноосвітніх навчальних закладів з поглибленим вивченням хімії: підруч. для 8 кл. загальноосвіт. навч. закладів / А.М. Бутенко. — Х.: Гімназія, 2016. — 288 с.: іл.
5. Бутенко А. М. Хімія для загальноосвітніх навчальних закладів з поглибленим вивченням хімії : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закладів / А.М. Бутенко. — Х.: Гімназія, 2017. — 320 с.: іл.
6. Величко Л.П. Хімія: підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти: профіль. рівень / Л.П. Величко. — К.: Школяр, 2018. — 296 с.: іл.
7. Гранкіна Т.М. Хімія. Задачник із «помічником». 10-11 класи. — Харків: Вид-во «Ранок», 2019. — 112 с.
8. Гранкіна Т.М. Хімія. Задачник із «помічником». 7-9 класи. — Харків: Вид-во «Ранок», 2019. — 112 с.
9. Дячук Л. Хімія: Збірник задач. 9 клас. — Тернопіль: Підручники і посібники, 2010. — 48 с.
10. Мешкова О.М. Тестові завдання. 11 клас. Частина 5. — Х.: Вид. група «Основа», 2018. — 112 с.
11. Мідак Л. Я. та ін. Хімія: підручник для 8 класу закладів загальної середньої освіти / Л.Я. Мідак, О.В. Кузишин, Ю.Д. Пахомов, Х.В. Буждиган. — Тернопіль: Астон, 2025. — 272 с.
12. Попель П.П. Хімія: підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. / П. П. Попель, Л. С. Крикля. — Київ: ВЦ «Академія», 2017. — 240 с.: іл.
13. Попель П.П. Хімія (рівень стандарту): підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти / П.П. Попель, Л.С. Крикля. — Київ : ВЦ «Академія», 2018. — 256 с.: іл.
14. Савчин М.М. Хімія : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. / М.М. Савчин. — К.: Грамота, 2017. — 256 с.: іл.
15. Савчин М.М. Хімія (рівень стандарту): підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти / М. М. Савчин. — К.: Грамота, 2018. — 208 с., іл.
16. Титаренко Н.В. Хімія. 10 клас: Зошит для самостійних і контрольних робіт / Наталія Титаренко. — Харків: Видавничий дім Весна, 2019. — 56 с.
17. Титаренко Н.В. Тестовий контроль результатів навчання. 10 клас. Рівень стандарту: навч. посіб. для закладів середньої освіти / Н.В. Титаренко. — Київ: Літера ЛТД, 2018. — 48 с.
18. Титаренко Н.В. Тестовий контроль результатів навчання. Поточний контроль і лабораторні досліді. 9 клас: навч. посіб. для закладів загальної середньої освіти / Н.В. Титаренко. — Київ: Літера ЛТД, 2021. — 96 с.
19. Хімія: підручник для 7 класу закладів загальної середньої освіти / Л.Я. Мідак, О.В. Кузишин, Ю.Д. Пахомов, Х.В. Буждиган. — Тернопіль: Астон, 2024. — 192 с.
20. Царьова Н., Баранова Т. Контроль навчальних досягнень та самостійні роботи з хімії. 9 клас. — Тернопіль: Підручники і посібники, 2011. — 80 с.
21. Ярошенко О. Г. Хімія: підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закладів / О. Г. Ярошенко. — К.: УОВЦ «Оріон», 2017. — 224 с.: іл.
22. <https://phet.colorado.edu/uk/>
23. <https://www.webelements.com/>
24. <https://www.chemistryworld.com/>
25. <https://childdevelop.com.ua/>
26. <https://molview.org>

## ЗМІСТ

|                                                                                                                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ДІАГНОСТУВАННЯ УМІНЬ, НАБУТИХ У 8 КЛАСІ .....</b>                                                                       | <b>6</b>   |
| §1. Бінарні сполуки. Оксиди та їх гідрати. Солі .....                                                                      | 7          |
| §2. Будова атома. Хімічний зв'язок .....                                                                                   | 14         |
| <b>ТЕМА 1. ДОСЛІДЖУЄМО РОЗЧИННІСТЬ РЕЧОВИН І РОЗЧИНИ .....</b>                                                             | <b>21</b>  |
| §3. Вода як полярний розчинник. Водневий зв'язок .....                                                                     | 22         |
| §4. Поняття про істинні розчини як суміші .....                                                                            | 30         |
| §5. Розчинність речовин .....                                                                                              | 36         |
| §6. Масова частка розчиненої речовини в розчині .....                                                                      | 47         |
| §7. Екстракція речовин як спосіб розділення суміші .....                                                                   | 55         |
| §8. Розчини в природі. Захист водних ресурсів від побутових і промислових забруднювачів .....                              | 63         |
| <b>ТЕМА 2. ДОСЛІДЖУЄМО ХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ В РОЗЧИНАХ .....</b>                                                                | <b>73</b>  |
| §9. Електроліти та неелектроліти. Електролітична дисоціація .....                                                          | 73         |
| §10. Кислоти, основи, солі з позиції електролітичної дисоціації .....                                                      | 79         |
| §11. Сильні та слабкі електроліти. Водневий показник рН .....                                                              | 88         |
| §12. Йонні реакції в розчинах .....                                                                                        | 96         |
| §13. Виявлення йонів у розчинах .....                                                                                      | 104        |
| §14. Значення реакцій йонного обміну в природі. Йонний обмін як засіб водопідготовки .....                                 | 112        |
| <b>ТЕМА 3. ДОСЛІДЖУЄМО ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ .....</b>                                                                        | <b>121</b> |
| §15. Поняття про органічні сполуки .....                                                                                   | 121        |
| §16. Насичені вуглеводні. Метан і його властивості .....                                                                   | 129        |
| §17. Ненасичені вуглеводні. Властивості етену й етину .....                                                                | 137        |
| §18. Горіння вуглеводнів. Застосування вуглеводнів .....                                                                   | 144        |
| §19. Спирти в повсякденні: етанол. Фізичні та хімічні властивості, застосування .....                                      | 152        |
| §20. Гліцерол. Фізичні та хімічні властивості, застосування .....                                                          | 161        |
| §21. Органічні кислоти в повсякденні: етанова кислота. Хімічні формули, фізичні та хімічні властивості, застосування ..... | 168        |
| §22. Мило. Мийна дія мила та синтетичних мийних засобів .....                                                              | 177        |
| §23. Жири. Значення жирів .....                                                                                            | 185        |
| §24. Вуглеводи: моносахариди .....                                                                                         | 193        |
| §25. Вуглеводи: дисахариди, полісахариди .....                                                                             | 202        |
| §26. Амінокислоти та білки .....                                                                                           | 211        |
| <b>ТЕМА 4. УЗАГАЛЬНЮЄМО РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ .....</b>                                                         | <b>226</b> |
| §27. Основні класи неорганічних сполук (класифікація) .....                                                                | 226        |
| §28. Взаємозв'язки між класами неорганічних сполук .....                                                                   | 234        |
| §29. Класифікація органічних сполук. Класифікація хімічних реакцій .....                                                   | 245        |
| §30. Генетичні зв'язки між органічними та неорганічними речовинами .....                                                   | 254        |
| Словник термінів .....                                                                                                     | 268        |
| Список використаної та рекомендованої літератури .....                                                                     | 270        |

**Навчальне видання**

**Авторський колектив:**  
**МІДАК** Лілія Ярославівна  
**КУЗИШИН** Ольга Василівна  
**ПАХОМОВ** Юрій Дмитрович  
**БУЖДИГАН** Христина Василівна

# **Хімія**

**Підручник для 9 класу**  
**закладів загальної середньої освіти**

**Рекомендовано Міністерством освіти і науки України**

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

**Підручник відповідає Державним санітарним нормам і правилам**  
**«Гігієнічні вимоги до друкованої продукції для дітей»**

*У виданні використані ілюстрації з інтернет-джерел, що розміщені у вільному доступі. На шмуцтитулах використано (з дозволу батьків і самих дітей) фото Марка Кравця і Таміли Пахомової, зроблені в Івано-Франківському приватному закладі ліцеї «Український ліцей Монтессорі»*

**Головний редактор** *Іван Білах*  
**Літературний редактор** *Світлана Галуга*  
**Комп'ютерна верстка** *Дарії Янік*  
**Обкладинка** *Надія Кравець*  
**Художнє оформлення** *Тетяни Волошин, Надії Кравець*

**Формат** 70×100/16.  
**Умовно-друк. арк.** 22,1. **Обл.-вид. арк.** 14,2. **Наклад** 50245 прим.

**ТзОВ «Видавництво Астон», 46006, м. Тернопіль, вул. Гайова, 8**  
**Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів**  
**видавничої справи ТР №28 від 09.06.2005 р.**  
**www.aston.te.ua, e-mail: tovaston@gmail.com**

Періодична таблиця хімічних елементів

| Групи      | 1                                           | 2                             | 3                             | 4                              | 5                                 | 6                             | 7                            | 8                                     | 9                             | 10                               | 11                                       | 12                                                     | 13                             | 14                                       | 15                                   | 16                                    | 17                                | 18                            |
|------------|---------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Періоди    | 1<br>1<br>H<br>Гідроген<br>Водень<br>1,0078 | 2<br>He<br>Гелій<br>4,0026    |                               |                                |                                   |                               |                              |                                       |                               |                                  |                                          |                                                        |                                |                                          |                                      |                                       |                                   |                               |
| 2<br>2     | 3<br>Li<br>Літій<br>6,939                   | 4<br>Be<br>Берилій<br>9,0122  |                               |                                |                                   |                               |                              |                                       |                               |                                  |                                          |                                                        | 5<br>B<br>Бор<br>10,806        | 6<br>C<br>Карбон<br>Вуглець<br>12,0096   | 7<br>N<br>Нітроген<br>Азот<br>14,006 | 8<br>O<br>Оксиген<br>Кисень<br>15,999 | 9<br>F<br>Флюор<br>Фтор<br>18,998 | 10<br>Ne<br>Неон<br>20,180    |
| 3<br>3     | 11<br>Na<br>Натрій<br>22,990                | 12<br>Mg<br>Магній<br>24,304  |                               |                                |                                   |                               |                              |                                       |                               |                                  |                                          |                                                        | 13<br>Al<br>Алюміній<br>26,982 | 14<br>Si<br>Силіцій<br>Кремній<br>28,084 | 15<br>P<br>Фосфор<br>30,974          | 16<br>S<br>Сульфур<br>Сірка<br>32,06  | 17<br>Cl<br>Хлор<br>35,45         | 18<br>Ar<br>Аргон<br>39,792   |
| 4<br>4     | 19<br>K<br>Калій<br>39,098                  | 20<br>Ca<br>Кальцій<br>40,078 | 21<br>Sc<br>Скандій<br>44,956 | 22<br>Ti<br>Титан<br>47,867    | 23<br>V<br>Ванадій<br>50,942      | 24<br>Cr<br>Хром<br>51,996    | 25<br>Mn<br>Манган<br>54,938 | 26<br>Fe<br>Ферум<br>Залізо<br>55,845 | 27<br>Co<br>Кобальт<br>58,933 | 28<br>Ni<br>Нікель<br>58,693     | 29<br>Cu<br>Купрум<br>Мідь<br>63,546     | 30<br>Zn<br>Цинк<br>65,38                              | 31<br>Ga<br>Галій<br>69,723    | 32<br>Ge<br>Германій<br>72,63            | 33<br>As<br>Арсен<br>74,922          | 34<br>Se<br>Селен<br>78,971           | 35<br>Br<br>Бром<br>79,902        | 36<br>Kr<br>Криптон<br>83,798 |
| 5<br>5     | 37<br>Rb<br>Рубідій<br>85,468               | 38<br>Sr<br>Стронцій<br>87,62 | 39<br>Y<br>Ітрій<br>88,906    | 40<br>Zr<br>Цирконій<br>91,222 | 41<br>Nb<br>Ніобій<br>92,906      | 42<br>Mo<br>Молибден<br>95,95 | 43<br>Tc<br>Технецій<br>—    | 44<br>Ru<br>Рутеній<br>101,07         | 45<br>Rh<br>Родій<br>102,905  | 46<br>Pd<br>Паладій<br>106,42    | 47<br>Ag<br>Аргентум<br>Срібло<br>107,87 | 48<br>Cd<br>Кадмій<br>112,41                           | 49<br>In<br>Індій<br>114,818   | 50<br>Sn<br>Станум<br>Олово<br>118,71    | 51<br>Sb<br>Стибій<br>121,76         | 52<br>Te<br>Телур<br>127,60           | 53<br>I<br>Йод<br>126,904         | 54<br>Xe<br>Ксенон<br>131,29  |
| 6<br>6     | 55<br>Cs<br>Цезій<br>132,905                | 56<br>Ba<br>Барій<br>137,33   | 57<br>La<br>Лантан<br>138,91  | 72<br>Hf<br>Гафній<br>178,49   | 73<br>Ta<br>Тантал<br>180,95      | 74<br>W<br>Вольфрам<br>183,84 | 75<br>Re<br>Реній<br>186,207 | 76<br>Os<br>Осмій<br>190,23           | 77<br>Ir<br>Іридій<br>192,217 | 78<br>Pt<br>Платина<br>195,08    | 79<br>Au<br>Аурум<br>Золото<br>196,97    | 80<br>Hg<br>Меркурій<br>Ртуть<br>Гідраргірум<br>200,59 | 81<br>Tl<br>Талій<br>204,38    | 82<br>Pb<br>Плюмбум<br>Свинець<br>207,94 | 83<br>Bi<br>Бісмут<br>208,98         | 84<br>Po<br>Полоній<br>—              | 85<br>At<br>Астат<br>—            | 86<br>Rn<br>Радон<br>—        |
| 7<br>7     | 87<br>Fr<br>Францій<br>—                    | 88<br>Ra<br>Радій<br>—        | 89<br>Ac<br>Актиній<br>—      | 104<br>Rf<br>Резерфордій<br>—  | 105<br>Db<br>Дубній<br>—          | 106<br>Sg<br>Сіборгій<br>—    | 107<br>Bh<br>Борій<br>—      | 108<br>Hs<br>Гасій<br>—               | 109<br>Mt<br>Майтнерій<br>—   | 110<br>Ds<br>Дармштадтій<br>—    | 111<br>Rg<br>Рентгеній<br>—              | 112<br>Cn<br>Коперницій<br>—                           | 113<br>Nh<br>Ніхоній<br>—      | 114<br>Fl<br>Флеровій<br>—               | 115<br>Mc<br>Московій<br>—           | 116<br>Lv<br>Ліверморій<br>—          | 117<br>Ts<br>Теннессин<br>—       | 118<br>Og<br>Оганесон<br>—    |
| Лантаноїди |                                             |                               |                               | 58<br>Ce<br>Церій<br>140,116   | 59<br>Pr<br>Празеодим<br>140,907  | 60<br>Nd<br>Неодим<br>144,24  | 61<br>Pm<br>Прометій<br>—    | 62<br>Sm<br>Самарій<br>150,36         | 63<br>Eu<br>Європій<br>151,96 | 64<br>Gd<br>Гадоліній<br>157,249 | 65<br>Tb<br>Тербій<br>158,925            | 66<br>Dy<br>Диспрозій<br>162,50                        | 67<br>Ho<br>Гольмій<br>164,93  | 68<br>Er<br>Ербій<br>167,259             | 69<br>Tm<br>Тулій<br>168,93          | 70<br>Yb<br>Ітербій<br>173,05         | 71<br>Lu<br>Лютецій<br>174,97     |                               |
| Актиноїди  |                                             |                               |                               | 90<br>Th<br>Торій<br>232,0377  | 91<br>Pa<br>Протактиній<br>231,04 | 92<br>U<br>Уран<br>238,0289   | 93<br>Np<br>Нептуній<br>—    | 94<br>Pu<br>Плутоній<br>—             | 95<br>Am<br>Америцій<br>—     | 96<br>Cm<br>Кюрій<br>—           | 97<br>Bk<br>Берклій<br>—                 | 98<br>Cf<br>Каліфорній<br>—                            | 99<br>Es<br>Айнштайній<br>—    | 100<br>Fm<br>Фермій<br>—                 | 101<br>Md<br>Менделевій<br>—         | 102<br>No<br>Нобелій<br>—             | 103<br>Lr<br>Лоуренсій<br>—       |                               |

# ТАБЛИЦЯ РОЗЧИННОСТІ КИСЛОТ, ГІДРОКСИДІВ І СОЛЕЙ У ВОДІ (ЗА 25°C)

| Аніони                           | Катіони        |                              |                 |                 |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                  |  |
|----------------------------------|----------------|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|--|
|                                  | H <sup>+</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Li <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Ba <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | Cr <sup>3+</sup> | Zn <sup>2+</sup> | Mn <sup>2+</sup> | Fe <sup>2+</sup> | Fe <sup>3+</sup> | Pb <sup>2+</sup> | Cu <sup>2+</sup> | Ni <sup>2+</sup> | Ag <sup>+</sup> | Hg <sup>2+</sup> |  |
| OH <sup>-</sup>                  |                | P•                           | M               | P               | P              | H                | M                | P                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | •               | •                |  |
| F <sup>-</sup>                   | P              | P                            | M               | P               | P              | H                | H                | M                | M                | P                | H                | M                | M                | M <sup>Г</sup>   | M                | M                | P                | P               | Г                |  |
| Cl <sup>-</sup>                  | P              | P                            | P               | P               | P              | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | M                | P                | P                | H               | P                |  |
| Br <sup>-</sup>                  | P              | P                            | P               | P               | P              | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | M                | P                | P                | H               | M                |  |
| I <sup>-</sup>                   | P              | P                            | P               | P               | P              | P                | P                | P                | P                | M                | P                | P                | P                | –                | M                | –                | P                | H               | H                |  |
| S <sup>2-</sup>                  | M              | –                            | P               | P               | P              | M <sup>Г</sup>   | M <sup>Г</sup>   | P                | Г                | Г                | H                | H                | H                | H <sup>Г</sup>   | H                | H                | H                | H               | H                |  |
| SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>    | P•             | P                            | P               | P               | P              | M                | H                | M                | –                | –                | M                | –                | M                | –                | H                | H                | H                | M               | –                |  |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>    | P              | P                            | P               | P               | P              | P                | M                | H                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | H                | P                | P                | M               | H <sup>Г</sup>   |  |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>     | P              | P                            | P               | P               | P              | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P•               | P                | P                | P                | P                | P               | P                |  |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>    | P              | Г                            | M               | P               | P              | M                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H               | H                |  |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>    | M•             | P <sup>Г</sup>               | M               | P               | P              | M <sup>Г</sup>   | H                | H                | –                | –                | H <sup>Г</sup>   | H                | H                | –                | H                | H <sup>Г</sup>   | H <sup>Г</sup>   | H               | –                |  |
| SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>   | H              | –                            | M               | P               | P              | H                | H                | H                | H <sup>Г</sup>   | H <sup>Г</sup>   | H                | H                | H                | H <sup>Г</sup>   | H                | H                | H                | H               | –                |  |
| CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> | P              | P                            | P               | P               | P              | P                | P                | P                | P <sup>Г</sup>   | P <sup>Г</sup>   | P                | P                | P                | H <sup>Г</sup>   | P                | P                | P                | M               | P                |  |

P

розчинна речовина (розчинність понад 1 г речовини у 100 г води)

M

малорозчинна речовина (розчинність від 0,001 г до 1 г речовини у 100 г води)

H

практично нерозчинна речовина (розчинність менше 0,001 г речовини у 100 г води)

–

речовина не існує або немає достовірних даних про її існування

•

речовина не стійка і розкладається під час утворення

Г

речовина існує, але взаємодіє з водою, її неможливо виділити з розчину (розчинність визначити неможливо)

## РЯД АКТИВНОСТІ МЕТАЛІВ

Li K Ba Sr Ca Na Mg Be Al Mn Cr Zn Fe Cd Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Bi Cu Ag Hg Pt Au