



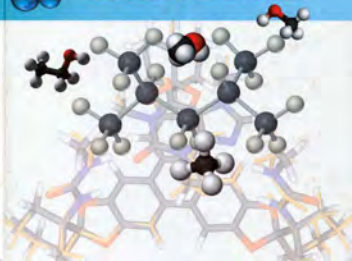
9

Г.А. Лашевська

КЛАС



# ХІМІЯ



ББК 24я721  
Л32

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
(наказ № 56 від 02.02.2009 р.)*

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

**Незалежні експерти:**

*Старовойтова І.Ю.*, канд. хімічних наук, учитель ліцею «Колеж», м. Донецьк;  
*Зламанюк Л.М.*, канд. пед. наук, доцент, завідувач кафедри теорії та методики  
Дніпропетровського ОІППО;

*Шевчук В.П.*, завідувач НМК хімії Кіровоградського ОІППО ім. В. Сухо-  
млинського;

*Земляков О.Є.*, докт. хімічних наук, професор кафедри органічної хімії Тав-  
рійського національного університету ім. В.І. Вернадського;

*Картель М.Т.*, докт. хімічних наук, професор, член-кор. НАН України,  
Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України;

*Кизенко В.І.*, канд. пед. наук, Інститут педагогіки НАН України

**Відповідальні за підготовку до видання:**

*Фіцайло С.С.*, головний спеціаліст МОН України;

*Дубовик О.А.*, зав. сектору Інституту інноваційних технологій і змісту освіти

**Лашевська, Г.А.**

Л32 Хімія : 9 кл. : Підручн. для загальноосвіт. навч. закл. – К. :  
Генеза, 2009. – 280 с. : іл.

ISBN 978-966-504-912-8.

**ББК 24я721**

ISBN 978-966-504-912-8

© Лашевська Г.А., 2009  
© Видавництво «Генеза»,  
оригінал-макет, 2009



Цього року ви завершите опанування азів хімічної науки в основній школі. Тож по закінченні дев'ятого класу зможете більш-менш об'єктивно оцінити, чи сприяло вивчення хімії підвищенню вашої загальної ерудиції, чи допомогло ліпше пізнати себе і навколишній світ, вибрати професію до душі й навчальний заклад для подальшого навчання.

Ви, безперечно, знаєте, **як працювати з текстом підручника**, й умієте, за потреби, знаходити пояснення нових термінів у **тлумачному словничку** та інших джерелах інформації – додатковій навчальній літературі, науково-популярних і художніх виданнях, Інтернеті тощо. Принагідно зауважу, що **нові слова**, зокрема іншомовного походження, які трапляються в тексті, **запам'ятовувати необов'язково**. На цих прикладах ви лише розвине́те **уміння використовувати довідковий апарат підручника**, який правитиме за модель різноманітних джерел інформації. Терміни, значення яких треба знайти в тлумачному словничку, підкреслено. Таку форму виокремлення обрано свідомо й цілеспрямовано. Адже вам обов'язково доведеться (а багатьом уже доводилося) працювати з інформаційними джерелами на електронних носіях, зокрема у режимі **«on-line»**, у яких **гіпертекстові** посилання традиційно виокремлюють саме у такий спосіб.

**Підручник хімії виконуватиме функції** своєрідного «тренажеру», на якому ви зможете вправлятися у сприйнятті та обробці інформації різного формату – **алгоритмічних** приписів, табличних даних, графіків, діаграм. Вироблення навичок сприймати інформацію й після належної обробки застосовувати у практичній діяльності забезпечить зростання вашої інформаційної **компетентності**. Вам доведеться виокремлювати головне в інформаційному повідомленні, вчитися розуміти різні **формати** формулювань завдань, обґрунтовувати власні висловлення.

**Яке призначення рубрики «Стило про головне»?** Вона допоможе вам швидко пригадати й усвідомити найважливіше з того, про що йшлося у параграфі, здійснити самоконтроль.

**Для чого у підручнику наведено тестові завдання різних форм?** Їхнє виконання не лише сприятиме закріпленню вивченого, а й удосконаленню вмінь працювати з тестовими завданнями взагалі. Ці вміння нагодяться вам під час проходження **зовнішнього незалежного оцінювання**.

**Чи всі завдання виконувати?** Завдання в основному **тексті параграфів** спрямовані на актуалізацію наявних і закріплення щойно здобутих знань, тому не варто залишати їх поза увагою. До того ж у такий спосіб ви змінюєте вид діяльності, це «розвантажує» мозок і сприяє розв'язанню проблем на рівні підсвідомості.

**Завдання, наведені у рубриці «Застосуйте свої знання й уміння»**, призначені для виконання як під час роботи на уроці, так і для домашньої самостійної роботи. Ви маєте самі визначити обсяг роботи – кількість завдань і різноманітність достатні, аби кожен вибрав собі ті, які йому по силах і до снаги. Приміром, завдання, позначені \*, виконувати **необов'язково**, однак остаточне рішення – за вами. Ваш найперший порадник у цьому – вчитель хімії. Хто як не він знає рівень навчальних мож-



ливостей, схильності та уподобання своїх вихованців і охоче допоможе правильно визначити обсяг домашнього завдання.

**На яку кількість уроків розраховане вивчення одного параграфа?** Поміж параграфів підручника переважають такі, для вивчення яких достатньо одного уроку. Деякі параграфи ви вивчатимете на кількох уроках – вони містять більшу порцію інформації й, відповідно, більшу кількість завдань. Зверніть увагу: матеріал, позначений \* та виокремлений дрібнішим шрифтом, подано для ознайомлення, а не для запам'ятовування.

**Ви вдосконалюватимете вміння сприймати альтернативні точки зору й висловлювати обґрунтовані аргументи за й проти кожної з них.**

Ви знаходитимете необхідну інформацію в різних джерелах, систематизуватимете запропоновану або самостійно підібрану інформацію за певними ознаками. До того ж вам доведеться переводити зорову інформацію у словесну знакову систему й навпаки.

Ці вміння неодмінно стануть вам у пригоді під час виконання завдань рубрики «Скарбничка досвіду». Зрозуміло, що всі їх виконати навряд чи можливо та й недоцільно. Вибирайте з них ті, що вам до душі. Залучайте до співпраці однокласників, друзів, членів родини, радьтеся з учителями – і скарбничка поступово наповнюватиметься. Згодом її вміст перетвориться на своєрідний «стартовий капітал», який допоможе вам стати успішною самодостатньою людиною.

**Цього року ви вдосконалили вміння складати план експерименту, виконувати досліди відповідно до ПРАВИЛ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ (пригадайте, яких саме), описувати спостереження та на основі їхнього аналізу робити висновки.**

**Розрахункові задачі нових типів** також є важливою складовою курсу хімії 9-го класу. Розв'язуючи задачі, ви не тільки звертатиметесь до алгоритмічних приписів підручника, а й робитимете спроби самостійно складати їх, шукатимете власні нестандартні підходи.

**Зміст, біографічні довідки й портрети науковців, відомості з рубрики «Цікаво? Корисно! Пізнавально!», предметний та іменний покажчики** тощо допоможуть вам ефективно використовувати підручник як джерело знань, розширити ерудицію.

Пам'ятайте, що **гармонійний розвиток інтелекту неможливий без знань основ хімії**. Тож не шкодуйте зусиль на їхнє вивчення – це допоможе вам стати конкурентоспроможними та успішними особистостями, справжніми громадянами і патріотами України.

Я вірю у вас, УЧНІ, й зичу успіху!

Автор





# Повторення основних питань курсу хімії 8 класу

## Повторімо? Повторімо!

### § 1. Склад і властивості основних класів неорганічних сполук

**Аби відповісти на запитання:** що таке оксиди, кислоти, солі, індикатори? Де ці сполуки трапляються у природі та побуті? Як оксиди, кислоти, солі називають за сучасною науковою номенклатурою та у який спосіб класифікують? Які властивості цих сполук і чим вони зумовлені? Яким чином представники різних класів неорганічних сполук пов'язані між собою? Для чого їх застосовують і чому? – **пригадайте курс хімії 8-го класу, проаналізуйте схеми, виконайте тестові завдання й здійсніть самоконтроль.**

Виконаймо тестове завдання – установімо відповідність між визначеннями та назвами.

1 Складні речовини, утворені катіонами металічних елементів та аніонами гідроксильних груп	А Оксиди
2 Бінарні сполуки елементів з Оксигеном, у яких атоми Оксигену між собою хімічно безпосередньо не зв'язані	Б Основи
3 Складні речовини, утворені катіонами металічних елементів та аніонами кислотних залишків	В Кислоти
4 Речовини, що після введення до розчину змінюють свій колір і таким чином дають змогу визначити хімічну природу розчину	Г Солі
	Д Індикатори

**Відповідь.** 1 – Б. 2 – А. 3 – Г. 4 – Д.

Отже, ви пригадали, що таке оксиди, основи, солі та індикатори.

Кислоти – це складні речовини, у молекулах яких атоми Гідрогену сполучені з кислотними залишками.



Мал. 1.1. Приклади представників основних класів неорганічних сполук

Розгляньмо приклади оксидів, основ, кислот, солей, наведені на малюнку 1.1.

• **Де** оксиди, основи, кислоти, солі **трапляються** у природі та побуті? Для чого їх застосовують та чому?

*Оксиди* бувають твердими, як-от: кварц  $\text{SiO}_2$ , корунд  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , рідкими, наприклад вода  $\text{H}_2\text{O}$ , та газуватими – вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ , сірчистий газ  $\text{SO}_2$ .

Чимало мінералів і руд містять оксиди. Оксиди застосовують у промисловості й повсякденному житті. Багато з них є небезпечними для здоров'я людини і довкілля. Щоб ефективно й безпечно використовувати оксиди, дуже важливо знати їхні властивості та фізіологічну дію.

*Неорганічні кислоти* також поширені у нашому житті. Приміром, шлунковий сік містить хлоридну кислоту  $\text{HCl}$ . Сульфатна кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – складова автомобільного акумулятора. Карбонатна  $\text{H}_2\text{CO}_3$  та ортофосфатна  $\text{H}_3\text{PO}_4$  кислоти – компоненти солодких газованих напоїв. Лікувальна вода «Нафтуся» має специфічний запах сірководню – адже до її складу входить сульфідна кислота  $\text{H}_2\text{S}$ .

*Основи* у нашому житті – це засоби для очищення каналізаційних труб і видалення жирових забруднень (містять натрій гідроксид), елементи живлення (містять гідроксиди Натрію, Калію, Літію), складові будівельних розчинів (кальцій гідроксид або гашене вапно) тощо.

*Солі* вам теж добре відомі: кухонна сіль (натрій хлорид), питна сода (натрій гідрокарбонат, крейда (кальцій карбонат), «марганцівка» (калій перманганат).

• **Як** оксиди, основи, кислоти, солі **називають** за сучасною науковою номенклатурою?

✓ **Назвімо** за сучасною науковою номенклатурою оксид, хімічна формула якого  $\text{NO}_2$ , за таким алгоритмом: 1. Запишемо назву неметалічного елемента у називному відмінку однини. 2. Для хімічних елементів зі змінною валентністю зазначимо її в дужках після назви хімічного елемента (не робімо пробілу між назвою хімічного елемента і записом у дужках). 3. Запишемо слово «оксид». Отже, назва сполуки – **нітроген(IV) оксид**.



**Завдання**

Назвіть за сучасною науковою номенклатурою оксид, хімічна формула якого  $\text{SO}_3$ .

✓ Назвімо за сучасною науковою номенклатурою основу, формула якої  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , за таким алгоритмом: 1. Запишемо назву металічного елемента у називному відмінку однини. 2. Для хімічних елементів зі змінною валентністю зазначимо її в дужках після назви елемента (не робімо пробілу між назвою хімічного елемента і записом у дужках). 3. Запишемо слово «гідроксид». Отже, назва сполуки – **ферум(II) гідроксид**.

**Завдання**

Назвіть за сучасною науковою номенклатурою сполуку, хімічна формула якої  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

✓ Установімо відповідність між хімічними формулами та назвами найважливіших кислот, виконавши тестове завдання (зверніть увагу: у назвах кислот виокремлено назви кислотних залишків).

Хімічна формула	Кислота
1 $\text{H}_2\text{SO}_4$	А Хлоридна
2 $\text{H}_2\text{SiO}_3$	Б Сульфатна
3 $\text{H}_2\text{SO}_3$	В Нітратна
4 $\text{H}_3\text{PO}_4$	Г Ортофосфатна
5 $\text{H}_2\text{S}$	Д Силікатна
6 $\text{HCl}$	Ж Сульфідна
7 $\text{HNO}_2$	З Сульфідна
	К Нітритна

**Відповідь.** 1 – Б. 2 – Д. 3 – Ж. 4 – Г. 5 – З. 6 – А. 7 – К.

Формула нітратної кислоти  $\text{HNO}_3$ .

✓ Назвімо за сучасною науковою номенклатурою сіль, формула якої  $\text{CuCl}_2$ , за таким алгоритмом: 1. Запишемо назву металічного елемента у називному відмінку однини. 2. Для хімічних елементів зі змінною валентністю зазначимо її в дужках після назви елемента (не робімо пробілу між назвою хімічного елемента і записом у дужках). 3. Запишемо назву кислотного залишку. Отже, назва сполуки – **купрум(II) хлорид**.

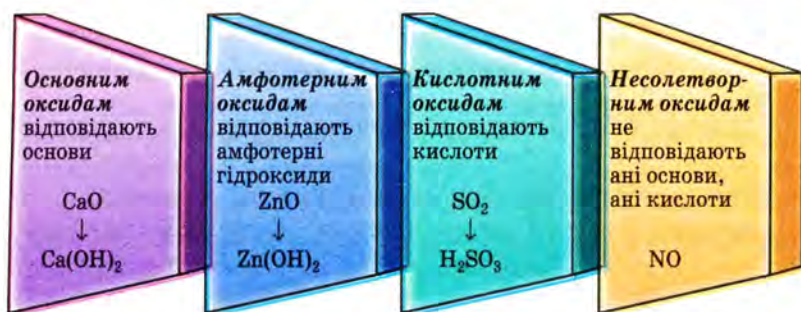
**Завдання**

Назвіть за сучасною науковою номенклатурою сполуку, хімічна формула якої  $\text{AgNO}_3$ .

**Цікаво?**

Тривіальні назви речовин вражають розмаїттям і загадковістю, втім, здебільшого, не дають уявлення про хімічний склад речовин. Наприклад,  $\text{HgO}$  – кіновар,  $\text{ZnS}$  – філософська вовна,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  – поташ,  $\text{HCl}$  – мурієва кислота,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – купоросна олія,  $\text{AgNO}_3$  – ляпіс, пекельний камінь,  $\text{NaOH}$  – каустична сода,  $\text{MgO}$  – палена магнезія,  $\text{CaO}$  – палене вапно,  $\text{HF}$  – плавикова кислота тощо.

• У який спосіб класифікують оксиди, основи, кислоти, солі?



### Завдання

Установіть відповідність між оксидами та їхнім хімічним характером.

Оксид	Хімічний характер
1 MgO	А Основний
2 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Б Кислотний
3 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	В Несолетворний
	Г Амфотерний

Кислоти класифікують за основністю і за якісним складом. **Основність** у формулі кислоти визначають за кількістю атомів Гідрогену, здатних заміститися на атоми металічного елемента. Наприклад, нітратна кислота ( $\text{HNO}_3$ ) – одноосновна, сульфатна кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) – двоосновна, ортофосфатна кислота ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) – трьохосновна. *Порада:* пригадати хімічні формули найважливіших кислот вам допоможе таблиця «Розчинність кислот, основ, солей у воді» (див. додаток).

**Розташуймо кислоти за зростанням їхньої основності:**

А Ортофосфатна кислота; Б Сульфатна кислота; В Хлоридна кислота.

**Відповідь.** 1 – В. 2 – Б. 3 – А.



### Завдання

Розташуйте кислоти за зменшенням їхньої основності:

А Сульфідна кислота; Б Ортофосфатна кислота; В Нітритна кислота

**За якісним складом** кислоти класифікують за наявністю або відсутністю атомів Оксигену в молекулах. Наприклад, нітратна кислота ( $\text{HNO}_3$ ) – *оксигеновмісна*, а бромідна ( $\text{HBr}$ ) – *безоксигенова*.



### Завдання

Виберіть безоксигенові кислоти:

А Сульфатна кислота; Б Сульфідна кислота; В Хлоридна кислота; Г Силікатна кислота

**Основи** поділяють на луги і нерозчинні основи. *Луги* – йонні кристалічні речовини білого кольору, милкі на дотик, розчинні у воді, їдкі ( $\text{LiOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Sr(OH)}_2$ ). *Нерозчинні основи* – це йонні речовини різних кольорів, нерозчинні у воді ( $\text{Fe(OH)}_2$ ,  $\text{Cr(OH)}_2$ ,  $\text{Mn(OH)}_2$ ).



**Завдання**

Користуючись таблицею «Розчинність кислот, основ, солей у воді» (див. додаток), виберіть луг.

**А** Цинк гідроксид; **Б** Барій гідроксид; **В** Нікель(II) гідроксид; **Г** Купрум(II) гідроксид

• **Як виявляють** кислоти і луги у розчинах?

Розчини кислот і лугів можна розрізнити за зміною кольору індикаторів. Наприклад, у кислому середовищі метиловий оранжевий змінює колір на рожевий, фенолфталеїн у лужному – на малиновий. Універсальний індикаторний папір у лужному середовищі стає синім, у кислому набуває червоного кольору.

Установіть відповідність між речовинами та забарвленням індикаторів:

а)

Речовина	Індикатор, забарвлення
1 HCl	А <b>Фенолфталеїн, малиновий</b>
2 NaOH	Б <b>Універсальний індикатор, жовтий</b>
	В <b>Метиловий оранжевий, рожевий</b>

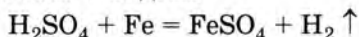
б)

Речовина	Індикатор, забарвлення
1 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	А <b>Фенолфталеїн, малиновий</b>
2 H <sub>2</sub> O	Б <b>Універсальний індикатор, червоний</b>
	В <b>Метиловий оранжевий, оранжевий</b>

• **Які хімічні** властивості виявляють оксиди, основи, кислоти, солі?

Розгляньмо загальні схеми взаємодії між представниками різних класів неорганічних сполук і конкретні приклади до них.

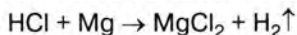
♦ **Кислота + метал → сіль + водень**



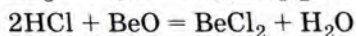
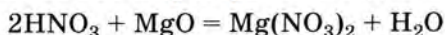
Кислоти у розчинах не реагують із тими металами, які у ряду активності (с. 105, мал. 14.4) розташовані після водню:  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Au} \rightarrow$

**Завдання**

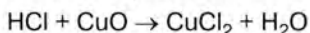
Перетворіть схему реакції на хімічне рівняння, назвіть реагенти і продукти.



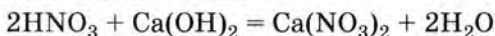
♦ **Кислота + основний або амфотерний оксид → сіль + вода**

**Завдання**

Перетворіть схему реакції на хімічне рівняння, назвіть реагенти і продукти.



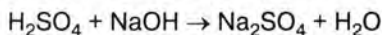
♦ **Кислота + основа → сіль + вода**





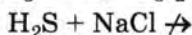
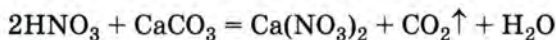
### Завдання

Перетворіть схему реакції на хімічне рівняння, назвіть реагенти і продукти.



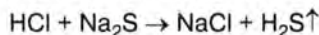
♦ Кислота' + сіль' → сіль'' + кислота''

Сильні й нелеткі кислоти витісняють слабкі, леткі, нестійкі кислоти з їхніх солей:

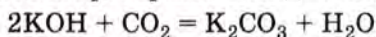


### Завдання

Перетворіть схему реакції на хімічне рівняння, назвіть реагенти і продукти.

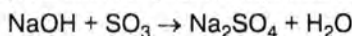


♦ Луг + кислотний або амфотерний оксид → сіль + вода



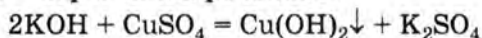
### Завдання

Перетворіть схему реакції на хімічне рівняння, назвіть реагенти і продукти.



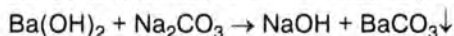
♦ Луг' + сіль' → основа'' + сіль''

Реакція між солями й лугами у розчині відбувається, якщо хоча б один з її продуктів – нерозчинна речовина:



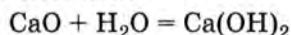
### Завдання

Перетворіть схему реакції на хімічне рівняння, назвіть реагенти і продукти.



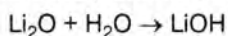
♦ Основний оксид + вода → луг

З водою реагують оксиди металічних елементів ІА і ІІБ (починаючи з Магнію) груп періодичної системи:

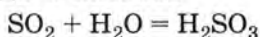


### Завдання

Перетворіть схему реакції на хімічне рівняння, назвіть реагенти і продукти.

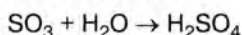


♦ Кислотний оксид + вода → кислота



### Завдання

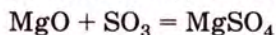
Перетворіть схему реакції на хімічне рівняння, назвіть реагенти і продукти.





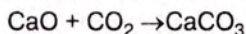
Пригадайте літній відпочинок на піщовому пляжі й назвіть кислотний оксид, який не реагує з водою. За потреби зверніться до таблиці «Розчинність кислот, основ і солей у воді» (див. додаток).

♦ Основний оксид + кислотний оксид → сіль



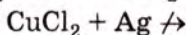
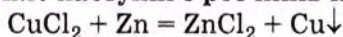
### Завдання

Перетворіть схему реакції на хімічне рівняння, назвіть реагенти і продукти.



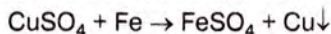
♦ Сіль' + метал' → сіль'' + метал''

Кожний попередній метал (починаючи від магнію) у ряду активності (с. 105, мал. 14.4) витісняє наступні з розчинів їхніх солей:

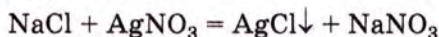


### Завдання

Перетворіть схему реакції на хімічне рівняння, назвіть реагенти і продукти.

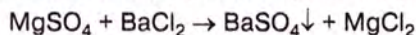


♦ Сіль' + сіль'' → сіль''' + сіль''''



### Завдання

Перетворіть схему реакції на хімічне рівняння, назвіть реагенти і продукти.

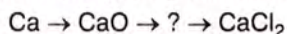


Як представники різних класів неорганічних сполук пов'язані між собою? Розібратися у цьому допоможе малюнок 1.2.

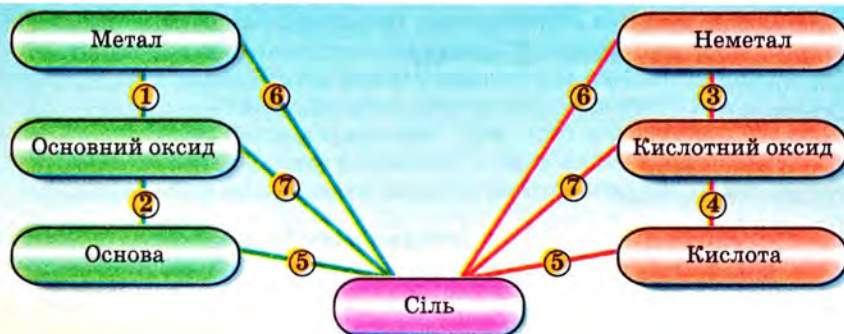


### Завдання

Доповніть генетичний ряд кальцію формулою основи.



Складіть рівняння реакцій. Назвіть реагенти і продукти реакцій, зазначте типи реакцій.

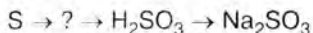


Мал. 1.2. Генетичні зв'язки неорганічних сполук



### Завдання

Доповніть генетичний ряд сірки.



Складіть рівняння реакцій. Назвіть реагенти і продукти реакцій, зазначте типи реакцій.

Отже, між класами неорганічних сполук існують зв'язки, які називають генетичними. Генетичний зв'язок полягає у тому, що з речовин одного класу неорганічних сполук можна одержати речовини – представники інших класів. До генетичного ряду речовин входять представники різних класів неорганічних сполук одного й того ж хімічного елемента. Вони мають єдине походження – *генезис* – і пов'язані взаємоперетвореннями.

Властивості речовин істотно залежать від їхнього хімічного складу. Застосування речовин зумовлене їхніми властивостями.

✓ Встановімо відповідність між складом, властивостями і застосуванням ортофосфатної кислоти.

**Ортофосфатна кислота:**

- 1 Одноосновна
- 2 Трьохосновна
- 3 Чотирьохосновна

**Тому що її молекула містить:**

- A Один атом Фосфору
- B Три атоми Гідрогену
- C Чотири атоми Оксигену

**Вона реагує з оксидами:**

- I Основними та амфотерними
- II Тільки кислотними
- III Основними та кислотними

**Тому її застосовують для:**

- a Підкислення солодких газованих напоїв
- b Видалення іржі

**Відповідь: 2, B, I, b.**



### Завдання

Встановіть відповідність між складом, властивостями і застосуванням магній гідроксиду.

**Хімічний характер магній гідроксиду:**

- 1 Кислотний
- 2 Основний
- 3 Амфотерний

**Тому що він реагує:**

- A Тільки з кислотами
- B Тільки з лугами
- C І з кислотами, і з лугами

**Ця властивість зумовила його застосування як:**

- I Антацидного засобу (проти печії)
- II Барвника
- III Каталізатора



Отже, ви повторили склад і властивості представників основних класів неорганічних сполук, генетичні зв'язки між ними. Ці знання й уміння дуже важливі. Вони знадобляться вам під час вивчення теми «Розчини».



### Стисло про головне

Оксиди, основи, кислоти, солі – основні класи неорганічних сполук.

Розчини кислот і лугів можна розрізнити за допомогою індикаторів.

Представники основних класів неорганічних сполук трапляються й у природі, й у побуті. Оксиди, основи, кислоти, солі називають за сучасною науковою номенклатурою. Її суть полягає в тому, що кожній сполуці відповідає лише одна назва, і навпаки. Назви неорганічних речовин ґрунтуються на українських назвах хімічних елементів.

Оксиди, основи, кислоти, солі класифікують за різними ознаками – якісним і кількісним складом, фізичними та хімічними властивостями.

Властивості речовин зумовлені їхнім хімічним складом і будовою.

Між представниками основних класів неорганічних сполук існують генетичні зв'язки. Застосування речовин зумовлене їхніми властивостями.



### Застосуйте свої знання й уміння

- З наведеного переліку виберіть формули речовин, які належать до генетичного ряду магнію:  $\text{Ca}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{MgO}$ .
- Проаналізуйте хімічні формули речовин з наведених переліків, назвіть їх і класифікуйте:
  - $\text{MgSO}_3$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{HBr}$ ;
  - $\text{S}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{HCl}$ ;
  - $\text{CuO}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{HI}$ ;
  - $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{AgCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
- Складіть рівняння хімічних реакцій, які відображають генетичні зв'язки літію й вуглецю, та між представниками цих рядів.



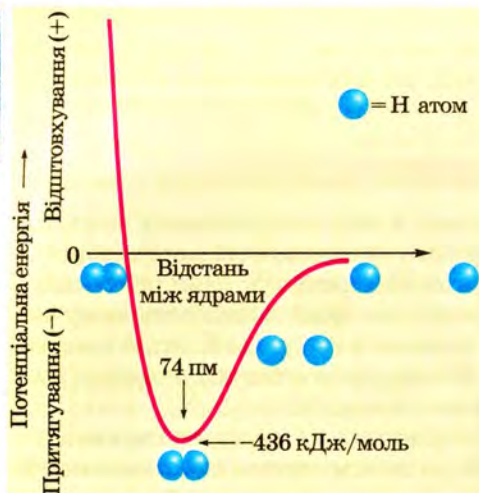
## 2. Хімічний зв'язок і будова речовин

**Аби відповісти на запитання:** що називають хімічним зв'язком? Яка його природа? Що таке електронегативність? Як змінюється електронегативність у періодах і групах? Яким чином утворюються ковалентний та йонний зв'язки? Чим відмінні та подібні різні типи хімічного зв'язку? У який спосіб описують внутрішню будову кристалів? Для чого використовують знання про хімічний зв'язок і будову речовини? – **пригадайте курс хімії 8-го класу, проаналізуйте малюнки та схеми й виконайте тестові завдання.**

✓ **Виберімо правильні твердження.**

Для утворення хімічного зв'язку між двома атомами необхідно, щоб енергія системи з двох атомів:

**А** Була нижчою за енергію окремо взятих атомів; **Б** Була вищою за енергію окремо взятих атомів; **В** Дорівнювала енергії окремо взятих



**Мал. 2.1.** Крива зміни потенціальної енергії під час взаємодії двох атомів Гідрогену з утворенням молекули водню

атомів; Г Була б спочатку нижчою, а згодом – вищою за енергію окремо взятих атомів.

**Відповідь. А.**

**Ковалентним зв'язком сполучені атоми:**

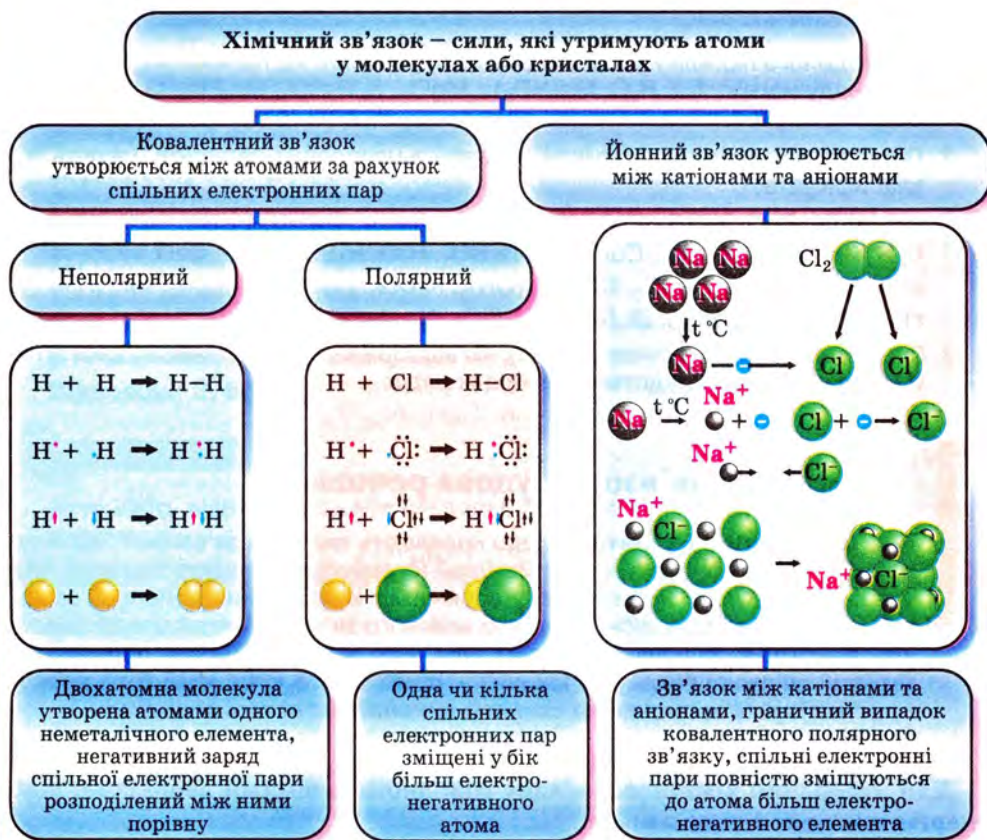
А Металічних елементів; Б Неметалічних і металічних елементів; В Неметалічних елементів; Г Інертних елементів.

**Відповідь. В.**

**Йонним зв'язком сполучені атоми:**

А Металічних елементів; Б Неметалічних і металічних елементів; В Неметалічних елементів; Г Лужних елементів.

**Відповідь. Б.**



**Мал. 2.2.** Типи хімічного зв'язку





### Завдання

1. Виберіть формули речовин із ковалентним зв'язком:

А NaCl; Б H<sub>2</sub>O; В N<sub>2</sub>; Г HBr; Д O<sub>2</sub>; Ж Br<sub>2</sub>.

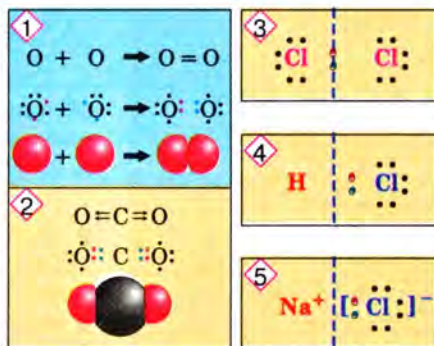
2. Виберіть формули речовин із ковалентним полярним зв'язком:

А KCl; Б SO<sub>2</sub>; В O<sub>3</sub>; Г HI; Д I<sub>2</sub>; Ж CaBr<sub>2</sub>.

3. Виберіть формули речовин із ковалентним неполярним зв'язком:

А H<sub>2</sub>O; Б O<sub>2</sub>; В CF<sub>4</sub>; Г Cl<sub>2</sub>; Д NH<sub>3</sub>; Ж O<sub>3</sub>.

Під час утворення молекул у хімічних реакціях атоми хімічних елементів прагнуть утворити стійку зовнішню оболонку (мал. 2.3).



**Мал. 2.3.** Утворення хімічного зв'язку в молекулах кисню (1), карбон(IV) оксиду (2), хлору (3), гідроген хлориду (4) та у кристалі натрій хлориду (5)



### Завдання

Виберіть правильне твердження. Під час утворення молекул у хімічних реакціях атоми хімічних елементів намагаються набути стійкої зовнішньої оболонки з:

А Шістьох електронів; Б Вісьмох електронів; В Трьох електронів; Г Чотирьох електронів.



### Завдання

Встановіть відповідність між назвами речовин і типами хімічного зв'язку у них:

Назва речовини	Тип хімічного зв'язку
1 Кисень	А Ковалентний неполярний
2 Карбон(IV) оксид	Б Ковалентний полярний
	В Йонний

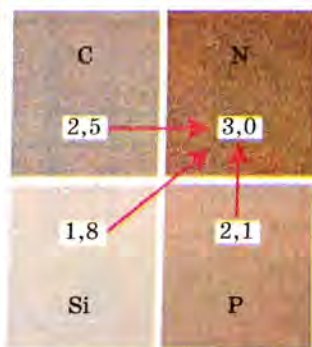


### Завдання

Встановіть відповідність між типами хімічного зв'язку у бінарних сполуках і хімічними елементами, які входять до їхнього складу:

Тип хімічного зв'язку	Елементи у складі бінарної сполуки, їхня електронегативність
1 Ковалентний неполярний	А Неметалічні, однакова
2 Ковалентний полярний	Б Неметалічні, різна
3 Йонний	В Металічний і неметалічний
	Г Металічні, однакова

Електронегативність хімічного елемента – це властивість його атома притягувати спільні з іншим атомом електронні пари.



**Мал. 2.4.** Залежність електронегативності хімічних елементів від їхнього положення у періодичній системі

А Ca; Б Al; В Si; Г К.

**5. Виберіть правильні записи ( $\chi$  – електронегативність):**

А  $\chi(\text{H}) < \chi(\text{Cl})$ ; Б  $\chi(\text{H}) > \chi(\text{O})$ ; В  $\chi(\text{F}) < \chi(\text{Br})$ ; Г  $\chi(\text{N}) > \chi(\text{H})$ ; Д  $\chi(\text{H}) < \chi(\text{C})$ .

✓ **Виберімо характеристику речовин з йонними кристалічними ґратками:**

А Високі температури плавлення; Б Низькі температури кипіння; В Молекули у вузлах кристалічних ґраток; Г Різкий запах.

**Відповідь. А.**

✓ **Виберімо характеристики речовин з молекулярними кристалічними ґратками:**

А Невисокі температури плавлення; Б Невисокі температури кипіння; В Молекули у вузлах кристалічних ґраток; Г Висока твердість; Д Атоми у вузлах кристалічних ґраток.

**Відповідь. А, Б, В.**



### Завдання

**1. Виберіть правильне твердження. У підгрупах зі збільшенням протонних чисел електронегативність елементів:**

А Не змінюється; Б Збільшується; В Зменшується; Г Спочатку збільшується, потім зменшується.

**2. Виберіть правильне твердження. У періодах зі збільшенням кількості електронів в атомах електронегативність елементів:**

А Не змінюється; Б Збільшується; В Зменшується; Г Спочатку зменшується, потім збільшується.

**3. Розташуйте хімічні елементи за зростанням їхньої електронегативності:**

А С; Б О; В Si; Г F.

**4. Розташуйте хімічні елементи за зменшенням їхньої електронегативності:**



### Завдання

**Виберіть характеристики речовин з атомними кристалічними ґратками:**

А Невисокі температури плавлення; Б Не розчиняються у воді; В Йони у вузлах кристалічних ґраток; Г Висока твердість; Д Приємний запах.



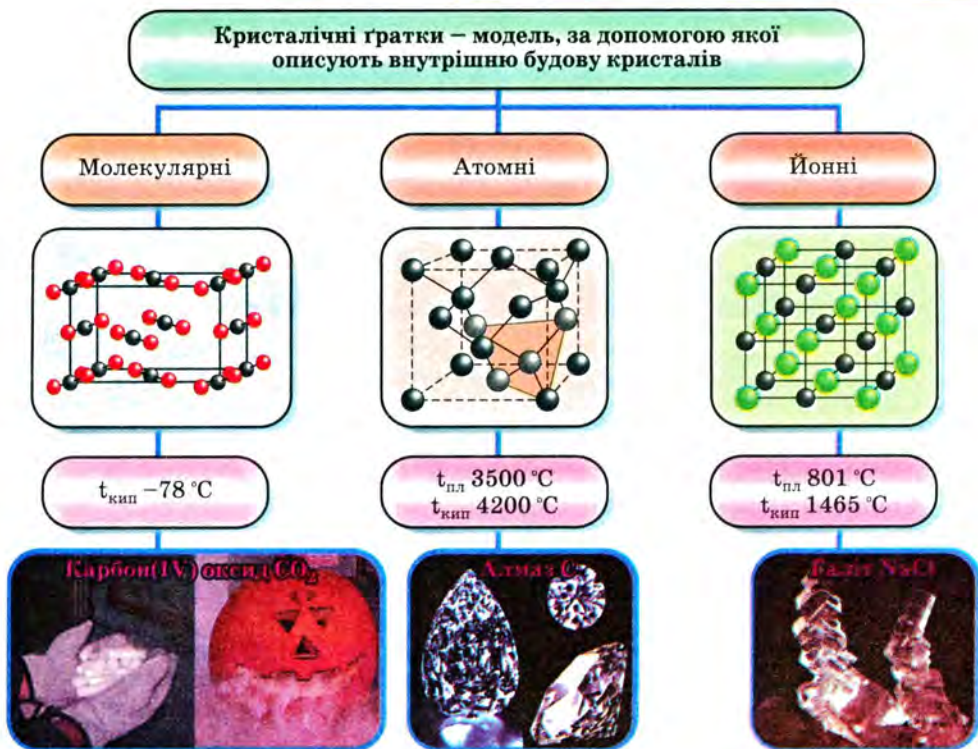
### Стисло про головне

Хімічним зв'язком називають сили, які утримують атоми в молекулах або кристалах. Він має електронну природу.

Зв'язок між атомами за рахунок спільних електронних пар називають *ковалентним*. Його зображують за допомогою електронних і графічних формул молекул.

Якщо двохатомна молекула утворена атомами одного неметалічного елемента, то негативний заряд спільних електронних пар розподілений між ними порівну. Такий зв'язок називають *ковалентним неполярним*.





Мал. 2.5. Типи кристалічних ґраток

*Електронегативність* хімічного елемента – це властивість його атома притягувати спільні з іншим атомом електронні пари. Зі зростанням протонного числа електронегативність хімічних елементів зростає у періодах і зменшується у підгрупах.

Ковалентний зв'язок, у якому одна чи кілька спільних електронних пар зміщені у бік більш електронегативного атома, називають *полярним зв'язком*.

*Йонний зв'язок* – це зв'язок між катіонами та аніонами. Його можна розглядати як граничний випадок ковалентного полярного зв'язку. Якщо різниця в електронегативності атомів хімічних елементів дуже велика, спільні електронні пари практично повністю зміщуються до атома більш електронегативного елемента. За цих умов атоми перетворюються на йони, завершуючи у такий спосіб зовнішній енергетичний рівень.

Межа між ковалентним полярним та йонним зв'язком дещо умовна. Різниця електронегативностей хімічних елементів дає змогу визначити, наскільки хімічний зв'язок у сполучі відрізняється від чисто ковалентного.

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

*Молекулярні речовини* мають низькі температури плавлення й кипіння, адже молекули слабо зв'язані між собою. Речовини, що мають



атомні кристалічні ґратки, плавляться за високих температур, практично нерозчинні у будь-яких розчинниках, мають низьку реакційну здатність. У йонних кристалах зв'язки між йонами міцні, тому такі кристали зазвичай мають високі температури плавлення. Вони тверді, але крихкі.

Властивості сполук залежать від їхньої будови і зумовлюють застосування речовин.



### Застосуйте свої знання й уміння

- Виберіть хімічний елемент, атоми якого під час утворення молекул у хімічних реакціях намагаються набути стійкої зовнішньої оболонки з двох електронів:  
1 Хлор; 2 Натрій; 3 Гідроген; 3 Карбон.
- У молекулі бромів тип хімічного зв'язку:  
1 Ковалентний неполярний; 2 Ковалентний полярний; 3 Йонний.  
Він утворений за рахунок:  
А Однієї спільної електронної пари; Б Двох спільних електронних пар; В Трьох спільних електронних пар; Г Чотирьох спільних електронних пар.
- У молекулі гідроген сульфідів тип хімічного зв'язку:  
1 Ковалентний неполярний; 2 Ковалентний полярний; 3 Йонний.  
Він утворений за рахунок:  
А Однієї спільної електронної пари; Б Двох спільних електронних пар; В Переходу електрона від атома Сульфуру до атома Гідрогену; Г Зміщення електрона від атома Сульфуру до атома Гідрогену.
- У кристалічних ґратках алмазу містяться:  
1 Йони; 2 Молекули; 3 Атоми.  
Вони зв'язані між собою:  
А Ковалентними зв'язками; Б Електростатичними силами.
- Опишіть зображені на малюнку 2.6 зміни, які відбуваються з йодом за слабого нагрівання. Зробіть висновок про тип кристалічних ґраток цієї речовини.



Мал. 2.6. Досліди з йодом: у лабораторії (1) та на природі (2)

6. Спрогнозуйте тип кристалічних ґраток у речовинах за описом їхніх властивостей і застосування: а) камфора (компонент мазей, крапель та інших лікарських форм) – безбарвні леткі кристали з характерним запахом; б) ванілін (ароматизатор кондитерських виробів) – безбарвні кристали з приємним запахом; в) бор нітрид BN (боразон) за твердістю наближається до алмазу, водночас стійкіший до високих температур. Його використовують для виготовлення надтвердих абразивних матеріалів.

7. Обчисліть об'єм газу (н. у.), який утвориться під час сублімації сухого льоду (карбон(IV) оксиду) масою 220 г.



Тема

1

# РОЗЧИНИ

## § 3. Поняття про дисперсні системи.

Після опрацювання § 3 ви зможете:

наводити приклади колоїдних та істинних розчинів, суспензій, емульсій;  
обґрунтовувати значення дисперсних систем у природі та житті людини.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природознавства, хімії, фізики:**

що таке дисперсія світла; чим відрізняються однорідні й неоднорідні суміші, у які способи їх розділяють; що таке молекули, як вони рухаються; чим зумовлене явище дифузії; які особливості твердого, рідкого та газуватого стану речовин; чим відрізняються молекулярні та йонні кристали; які ознаки притаманні системі; де трапляються розчини у природі й побуті;

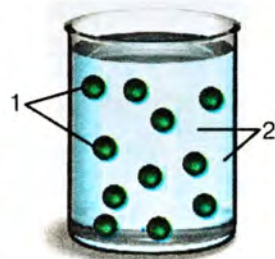
**шукатимемо відповіді на запитання:**

де трапляються дисперсні системи? Що таке дисперсний стан матерії?  
З чого складаються дисперсні системи? У які способи їх класифікують?  
Де використовують знання про дисперсні системи?

• **Дисперсні системи** – світ, у якому ми живемо. Чи обґрунтоване це твердження? Більша частина речовини Всесвіту перебуває у вигляді пилу. Космічний простір, гідросфера й атмосфера, земна кора та надра, ґрунти, живі організми, харчові продукти, лікарські препарати та інші ужиткові предмети містять речовини у роздрібненому, тобто *дисперсному*, стані. Отже, дисперсний стан є основним станом матерії.

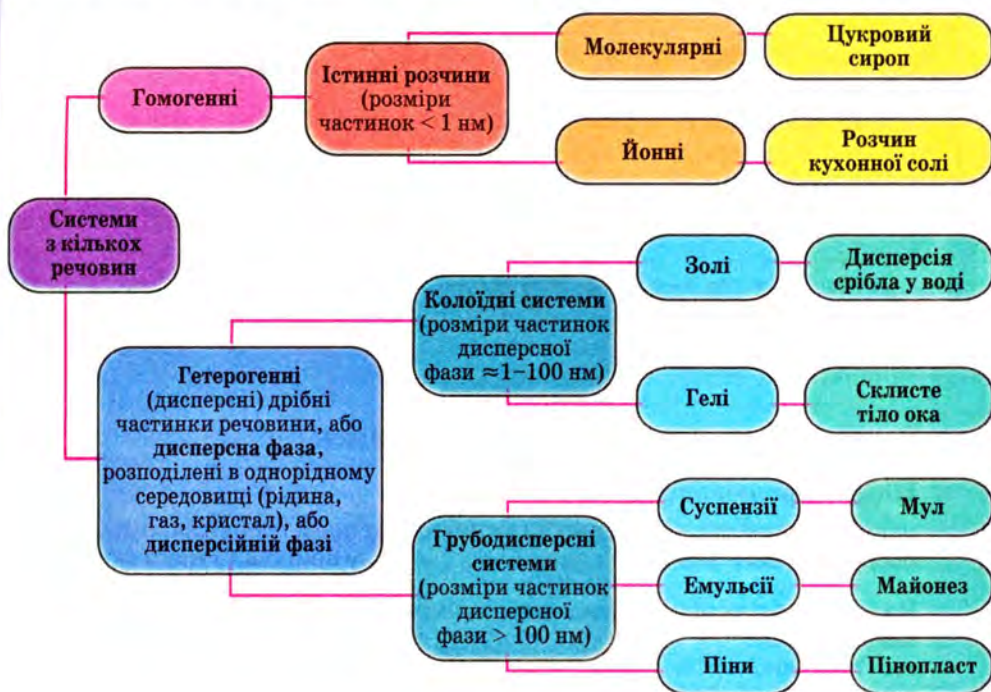
Склад дисперсної системи схематично зображено на малюнку 3.1.

**Мал. 3.1.** Склад дисперсної системи. У формі дрібних частинок (кристаликів, крапель, пухирців, асоціатів молекул та йонів) дисперсна фаза (1) розподілена у дисперсійній фазі (2). Фаза – це однорідна частина неоднорідної фізико-хімічної системи





Усім дисперсним системам притаманні дві фундаментальні фізико-хімічні ознаки – *гетерогенність* (наявність поверхні розподілу між фазами) і *дисперсність* (роздрібненість). Дисперсність характеризують розміром частинок дисперсної фази. Як за ступенем дисперсності класифікують системи з кількох речовин, легко зрозуміти з малюнка 3.2.



**Мал. 3.2.** Класифікація та приклади систем з кількох речовин. Пам'ятаймо:  $1 \text{ нм} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}$ , або  $0,000000001 \text{ м}$

• **Приклади дисперсних систем**, класифікованих за агрегатним станом дисперсної та дисперсійної фаз, наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

### Дисперсні системи

Дисперсна фаза	Дисперсійна фаза (дисперсійне середовище)			
	Агрегатний стан	Твердий	Рідкий	Газуватий
	Твердий	Кольорове скло	Желе, томатний сік	Тютюновий дим, пилова хмара
	Рідкий	Перли, опал	Молоко, морозиво	Хмари, туман, струмінь парфумів з пляшечки
	Газуватий	Пемза, затверділа монтажна піна. Капронова та морська губки	Піни: для гоління, протипожежна, морська	Дисперсна система не утворюється

Перелік дисперсних систем безмежний: мінерали та сплави, пінобетон і нафта, косметичне молочко та гель для волосся, крем для взуття й мармелад, папір і квасна піна, хліб і вершкове масло, смог, тверде ракетне паливо й лакофарбові матеріали.



### Завдання

Спираючись на повсякденний досвід та знання з інших природничих дисциплін, наведіть кілька прикладів дисперсних систем.

Після зіставлення інформації, наведеної на малюнку 3.2 і в таблиці 3.1, можна дійти певних висновків щодо визначень найважливіших дисперсних систем.

• **Суспензії** – зависі твердих частинок у рідкому середовищі. Тобто це *грубодисперсні* системи, в яких дисперсною фазою є тверда речовина, а дисперсійною – рідина, у якій тверда речовина практично не розчиняється. Наприклад, аби виготовити водну суспензію глини, її подрібнюють на тонкий порошок, висипають у воду та ретельно перемішують. З повсякденного досвіду ви, напевно, знаєте, що поступово частинки глини під дією сили земного тяжіння осядуть на дно посудини. Це зумовлено тим, що частинки суспензій не виявляють броунівського руху. Процес осідання триватиме тим довше, чим дрібніші частинки дисперсної фази.

Частинки дисперсної фази, густина яких більша за густину дисперсійної фази, утворюють осад. Якщо ж їхня густина менша – вони спливають на поверхню. Частинки твердих речовин, які не змочуються водою, також спливають вгору. Прикладом такої речовини є сірка, густина якої більша за густину води.

У природних умовах суспензії утворюються внаслідок розмивання ґрунтів водою, забруднення водойм атмосферним пилом. Суспензією є й пульпа – суміш тонкоподрібненої корисної копалини з водою. Пульпа утворюється під час здрибнювання руд перед збагаченням. Бурові промивні рідини, фарби, будівельні розчини – також суспензії. У вигляді суспензій застосовують деякі добрива й отрутохімікати, чимало лікарських препаратів.



**Мал. 3.3.** 1. Емульсія води та олії.  
2. Розшарування емульсії

• **Емульсії** – дисперсні системи, в яких і дисперсна, й дисперсійна фази – рідини, що не змішуються. Виготовити емульсію можна, наприклад, тривалим збовтуванням суміші води та олії (мал. 3.3,1). Однак згодом вона розшарується (мал. 3.3,2).



### Завдання

Поясніть, чому в інструкціях до лікарських препаратів у формі суспензій та емульсій завжди є вказівка: «Перед вживанням ретельно збовтати».

Чимало косметичних засобів, лікарських препаратів – емульсії. Емульсії використовують на виробництві під час шліфування,



свердління та різання металів, пластмас, кераміки тощо. У вигляді емульсій застосовують засоби боротьби з бур'янами та шкідниками сільськогосподарських культур.

Суспензії та емульсії – двофазні системи. Двофазними системами також є **піни**.



### Завдання

Спробуйте за аналогією до наведених визначень суспензій і емульсій сформулювати визначення піни як дисперсної системи. Наведіть кілька прикладів пін, відомих вам з повсякденного життя.

Грубодисперсні системи (суспензії, емульсії, рідкі піни) нестійкі і згодом руйнуються: суспензії та піни осідають, емульсії розшаровуються. Аби зберегти споживчі властивості товарів, які містять грубодисперсні системи, до їхнього складу вводять різноманітні емульгатори та стабілізатори піни. Природні емульгатори, наприклад яєчний білок і жовток, традиційно використовують у харчових продуктах. Нині до складу маргарину, морозива, збитих вершків, майонезу тощо входять й інші емульгатори та стабілізатори піни.



### Завдання

Пригадайте, що таке Е-числа. Дізнайтеся, якими Е-числами позначають емульгатори.

Аналізуючи зміст таблиці 3.1, ви, напевно, звернули увагу, що система газ–газ не є дисперсною. Адже зазвичай під час змішування газу утворюють істинні розчини (винятком є газу за високого тиску та низьких температур).

• **Розчин** – однофазна гомогенна система, яка складається з двох або більше компонентів. Розчин може перебувати у будь-якому агрегатному стані. З попередніх курсів природничих наук вам добре відомі рідкі розчини.



**Мал. 3.4.** Тверді розчини: 1. Монету «Хрещення Русі» виготовлено зі сплаву золота із міддю. 2. Шпінель «Рубін чорного принца» – окраса корони Британської імперії



### Завдання

Наведіть кілька прикладів рідких розчинів, які широко використовують у повсякденному житті.

Утім існують і **тверді розчини**. До них належить чимало сплавів і мінералів (мал. 3.4).

**Газуваті розчини** зазвичай називають газовими сумішами. Аквалангісти для дихання під водою використовують газову суміш «АКС» (англійською «Nitrox»).



### Завдання

Пригадайте склад найвідомішої та найважливішої для людини газової суміші



й сучасні українські назви хімічних елементів і відповідних простих речовин. Розшифруйте аббревіатури «Nitrox» та «АКС», якщо літерою «С» позначено слово «суміш».

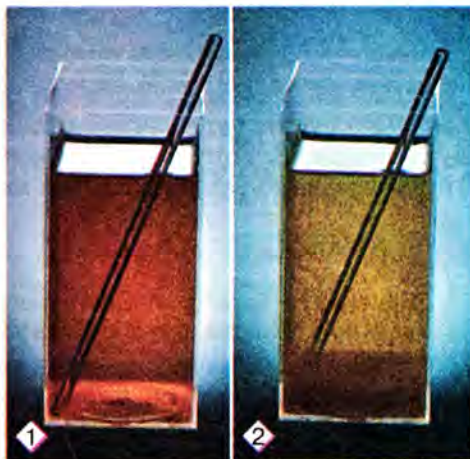
З вивчених курсів природничих наук ви вже маєте певні уявлення про розчинність речовин і складові розчину. Ці та інші якісні й кількісні характеристики істинних розчинів заслуговують на особливу увагу. Тому докладніше про них ви дізнаєтеся з наступних параграфів.

• **Колоїдні системи** за розміром частинок посідають проміжне місце між істинними розчинами і грубодисперсними системами. Аби пересвідчитися у цьому, поверніться до схеми 3.1. Назва високодисперсних систем, у яких розміри частинок дисперсної фази знаходяться у межах від 1 до 100 нм, походить від грецьких слів *kolla* – клей (*kollodes* – клейкий) і *eidos* – вигляд.

**Золі** – високодисперсні системи, дисперсна фаза яких перебуває у твердому агрегатному стані. Золі поширеніші за істинні розчини. Цитоплазма живих клітин, кров, соки рослин – складні золі. Чинбарство, фарбування, виробництво штучних волокон, виготовлення клеїв, лаків, плівок, чорнила пов'язані з використанням цих дисперсних систем. Золі ґрунтів забезпечують їхню родючість. Добування й застосування водних золів золота описано у китайських книгах з медицини (І ст. до н. е.), наукових працях Парацельса. Препарати на основі золів срібла, золота, платини використовують у медицині як дезінфікуючі засоби та маркери (визначники) небезпечних хвороб.

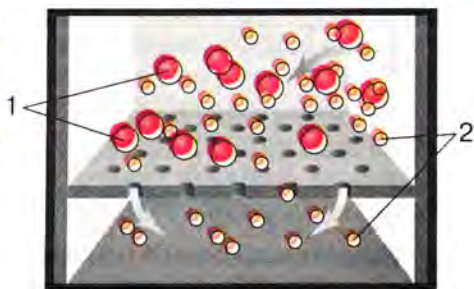
Аналізуючи зміст таблиці 3.1, ви дізналися, що дисперсійна фаза золів може бути твердою. Однак найчастіше золями називають системи із рідкою дисперсійною фазою. Це так звані *колоїдні розчини*. Вони містять частинки твердої речовини (*міцели*), які перебувають у броунівському русі. Саме він перешкоджає осіданню частинок дисперсної фази під дією сили тяжіння і є однією з причин стійкості колоїдних розчинів. Якщо золі й відстоюються, то дуже повільно (інколи за кілька років). Частинки дисперсної фази колоїдних розчинів неможливо відокремити від дисперсійної фази фільтруванням. За допомогою звичайних центрифуг також практично неможливо розділити колоїдний розчин на його складові. Подекуди це вдається зробити із використанням центрифуг з дуже великою швидкістю обертання – так званих ультрацентрифуг.

Така стійкість колоїдних розчинів зумовлена не лише малими розмірами частинок дисперсної фази. Міцели – утворення з мікрокристалів, йонів і молекул. На поверхні міцел відбуваються досить складні явища електричної природи, тому колоїдні частинки відштовхуються одна від одної. Для осадження золю (мал. 3.5,1) необхідно, щоб його частинки сполучилися



Мал. 3.5. Золь ферум(III) гідроксиду (1), його коагуляція й седиментація (2)





**Мал. 3.6.** Схема розділення суспензії фільтруванням. Розміри частинок дисперсної фази (1) значно більші за розміри частинок дисперсійної фази (2) та розміри пор фільтрувального матеріалу

у більшій за розміром. Таке сполучення називають *коагуляцією*, а осадження під впливом сили тяжіння – *седиментацією* (мал. 3.5,2).



### Завдання

Роздивіться малюнок 3.6. Поміркуйте й висловіть припущення, чому частинки дисперсної фази колоїдних розчинів, на відміну від грубодисперсних систем, не затримуються паперовим фільтром.

• **Гель** – структурована дисперсна система, яка за певних умов може утворитися із золью. Мармеладні драглі – продукт перетворення

золью пектину на гель. У гелі вся маса колоїдних частинок зв'язує розчинник, і система переходить у специфічний напіврідкий-напівтвердий стан. Гелі виявляють деякі властивості твердих тіл: міцність, пружність, пластичність, здатність зберігати форму. Це зумовлено існуванням у гелях структурної сітки, утвореної частинками дисперсної фази. Вони з'єднані в місцях контакту силами міжмолекулярної взаємодії. В комірках структурної сітки міститься дисперсійна фаза гелю. Унаслідок випаровування рідка дисперсійна фаза може заміщуватися газом. Наприклад, обережним нагріванням гелю силікатної кислоти одержують *силікагель*. Він має дуже пористу структуру з безліччю капілярів і пор, тож добре вбирає вологу, сторонні запахи тощо. Силікагель добре відомий вам з повсякденного життя – пакетики з цією речовиною-осушувачем вкладають у коробки з побутовою технікою, взуттям, його використовують у складі наповнювачів туалетів для домашніх улюбленців.



### Завдання

Наведіть приклади гелів, які відомі вам з повсякденного життя.

Можливий також обернений процес переходу гелю у золь. Колоїдні системи ґрунтів переважно є гелями. Однак унаслідок механічного впливу (вібрації, струшування, перемішування) гель може перейти в золь і ґрунт самочинно зсунуватиметься схилом.



### Завдання

Будівництво багатоповерхівок потребує забивання паль. Оцініть доцільність висотної забудови схилів Дніпра у Києві.

• **Які ще особливості притаманні колоїдним розчинам? Як практично відрізнити колоїдний розчин від істинного?** На відміну від істинних розчинів для зольів характерний **ефект Тіндаля**. Його вияви ви неодноразово спостерігали у повсякденному житті (мал. 3.7).

Ефект Тіндаля виникає під час проходження крізь золь пучка світла (наприклад, від звичайної лазерної указки). Промінь світла розсіюється, проходячи через золь, таким чином, що його шлях стає видимим

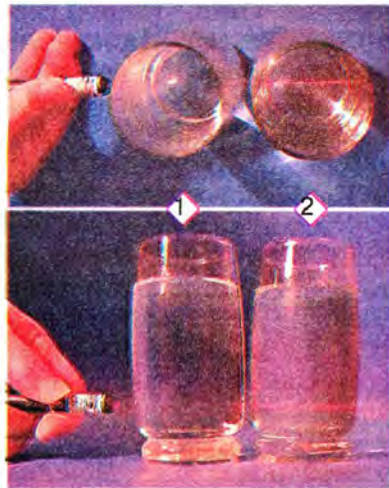




**Мал. 3.7.** 1. Тіндаль Джон (1820–1893), англійський фізик, член Лондонського королівського товариства, професор Королівського інституту в Лондоні. Основні його праці присвячені магнетизму, акустиці, поглинанню теплового випромінювання газами й парами, розсіюванню світла в мутних середовищах. Вивчав будову й рух льодовиків в Альпах. Автор науково-популярних книг, перекладених багатьма мовами. 2. Ефект Тіндаля зумовлений наявністю у повітрі зависі дрібних порошинок, які здатні розсіювати світло

(мал. 3.8). Явище зумовлене тим, що розміри частинок дисперсної фази золь достатньо великі, аби розсіювати світло.

На ефекті Тіндаля базуються широко застосовані у наукових дослідженнях і на виробництві методи виявлення, визначення розміру й концентрації колоїдних частинок. Наприклад, ультрамікроскопію використовують для дослідження дисперсних систем, контролю чистоти атмосферного повітря, води, ступеня забруднення оптично прозорих середовищ сторонніми включеннями. Оптичний димовий сигналізатор визначає на ранній стадії як приховані, так і відкриті пожежі з виділенням диму. Принцип дії цього приладу також ґрунтується на ефекті Тіндаля.



**Мал. 3.8.** Проходження пучка світла крізь істинний (1) і колоїдний (2) розчини



### Завдання

Поміркуйте й висловіть припущення, як саме працює оптичний димовий сигналізатор. Спробуйте пояснити, чи можна цей прилад використовувати у дуже запиленіх приміщеннях.




### Стисло про головне

Основний стан, у якому перебуває матерія, – дисперсний.

Фаза – однорідна частина неоднорідної фізико-хімічної системи. У формі дрібних частинок дисперсна фаза розподілена у дисперсійній фазі.





Усім дисперсним системам притаманні гетерогенність (наявність поверхні розподілу між фазами) і дисперсність (роздрібненість).

За розміром частинок системи з кількох речовин класифікують на гомогенні та гетерогенні.

Також дисперсні системи класифікують за агрегатним станом дисперсної та дисперсійної фаз.

Суспензії – дисперсні системи, в яких дисперсною фазою є тверда речовина, а дисперсійною – рідина, у якій тверда речовина практично не розчиняється. Частинки суспензій не виявляють броунівського руху. Мул, персиковий сік з м'якоттю, суміш глини з водою – суспензії.

Емульсії – дисперсні системи, в яких і дисперсна, і дисперсійна фази – рідини, які не змішуються. Вершкове масло, молоко, майонез, косметичне молочко – емульсії.

Піни – дисперсні системи, в яких дисперсною фазою є газ, а дисперсійною – рідина або тверда речовина.

Система газ–газ не є дисперсною, під час змішування газу утворюють істинні розчини.

Розчин – однофазна гомогенна система, яка складається з двох або більше компонентів. Розчин може перебувати у будь-якому агрегатному стані. Столовий оцет, цукровий сироп, сплав золота зі сріблом, азотокиснева суміш – істинні розчини.

Колоїдні системи за розміром частинок посідають проміжне місце між істинними розчинами і грубодисперсними системами.

Золі – високодисперсні системи, дисперсна фаза яких перебуває у твердому агрегатному стані. Кольорові стекла, дисперговані у воді золото, срібло, мідь – золі, так само, як і тютюновий дим.

Колоїдні розчини – золі з рідкою дисперсійною фазою. Міцели – утворення з мікрокристалів, йонів і молекул – становлять дисперсну фазу золів. Причини стійкості колоїдних розчинів – броунівський рух міцел та електричні явища на поверхні цих частинок. Їх неможливо відокремити від дисперсійної фази ані фільтруванням, ані центрифугуванням. Під час осадження золю його частинки сполучаються у більші за розміром. Таке сполучання називають коагуляцією, а осадження під впливом сили тяжіння – седиментацією.

Гель – структурована дисперсна система, яка за певних умов може утворитися із золю. Можливий і обернений процес переходу гелю у золь. Мармелад, желе, силікагель, кисіль – гелі.

Колоїдним розчинам, на відміну від істинних, властивий ефект Тіндалля.



### **Застосуйте свої знання й уміння**

1. Наведіть по два приклади колоїдних та істинних розчинів, суспензій, емульсій.
2. Установіть відповідність між дисперсними системами та об'єктами.

<b>Дисперсна система</b>	<b>Об'єкт</b>
<b>1</b> Піна	<b>А</b> Малинове желе
<b>2</b> Гель	<b>Б</b> Хліб
<b>3</b> Емульсія	<b>В</b> Сік кульбаби
<b>4</b> Суспензія	<b>Г</b> Оцет
	<b>Д</b> Косметичний лак із блискітками



3. Виберіть з-поміж рідин істинний розчин:  
**А** Молоко; **Б** Дистильована вода; **В** Томатний сік; **Г** Хлоридна кислота.
4. Визначте, про які дисперсні системи йдеться, і класифікуйте їх за агрегатним станом дисперсної й дисперсійної фаз:
  - 1) «Заходило сонце, у вузеньких хутірських вуличках стояла червона курява, в садках варилася на триніжках вечеря, гупали об землю спілі яблука» (Григор Тютюнник. «На згарищі...»);
  - 2) «Хмари густими отарами насуваються із-за обрію – і не знати, чи по небі сунуться ті хмари, чи по горах» (Платон Воронько. «Казка про Чугайстра»);
  - 3) «...Біля самого борту човна погойдувалась райдужно-фіолетова драглиста куля португальської фізалії. Вона весело мінилася на сонці, як велика мильна бульбашка, і її довгий смертоносний фіолетовий шлейф тягнувся за нею у воді...» (Ернест Хемінгуей. «Старий і море»);
  - 4)
 

«За птахом пиниться вода.  
 В малому полі мак червоний  
 Пречисту хмару вигляда  
 І макоцвітний погляд ронить» (Микола Вінграновський);
  - 5) «...Хлопці заходилися обідати. Пожадливо їли житній чорний ніздрюватий хліб, що пахнув вітром і хмелем, пили тепліле молоко» (Григор Тютюнник. «Вир»);
  - 6) «Ніч. Весна. Гримить повінь. І тікають мутні води в невідому даль» (Микола Хвильовий. «Арабески»);
  - 7) «Скло в альтанці було кольорове, й вода розсипалася райдугою, аж Сироватка замилювався» (Юрій Мушкетик. «Яса»);
  - 8)
 

«У неділю вранці-рано  
 Поле вкрилося туманом» (Тарас Шевченко «Наймичка»);
  - 9) «Потім дівчинка кинула проса курям, зварила кисіль з бузини та яблук...» (Олесь Донченко «Лісничиха»).
5. Назвіть фізичний ефект, описаний Михайлом Коцюбинським у творі «Коні не винні»: «В венеціанське вікно лилося сонце широким потоком, в сизій муті його крутилися пилінки...»
6. Доповніть уривок тексту ЗМІ: «Лазерне шоу як вид мистецтва стрімко прогресує. Якщо заповнити місце проведення такого шоу легким димом, то промені лазера, переміщуючись у просторі й змінюючи колір і форму, створюють динамічне об'ємне зображення, синхронізоване з музикою. Таке шоу надзвичайно ефектне і справляє незабутнє враження на глядачів. На відкритому просторі функцію диму можуть виконувати: ..., ..., ..., ...».



### Скарбничка досвіду

1. Використовуючи лазерну указку, дослідіть, істинними розчинами чи колоїдними системами є: рідкий кисіль, мінеральна вода, столовий оцет, газова вода, фруктовий сік, солодкі газовані напої тощо. За результатами дослідження підготуйте презентацію.
2. Дізнайтеся: а) який препарат називають «шумерським сріблом» та для чого його використовують; б) що таке нанодисперсії, де їх застосовують. За результатами дослідження підготуйте презентацію.

## Розчин і його компоненти.

Вода як розчинник, будова молекули води.

Поняття про водневий зв'язок

Після опрацювання § 4 ви зможете:

*розрізняти компоненти розчину; пояснювати утворення водневого зв'язку.*

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природознавства, хімії, фізики:**

*що таке розчин; які особливості молекулярних та йонних кристалів; у який спосіб утворюються ковалентні полярні зв'язки; які властивості має вода у різних агрегатних станах; що таке температура кипіння; як відбувається електростатична взаємодія; де трапляються розчини у природі та побуті;*

**шукатимемо відповіді на запитання:**

*яка характерна ознака істинних розчинів? З чого складається розчин? Чим зумовлені унікальні властивості води? Яке значення мають водневі зв'язки?*

• **Розчин і його компоненти** деякою мірою знайомі вам з курсу природознавства. З попереднього параграфа ви дізналися, що **розчин** – **однорідна гомогенна система, яка складається з двох або більше компонентів.**

Характерна ознака істинних розчинів – гомогенність. У істинних розчинах навіть за допомогою ультрамікроскопа не можна побачити окремих частинок їхніх складових.



### Завдання

Поясніть, чому частинки дисперсної фази колоїдних розчинів можна досліджувати методом ультрамікроскопії, а частинки компонентів істинних розчинів – ні (за потреби зверніться до малюнка 3.2).

Схарактеризуйте докладніше компоненти розчинів. Вам уже відомо, що розчин може перебувати у будь-якому агрегатному стані. Чи не найпоширеніші **розчинники** – рідини. Наприклад, дуже розповсюджені у природі водні розчини речовин.



### Завдання

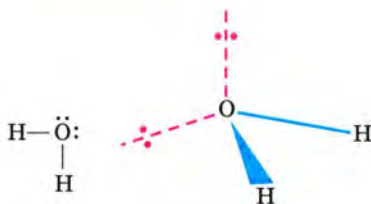
Наведіть кілька прикладів рідких розчинів, які трапляються у природі.

Рідкі розчини використовують у техніці, на виробництві, у сільському господарстві, лабораторних дослідженнях, фармації, медицині і повсякденному житті. Тож з'ясуємо ознаки класифікації розчинів, навчимося розрізняти їхні компоненти.

Розчин утворений не менш ніж двома компонентами, один з яких – **розчинник**, а інші **розчинені** в ньому. Наприклад, у столовому оцті вода – розчинник, а оцтова кислота – розчинена речовина.

Зазвичай розчинником вважають той компонент, який у чистому вигляді існує у тому самому агрегатному стані, що й розчин. Якщо компоненти





Мал. 4.1. Будова молекули води

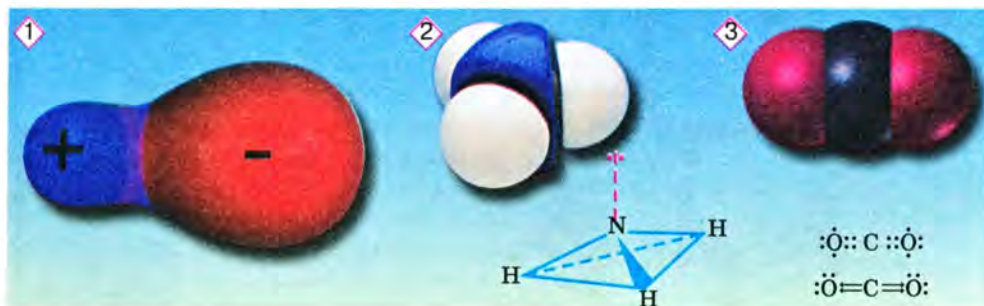
розчину перебувають в одному агрегатному стані, то розчинник – компонент, маса якого у розчині найбільша. **Запам'ятайте**, воду традиційно вважають розчинником навіть тоді, коли її маса значно менша за масу розчиненої речовини.

• **Вода як розчинник** має непересічне значення. Здатність води розчиняти найрізноманітніші речовини та її інші унікальні властивості спричинені насамперед хімічним складом і будовою молекули цієї сполуки. Тож розгляньмо особливості будови молекули води (мал. 4.1). Вам добре відомо, що до її складу входять два атоми Гідрогену й один атом Оксигену. З курсу хімії 8-го класу ви знаєте, що електронегативність Оксигену значно більша за електронегативність Гідрогену. Тому утворені за рахунок спільних електронних пар зв'язки О–Н у молекулі води ковалентні полярні. Вони розміщені під кутом  $104,5^\circ$ , і це спричинює асиметричність структури і виникнення диполя. Що таке диполь і за яких умов молекула є диполем?

**Диполь** – система з двох зарядів, протилежних за знаком і однакових за величиною (мал. 4.2).

Зверніть увагу: молекули, утворені атомами різних хімічних елементів, можуть, залежно від геометричної форми, бути полярними й неполярними. Якщо форма асиметрична (через наявність неподілених електронних пар або неспарених електронів), то молекула полярна (мал. 4.2,2). Якщо ж зміщення електронної густини симетричне, то молекула неполярна (мал. 4.2,3).

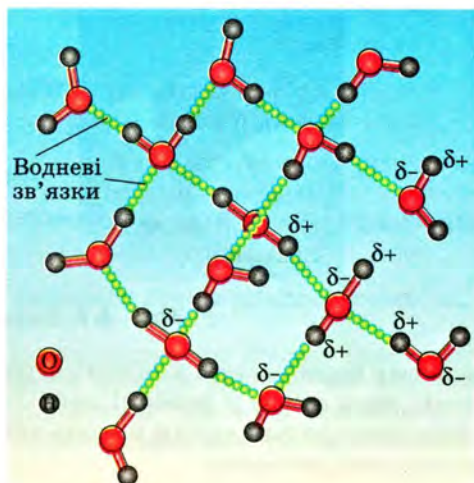
За допомогою простого досліду можна пересвідчитись у тому, що молекули води полярні: тонка водяна цівка притягується до пластма-



Мал. 4.2. 1. Схематичне зображення диполя. 2. Молекула амоніаку. 3. Молекула карбон(IV) оксиду



**Мал. 4.3.** Молекули води полярні: тонка водяна цівка притягується до пластмасових виробів, наелектризованих тертям



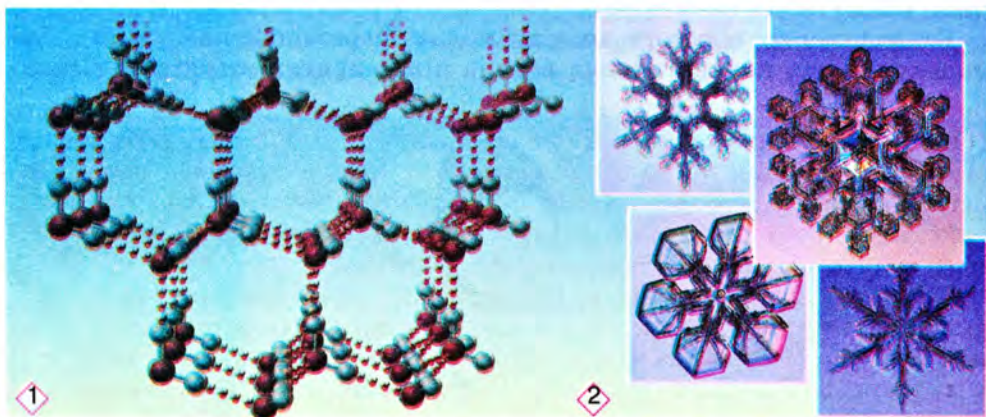
**Мал. 4.4.** Водневі зв'язки між молекулами води

сового корпусу ручки чи ебонітової палички, наелектризованих тертям (мал. 4.3).

Під впливом диполів води на поверхні речовин, занурених у неї, між-атомні й міжмолекулярні сили слабшають у 80 разів. Така висока діелектрична проникність з усіх відомих речовин властива тільки воді. Цим пояснюють її здатність бути універсальним розчинником.

Асиметричність розподілу електричних зарядів у молекулах води є причиною утворення між ними так званих *водневих зв'язків* (мал. 4.4). З наявністю цих зв'язків пов'язані аномально високі (порівняно з леткими сполуками інших елементів VIA групи періодичної системи) температури кипіння і плавлення води.

Завдяки водневим зв'язкам між молекулами вода виявляє унікальні властивості. Ці міжмолекулярні зв'язки стабілізують нещільну кристалічну структуру льоду (мал. 4.5).



**Мал. 4.5.** 1. Водневі зв'язки у кристалічній структурі льоду.  
2. Сніжинки складаються з кристаликів льоду





### Завдання

Роздівіться фрагменти (1) і (2) малюнка 4.5 і висловіть припущення щодо причин наявності у будь-якої сніжинки саме шести променів.

Через особливості будови кристалів льоду його густина менша за густину води у рідкому агрегатному стані. Ця властивість запобігає промерзанню водойм.

Під час подальшого вивчення хімії та біології ви дізнаєтеся, що утворення водневих зв'язків притаманне й іншим речовинам – як неорганічним, так і органічним. Вони можуть утворюватися між молекулами різних речовин. Перебіг багатьох біологічних процесів й існування живих організмів можливі саме завдяки утворенню й руйнуванню водневих зв'язків.

Водневі зв'язки, так само як і *електростатична взаємодія між диполями води та йонами у вузлах кристалічних ґраток*, відіграють неабияку роль у процесі розчинення речовин. Докладніше про це ви дізнаєтеся з наступного параграфа.



### Цікаво?

Більшість обрядових дій українців відбувалися біля води, бо ототожнювалися з водною стихією: купальські обряди, русалії й Водохреще, обливання та ворожіння на мосту, біля криниці чи ополонки. Водна магія та культ води лежали в основі багатьох вірувань та повір'їв, утілюючись у колоритних демонологічних обрядах, що стали етнічними символами духовної культури українців, – у образах русалки, нявки, водяника тощо.

### Пізнавально!




### Стисло про головне

Розчин – однофазна гомогенна система, яка складається з двох або більше компонентів. Розчин може перебувати у будь-якому агрегатному стані. Чи не найпоширеніші розчинники – рідини. Рідкі розчини використовують у техніці, на виробництві, у сільському господарстві, лабораторних дослідженнях, фармації, медицині і повсякденному житті.

Розчин утворений не менш ніж двома компонентами, один з яких – розчинник, а інші розчинені в ньому. Зазвичай розчинником вважають той компонент, який у чистому вигляді існує у тому самому агрегатному стані, що й розчин. Якщо компоненти розчину перебувають в одному агрегатному стані, то розчинник – компонент, маса якого у розчині найбільша. Воду традиційно вважають розчинником навіть тоді, коли її маса значно менша за масу розчиненої речовини.

Здатність води розчиняти найрізноманітніші речовини та її інші унікальні властивості спричинені хімічним складом і будовою молекули цієї сполуки. Утворені за рахунок спільних електронних пар зв'язки О–Н у молекулі води ковалентні полярні. Вони розміщені під кутом  $104,5^\circ$ , і це спричинює асиметричність структури і виникнення диполя.

Диполь – система з двох зарядів, протилежних за знаком і однакових за величиною.



На поверхні речовин, занурених у воду, міжатомні й міжмолекулярні сили під впливом диполів води слабшають у 80 разів. Цим пояснюють здатність води бути універсальним розчинником.

Асиметричність розподілу електричних зарядів у молекулах води є причиною утворення між ними водневих зв'язків. З наявністю цих зв'язків пов'язані аномально високі температури кипіння і плавлення води.

Окрім води, утворення водневих зв'язків притаманне й іншим речовинам – як неорганічним, так і органічним. Водневі зв'язки можуть утворюватися між молекулами різних речовин. Перебіг багатьох біологічних процесів й існування живих організмів можливі саме завдяки утворенню й руйнуванню водневих зв'язків.

Водневі зв'язки, так само як і електростатична взаємодія між диполями води та йонами у вузлах кристалічних ґраток, відіграють неабияку роль у процесі розчинення речовин.



### *Застосуйте свої знання й уміння*

1. Наведіть визначення розчину.
2. Назвіть характерну ознаку істинних розчинів.
3. Наведіть кілька прикладів твердих розчинів, які використовують у побуті.
4. Схарактеризуйте будову молекули води.
5. Доповніть речення. **Істинний розчин є системою:**  
**А** Гомогенною; **Б** Гетерогенною; **В** Однокомпонентною; **Г** Багатокомпонентною; **Д** Однофазною; **Е** Двохфазною; **Ж** Грубодисперсною; **З** Колоїдною.
6. Виберіть розчини:  
**А** Дощова вода; **Б** Столовий оцет; **В** Молоко; **Г** Хлоридна кислота.
7. Виберіть усі правильні твердження:  
**А** Молекула води полярна; **Б** Молекула води неполярна; **В** Молекула води є диполем; **Г** Зв'язки між атомами Гідрогену й Оксигену в молекулі води ковалентні полярні; **Д** Зв'язки О–Н у молекулі води йонні; **Е** Зв'язки між атомами Гідрогену й Оксигену в молекулі води ковалентні неполярні.

## **§ 5. Фізико-хімічна суть процесу розчинення. Поняття про кристалогідрати та теплові явища, що супроводжують розчинення речовин**

**Після опрацювання § 5 ви зможете:**

*пояснювати суть процесів розчинення, вплив на них різних чинників.*

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природознавства, хімії, фізики:**

*які рівні фізичного світу вам відомі; що таке розчин; які компоненти розчину; як утворюються водневі зв'язки; які особливості молекулярних та йонних кристалів; у які способи розділяють однорідні суміші;*

**шукатимемо відповіді на запитання:**

*чи потребують уточнення ваші уявлення про компоненти розчину? У чому полягає суть процесу розчинення? Де використовують кристалогідрати і теплові явища під час розчинення?*



• **Фізико-хімічна суть процесу розчинення.** У чому вона полягає? Спробуймо відповісти на це запитання, звернувшись до простих дослідів із розчинення речовин, добре відомих вам з повсякденного життя. До склянки з водою помістимо грудочку цукру (мал. 5.1,1). Поступово вона зменшуватиметься аж до повного «зникнення». Такі зміни ми спостерігатимемо на *макрорівні* фізичного світу.

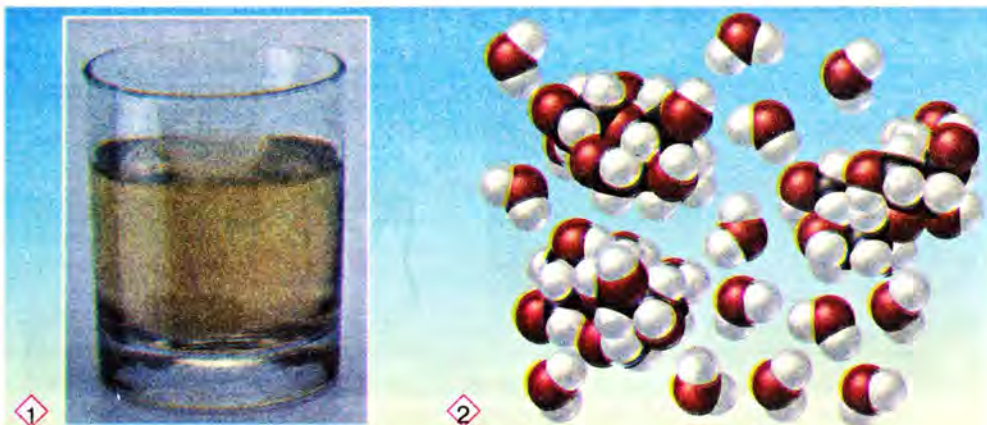


### Завдання

Спираючись на власний досвід приготування чаю, назвіть дві умови, за яких розчинення цукру пришвидшується.

Спостережувані явища зумовлені складними процесами, які відбуваються між молекулами цукру і води на *мікрорівні*. Молекули цукру містять полярні гідроксильні групи (докладніше про будову молекули сахарози ви дізнаєтеся, вивчаючи органічні речовини). Саме тому на поверхні кристала цукру між молекулами сахарози і води утворюються *водневі зв'язки*: з однією молекулою цукру зв'язуються кілька молекул води. Такі молекули називають *гідратованими*. Тепловий рух молекул води змушує зв'язані з ними молекули цукру відокремлюватися від кристала й переходити у середовище розчинника. Молекули цукру, які перейшли із кристала в розчин, хаотично пересуваються у ньому разом із молекулами води завдяки тепловому руху. Це явище, добре відоме вам з курсу природознавства, називають *дифузією*.

Процес дифузії відбувається досить повільно, тому поблизу поверхні кристалів накопичується надлишок молекул цукру. Вони вже відокремлені від кристала, але ще не дифундували в розчин. Це перешкоджає новим молекулам води наблизитися до поверхні кристала та утворити водневі зв'язки з його молекулами. Під час перемішування розчину дифузія відбувається інтенсивніше, тож розчинення цукру пришвидшується. Згодом гідратовані молекули цукру рівномірно розподіляються між молекулами води. Молекули цукру не тільки відокремлюються від кристала, а й знов приєднуються до нього з розчину. Якщо цукру взято



**Мал. 5.1.** Дослідження розчинення цукру у воді на різних рівнях фізичного світу: макрорівні (1) та мікрорівні (2)

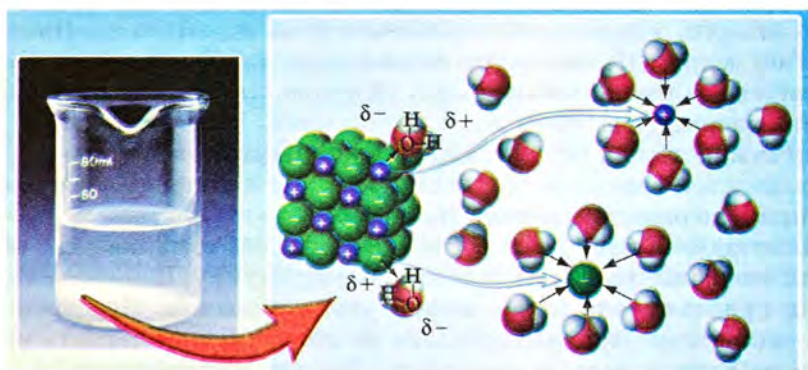
порівняно небагато, у розчин переходить більше його молекул, ніж приєднується до кристала, – відбувається розчинення. Якщо вода контактує з більшою кількістю кристалів, то кількість молекул, які відокремлюються від кристала й приєднуються до нього, стає однаковою, розчин *насичується*. Тому на *макрорівні* спостерігаємо припинення розчинення, хоча на *мікрорівні* взаємозворотні процеси *розчинення* й *кристалізації* тривають. Докладніше про *насичені* розчини йтиметься у наступному параграфі.

Під час розчинення йонних кристалів диполі води взаємодіють із йонами кристалічних ґраток завдяки електростатичним силам (особливості цієї взаємодії ви щойно вивчали на уроках фізики).



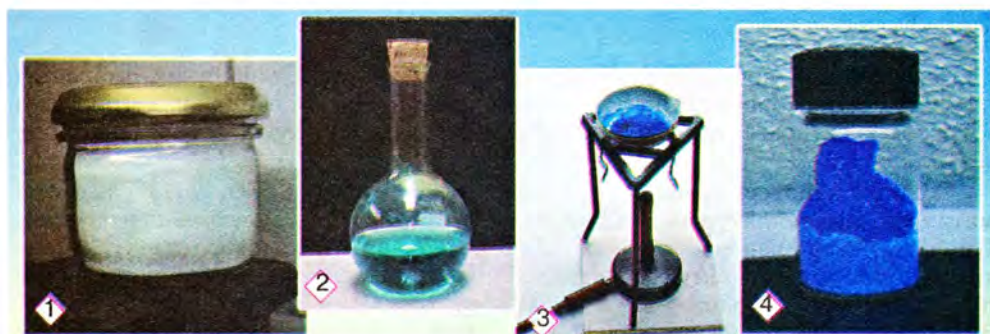
### Завдання

За малюнком 5.2 опишіть явища, які відбуваються під час розчинення натрій хлориду (головної складової кухонної солі) у воді.



**Мал. 5.2.** Розчинення натрій хлориду у воді супроводжується утворенням гідратованих катіонів Натрію та аніонів Хлору

Унаслідок цього процесу утворюються гідратовані йони. Які спостережувані на макрорівні зміни свідчать про це? Наприклад, у безводному купрум(II) сульфаті (мал. 5.3,1) катіон Купруму(II) безбарвний, а у вод-



**Мал. 5.3.** 1. Кристалічний купрум(II) сульфат.  
2. Розчин купрум(II) сульфату містить гідратовані йони Купруму(II).  
3. Випарювання водного розчину купрум(II) сульфату.  
4. Мідний купорос (купрум(II) сульфат, пентагідрат)



ному розчині купрум(II) сульфату (мал. 5.3,2) гідратований катіон Купруму(II) має блакитне забарвлення (мал. 5.3,3).

Отже, розчинення речовин супроводжується взаємодією розчинника і розчиненої речовини. Якщо розчинник – вода, процес називають *гідратацією*, а його продукти – *гідратами*.

Тобто *компонентами розчину є розчинник, розчинена речовина і продукти їхньої взаємодії*.

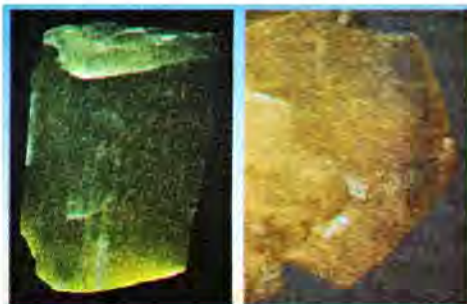
Під час випарювання водних розчинів деяких твердих речовин утворюються так звані *кристалогідрати* – кристали, до складу яких входять молекули води. Наприклад, одна формульна одиниця мідного купоросу – чи не найвідомішого кристалогідрату – містить п'ять молекул води (мал. 5.3,4). Хімічна формула мідного купоросу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}^*$ .

Кристалогідрати порівняно нестійкі й згодом розкладаються, втрачаючи *кристалізаційну* воду. Цьому процесу так званого вивітрювання сприяють підвищення температури та низька вологість повітря.

Безводні кристали деяких речовин *гігроскопічні* й поглинають воду з навколишнього середовища, утворюючи кристалогідрати. Наприклад, безводний купрум(II) хлорид треба зберігати у щільно закоркованій посудині аби запобігти доступу повітря. Якщо посудина відкрита, безводна сіль вбирає з повітря вологу й поступово перетворюється на кристалогідрат.

Чимало мінералів є кристалогідратами, наприклад трона (мал. 5.4.).

Деякі речовини (поміж них є й органічні) у чистому вигляді можна добути тільки у формі кристалогідратів. Кристали добре відомої вам харчової лимонної кислоти є моногідратом цієї речовини. Однак у складі шипучих лікарських форм і сухих концентратів солодких напоїв використовують не кристалогідрат, а безводну лимонну кислоту.



**Мал. 5.4.** Формула  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  відображає хімічний склад мінералу трони



### Завдання

Поміркуйте й висловіть припущення, чому до складу шипучих лікарських форм, сухих концентратів солодких напоїв та начинки льодяників «Шипучка» разом із питною содою входить безводна лимонна кислота, а не її моногідрат.

\*Мідний купорос – тривіальна назва сполуки складу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , за систематичною номенклатурою її називають так: купрум(II) сульфат, пентагідрат. Префікс пента- означає «п'ять». Для позначення кількості молекул кристалізаційної води у формульній одиниці кристалогідрату використовують й інші префікси: моно- – «один», ди- – «два», гепта- – «сім», дека- – «десять» тощо. Знак « $\cdot$ » у формулах кристалогідратів не є знаком множення. Тому під час обчислення відносної формульної маси кристалогідрату слід до відносної формульної маси безводної солі додати відносну масу певної кількості молекул води:

$$\begin{aligned} M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) &= M_r(\text{CuSO}_4) + 5 M_r(\text{H}_2\text{O}) = \\ &= 64 + 32 + 4 \cdot 16 + 5 \cdot (2 \cdot 1 + 16) = 250 \end{aligned}$$





**Мал. 5.5.** 1. Вода об'ємом 50 мл.  
2. Етиловий спирт об'ємом 50 мл.  
3. Об'єм водного розчину етилового спирту менший, порівняно із сумою об'ємів цих рідин до змішування

виробництві засобів для миття і чищення. Вже згадуваний мінерал трону використовують як компонент пральних порошків нового покоління.

Отже, окрім розчинника та розчинюваної речовини, у водному розчині містяться й продукти їхньої взаємодії – гідрати. У процесі розчинення беруть участь сили як фізичної, так і хімічної природи. Процес розчинення внаслідок взаємодії компонентів розчину супроводжується різними явищами, наприклад зміною кольору під час гідратації деяких іонів або зменшенням об'єму розчину етилового спирту у воді, порівняно із сумою об'ємів цих рідин до змішування (мал. 5.5).

• **Теплові явища, що супроводжують розчинення речовин,** також є наслідком взаємодії компонентів розчину. Молекули води руйнують зв'язки між структурними частинками розчинюваної речовини – молекулами або йонами. Під час цього процесу утворюються продукти приєднання молекул води до частинок розчинюваної речовини – гідрати. На руйнування зв'язків між частинками розчинюваної речовини енергія ( $E_1$ ) витрачається. Утворення зв'язків між частинками розчиненої речовини і молекулами розчинника супроводжується виділенням енергії ( $E_2$ ). Якщо  $E_1 > E_2$ , розчин охолоджується, якщо  $E_1 < E_2$ , розчин нагрівається. Приміром, якщо до шматочків льоду обережно додати концентровану сульфатну кислоту, лід розтопить. Адже розчинення у воді концентрованої сульфатної кислоти супроводжується виділенням теплоти.

**Виконаємо дослід.** Доведемо, що розчинення амоній тіоціанату супроводжується поглинанням теплоти. Додаймо воду у хімічну склянку з амоній тіоціанатом. Змочимо водою фанерну дощечку. Розчин охолоджується настільки, що хімічна склянка примерзає до дощечки.

Теплові явища під час розчинення використовують для виготовлення охолоджувальних сумішей і так званих хімічних грілок. Органічна речовина карбамід (сечовина), наприклад, відома вам як складова деяких жувальних гумок. Її розчинення у воді супроводжується поглинанням теплоти, тому цю сполуку у складі пакетів швидкого охолодження засто-

• **Розгляньмо найважливіші кристалогідрати,** які широко використовують у повсякденному житті. Мідний купорос запобігає розвитку пліснявих грибів, тому входить до складу численних сумішей, які використовують у будівництві та ремонті квартир. Також він ефективний у боротьбі зі шкідниками рослин і як мікродобриво. З цією ж метою застосовують інший кристалогідрат – ферум(II) сульфат, гептагідрат – залізний купорос  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Натрій сульфат, декагідрат – глауберова сіль  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  – перевірене часом послаблююче у медицині та ветеринарії. Натрій карбонат, декагідрат – кристалічна сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Цю сполуку застосовують, зокрема, у



совують для надання першої медичної допомоги. Також у таких пакетах використовують амоній нітрат.

Зворотним до процесу розчинення є процес кристалізації, який також може супроводжуватися помітними тепловими ефектами. Докладніше про це йтиметься у наступному параграфі.



### Стисло про головне

Розчин – однофазна гомогенна система, яка складається з розчинюваної речовини, розчинника і продуктів їхньої взаємодії.

Розчинення – складний фізико-хімічний процес, його не можна зводити до простого механічного розподілення частинок розчинюваної речовини поміж частинками розчинника. Під час розчинення змінюються деякі властивості компонентів розчину, розриваються одні й утворюються інші хімічні зв'язки. Однак розчин не має сталого складу. Тож його не можна вважати ані сумішшю, ані індивідуальною сполукою.

Спостережувані на макрорівні явища, якими супроводжується розчинення, зумовлені складними процесами, які відбуваються на мікрорівні між структурними частинками розчинюваної речовини і диполями води.

Розчинення речовин з полярними молекулами супроводжується утворенням водневих зв'язків між ними і диполями води. Руйнування під час розчинення кристалічних ґраток йонних речовин зумовлене електростатичними йон-дипольними взаємодіями. Наприклад, коли кристали натрій хлориду (кухонної солі) потрапляють у воду, то під впливом електростатичних сил притягання утворюються зв'язки між йонами кристалічних ґраток і диполями води. Кристалічні ґратки натрій хлориду руйнуються, і утворюються гідратовані йони.

Під час розчинення речовин структурні частинки розчинника і розчиненої речовини взаємодіють. Про це свідчать різноманітні зовнішні ефекти: зміна кольору під час гідратації деяких йонів, зменшення об'єму розчину порівняно із сумою об'ємів рідин до змішування та теплові явища.

Якщо розчинник – вода, процес взаємодії її молекул із частинками розчинюваної речовини називають *гідратацією*, а його продукти – *гідратами*.

Під час випарювання водних розчинів деяких твердих речовин утворюються так звані *кристалогідрати* – кристали, до складу яких входять молекули води. Кристалогідрати порівняно нестійкі й згодом розкладаються, втрачаючи *кристалізаційну* воду. Безводні кристали деяких речовин гігроскопічні й поглинають воду з навколишнього середовища, утворюючи кристалогідрати.

Кристалогідратами є чимало мінералів. Найважливіші кристалогідрати, широко використовувані у повсякденному житті, – харчова лимонна кислота, мідний і залізний купороси, глауберова сіль, кристалічна сода тощо.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Наведіть уточнене визначення поняття «розчин».
2. Виберіть рівень фізичного світу, на якому відбувається взаємодія між структурними частинками розчинника і розчинюваної речовини:  
**А** Мікросвіт; **Б** Макросвіт; **В** Мегасвіт.

- Назвіть рівень фізичного світу, який відповідає зовнішнім ефектам, що супроводжують розчинення речовин.
- Установіть відповідність між речовинами і типами взаємодії їхніх структурних частинок із молекулами води під час розчинення.

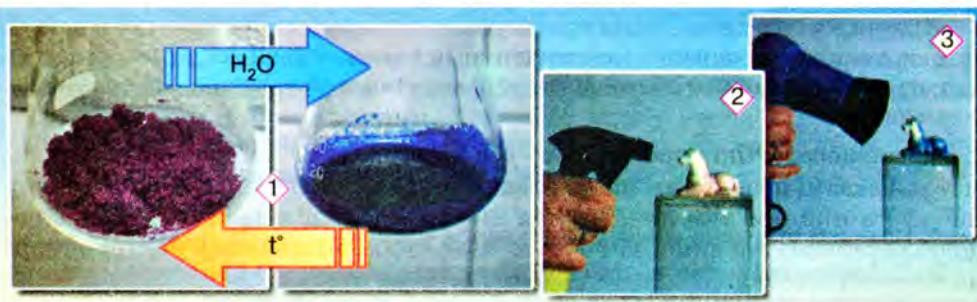
Речовина	Тип взаємодії
1 Цукор	А Йони – диполі
2 Натрій хлорид	Б Диполі – диполі
	В Неполарні молекули – диполі
	Г Йони – неполярні молекули
	Д Неполарні молекули – неполярні молекули

- Назвіть тип зв'язків, які утворюються у розчині між молекулами цукру (сахарози) і диполями води.
- Виберіть назву процесу взаємодії молекул води із частинками розчинюваної речовини у розчині:  
А Гідрування; Б Гідратація; В Гідрометрія; Г Гідроочищення.
- Виберіть загальну назву продуктів взаємодії структурних частинок розчиненої речовини з молекулами води у розчині:  
А Гідриди; Б Гідранти; В Гідрати; Г Гідри.
- Визначте, модель якого процесу описано: *на першому поверсі великого двоповерхового супермаркету розташовані службові приміщення й камера схову, а на другому – торговельний зал. Поверхи сполучені двома ескалаторами. На початку робочого дня перші покупці піднімаються в торговельний зал, потік їх усе збільшується, але зворотного руху поки що немає, оскільки ніхто ще не встигнув зробити покупки. Згодом зворотний потік покупців починає збільшуватися, і до середини робочого дня потоки покупців на обох ескалаторах вирівнюються. Встановлюється своєрідна рівновага: чисельність покупців у торговельному залі практично незмінна, хоча щохвилини відбувається їхнє оновлення. Аргументуйте свою думку.*
- Прочитайте уривок із твору Михайла Булгакова «Собаче серце»: «У приймальні, – покійно відповів Шариков, – зелена, як купорос. Зелена книжка...» Висловіть припущення, про яку речовину йдеться.



### Скарбничка досвіду

Роздивіться фрагмент (1) малюнка 5.6, опишіть його і поясніть зміни, зображені на ньому. Спрогнозуйте зміни, які відбудуться з «чарівною» статуєткою,



Мал. 5.6



якщо її: а) зволожити (2); б) висушити гарячим повітрям (3). Дізнайтеся, використовуючи різноманітні джерела інформації, шаром якої речовини вкрито статуетку. Запропонуйте практичне застосування цієї властивості речовини. Під керівництвом учителя хімії реалізуйте свій проект. За результатами дослідження підготуйте презентацію.

## § 6. Розчинність, її залежність від різних чинників. Насичені й ненасичені розчини

Після опрацювання § 6 ви зможете:

пояснювати вплив різних чинників на розчинення; розрізняти насичені й ненасичені розчини.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природознавства, хімії, фізики, географії:**

що таке таблиця розчинності кислот, основ, солей у воді і як нею користуватися; які особливості речовин у газоватому стані; що таке рівновага;

**шукатимемо відповіді на запитання:**

які чинники впливають на розчинність речовин? Чим відрізняються насичені й ненасичені, концентровані й розбавлені розчини?

• **Розчинність** – це максимальна маса речовини, яка може за певних умов (температури, тиску) розчинитися у розчиннику масою 100 г.

Розчинність залежить від *природи розчинюваної речовини і розчинника, температури й (для газуватих речовин) тиску*. Деякі речовини необмежено розчиняються у воді. Це сульфатна, нітратна, оцтова кислоти, гідроген пероксид, винний спирт (етанол) тощо.

Розрізняють добре розчинні речовини. Їхня розчинність становить понад 10 г. Пригадайте курс хімії 8-го класу: гідроген хлорид добре розчиняється у воді.

Якщо розчинність речовин від 1 г до 10 г, то речовини називають розчинними. Наприклад, розчинність бром у воді становить 3,58 г.

Розчинність малорозчинних речовин становить від 0,001 г до 1 г. Азот малорозчинний у воді.

Кальцій карбонат (крейда) – приклад практично нерозчинної речовини, оскільки її розчинність у воді менша за 0,001 г.



### Завдання

Використовуючи таблицю розчинності кислот, основ, солей у воді (див. додаток), наведіть приклади: а) розчинної солі; б) малорозчинної основи; в) нерозчинної кислоти.

Проте абсолютно нерозчинних речовин не існує. Навіть малоактивні метали здатні незначним чином розчинятися у воді. Аби мати гладеньку шкіру та ніжний рум'янець, слов'янські красуні здавна вмивались водою із срібного глечика. Й дотепер люди використовують бактерицидні властивості срібла.

Розгляньмо чинники, які впливають на розчинність речовин, докладніше. Неабияке значення мають *природа розчинюваної речовини і розчинника*.

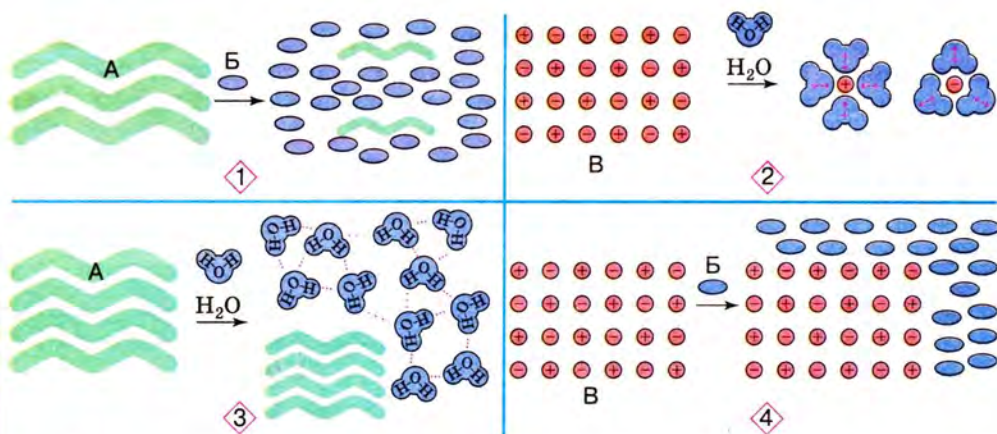


**Мал. 6.1.** Аби речовина могла розчинитися у розчиннику, компоненти розчину повинні мати однотипні зв'язки, тобто бути однієї природи

Як це пояснити? Під час утворення розчину зв'язки між частинками кожного з його компонентів замінюються на зв'язки між частинками різних компонентів. Аби нові зв'язки могли утворюватися, компоненти розчину повинні мати однотипні зв'язки, тобто бути однієї природи (мал. 6.1).

Саме тому у неполярних розчинниках добре розчиняється чимало молекулярних речовин із ковалентним неполярним типом зв'язку. Приміром, кисень, малорозчинна у воді речовина, значно ліпше розчиняється у неполярному розчиннику – бензені.

Різну розчинність речовин використовують для розділення сумішей. Наприклад, розділення суміші йоду й спирту ґрунтується на різній розчинності йоду у воді й спирті. У спирті неполярна речовина йод розчиняється значно ліпше. Це пояснюється більшою полярністю молекул води порівняно з молекулами спирту. Натомість спирт і вода мають необ-



**Мал. 6.2.** «Подібне розчиняється у подібному»: 1. Тверда неполярна речовина (А) розчиняється у неполярному розчиннику (Б). 2. Тверда йонна речовина (В) розчиняється у воді з утворенням гідратованих йонів. 3. Тверда неполярна речовина (А) не розчиняється у воді – полярному розчиннику. 4. Тверда йонна речовина (В) не розчиняється у неполярному розчиннику



межену взаємну розчинність. Якщо налити у склянку однакові порції спиртової йодної настойки й холодної води, то незабаром на дно склянки осядуть кристали йоду.



### Завдання

Поміркуйте й поясніть, у яких розчинниках – полярних чи неполярних – мають ліпше розчинятися йонні речовини (мал. 6.2).

Розчинність твердих речовин з підвищенням *температури* здебільшого зростає.

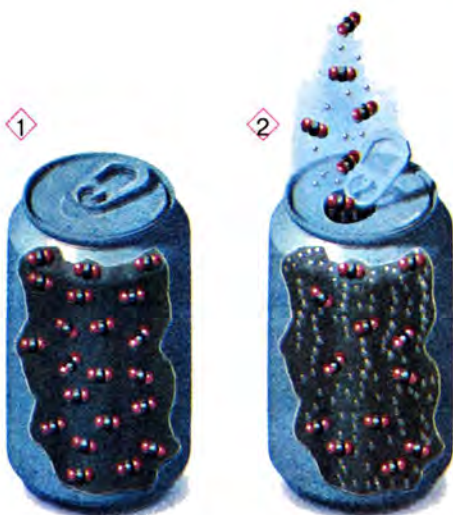
*Розчинність газів* залежить не лише від *температури*, а й від *тиску*. Певні висновки щодо цих закономірностей можна зробити, виконуючи прості досліди. Аби з'ясувати, як впливає зміна тиску на розчинність газів, треба лише відкоркувати бляшанку з улюбленим газованим напоєм. Тиск у закритій бляшанці з ним підвищений (мал. 6.3,1), але після відкорковування знижується до атмосферного, і з розчину починають виділятися бульбашки вуглекислого газу (мал. 6.3,2). Отже, зі зменшенням тиску розчинність вуглекислого газу зменшується.



### Завдання

Роздивіться малюнок 6.4 і спробуйте пояснити, чому зі зростанням тиску розчинність газів збільшується.

Задля з'ясування *впливу температури на розчинність* вуглекислого газу у воді візьмемо дві однакові пластикові пляшки з газованою водою. Одну з пляшок охолодимо у холодильнику, а другу нагріємо, зануливши в посудину з теплою водою. Одночасно відкоркуємо обидві пляшки й порівняймо інтенсивність виділення бульбашок вуглекислого газу з роз-



**Мал. 6.3.** Зміни, які відбуваються під час відкорковування бляшанки з газованим напоєм



**Мал. 6.4.** Залежність розчинності газів від тиску

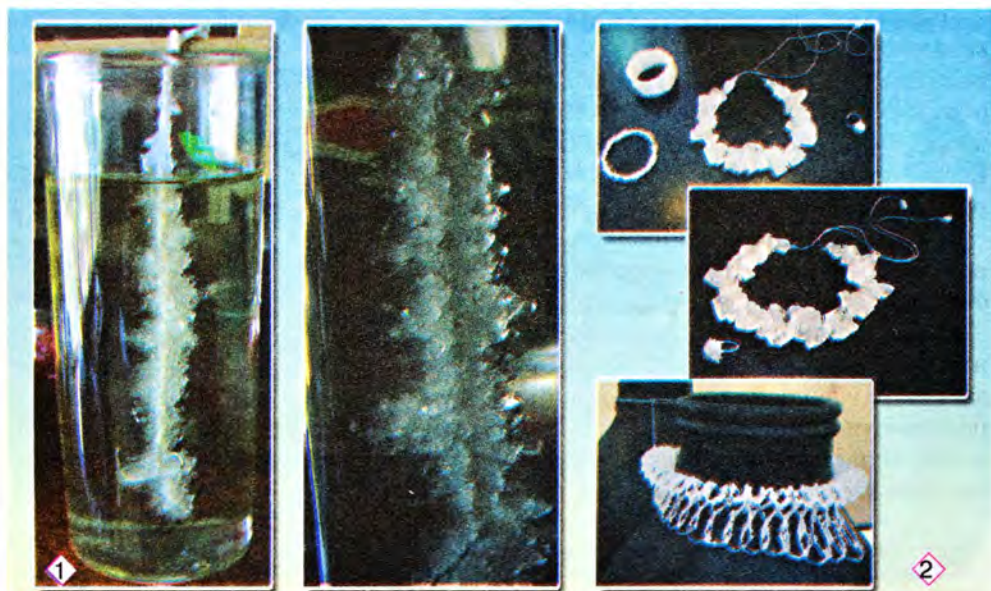


**Мал. 6.5.** Утворення насиченого розчину солі Нікелю(II). 1, 2, 3. Поступово зростає кількість структурних частинок, які відокремлюються від кристалів солі й переходять у розчин. 3, 4. Хоча на мікрорівні взаємозворотні процеси розчинення й кристалізації тривають, на макрорівні спостерігаємо припинення розчинення

чинів. На відміну від більшості твердих речовин, розчинність газів зі зростанням температури зменшується, тому з нагрітого розчину газ виділяється інтенсивніше, ніж з охолодженого.

• **Насичені й ненасичені розчини.** Вивчаючи попередній параграф, ви, звичайно, звернули увагу, що за умови контакту води з достатньо великою кількістю кристалів розчинюваної речовини число структурних частинок, які відокремлюються від кристала й приєднуються до нього, стає однаковим. Тобто хоча на *мікрорівні* взаємозворотні процеси *розчинення й кристалізації* тривають, на *макрорівні* спостерігаємо припинення розчинення (мал. 6.5).

• **Розчин насичений**, якщо у ньому за певної температури і тиску розчинювана речовина перебуває у рівновазі з розчином.



**Мал. 6.6.** 1. Вирощування кристалів цукру.  
2. «Ювелірні» прикраси з цукру – елементи «солодкого життя»



Якщо за тих самих умов відокремити насичений розчин від надлишку розчинюваної речовини, він залишиться насиченим, хоча вже й не перебуватиме в рівновазі з розчиненою речовиною.

Додавання до насиченого розчину води порушує рівновагу в ньому – починає переважати процес розчинення і розчин стає ненасиченим. Надлишок розчинюваної речовини – достатня умова насиченості розчину. Саме з насичених розчинів вирощують чудові кристали (мал. 6.6).

У природі трапляються і насичені, й ненасичені розчини. Наприклад, столові мінеральні води – ненасичені розчини. А ропа лиманів – насичений розчин солей.

Існують і *пересичені* розчини. Їх зазвичай одержують під час повільного охолодження насичених розчинів. Пересичені розчини – нестійкі системи. Найменше струшування порушує рівновагу в них – відбувається миттєва кристалізація. Наприклад, внесення в пересичений розчин натрій ацетату кристалика цієї солі або струшування зумовлює швидку кристалізацію, яка супроводжується виділенням великої кількості теплоти. Цю властивість пересиченого розчину натрій ацетату використовують у так званих сольових грілках.



### Завдання

Кристалізація пересиченого розчину натрій ацетату супроводжується виділенням великої кількості теплоти. Яка енергія, на вашу думку, більша: та, що витрачається на відщеплення молекул води від гідратованих йонів, чи та, що виділяється під час сполучання цих йонів у кристалічні ґратки натрій ацетату? Аби правильно відповісти на це запитання, пригадайте: а) який процес є оберненим до процесу розчинення; б) чим зумовлені теплові ефекти під час розчинення.

Розрізняють *концентровані* й *розбавлені* розчини. Концентровані розчини містять набагато більше розчинюваної речовини, ніж розчинника, а розбавлені – навпаки. Води Мертвого моря – дуже концентрований розчин солей (мал. 6.7).

Оцтова есенція – концентрований водний розчин оцтової кислоти. А столовий оцет – її розбавлений розчин.

Утім, концентрований розчин може бути ненасиченим. Наприклад, за  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  у воді масою 100 г можна розчинити цукор масою 150 г. Утворений розчин дуже концентрований, проте ненасичений, бо за цієї ж температури в ньому ще можна розчинити цукор масою 53 г.




Мал. 6.7. Води Мертвого моря – дуже концентрований розчин солей



### Стисло про головне

Розчинність – максимальна маса речовини, яка може за певних умов (температури, тиску) розчинитися в розчиннику масою 100 г.



Розчинність залежить від природи розчинюваної речовини і розчинника, температури й (для газуватих речовин) тиску.

Деякі речовини необмежено розчиняються у воді. Розрізняють добре розчинні, малорозчинні та практично нерозчинні у воді речовини. Абсолютно нерозчинних речовин не існує.

Під час утворення розчину зв'язки між частинками кожного з його компонентів замінюються на зв'язки між частинками різних компонентів. Аби нові зв'язки могли утворюватися, компоненти розчину повинні мати однотипні зв'язки, тобто бути однієї природи.

Розчинність твердих речовин з підвищенням температури здебільшого зростає. Розчинність газів залежить не лише від температури, а й від тиску. Зі зменшенням тиску розчинність газів зменшується.

На відміну від більшості твердих речовин, розчинність газів зі зростанням температури зменшується.

Розчин є насиченим, якщо в ньому за певної температури і тиску розчинювана речовина перебуває в рівновазі з розчином. Добавляння до насиченого розчину води порушує рівновагу в ньому – починає переважати процес розчинення і розчин стає ненасиченим. Надлишок розчинюваної речовини – достатня умова насиченості розчину за певної температури.

Існують і пересичені розчини. Їх зазвичай одержують під час повільного охолодження насичених розчинів. Пересичені розчини – нестійкі системи. Найменше струшування порушує рівновагу в них – відбувається миттєва кристалізація. Тепловий ефект під час кристалізації пересичених розчинів деяких сполук використовують у так званих сольових гірках.

Розрізняють концентровані й розбавлені розчини. Концентровані розчини містять набагато більше розчинюваної речовини, ніж розчинника, а розбавлені – навпаки. Концентрований розчин добре розчинної речовини може бути ненасиченим, а розбавлений розчин малорозчинної сполуки – насиченим.



### *Застосуйте свої знання й уміння*

1. Виберіть правильне продовження визначення поняття «розчинність». **Це максимальна маса речовини, яка може за певних умов (температури, тиску) розчинитися в:**  
**А** Розчиннику об'ємом 1 л; **Б** Розчиннику масою 100 г; **В** Розчині масою 100 г; **Г** Розчині об'ємом 1 л.
2. Використовуючи таблицю розчинності (див. додаток), виберіть з переліку практично нерозчинні речовини:  
**А** Калій сульфат; **Б** Аргентум(I) хлорид; **В** Барій сульфат; **Г** Цинк нітрат; **Д** Кальцій карбонат.
3. Використовуючи таблицю розчинності (див. додаток), наведіть кілька прикладів малорозчинних речовин.
4. Виберіть усі правильні твердження. **Аби зробити насичений розчин ненасиченим, треба його:**  
**А** Нагріти; **Б** Охолодити; **В** Добавити розчинник; **Г** Добавити розчинювану речовину; **Д** Випарити частину розчинника.



5. Назвіть чинники, від яких залежить розчинність: а) кристалічних речовин; б) газів.
6. Глауберову сіль видобувають у заливі Кара-Богаз-Гол лише взимку. Влітку видобуток солі припиняють. Пригадайте чинники, які впливають на розчинність, і поясніть, чим зумовлена сезонність цього виробництва.
7. Поясніть, чому в спекотну погоду риби потерпають від нестачі кисню у водоймах.



### Скарбничка досвіду

1. Роздивіться малюнок 6.8. Чи хотіли б ви виростити власний «кристалічний сад»?

Реалізуйте проект і підготуйте презентацію свого доробку. Вам знадобляться пластикові блюдця та столові ложки, пористий пакувальний картон, ножиці.

Для виготовлення розчину необхідно взяти по дві столові ложки кухонної солі (не йодованої!), води та водорозчинні харчові барвники. Про решту компонентів ви дізнаєтеся від учителя хімії, під його керівництвом виготовите розчин. Цей розчин треба налити в пластикові блюдця з картонними фігурками дерев.

Спостерігайте за перебігом подій і фіксуйте результати спостережень. Назвіть і поясніть спостережувані явища.

2. Щойно відкриті газовані напої – пересичені розчини, отже – нестійкі системи.

Візьміть кілька пластикових пляшок газованого напою, наприклад «Кока-коли». Поставте пластмасову склянку в широку посудину (наприклад, миску). Швидко наповніть щойно відкритим газовим напоєм склянку до половини і киньте в неї таблетку «Ментос» – його використовують для освіження ротової порожнини.

Спостереження зафіксуйте за допомогою фотоапарата або відеокамери. Перевірте, чи відбуваються такі самі явища, якщо використати інші газовані напої та, приміром, таблетки активованого вугілля чи шипучої форми аспірину. Висловіть припущення щодо причин спостережуваних явищ.

Поміркуйте, яких правил безпеки життєдіяльності варто дотримуватись у побуті під час вживання газованих напоїв.



Мал. 6.8. «Чарівні» дерева

## § 7. Кількісний склад розчину. Масова частка розчиненої речовини

Після опрацювання § 7 ви зможете:

обчислювати масову частку і масу розчиненої речовини в розчині.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природознавства, хімії, математики:**

що таке відсотки, як знаходять відсотки від числа і число за його відсотками; що відображає графік функції як математичної моделі реальних процесів; для чого і як обчислюють масові частки хімічних елементів у сполучі; як взаємопов'язані маса, об'єм і густина речовини.

Певні уявлення про кількісні характеристики розчинів ви дістали, вивчаючи розчинність речовин та її залежність від різних чинників (*пригадайте, яких саме*). Відносні кількості компонентів розчину можуть змінюватися в досить широких межах (*поміркуйте й висловіть припущення, який чинник визначає ці межі*). Під час роботи з розчинами важливо знати їхній кількісний склад, зокрема **масову частку розчиненої речовини**. Цю важливу кількісну характеристику завжди зазначають на етикетках хімічних реактивів, харчових продуктів, лікарських засобів у формі розчинів. Наприклад, масова частка брильянтового зеленого в його спиртовому розчині становить 1 %; масова частка амоніаку в його водному розчині – 10 %; масова частка оцтової кислоти у столовому оцті – 6 %, а масова частка гідроген пероксиду в його водному розчині – 3 % (*виразіть ці масові частки у частках від одиниці*).

Якщо препарат призначений для лікування дітей, то масова частка розчиненої речовини в ньому зазвичай у кілька разів менша, ніж у ліках для дорослих.

**Запам'ятайте!** Важливо уважно читати етикетки на споживчих товарах, аби не сплутати, наприклад, столовий оцет, масова частка оцтової кислоти в якому не перевищує 9 %, з оцтовою есенцією. Масова частка оцтової кислоти в ній становить 70 %. Помилкове вживання есенції замість столового оцту може спричинити важкі хімічні опіки органів травлення.

Поняття масової частки вже відоме вам з курсу хімії 8-го класу.

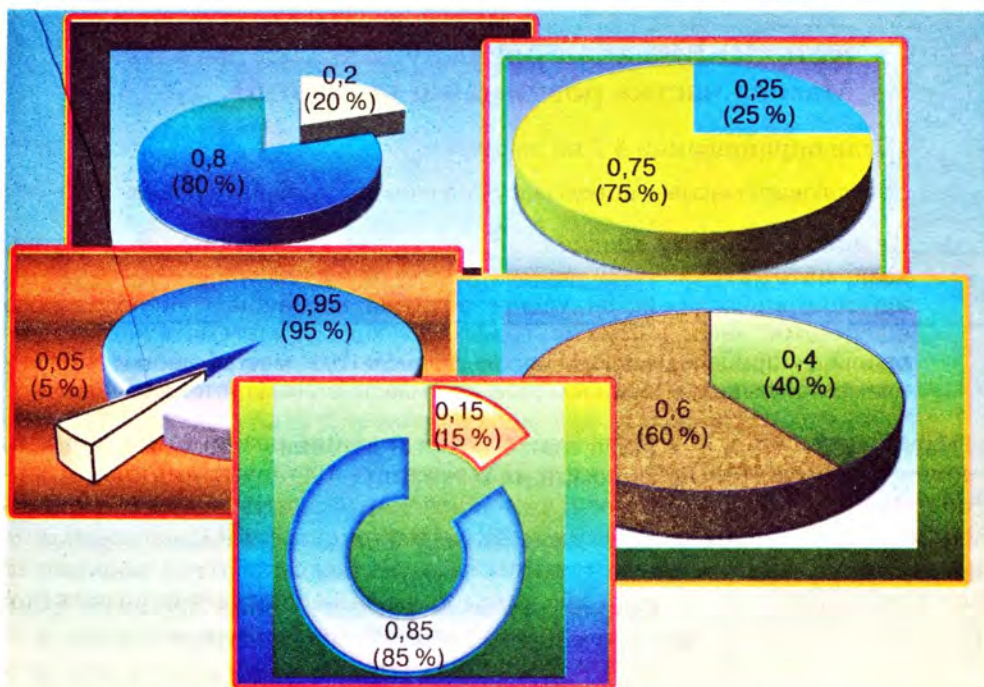


### Завдання

Обчисліть масову частку Оксигену в кальцій карбонаті. Для цього спочатку обчисліть відносну формульну масу цієї сполуки. Далі визначте відносну масу атомів Оксигену в ній. Частка від ділення відносної маси атомів Оксигену на відносну формульну масу сполуки і буде шуканою величиною.

Величини, які називають *частками компонентів* (складових частин) системи, або просто *частками*, використовують для кількісної характеристики складу речовини, суміші або розчину. Обчислюють мольні ( $\chi$ ), об'ємні ( $\phi$ ) та масові ( $w$ ) частки компонентів. З малюнка 7.1 легко зрозуміти, що сума часток компонентів становить 1, або 100 %.





**Мал. 7.1.** Частки компонентів виражають у частках одиниці або у відсотках. Сума часток компонентів становить 1, або 100 %



### Завдання

Виберіть правильне твердження. **Масова частка води в розчині з масовою часткою сульфатної кислоти 0,3 становить:** А 30 %; Б 40 %; В 70 %; Г 7 %; Д 3 %.

• **Масова частка розчиненої речовини** — це відношення її маси до загальної маси розчину.

Масову частку розчиненої речовини в бінарному розчині обчислюють за формулою

$$w(X) = \frac{m(X)}{m(X) + m(S)},$$

де  $w(X)$  — масова частка розчиненої речовини  $X$ ;

$m(X)$  — маса розчиненої речовини  $X$ , г;

$m(S)$  — маса розчинника  $S$ , г;

$m(\text{розчину}) = m(X) + m(S)$ , г.

Розгляньмо приклад розрахунків з використанням масової частки розчиненої речовини. *Визначимо масову частку натрій нітрату в розчині, для виготовлення якого було взято натрій нітрат масою 20 г і воду об'ємом 180 мл.*

Запишемо скорочено умову задачі й виконаємо необхідні розрахунки. Які формули для цього знадобляться, легко зрозуміти зі співвідношень, наведених на схемах (мал. 7.2).



**Мал. 7.2.** Співвідношення між масою, об'ємом і густиною речовини (1) та масою розчину, масою і масовою часткою розчиненої речовини (2)

$w(\text{NaNO}_3) - ?$

$m(\text{NaNO}_3) = 20 \text{ г}$

$V(\text{H}_2\text{O}) = 180 \text{ мл}$

$\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \frac{\text{г}}{\text{мл}}$

Маса води в розчині дорівнює частці від ділення об'єму води на її густину:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{180 \text{ мл}}{1 \frac{\text{г}}{\text{мл}}} = 180 \text{ г}$$

Обчислимо масу розчину. Вона дорівнює сумі мас розчинника і розчиненої речовини:

$$m(\text{розчину}) = 20 \text{ г} + 180 \text{ г} = 200 \text{ г}$$

Масова частка натрій нітрату в розчині дорівнює відношенню маси розчиненої речовини до загальної маси розчину:

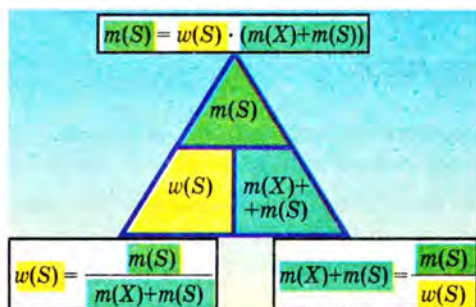
$$w(\text{NaNO}_3) = \frac{20 \text{ г}}{200 \text{ г}} = 0,1 (\text{або } 10\%)$$

**Відповідь.** Масова частка натрій нітрату в розчині становить 0,1 (або 10 %).



### Завдання

Виберіть правильні відповіді. **Масова частка цукру в розчині, для виготовлення якого було взято цукор масою 200 г і воду об'ємом 300 мл, становить:** А 20 %; Б 40 %; В 6,6 %; Г 30 %; Д 0,4; Е 0,02; Ж 0,3.



**Мал. 7.3.** Співвідношення між масою розчину, масою та масовою часткою розчинника

Розглянемо ще один приклад розрахунків з використанням масової частки розчиненої речовини. Визначимо масу калій гідроксиду і об'єм води, потрібні для виготовлення розчину масою 800 г з масовою часткою лугу 0,2. Потрібні формули наведені на малюнках 7.2 і 7.3. Використовуючи їх, можна, зокрема, обчислити масу речовини у розчині за її масовою часткою та масою розчину, вираховувати масу води у ньому та її об'єм.



$m(\text{KOH}) - ?$  $V(\text{H}_2\text{O}) - ?$  $w(\text{KOH}) = 0,2$  $m(\text{KOH}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 800 \text{ г}$  $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \frac{\text{г}}{\text{мл}}$ 

Обчислимо масу лугу, потрібного для виготовлення розчину. Вона дорівнює добутку маси розчину і масової частки лугу в ньому:

$$m(\text{KOH}) = 800 \text{ г} \cdot 0,2 = 160 \text{ г}.$$

Маса води, потрібної для виготовлення розчину, дорівнює різниці маси розчину і маси лугу в ньому:  $m(\text{H}_2\text{O}) = 800 \text{ г} - 160 \text{ г} = 640 \text{ г}.$

Об'єм води – частка від ділення маси води на її густину:  $V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{640 \text{ мл}}{1 \frac{\text{г}}{\text{мл}}} = 640 \text{ г}.$

**Відповідь.** Для виготовлення розчину масою 800 г з масовою часткою лугу 0,2 потрібні калій гідроксид масою 160 г і вода об'ємом 640 мл.



## Завдання

Виберіть правильну відповідь. Для виготовлення розчину масою 250 г з масовою часткою натрій хлориду 10 % треба взяти натрій хлорид і воду в таких кількостях:

**А**  $m(\text{NaCl}) = 10 \text{ г}; V(\text{H}_2\text{O}) = 240 \text{ мл};$

**Б**  $m(\text{NaCl}) = 15 \text{ г}; V(\text{H}_2\text{O}) = 235 \text{ мл};$

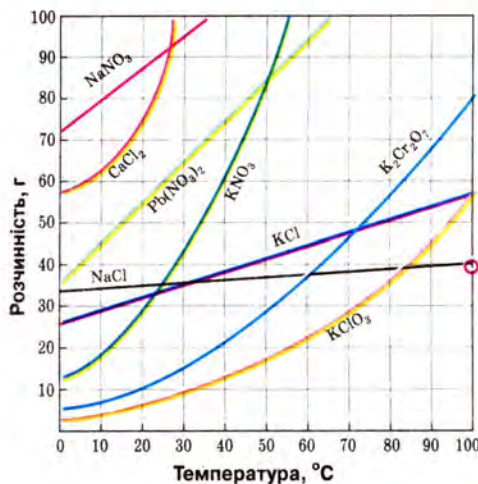
**В**  $m(\text{NaCl}) = 25 \text{ г}; V(\text{H}_2\text{O}) = 225 \text{ мл};$

**Г**  $m(\text{NaCl}) = 40 \text{ г}; V(\text{H}_2\text{O}) = 210 \text{ мл}.$

За кривими розчинності (мал. 7.4) можна визначити масову частку речовини в її насиченому розчині за певної температури.

Визначимо, наприклад, масову частку натрій хлориду в його насиченому водному розчині за температури 100 °С. За графіком з'ясуємо, що за цієї температури у воді масою 100 г розчиняється натрій хлорид масою 40 г. Обчислимо масову частку солі:

$$w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{NaCl}) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{40 \text{ г}}{40 \text{ г} + 100 \text{ г}} \approx 0,29 (29\%)$$



Мал. 7.4. Криві розчинності



## Завдання

Усно обчисліть масову частку натрій нітрату в його насиченому розчині за 35 °С.

Ви вже знаєте, що чимало речовин, солей зокрема, кристалізуються з розчинів у вигляді гідратів. Тому, якщо треба виготовити розчин з використанням кристалогідрату, слід спочатку обчислити масу та кількість (у молях) безводної солі, яка відповідає необхідній масі кристалогідрату. Оскільки кількості (у молях) безводної солі й кристало-

гідрату рівні, можна обчислити масу кристалогідрату. Масу води обчислюють за різницею маси розчину й кристалогідрату.

Наприклад, обчислимо об'єм води й масу купрум(II) сульфату, пентагідрату, необхідні для виготовлення розчину купрум(II) сульфату масою 200 г з масовою часткою солі 0,08. Для цього пригадаємо: яка хімічна формула відповідає назві купрум(II) сульфат, пентагідрат; як обчислюють молярну масу кристалогідрату; як обчислюють масу речовини за її кількістю (у молях).

$$\frac{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) - ?}{V(\text{H}_2\text{O}) - ?}$$

$$w(\text{CuSO}_4) = 0,2$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г}$$

$$\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \frac{\text{г}}{\text{мл}}$$

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

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

$$m(\text{CuSO}_4) = (m(\text{CuSO}_4) + m(\text{H}_2\text{O})) \cdot w(\text{CuSO}_4) = 200 \text{ г} \cdot 0,08 = 16 \text{ г};$$

$$\nu(\text{CuSO}_4) = \nu(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O});$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot$$

$$\cdot M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,1 \text{ моль} \cdot$$

$$\cdot 250 \text{ г/моль} = 25 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = (m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O})) - m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г} - 25 \text{ г} = 175 \text{ г};$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{175 \text{ мл}}{1 \frac{\text{г}}{\text{мл}}} = 175 \text{ г}$$

Отже, ці та інші типи розрахунків, пов'язані з виготовленням розчинів (розбавлення, упарювання, додавання розчинюваної речовини, змішування кількох розчинів), ґрунтуються на розумінні понять «ціле», «частка від цілого», «розчин», «розчинник», «розчинювана речовина», «масова частка компонента розчину», «кристалогідрат», знанні співвідношень, представлених на малюнках 7.2 і 7.3, та вмінні ними оперувати.

Уміння обчислювати маси компонентів розчину необхідні під час роботи в хімічних лабораторіях і на багатьох виробництвах. Знадобляться вони й у побуті, щоб виготовити розчини залізного або мідного купоросу (пригадайте, для чого їх застосовують), розчини для засолювання овочів. Одержання столового оцту розбавленням оцтової есенції також потребує згадуваних умінь. Як правильно виготовити розчин з певною масовою часткою розчиненої речовини, ви дізнаєтеся з наступного параграфа.



### Стисло про головне

Відносні кількості компонентів розчину можуть змінюватися в досить широких межах, які залежать від розчинності речовини. Масова частка розчиненої речовини — важлива кількісна характеристика розчинів.

Величини, які називають частками компонентів (складових частин) системи або просто частками, використовують для кількісної характеристики складу речовини, суміші або розчину. Обчислюють мольні ( $\chi$ ), об'ємні ( $\phi$ ) та масові ( $w$ ) частки компонентів. Сума часток компонентів становить 100 %, або 1.



Масова частка розчиненої речовини – це відношення її маси до загальної маси розчину. У бінарному розчині її обчислюють за формулою

$$w(X) = \frac{m(X)}{m(X) + m(S)},$$

де  $w(X)$  – масова частка розчиненої речовини  $X$ ;

$m(X)$  – маса розчиненої речовини  $X$ , г;

$m(S)$  – маса розчинника  $S$ , г;

$m(\text{розчину}) = m(X) + m(S)$ , г.

Чимало речовин, солей зокрема, кристалізуються з розчинів у формі гідратів. Тому, якщо треба виготовити розчин з використанням кристалогідрату, слід спочатку обчислити масу та кількість (моль) безводної солі, яка відповідає необхідній масі кристалогідрату. Оскільки кількості (моль) безводної солі й кристалогідрату рівні, можна обчислити масу кристалогідрату. Масу води обчислюють за різницею маси розчину й кристалогідрату.

Розрахунки, пов'язані з виготовленням розчинів, ґрунтуються на розумінні понять «розчин», «розчинник», «розчинювана речовина», «масова частка компонента розчину», «кристалогідрат», знанні співвідношень, наведених на малюнках 7.2 і 7.3, та вмінні ними оперувати.

Уміння обчислювати маси компонентів розчину необхідні під час роботи в хімічних лабораторіях і на багатьох виробництвах. Знадобляться вони й у побуті.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Виберіть правильне твердження. **Масова частка розчиненої речовини – це:**  
**А** Відношення маси розчину до маси розчиненої речовини; **Б** Відношення маси розчинника до маси розчину; **В** Відношення маси розчиненої речовини до маси розчинника; **Г** Відношення маси розчиненої речовини до маси розчину.
2. Виберіть правильне твердження. **Масову частку розчиненої речовини позначають літерою:** **А**  $w$ ; **Б**  $\rho$ ; **В**  $\chi$ ; **Г**  $\phi$ .
3. Виберіть усі правильні твердження. **Масову частку розчиненої речовини виражають у:** **А** Літрах; **Б** Відсотках; **В** Градусах; **Г** Частках від одиниці; **Д** Грамах.
4. Встановіть відповідність між складом розчинів і масовими частками розчинених речовин.

Склад розчинів		Масова частка розчиненої речовини, %	
$m(\text{NaCl}), \text{г}$	$V(\text{H}_2\text{O}), \text{мл}$	<b>А</b>	<b>Б</b>
<b>1</b> 15	285	<b>В</b> 1,25	<b>Г</b> 2
<b>2</b> 20	180	<b>Д</b> 2,5	
<b>3</b> 5	395		
<b>4</b> 4	196		

5. Обчисліть масу оцтової кислоти в 6 %-му столовому оцті об'ємом 1 л і густиною  $1 \frac{\text{кг}}{\text{л}}$ .
6. Обчисліть масу оцтової кислоти в оцтовій есенції масою 250 г з масовою часткою оцтової кислоти 0,7.

7. Обчисліть масу порції столового оцту з масовою часткою оцтової кислоти 9 %, якщо маса оцтової кислоти в ній становить 175 г. Обчисліть об'єм води в цій порції оцту.
8. У так званому фізіологічному розчині масова частка натрій хлориду становить 0,9 %. Обчисліть масу солі та об'єм води, потрібні для виготовлення фізіологічного розчину об'ємом 1 л та густиною  $1 \frac{\text{кг}}{\text{л}}$ . Поясніть, як перевірити, істинним чи колоїдним є фізіологічний розчин.
9. Обчисліть масу води в нашатирному спирті об'ємом 40 мл – розчині з масовою часткою амоніаку 10 % та густиною  $1 \frac{\text{г}}{\text{мл}}$ .
10. Обчисліть масові частки солей у насичених розчинах: а) калій нітрату за 20 °С; б) калій хлориду за 10 °С; в) калій дихромату за 100 °С; г) калій хлорату за 70 °С; д) кальцій хлориду за 25 °С; ж) плюмбум(II) нітрату за 55 °С.
11. Виберіть правильну відповідь. **Масова частка ферум(II) сульфату в розчині, для виготовлення якого було взято залізний купорос масою 27,8 г і воду об'ємом 744,8 мл, дорівнює:**  
**А 10 %; Б 2 %; В 27,8 %; Г 13,9 %; Д 7,6 %.**
12. Визначте масову частку купрум(II) сульфату в розчині, який утвориться внаслідок змішування мідного купоросу масою 50 г з водою об'ємом 750 мл.



### Скарбничка досвіду

Препарат «Регідрон» використовують для лікування і профілактики теплових уражень, пов'язаних з порушенням водного балансу (інтенсивне потовиділення, пронос у дітей). В одному пакетикі цього засобу містяться натрій хлорид масою 3,5 г, калій хлорид масою 2,5 г, натрій цитрат масою 2,9 г і глюкоза масою 10 г. Обчисліть масові частки кожного із цих компонентів у розчині, одержаному внаслідок розчинення вмісту одного пакетика «Регідрону» у воді об'ємом 150 мл. Одержані результати округліть до цілих. Аби перевірити правильність своїх обчислень, використайте комп'ютерну програму Microsoft Office Excel. Побудуйте за її допомогою на основі даних про маси компонентів розчину «Регідрону» кругову діаграму. Виберіть у вбудованому меню «Формат підписів даних» команду «Включити в підписи частки».

## § 8. Виготовлення розчину. Значення розчинів у природі та житті людини

Після опрацювання § 8 ви зможете:

**виготовляти** розчини з певною масовою часткою розчиненої речовини.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природознавства, хімії, фізики:**

*яка послідовність дій під час виготовлення розчину; як розрізняють реактиви за ступенем чистоти; що таке мірний посуд і як правильно ним користуватися; як визначити ціну поділки шкали приладу; яких правил слід дотримуватися під час зважування речовин; як правильно подрібнювати та перемішувати речовини, виготовляти фільтр і фільтрувати рідини; у який спосіб вимірюють густини рідин.*

• Про необхідність уміння виконувати розрахунки, пов'язані з кількісним складом розчинів, йшлося в попередньому параграфі. Однак не менш важливими є практичні вміння, потрібні для **виготовлення**



розчину з певною масовою часткою розчиненої речовини. Послідовність операцій з виготовлення розчину вже відома вам з курсу природознавства.



### Завдання

Пригадайте й назвіть послідовність операцій з виготовлення водного розчину кухонної солі.

Для виготовлення розчинів, окрім *дистильованої води* та *розчинюваної речовини*, потрібні: *ваги, мірний посуд, посуд для розчинення, шпатель або ложечки для відбору речовин, скляні палички, лійка, фільтрувальний папір, ареометри*.



### Завдання

Поясніть, чому для виготовлення розчинів у лабораторії застосовують дистильовану воду.

Порції води (а також необхідні об'єми інших рідких речовин і розчинів) відмірюють за допомогою різноманітного мірного посуду (мал. 8.1,1).



### Завдання

1. Назвіть мірний посуд, зображений на малюнку 8.1, 2. Пригадайте, як визначають ціну поділки мірного посуду (мал. 8.1, 2). Визначте об'єм води у мірному циліндрі.

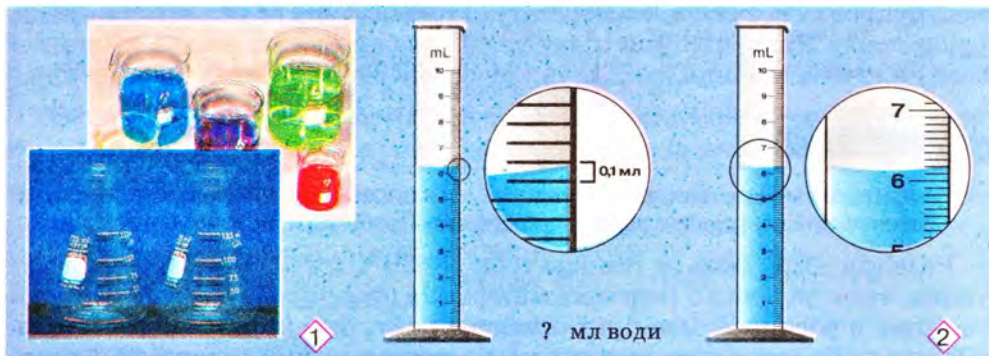
Розчинювані речовини повинні мати певний *ступінь чистоти* й не містити помітних механічних домішок (*поясніть, чому*).

Перед виготовленням розчинів тверді речовини зазвичай подрібнюють. Порції твердих речовин зважують на вагах із погрешністю (для навчальних цілей) не більш 0,1–1 г. У хімічних і фармацевтичних лабораторіях використовують високоточні електронні ваги (мал. 8.2).



### Завдання

Поясніть: а) для чого подрібнюють тверді речовини перед виготовленням розчину; б) яку операцію треба виконати раніше – відбір порції твердої речовини чи її подрібнення.

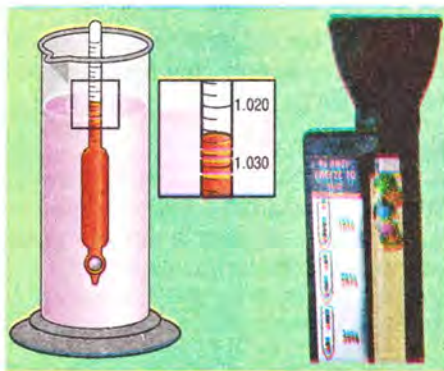


Мал. 8.1. Мірний посуд



**Мал. 8.2.** 1. Механічні ваги. 2. Електронні ваги швидкого зважування. 3. Високоточні електронні аналітичні ваги

Розчинення здійснюють у чистому посуді, який не взаємодіє з розчином (поясніть, чому). За потреби (поясніть, коли вона виникає) готовий розчин фільтрують. Найважливішою характеристикою рідких розчинів є густина, яку зазвичай вимірюють ареометром (мал. 8.3) за 20 °С. Принцип дії ареометра ґрунтується на законі Архімеда (пригадайте його зміст і застосування). За глибиною занурення ареометра (об'ємом витиснутої ним досліджуваної рідини) визначають її густину.



**Мал. 8.3.** Вимірювання густини рідини ареометром

За результатами низки вимірів складено таблиці відповідності густин й кількісного складу розчинів різних речовин. Ці дані широко використовують для визначення кількісного складу розчинів за їхніми густинами. Деякі ареометри відразу градуйовано у масових чи об'ємних частках певного компонента. Вони призначені для вимірювання густин специфічних рідин – молока, спиртових і цукрових розчинів, електроліту автомобільних акумуляторів, антифризу тощо.

Якщо відомий кількісний склад розчину, можна дізнатися його густину з таблиць, складених на основі експериментальних даних.



### Завдання

Поясніть, як можна швидко перевірити, чи відповідає масова частка речовини у виготовленому розчині заданій величині.

Розчини зберігають за температури 15–20 °С у щільно закритих посудинах, виготовлених з інертних матеріалів (поясніть, чому). На кожній посудині з розчином має бути етикетка (мал. 8.4) (поясніть, чому). На ній зазвичай зазначають розчинник, масову частку розчиненої речовини, дату виготовлення розчину.





### Натрій хлорид (водний розчин)

$w(\text{NaCl}) = 5\%$   
01.09.2009 р.

Мал. 8.4

**Запам'ятайте!** Тривале й неправильне зберігання може призвести до псування розчину аж до повної непридатності – появи пластівців і каламуті, зміни кольору й складу тощо.

Виготовлення розчинів потребує точності, акуратності й попереднього проведення правильних математичних розрахунків. Усі ці якості та вміння знадобляться вам не лише на одному з наступних уроків під час виконання *практичної роботи № 1*, а й у повсякденному житті. Докладно розглянемо послідовність виготовлення розчину на конкретному прикладі.

Виготовимо водний розчин масою 400 г із масовою часткою натрій хлориду 5 %. Спочатку обчислимо потрібні для цього масу солі та об'єм води:

$$m(\text{NaCl}) = 400 \text{ г} \cdot 0,05 = 20 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 400 \text{ г} - 20 \text{ г} = 380 \text{ г};$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{380 \text{ г}}{1 \frac{\text{г}}{\text{мл}}} = 380 \text{ мл}.$$

У колбу або склянку ємністю 500–700 мл помістимо наважку солі масою 20 г і невеликими порціями, обережно перемішуючи скляною паличкою або круговими рухами посудини, додаємо попередньо відміряну циліндром воду об'ємом 380 мл. Після повного розчинення солі переллємо розчин у посудину та закоркуємо її. На етикетці зазначимо дату виготовлення розчину та масову частку розчиненої речовини (*пояснить, для чого*).

**Пам'ятайте,** у разі виготовлення розчину з кристалогідрату слід зважати на наявність у ньому кристалізаційної води.

Обчислимо масу купрум(II) сульфату, пентагідрату та об'єм води, потрібні для виготовлення розчину масою 200 г із масовою часткою купрум(II) сульфату 20 %.

$$m(\text{CuSO}_4) = w(\text{CuSO}_4) \cdot (m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O}));$$

$$m(\text{CuSO}_4) = 0,2 \cdot 200 \text{ г} = 40 \text{ г};$$

$$\nu(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{CuSO}_4);$$

$$\nu(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)};$$

$$\nu(\text{CuSO}_4) = \frac{40 \text{ г}}{160 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,25 \text{ моль};$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \nu(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O});$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,25 \text{ моль} \cdot 250 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 62,5 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г} - 62,5 \text{ г} = 137,5 \text{ г};$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{\rho(\text{H}_2\text{O})} = \frac{137,5 \text{ г}}{1 \frac{\text{г}}{\text{мл}}} = 137 \text{ мл}.$$

• **Значення розчинів у природі та житті людини** важко переоцінити, тож у попередніх параграфах ми неодноразово наголошували на застосуванні цих систем у побуті та різних галузях суспільного господарства.

Вода морів і океанів містить багато розчинених речовин – переважно хлоридів та сульфатів Натрію, Кальцію, Магнію. Рослини споживають розчинені у воді мінеральні речовини. Чи не всі обмінні процеси в живих організмах відбуваються за участю розчинів. Адже цитоплазма клітин і фізіологічні рідини – слюзи, піт, лімфа, сеча, кров – містять розчинені речовини. Неабиякою проблемою є те, що внаслідок техногенної діяльності людини у природних водах розчинено чимало сполук, небезпечних для здоров'я людини та довкілля.



### Стисло про головне

У хімічних лабораторіях, на виробництві та у побуті часто виникає потреба у виготовленні розчинів із певними масовими частками розчинених речовин.

Для виготовлення розчинів, окрім дистильованої води та розчинюваної речовини, потрібні: ваги, мірний посуд, посуд для розчинення, шпателі або ложечки для відбору речовин, скляні палички, лійка, фільтрувальний папір, ареометри.

Порції води (а також необхідні об'єми інших рідких речовин і розчинів) зазвичай відмірюють за допомогою мірних циліндрів. Розчинювані речовини повинні мати певний ступінь чистоти й не містити помітних механічних домішок. Перед виготовленням розчинів тверді речовини зазвичай подрібнюють, аби прискорити процес розчинення.

Порції твердих речовин зважують на вагах із погрішністю (для навчальних цілей) не більш 0,1–1 г. У хімічних і фармацевтичних лабораторіях використовують високоточні електронні ваги. Розчинення здійснюють у чистому посуді, який не взаємодіє з розчином. За потреби готовий розчин фільтрують.

Найважливішою характеристикою рідких розчинів є густина, яку зазвичай вимірюють ареометром за 20 °С. Існують таблиці відповідності густин й кількісного складу розчинів різних речовин. Їх широко застосовують для визначення кількісного складу розчинів за їхніми густинами й навпаки.

Розчини зберігають за температури 15–20 °С у щільно закритих посудинах, виготовлених з інертних матеріалів. На кожній посудині з розчином має бути етикетка із зазначенням масової частки розчиненої речовини, розчинника, дати виготовлення розчину. Тривале й неправильне зберігання може призвести до псування розчину аж до повної непридатності.



Виготовлення розчинів потребує точності, акуратності й попереднього проведення правильних математичних розрахунків.

Значення розчинів у природі та житті людини важко переоцінити, ці системи широко застосовують у побуті та різних галузях суспільного господарства.



### Застосуйте свої знання й уміння

- Виберіть реактиви та обладнання для виготовлення розчину певної маси із заданою масовою часткою калій нітрату:  
**А** Ваги з важками; **Б** Газовідвідна трубка; **В** Шпатель; **Г** Дистильована вода; **Д**  $KNO_3$ ; **Е** Мірний циліндр; **Ж** Конічна колба; **З** Пластина для крапельного аналізу; **И**  $KNO_3$ .
- Виберіть правильну послідовність операцій із виготовлення розчину з певною масовою часткою розчиненої речовини:  
**А** Фільтрування розчину; **Б** Змішування розчинюваної речовини із розчинником; **В** Відмірювання порцій розчинюваної речовини й розчинника; **Г** Обчислення маси розчинюваної речовини та об'єму розчинника.
- Обчисліть масу натрій хлориду і об'єм води для виготовлення розчину масою 150 г з масовою часткою солі 0,04.
- Обчисліть масу цукру та об'єм води для виготовлення розчину масою 250 г з масовою часткою сахарози 0,2.
- Обчисліть масу натрій карбонату та об'єм води для виготовлення розчину масою 80 г з масовою часткою солі 5 %.
- Як дезінфікуючі засоби для полоскання ротової порожнини та горла використовують 3 %-ний розчин питної соди (натрій гідрокарбонату) або 5 %-ний розчин борної (боратної) кислоти. Обчисліть маси розчинюваних речовин і об'єми води для виготовлення цих розчинів об'ємом 200 мл кожний. Густини розчинів дорівнюють  $1 \frac{г}{мл}$ . Поясніть, чи потрібно знати хімічні формули розчинюваних речовин, аби виконати ці обчислення.
- Схарактеризуйте значення розчинів у природі та житті людини.



### Скарбничка досвіду

- Підготуйте презентацію «Розчини у нашому житті».
- Уявіть себе:
  - автором навчальної таблиці «Виготовлення розчину із певною масовою часткою розчиненої речовини» і виконайте оригінал-макет цього посібника;
  - сценаристом, якому доручено написати сценарій навчального фільму для дев'ятикласників «Виготовлення розчину із певною масовою часткою розчиненої речовини». Напишіть сценарій за такою формою:

Кадр № _ (Назва кадру)	
На екрані: ...	Дикторський супровід: ...
Тип кадру: загальний план, широкий план, макрозйомка тощо	
Текст у кадрі (підписи):	Примітка:

в) випробуйте себе у ролі режисера й оператора і за допомогою фотоапарата та відеокамери зніміть фільм за написаним сценарієм.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

### Виготовлення розчину солі з певною масовою часткою розчиненої речовини

Під час виконання практичної роботи ви застосуєте набуті знання й уміння для виготовлення розчину солі з певною масовою часткою розчиненої речовини.

**Завдання.** Запишіть у зошиті для практичних робіт дату виконання, назву й мету практичної роботи.

Для виготовлення розчину певної маси із заданою масовою часткою розчиненої речовини вам може знадобитися таке обладнання (мал. 1).

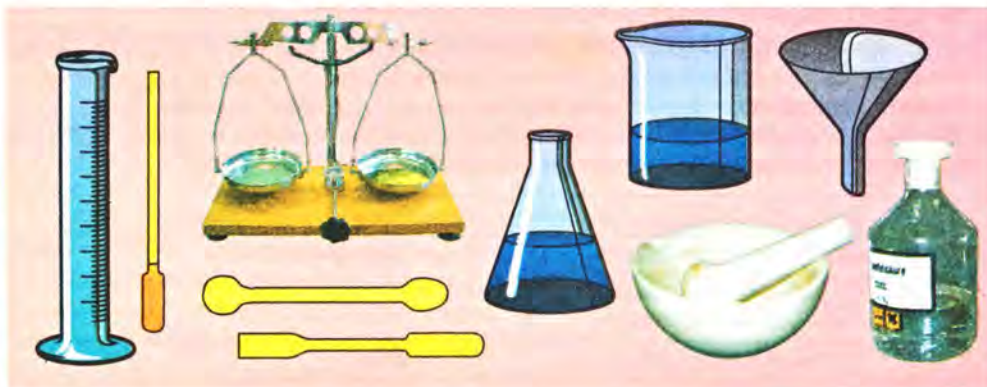
**Завдання.** Порівняйте обладнання, зображене на малюнку 1, із наявними на вашому робочому місці обладнанням і реактивами. Зробіть необхідні записи у зошиті для практичних робіт (*запишіть назви предметів лабораторного обладнання, наявного на вашому робочому місці.*)

#### Пригадаймо правила зважування та роботи з мірним посудом

Аби визначити масу будь-якого предмета, обережно покладіть його на ліву чашку терезів, а важки – на праву. Спочатку беріть великі важки, а потім – більш дрібні до повного зрівноважування терезів.

Якщо необхідно відважити певну наважку речовини, то на праву чашку помістіть тару (склянка, аркуш паперу тощо), а на ліву чашку терезів покладіть вантаж, що врівноважує тару, наприклад чистий сухий пісок у стаканчику або на аркуші паперу. Потім на ліву чашку терезів покладіть важки необхідної маси. Після цього в тару насипайте (наливай-те) речовину доти, доки терези не зрівноважаться. Надлишок речовини заберіть обережно невеликими порціями за допомогою совочка, шпателя або іншого пристосування, але не голими руками.

- Перед зважуванням перевірте правильність установки терезів, переконайтеся у їхній рівновазі, комплектності важків, наявності необхідної тари й інших пристосувань для зважування.



**Мал. 1.** Лабораторне обладнання для виготовлення розчину певної маси із заданою масовою часткою розчиненої речовини



- Ніколи не ставте брудні й мокрі предмети на чашки терезів, не поміщайте на них речовини без тари (чому?).
- Тару, речовини, важки кладіть на чашки терезів обережно при закритому аретирі, після чого обережно відкрийте його, не допускаючи різких коливань коромисла терезів.
- Важки беріть спеціальними щипчиками або пінцетом.
- Значення маси записуйте одразу після досягнення рівноваги терезів, послідовно знімаючи важки із чашки.
- Після закінчення зважування важки помістіть у коробочку, терези закрийте, за необхідності витріть деталі терезів і приберіть місце зважування.
- Для наливання й виливання рідин використовуйте лійки.
- Мірний посуд калібрований за температури  $20^{\circ}\text{C}$ , тому бажано вимірювати об'єми рідин за цієї ж температури (поясніть, чому).
- Об'єм рідини в градуйованому посуді визначаєте для прозорих рідин за нижнім меніском, для непрозорих розчинів – за верхнім меніском. Визначення об'єму рідин за меніском проводьте на рівні очей (мал. 2).
- Не зберігайте рідкі речовини й розчини в мірному посуді (чому?).

#### Інструкція з виготовлення розчину

- Обчисліть масу солі та об'єм води, необхідні для виготовлення розчину.
- За потреби подрібніть сіль, призначену для виготовлення розчину.
- Відважте сіль, необхідну для виготовлення розчину.
- Відміряйте воду для розчинення солі.
- У колбу або хімічний стакан потрібної ємності помістіть наважку солі й невеликими порціями, обережно перемішуючи склянкою паличкою або круговими рухами посудини, додайте попередню відміряну порцію води. Ретельно перемішуйте воду і сіль аж до повного розчинення.
- Аби перевірити правильність виготовлення розчину, зверніться до вчителя або лаборанта (у який спосіб можна швидко перевірити правильність виготовлення розчину?).
- За потреби профільтруйте розчин, перелийте його у посудину та закоркуйте її. На етикетці зазначте дату виготовлення розчину та масову частку розчиненої речовини.



Мал. 2. Послідовність виготовлення розчину певної маси із заданою масовою часткою розчиненої речовини

**Завдання.** Виготовте розчин:

- а) масою 200 г із масовою часткою натрій хлориду 0,1;
- б) масою 150 г із масовою часткою натрій хлориду 2 %;
- в) масою 300 г із масовою часткою натрій хлориду 0,05;
- г) масою 50 г із масовою часткою натрій карбонату 0,02;
- д) масою 80 г із масовою часткою калій хлориду 5 %;
- е) масою 200 г із масовою часткою натрій хлориду 12 %;
- ж) масою 140 г із масовою часткою калій карбонату 0,1;
- з) масою 300 г із масовою часткою натрій гідрокарбонату 1,5 %.

## § 9. Електроліти та неелектроліти. Електролітична дисоціація

Після опрацювання § 9 ви зможете:

наводити приклади електролітів і неелектролітів, встановлювати відмінність між ними; розрізняти катіони й аніони; пояснювати суть електролітичної дисоціації.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії, фізики:**

за яким принципом класифікують електричні заряди; як утворюються катіони й аніони; що таке електричний струм і які умови його існування; за якою ознакою класифікують речовини на провідники, напівпровідники та діелектрики; що таке теорія і які ознаки її якості.

• **Електроліти та неелектроліти** ви вивчатимете не лише на уроках хімії, а й у курсі фізики 9-го класу. Характеризуючи системи з кількох речовин (мал. 3.2), ми класифікували істинні розчини на *молекулярні* та *йонні*.



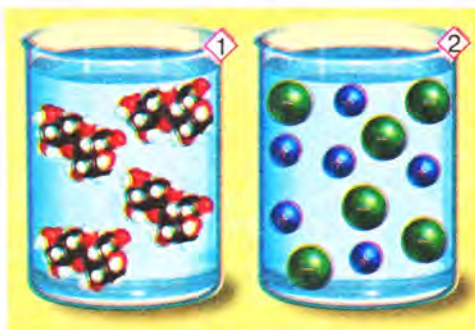
### Завдання

Пригадайте, які структурні частинки містяться у вузлах кристалічних ґраток сахарози (цукру) та натрій хлориду (кухонної солі). За малюнком 9.1 поясніть відмінність між молекулярним і йонним розчинами.

Ви вже знаєте, як можна розрізнити істинні та колоїдні розчини (*пригадайте, як саме*). А чи існує простий і надійний спосіб відрізнити молекулярний розчин від йонного?

У XIX ст. англійські науковці Гемфрі Деві та Майкл Фарадей (мал. 9.2) досліджували різноманітні властивості розчинів, зокрема їхню здатність проводити електричний струм.

У шкільній лабораторії ці досліди можна виконати за допомогою простого приладу (мал. 9.3,1). Безпечно, швидко й точно вимірюють електропровідність за допомогою електронного тестера (мал. 9.3,2).

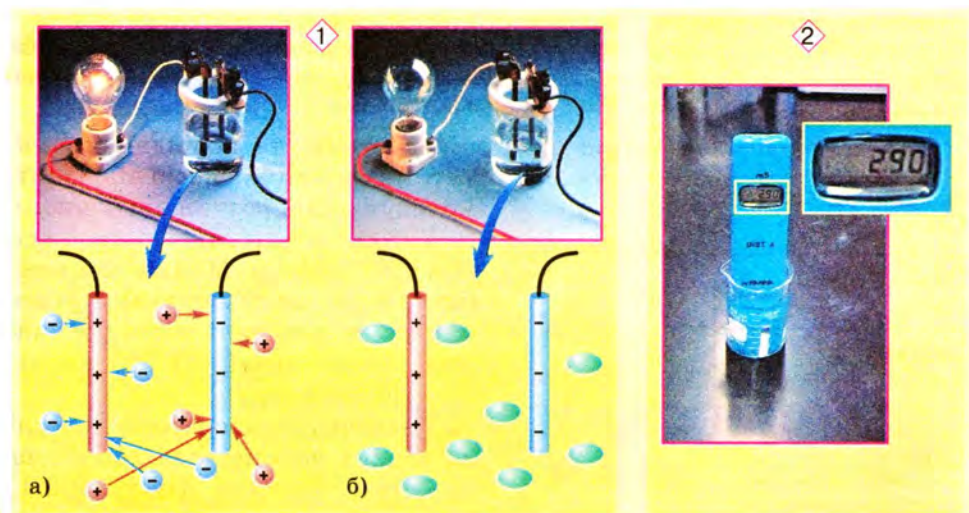


**Мал. 9.1.** Схематичне зображення розчинів цукру (1) та кухонної солі (2)





**Мал. 9.2.** 1. Гемфрі Деві (1778–1829). Англійський хімік, основоположник електрохімії. Першим добув лужні й лужноземельні метали, розробив електрохімічну теорію спорідненості. Сконструював для копалень безпечну лампу із металевою сіткою. Висловив думку щодо необхідності мінеральних солей для живлення рослин, зауважив необхідність польових дослідів для розв'язання проблем землеробства. У Деві навчався і почав працювати М. Фарадей. 2. Майкл Фарадей (1791–1867). Навчався самотужки, наукові дослідження почав у галузі хімії. Зробив вагомий внесок у розвиток хімічного аналізу, синтетичної органічної хімії, металургії, вперше отримав низку газів у зрідженому стані. Установив кількісні закони електролізу. Увів терміни «йон», «катион», «аніон», «електрод», «електроліт», поняття діелектричної проникності. Досліджував електромагнетизм, створив вчення про електромагнітне поле. Член багатьох академій наук і наукових товариств



**Мал. 9.3.** 1. Дослідження електропровідності розчинів натрій хлориду (а) і сахарози (б). 2. Електронним тестером визначають електропровідність розчинів





### Завдання

Використовуючи знання з фізики, назвіть елементи зображеного на малюнку 9.3, 1 електричного кола. Які його компоненти розташовані за межами малюнка? Схематично зобразіть це електричне коло повністю.

З курсу фізики вам відомо, що однією з умов існування електричного струму є наявність носіїв електричного заряду – електронів або йонів (*назвіть ще одну умову існування електричного струму*). Отже, якщо у посудину з досліджуванним розчином занурити електроди приладу й увімкнути електричний струм, то за наявності у розчині вільних носіїв електричного заряду лампа загоряється. Очевидно, що у розчинах йонних речовин носії електричного заряду – *йони*. Ви вже знаєте, що йони – заряджені одно- або багатоатомні частинки. Механізм утворення йонів через втрату або приєднання атомами електронів вам також відомий. На відміну від електронейтральних частинок (атомів, молекул), йони здатні рухатись в електричному полі. Саме тому у 1834 р. Майкл Фарадей запропонував для цих частинок назву, яка походить від грецького «*ιον*» – той, що йде. Пригадайте: за знаками зарядів йони класифікують на *катіони* та *аніони*. За складом йони поділяють на прості й складні.



### Завдання

Використовуючи таблицю «Розчинність основ, кислот і солей у воді» (див. додаток), наведіть кілька прикладів простих і складних йонів.

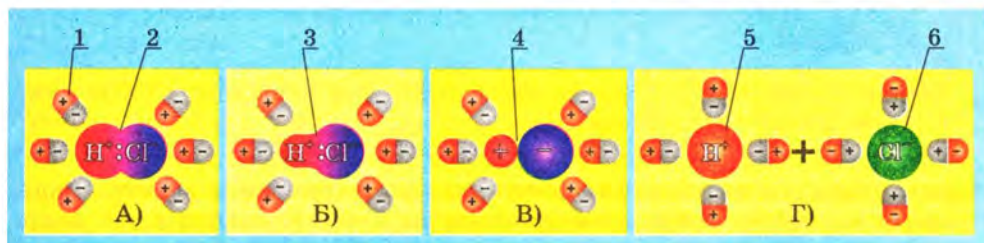
Результати дослідження електропровідності деяких речовин та їхніх розчинів наведено у таблиці 9.1. Проаналізуйте її зміст, аби з'ясувати, чи пов'язана електропровідність розчинів із типом хімічного зв'язку у досліджуваних речовинах.

Таблиця 9.1

Назва і формула речовини	Електропровідність		Тип хімічного зв'язку
	чистої речовини	її розчину	
Вода (дистильована) $\text{H}_2\text{O}$	–		Ковалентний полярний
Натрій хлорид $\text{NaCl}$	–	+	Йонний
Сахароза $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	–	–	Ковалентний слабо полярний
Натрій гідроксид $\text{NaOH}$	–	+	Йонний
Гідроген хлорид $\text{HCl}$	–	+	Ковалентний сильно полярний

Отже, електричний струм проводять водні розчини речовин із йонним або ковалентним сильно полярним типом хімічного зв'язку.





**Мал. 9.4.** А. Диполь води (1). Полярна молекула гідроген хлориду (2).  
Б. Збільшення полярності зв'язку (3) у молекулі гідроген хлориду. В. Йонізація (4).  
Г. Утворення гідратованих йонів – катіона Гідрогену (5) й аніона Хлору (6)

**Речовини, водні розчини яких проводять електричний струм, називають електролітами\*.**

Натомість розчини *неелектролітів* не проводять електричного струму. Чому розчини одних речовин проводять електричний струм, а розчини інших – ні? З малюнка 9.3,1 (Б) легко зрозуміти, чому електричного струму не проводить водний розчин цукру. Адже у ньому відсутні носії електричного заряду.

Залишається з'ясувати причину електропровідності хлоридної кислоти – водного розчину гідроген хлориду. Сухий гідроген хлорид електричного струму не проводить, бо не містить вільних носіїв електричних зарядів. Молекули цієї сполуки – диполі. Під час розчинення гідроген хлориду виникають диполь-дипольні взаємодії між його молекулами та диполями води. Під їхньою дією ковалентний полярний зв'язок у молекулі гідроген хлориду (мал. 9.4, А) поляризується настільки сильно, що спільна електронна пара повністю переходить (мал. 9.4, Б) від атома Гідрогену до атома Хлору – відбувається йонізація (мал. 9.4, В). Внаслідок цього процесу утворюються гідратовані йони (мал. 9.4, Г) – катіони Гідрогену й аніони Хлору.

Отже, електроліти – речовини з йонним або ковалентним сильно полярним типом хімічного зв'язку (див. схему).



**Схема.** Приклади електролітів

\* Під час топлення кристалічні ґратки йонних сполук руйнуються – з'являються вільні носії електричних зарядів. Тому розтопи електролітів також проводять електричний струм.



## Завдання

Виберіть формули речовин, водні розчини яких проводять електричний струм:  
**А** KCl; **Б**  $\text{HNO}_3$ ; **В**  $\text{O}_2$ ; **Г** KOH; **Д** CO.

**Електролітична дисоціація** у водних розчинах – це повний або частковий процес розпаду електроліту на йони під впливом полярних молекул води.

Основу *теорії електролітичної дисоціації*, згідно з якою електроліти в розчинах розпадаються на йони, заклав у 1883–1887 роках шведський хімік Сванте Арреніус (мал. 9.5). Однак він не врахував роль молекул розчинника і вважав, що у водному розчині перебувають вільні йони.

Дослідження Арреніуса продовжили інші вчені, зокрема І.О. Каблуков (мал. 9.6) і В.О. Кістяківський (мал. 9.7). Вони спиралися на уявлення Д.І. Менделєєва про хімічний характер взаємодії між розчинником і розчинюваною речовиною.

Незалежно один від одного ці науковці дійшли однакових висновків. А саме: електроліти під час розчинення у воді розпадаються на позитивні й негативні йони. Дисоціація електролітів зумовлена взаємодією диполів води зі структурними частинками електролітів. Йони у розчинах електролітів гідратовані. Під дією електричного струму позитивні йони (катіони) рухаються до негативного полюса – катода, а негативні йони (аніони) – до позитивного полюса – анода. Процес дисоціації оборотний.



**Мал. 9.5.** Сванте Август Арреніус (1859–1927). Шведський фізик і хімік. Створив теорію електролітичної дисоціації. Працював у різних галузях природничих наук: хімічній кінетиці, астрономії, астрофізиці, біології. У 1903 р. Арреніуса удостоєно Нобелівської премії з хімії як «визнання особливого значення теорії електролітичної дисоціації для розвитку хімії»



**Мал. 9.6.** Іван Олексійович Каблуков (1857–1942). Видатний російський фізико-хімік. Основоположник нового розділу фізичної хімії – електрохімії неводних розчинів. Запровадив у науку поняття гідратації (сольватації) йонів. Досліджував кримські соляні озера. Створив наукову школу фізико-хіміків



**Мал. 9.7.** Володимир Олександрович Кістяківський (1865–1952). Видатний науковець, перший український хімік-академік. Його праці у галузі електрохімії, колоїдної хімії, корозії металів і теорії рідин мали великий вплив на розвиток науки і технології. Розвинув теорію електролітичної дисоціації, один з перших указав на існування у розчинах гідратованих йонів



Поряд з розпадом кристалів або молекул на йони може відбуватися асоціація йонів.

*Гіпотеза* про хімічну взаємодію розчинника і розчинюваної речовини як причину розпаду електролітів на йони набула ознак *теорії* – адже вона витримала багаторазові експериментальні перевірки і стала підґрунтям для подальших наукових розробок. Про це йтиметься у наступних параграфах.



### Стисло про головне

Йонні розчини на відміну від молекулярних проводять електричний струм. Умови існування електричного струму – різниця потенціалів і наявність вільних носіїв електричного заряду (електронів або йонів).

Електропровідність розчинів можна випробувати за допомогою простого приладу, електричне коло якого складається з джерела струму, вимикача, двох електродів та індикатора струму, наприклад лампи. Якщо у посудину з досліджуванним розчином занурити електроди приладу й увімкнути електричний струм, то за наявності у розчині вільних носіїв електричного заряду лампа загоряється. Безпечно, швидко й точно вимірюють електропровідність за допомогою електронного тестера.

У розчинах йонних речовин носії електричного заряду – йони. Це заряджені одно- або багатоатомні частинки. Позитивні йони називають катіонами, а негативні – аніонами. На відміну від електронейтральних частинок (атомів, молекул), йони здатні рухатись в електричному полі. Під дією електричного струму катіони рухаються до негативного полюса – катода, а аніони – до позитивного полюса – анода. За складом йони поділяють на прості ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) і складні ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Електричний струм проводять водні розчини речовин із йонним або ковалентним сильно полярним типом хімічного зв'язку. Під час розчинення йонних речовин унаслідок руйнування кристалічних ґраток у розчин потраплять йони. У разі розчинення речовин із ковалентним сильно полярним зв'язком йони утворюються у результаті хімічної взаємодії молекул розчинюваної речовини із розчинником. В обох випадках утворені йони існують у розчині у вигляді гідратів.

Речовини, водні розчини яких проводять електричний струм, називають електролітами. Солі, луги, кислоти – електроліти. Розчини неелектролітів електричного струму не проводять.

Процес повного або часткового розпаду електролітів на йони під впливом полярних молекул води – електролітична дисоціація. Процес дисоціації оборотний. Поряд з розпадом кристалів або молекул на йони може відбуватися асоціація йонів.

Гіпотеза про розпад електролітів на йони унаслідок хімічної взаємодії розчинника і розчинюваної речовини набула ознак теорії, адже вона витримала багаторазові експериментальні перевірки. Творці теорії електролітичної дисоціації – С. Арреніус, І.О. Каблуков, В.О. Кістяківський.



## Застосуйте свої знання й уміння

1. Виберіть ознаку, за якою речовини класифікують на електроліти та неелектроліти:  
**А** Температура плавлення; **Б** Густина; **В** Електропровідність; **Г** Електропровідність розчинів.
2. Назвіть типи хімічних зв'язків, характерні для електролітів.
3. Наведіть кілька прикладів електролітів – представників різних класів неорганічних сполук.
4. Назвіть частинки, які у розчині електроліту рухатимуться до катода.
5. Виберіть аніон:  
**А**  $\text{Br}^-$ ; **Б**  $\text{Mg}$ ; **В**  $\text{CO}_2$ ; **Г**  $\text{Cu}^{2+}$ ; **Д**  $\text{e}^-$ .
6. Виберіть катіон:  
**А**  $\text{CO}_3^{2-}$ ; **Б**  $\text{Li}^+$ ; **В**  $\text{NH}_3$ ; **Г**  $\text{S}^{2-}$ ; **Д**  $\text{H}^+$ .
7. Проаналізуйте зміст етикеток на пляшках різних мінеральних вод. Розподіліть зазначені на них йони у відповідні колонки таблиці:

Катіони	Аніони

8. Запишіть хімічні формули речовин, у розчинах яких містяться гідратовані йони: а)  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{NO}_3^-$ ; б)  $\text{Fe}^{3+}$  і  $\text{SO}_4^{2-}$ ; в)  $\text{Li}^+$  і  $\text{OH}^-$ ; г)  $\text{H}^+$  і  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .
9. Поясніть, чи зміниться електропровідність води, якщо крізь неї пропускати:  
а) азот; б) карбон(IV) оксид; в) кисень; г) гідроген бромід.



## Скарбничка досвіду

1. Дізнайтеся, використовуючи різноманітні джерела інформації, про відкриття Г. Деві, яке він вважав найважливішим. Чи згодні ви з науковцем?
2. Виготовте прилад для дослідження електропровідності. Вам знадобиться джерело постійного струму напругою близько 6 В – плоска батарейка для ліхтарика або радіоприймача. Замість однієї такої батарейки можна використати 3–4 маленькі батарейки. Їх треба з'єднати послідовно (позитивний полюс однієї батарейки припаяти мідним дротом до негативного полюса іншої).

Електроди датчика електропровідності виготовте з центральних графітових стержнів від двох старих батарейок. *Пильнуйте, аби не зруйнувати металеві наконечники!* До них припаяйте (або прикріпіть) мідні, очищені від ізоляції дроти 20–30 см завдовжки. Аби електроди не стикалися й були віддалені один від одного на кілька міліметрів, на один вугільний електрод надягніть 2–3 кільця із дроту з товстою ізоляцією. Прикладіть до електрода із дротяними колечками другий електрод і скріпіть їх ізольованим дротом, ізоляційною стрічкою або гумовими колечками.

Як мікродатчик електропровідності для роботи з дуже малими кількостями розчинів можна використати штекер від стереофонічних навушників. Стержень такого штекера складається із трьох послідовно розташованих і ізольованих одна від одної циліндричних шайб. Якщо крайні з них застосувати як електроди, до яких приєднати провідники, то після занурення штекера у розчин за допомогою електролампочки можна реєструвати показник електропровідності розчину.



Дріт одного електрода приєднайте до лампочки напругою 6 В. Іншим дротом з'єднайте лампочку з батарейкою. Кінці другого дроту від батарейки й дроту від вугільного електрода приєднайте до вимикача.

Занурте датчик у розчин й увімкніть електричний струм. Спостерігайте за тим, чи загоряється електролампочка. Після випробування кожного розчину розмикайте електричне коло й двічі промивайте електроди у дистильованій воді (її можна придбати у відділах господарчих товарів або в аптеці).

Випробуйте електропровідність таких об'єктів: води (дистильованої, талої, водопровідної, мінеральної); столового оцту; кристалічних цукру, кухонної солі, питної соди, лимонної, аскорбінової (вітамін С) й ацетилсаліцилової (аспірин) кислот і розчинів із різними масовими частками цих речовин; розчину сульфатил-натрію (альбуцид), рідини для зняття манікюрного лаку; гліцерину та його водного розчину тощо. За результатами досліджень підготуйте презентації.

## § 10. Електролітична дисоціація кислот, основ, солей у водних розчинах

**Після опрацювання § 10 ви зможете:**

*складати рівняння електролітичної дисоціації лугів, кислот, солей; виявляти йони Гідрогену та гідроксид-іони у розчині; за показником рН визначати характер середовища – кислотний, нейтральний, лужний.*

**На шляху до успіху пригадаємо з вивченого курсу хімії:**

*що таке луги, кислоти, солі, індикатори; як користуватися таблицею розчинності; як класифікують кислоти за їхнім кількісним складом; що таке електронегативність і як вона змінюється у періодах і групах; як виявляють кислоти та луги у розчинах; що таке експериментальні задачі і як їх розв'язують; які загальні властивості притаманні кислотам і лугам.*

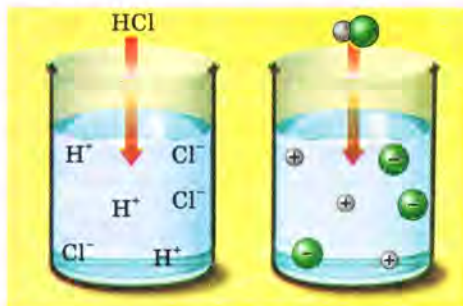
• **Дисоціація електролітів у водних розчинах** дає підстави класифікувати кислоти, основи, солі за видами йонів, які утворюються внаслідок цього процесу. Розгляньмо, на які саме йони дисоціюють кислоти, основи, солі, й сформулюймо їхні визначення з погляду електролітичної дисоціації.

**Кислотами називають електроліти, внаслідок дисоціації яких не утворюються жодні інші катіони, крім гідратованих йонів Гідрогену.**

Приміром, молекули гідроген хлориду у водному розчині дисоціюють на катіони Гідрогену й хлорид-аніони (мал. 10.1). Тобто хлоридна кислота містить не молекули гідроген хлориду, а гідратовані йони: катіони Гідрогену й аніони Хлору. Спрощено (без відображення гідратації йонів) цей процес, описує рівняння електролітичної дисоціації:



Обчислімо у цьому рівнянні суму зарядів катіонів Гідрогену та аніонів Хлору.



**Мал. 10.1.** Дисоціація гідроген хлориду у водному розчині

Варто запам'ятати, що у правильно складеному рівнянні електролітичної дисоціації *сума зарядів усіх катіонів і аніонів дорівнює нулю*.



### Завдання

Щоразу перевіряйте, чи правильно складено рівняння електролітичної дисоціації, наведені у параграфі.

**Зверніть увагу:** у цьому записі замість знака «=» використано стрілку. У такий спосіб зазначають, що електроліт дисоціює практично повністю. Так само повністю дисоціює у водному розчині сульфатна кислота.

Зважте на те, що у розчині оксигеновмісної кислоти розпад на йони її молекул відбувається за місцем більш полярних зв'язків. У молекулі сульфатної кислоти полярність зв'язків між атомами Оксигену і Гідрогену більша, ніж полярність зв'язків між атомами Сульфуру й Оксигену. Тому під впливом диполів води руйнуються саме зв'язки O – H:



Мал. 10.2. Модель молекули сульфатної кислоти



**Зверніть увагу:** індекс біля атома Гідрогену у формулі сульфатної кислоти і коефіцієнт перед катіоном Гідрогену у рівнянні її електролітичної дисоціації збігаються. У записах зарядів йонів, на відміну від ступенів окиснення, знак «+» або «-» ставлять після цифри.

Основність кислоти визначають за кількістю катіонів Гідрогену, які утворюються в результаті дисоціації однієї молекули кислоти.



### Завдання

За наведеними рівняннями електролітичної дисоціації визначте основність хлоридної та сульфатної кислот.

Зауважимо, що багатоосновні кислоти дисоціюють ступінчасто. Приміром, на першій стадії дисоціації сульфітної кислоти легко відщеплюється перший катіон Гідрогену:



Дисоціація на другій стадії відбувається меншою мірою, ніж на першій:



Кислотні залишки різні у різних кислот. Спільною ознакою усіх кислот є наявність у їхніх розчинах гідратованих катіонів Гідрогену. Саме вони зумовлюють загальну властивість цих сполук – кислий смак.



Ви, звичайно, пам'ятаєте, що кислоти у розчині виявляють за допомогою індикаторів. З огляду на те, що у розчинах усіх кислот містяться гідратовані катіони Гідрогену, можна дійти висновку, що саме вони зумовлюють зміну забарвлення індикаторів. Аби виявити катіони Гідрогену у розчині, виконаємо **лабораторний дослід**.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД

*Пригадайте й неухильно виконуйте  
ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ  
З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ*

### № 1(а). Виявлення йонів Гідрогену у розчині

**Завдання.** Дослідіть, як діють розчини кислот на індикатори. Запишіть рівняння електролітичної дисоціації кислот. Визначте, який з індикаторів не використовують для виявлення йонів Гідрогену в розчині.

**Обладнання:** штатив з пробірками або пластина із заглибинами. **Реактиви:** розчини сульфатної кислоти, лакмусу, метилового оранжевого, фенолфталеїну; розбавлена хлоридна кислота, універсальний індикаторний папір.



#### Інструкція

1. У 4 пробірки або заглибини пластини внесіть по 5 крапель хлоридної кислоти. До першої проби хлоридної кислоти додайте краплю розчину лакмусу, до другої – метилового оранжевого, до третьої – фенолфталеїну, четверту випробуйте шматочком універсального індикаторного паперу. Як змінюється забарвлення індикаторів під дією хлоридної кислоти?
2. Тепер проробіть те саме з розчином сульфатної кислоти. Що спостерігаєте? Які йони в розчинах кислот зумовлюють зміну забарвлення індикаторів? Який індикатор не можна використати для виявлення йонів Гідрогену в розчині?

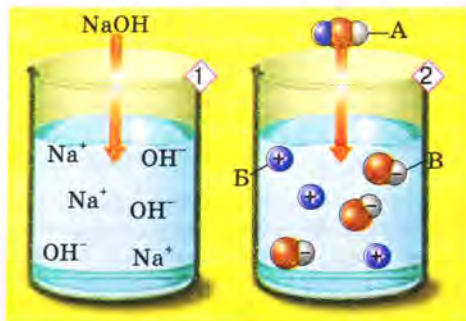


#### Завдання

Встановіть відповідність між індикаторами та їхнім забарвленням у розчинах кислот.

Індикатор	Забарвлення у розчині, який містить гідратовані катіони Гідрогену
1 Фенолфталеїн	А Жовте
2 Метилловий оранжевий	Б Безбарвне
	В Рожеве

Ви уточнили свої уявлення про кислоти з огляду на характер їхньої електролітичної дисоціації, набули умінь виявляти у водному розчині катіони Гідрогену. Тепер розгляньмо електролітичну дисоціацію лугів.



**Мал. 10.3.** 1. Луг – йонна речовина, дисоціює повністю. 2. Продуктами електролітичної дисоціації однієї формульної одиниці (А) натрій гідроксиду є катіон Натрію (Б) та гідроксид-аніон (В)

Катіони у складі різних лугів різні. Спільною ознакою усіх лугів є наявність у їхніх розчинах гідроксид-аніонів. Виконаймо лабораторний дослід з виявлення цих йонів у розчині.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД

### № 1(б). Виявлення гідроксид-іонів у розчині

**Завдання.** Дослідіть, як діють розчини лугів на індикатори. Запишіть рівняння електролітичної дисоціації лугів. Визначте, який з індикаторів є специфічним для виявлення гідроксид-іонів у розчині.

**Обладнання:** 8 пробірок (або пластина із заглибинами). **Реактиви:** розчини натрій гідроксиду, калій гідроксиду, лакмусу, метилового оранжевого, фенолфталеїну; універсальний індикаторний папір.

#### Інструкція



1. У чотири пробірки або лунки пластини внесіть по п'ять крапель розчину натрій гідроксиду. До однієї проби розчину натрій гідроксиду додайте краплю розчину лакмусу, до другої – метилового оранжевого, до третьої – фенолфталеїну, четверту випробуйте шматочком універсального індикаторного папірця. Як змінюється забарвлення індикаторів під дією розчину натрій гідроксиду?

2. Тепер проробіть те саме з розчином калій гідроксиду. Що спостерігаєте? Який індикатор є специфічним для виявлення гідроксид-іонів у розчині?

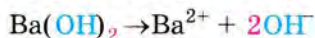
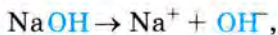


#### Завдання

1. Встановіть відповідність між індикаторами та їхнім забарвленням у розчинах лугів.

Лугами називають електроліти, які у водному розчині дисоціюють із утворенням гідратованих гідроксид-аніонів. Жодних інших негативних йонів під час цього процесу не утворюється.

• **Луги** – йонні речовини, тому їхня дисоціація (мал. 10.3) є повною:



Зверніть увагу на індекси у формулах лугів і коефіцієнти перед гідроксид-іонами у рівняннях електролітичної дисоціації.

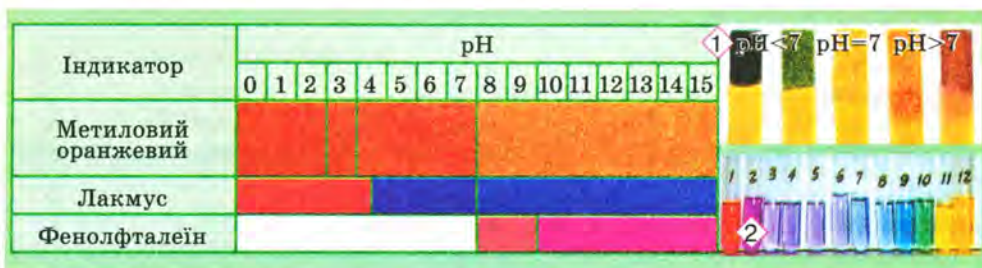


Індикатор	Забарвлення у розчині, який містить гідратовані гідроксид-аніони
1 Фенолфталеїн	А Жовте
2 Універсальний індикаторний папір	Б Малинове
	В Синє

2. Назвіть гідратовані йони у розчинах лугів, які, на вашу думку, зумовлюють загальні властивості цих сполук: мильність на дотик, руйнівну дію на шкіру, папір, волосся тощо.

Щойно ви навчилися за допомогою індикаторів визначати катіони Гідрогену та гідроксид-аніони у розчинах. Чи не найзручніше використовувати для цього універсальний індикаторний папір. Порівнявши його забарвлення у досліджуваному розчині зі шкалою-еталоном, можна визначити показник рН.

• **Показник рН\*** (вимовляють «пе-аш») добре відомий вам з повідомлень ЗМІ, рекламних роликів, інструкцій до побутових товарів тощо. Він пов'язаний із концентрацією у розчині йонів Гідрогену та гідроксид-іонів. Приміром, у дистильованій воді об'ємом 1 л містяться катіони Гідрогену та гідроксид-аніони кількістю лише по  $1 \cdot 10^{-7}$  (тобто 0,000 000 1) моль. Оскільки вміст катіонів Гідрогену та гідроксид-аніонів однаковий, то середовище нейтральне. Не деталізуючи, зауважимо: рН нейтрального середовища дорівнює семи. Якщо  $\text{pH} < 7$  – середовище кисле.  $\text{pH} > 7$  відповідає лужному середовищу (мал. 10.4).



**Мал. 10.4.** 1. Залежність кольорів найважливіших кислотно-основних індикаторів – метилового оранжевого, лакмусу, фенолфталеїну, універсального індикаторного паперу від рН розчину. 2. Колір соку червонокачанної капусти залежить від рН середовища



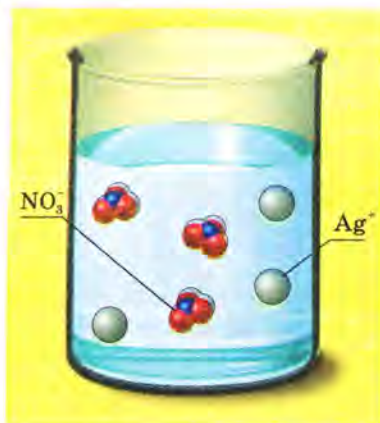
### Завдання

За малюнком 10.4, 2 визначте колір соку червонокачанної капусти у: а) сильно кислому; б) нейтральному; в) сильно лужному середовищах. Поясніть, чи можна вважати сік червонокачанної капусти кислотно-лужним індикатором.

Для визначення рН рідин (природні води, молоко, косметичні лосьйони, кров, шлунковий сік, стічні води, технологічні розчини тощо) у сучасних лабораторіях використовують електронні прилади – рН-метри (мал. 10.5). У досліджувану рідину занурюють



**Мал. 10.5.** рН-метри



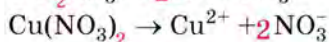
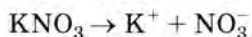
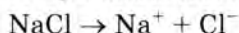
**Мал. 10.6.** Дисоціація аргентум(I) нітрату у водному розчині. Продуктами електролітичної дисоціації однієї формульної одиниці аргентум(I) нітрату є катіон Аргентуму(I) та нітрат-аніон

скляний електрод, заряд якого залежить від середовища розчину. Прилад визначає заряд електрода й показує рН досліджуваного розчину.

• **Солями** називають електроліти, які у водних розчинах дисоціюють на гідратовані катіони металічних елементів і аніони кислотних залишків.

Солі – йонні речовини, тому їхня дисоціація є повною. Приміром, аргентум(I) нітрат у водному розчині дисоціює з утворенням катіонів Аргентуму(I) та нітрат-аніонів (мал. 10.6).

Розгляньмо приклади дисоціації солей:



**Зверніть увагу** на позначені кольором індекси у формулах солей і коефіцієнти перед відповідними йонами у рівняннях електролітичної дисоціації, порівняйте їх.



### Завдання

1. Визначте число нітрат-іонів у рівнянні електролітичної дисоціації алюміній нітрату:

**A 1; Б 3; В 6; Г 9.**

2. Визначте число катіонів Калію у рівнянні електролітичної дисоціації калій ортофосфату:

**A 1; Б 2; В 3; Г 4.**



### Стисло про головне

Дисоціація електролітів у водних розчинах дає підстави класифікувати кислоти, основи, солі за видами йонів, які утворюються внаслідок цього процесу.

Кислотами називають електроліти, внаслідок дисоціації яких не утворюється жодних інших катіонів, окрім гідратованих йонів Гідрогену. Основність кислоти визначають за кількістю катіонів Гідрогену, які утворюються в результаті дисоціації однієї молекули кислоти. Багатоосновні кислоти дисоціюють ступінчасто. Кислотні залишки різні у різних кислот. Спільною ознакою усіх кислот є наявність у їхніх розчинах гідратованих катіонів Гідрогену, які зумовлюють загальні властивості цих сполук.

Лугами називають електроліти, які у водному розчині дисоціюють із утворенням гідратованих гідроксид-аніонів. Жодних інших негативних йонів під час цього процесу не утворюється. Луги – йонні речовини, тому



їхня дисоціація є повною. Катіони у різних лугів різні, спільною ознакою усіх лугів є наявність у їхніх розчинах гідроксид-аніонів.

Катіони Гідрогену та гідроксид-аніони у розчинах виявляють за допомогою індикаторів.

З концентрацією у розчині йонів Гідрогену та гідроксид-іонів пов'язаний показник рН. рН нейтрального середовища дорівнює семи. Якщо  $\text{pH} < 7$  – середовище кисле.  $\text{pH} > 7$  відповідає лужному середовищу. Для точного визначення рН рідин використовують електронні прилади – рН-метри.

Солями (йдеться про середні солі) називають електроліти, які у водних розчинах дисоціюють на гідратовані катіони металічних елементів і аніони кислотних залишків. Солі – йонні речовини, тому їхня дисоціація є повною.

Процес дисоціації електролітів у водному розчині спрощено (без відображення гідратації йонів) описує рівняння електролітичної дисоціації. У правильно складеному рівнянні електролітичної дисоціації сума зарядів усіх катіонів і аніонів дорівнює нулю. Аби зазначити, що електроліт у розчині дисоціює практично повністю, в рівняннях електролітичної дисоціації замість знака «=» використовують знак «→».



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Установіть відповідність між класами неорганічних сполук і визначеннями.

Клас неорганічних сполук	Визначення
1 Кислоти 2 Луги	<p><b>А</b> Електроліти, внаслідок дисоціації яких у водних розчинах утворюються гідратовані йони: катіони металічних елементів і аніони кислотних залишків.</p> <p><b>Б</b> Електроліти, внаслідок дисоціації яких у водних розчинах не утворюється жодних інших катіонів, окрім гідратованих йонів Гідрогену.</p> <p><b>В</b> Електроліти, внаслідок дисоціації яких у водних розчинах не утворюється жодних інших аніонів, окрім гідратованих гідроксид-іонів.</p>

2. Визначте кількість нітрат-іонів у рівнянні електролітичної дисоціації кальцій нітрату:  
**А** 1; **Б** 3; **В** 6; **Г** 9.
3. Визначте суму коефіцієнтів у правій частині рівняння електролітичної дисоціації калій ортофосфату:  
**А** 1; **Б** 2; **В** 3; **Г** 4.
4. У водному розчині засобу для очищення засмічених каналізаційних труб «Кріт» фенолфталеїн набуває малинового забарвлення:  
а) виберіть йони, які зумовлюють зміну кольору індикатора:  
**А**  $\text{H}^+$ ; **Б**  $\text{Na}^+$ ; **В**  $\text{OH}^-$ ; **Г**  $\text{Cl}^-$ .  
б) \*виберіть рН цього розчину:  
**А**  $\text{pH} = 7$ ; **Б**  $\text{pH} < 7$ ; **В**  $\text{pH} > 7$ ; **Г**  $\text{pH} < 0$ .
5. У водному розчині засобу «Туалетне качення» універсальний індикаторний папір набуває червоного забарвлення:  
а) виберіть йони, які зумовлюють зміну кольору індикатора:  
**А**  $\text{H}^+$ ; **Б**  $\text{Ca}^{2+}$ ; **В**  $\text{OH}^-$ ; **Г**  $\text{Cl}^-$ .

б) \*виберіть рН цього розчину:

**А** рН = 7; **Б** рН < 7; **В** рН > 7; **Г** рН < 0.

6. Із чотирьох атомів Гідрогену, які входять до складу молекули оцтової кислоти  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , тільки один здатний у водному розчині відщеплятися у вигляді катіона  $\text{H}^+$ . Визначте основність оцтової кислоти.
7. Проаналізуйте йонний склад, зазначений на етикетках мінеральних вод. Складіть хімічні формули речовин, які зумовлюють його внаслідок електролітичної дисоціації.
8. У кристалізатор з водою пінцетом обережно помістили шматочок натрію розміром з горошину. Після закінчення хімічної реакції у добутий розчин занурили електроди приладу для вимірювання електропровідності.  
а) Опишіть перебіг реакції та запишіть її хімічне рівняння. Чи проводитиме розчин одного з її продуктів (якого саме?) електричний струм? Поясніть, чому. б) \*Який рН добутого розчину? Як це можна довести експериментально?
9. Газуватий продукт реакції кристалічного натрій хлориду з концентрованою сульфатною кислотою розчинили у воді. а) Як називають цей розчин? Чи проводитиме він електричний струм? Поясніть, чому. б) \*Який рН добутого розчину? Як це можна довести експериментально?



### Скарбничка досвіду

Дослідіть на наявність йонів Гідрогену та гідроксид-іонів рідкі мийні засоби, столовий оцет, розчини питної соди, прального порошку, свіже молоко та кисломолочні продукти, косметичні лосьйони тощо. Для проведення домашнього досліду виготовте індикаторний папір із будь-якого пористого паперу побутового призначення та соку овочів, фруктів – бурякового, гранатового, червоного винограду тощо. Як індикатор можна використати розчин смородинового варення, відвар червонокочанної капусти або червоного буряка. Надзвичайно просто виготовити розчин індикатора з одноразового пакетика фруктового чаю (він містить подрібнені шматочки фруктів і пелюстки квіток).

## § 11. Ступінь дисоціації. Сильні й слабкі електроліти

Після опрацювання § 11 ви зможете:

наводити приклади сильних і слабких електролітів, встановлювати відмінність між ними.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії й математики:** що таке частка від цілого і як її обчислюють; що таке стандартний вигляд числа; що таке формульна одиниця речовини; які кислоти належать до сильних, а які є слабкими?

• **Ступінь дисоціації** – кількісна характеристика, яку використовують для оцінювання здатності електролітів дисоціювати у водних розчинах на йони. Вивчаючи електролітичну дисоціацію, ми з'ясували, що це оборотний процес. Тобто поряд із розпадом кристалів або молекул на йони може відбуватися асоціація йонів. Адже гідратовані йони, які хаотично рухаються в розчині, можуть стикатися й знов сполучатися між собою. Наразі розглянемо це питання докладніше. Солі та луги – йонні



речовини, тому у водних розчинах вони дисоціюють повністю. У розчинах кислот поряд з йонами є й недисоційовані молекули.



### Завдання

Оцініть доцільність доповнення схеми на малюнку 3.2 компонентом «йонно-молекулярні розчини».

**Ступінь електролітичної дисоціації** – це відношення числа молекул (формульних одиниць), які розпалися на йони, до загального числа молекул (формульних одиниць) розчиненої речовини.

Ступінь дисоціації позначають літерою грецького алфавіту  $\alpha$  (вимовляємо «альфа»). Її виражають у частках одиниці або у відсотках:

$$\alpha(X) = \frac{n(X)_{\text{дис.}}}{n(X)_{\text{заг.}}},$$

або

$$\alpha(X) = \frac{n(X)_{\text{дис.}}}{n(X)_{\text{заг.}}} \cdot 100\%,$$

де  $n(X)_{\text{дис.}}$  – число формульних одиниць електроліту, які розпалися на йони, а  $n(X)_{\text{заг.}}$  – загальне число формульних одиниць електроліту.

Наприклад, якщо ступінь дисоціації фторидної кислоти дорівнює 30 %, або 0,3, це означає, що у водному розчині з кожних ста молекул кислоти тридцять розпалися на йони. Або з кожних десяти молекул кислоти три дисоціювали (мал. 11.1):

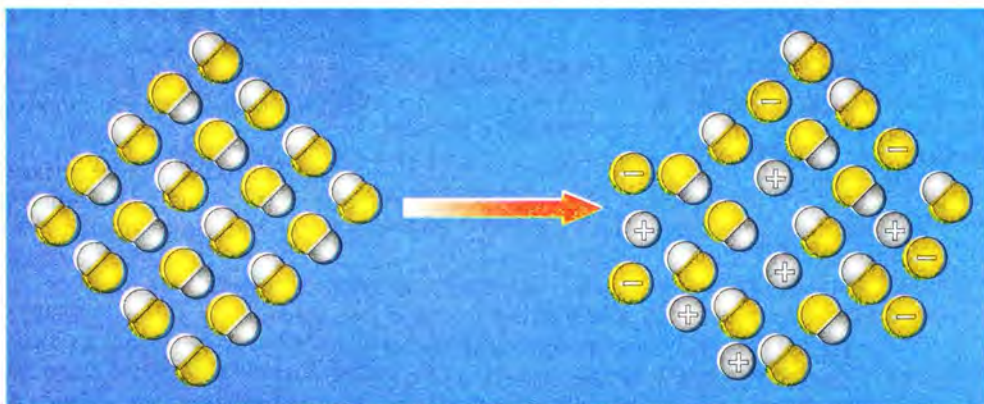
$$\alpha(\text{HF}) = 0,3 \text{ (30 \% )}$$



### Завдання

1. Виберіть з-поміж наведених значень ступінь дисоціації кислоти, з кожних 100 молекул якої 15 розпалися на йони:

**A** 0,15; **Б** 115; **В** 0,015; **Г** 1,5.



**Мал. 11.1.** Ступінь дисоціації фторидної кислоти дорівнює 0,3, або 30 %, це означає, що у водному розчині з кожних десяти молекул кислоти три дисоціювали

2. Виберіть співвідношення кількості дисоційованих і недисоційованих молекул кислоти, ступінь дисоціації якої 0,2 (20 %):

**A** 1 : 5; **B** 1 : 50; **B** 1 : 4; **Г** 1 : 8.

Ступінь дисоціації електролітів визначають експериментально. Він залежить від природи розчинника, природи розчинюваної речовини та її частки у розчині, температури тощо. Чим більша полярність розчинника, тим більший ступінь дисоціації електроліту в ньому. Підвищення температури, як правило, збільшує дисоціацію, тож за нагрівання ступінь дисоціації зростає. У разі зменшення частки електроліту у розчині, тобто під час його розбавлення, ступінь дисоціації збільшується. Тож, зазначаючи ступінь дисоціації, слід зазначати й концентрацію розчину.

• **Сильні й слабкі електроліти** різняться здатністю дисоціювати у водних розчинах. Електроліти, ступінь дисоціації яких навіть у відносно концентрованих розчинах високий (близький до 1), називають *сильними*, а електроліти, ступінь дисоціації яких навіть у розведених розчинах невеликий, – *слабкими*.

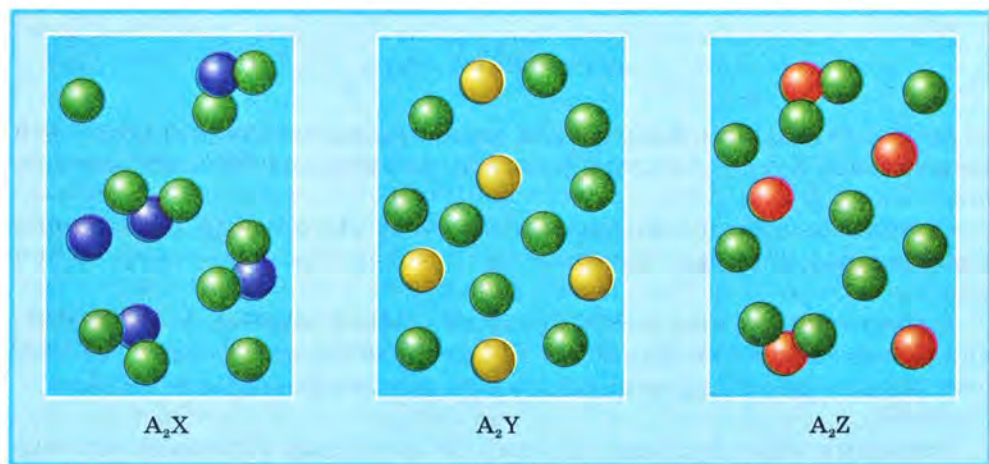
Сильними електролітами є луги та чи не всі солі. У розбавлених розчинах сульфатна, нітратна, хлоридна, бромідна, йодидна кислоти також дисоціюють практично повністю. З класифікацією кислот на сильні й слабкі ви ознайомилися минулого року (див. схему). Тепер вам зрозуміло, що критерієм цієї класифікації є ступінь електролітичної дисоціації кислот, тобто їхня приналежність до сильних чи слабких електролітів.

Пригадаймо, слабка карбонатна кислота міститься у газованих напоях (існує у вигляді гідрату  $\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Добре відомі вам з повсякденного



**Схема.** Сильні й слабкі кислоти





Мал. 11.2

життя кислоти – молочна, оцтова, аскорбінова (вітамін С) й ацетил-саліцилова (аспірин) кислоти – слабкі електроліти. Сульфідна, сульфідна, силікатна кислоти (пригадайте їхні хімічні формули, за потреби зверніться до таблиці «Розчинність кислот, основ і солей у воді») – також слабкі електроліти. Слабкими електролітами є й гідроксиди металічних елементів (за винятком лугів). Ступінь дисоціації слабких електролітів зазвичай не перевищує 3 %.



### Завдання

Роздивіться малюнок 11.2 й розташуйте зображені на ньому електроліти за зростанням їхньої сили.

Вода – дуже слабкий електроліт. Ступінь її дисоціації наближається до 0. Адже з кожного мільярда (1 000 000 000) молекул води на йони розпадаються лише дві. Вочевидь такої кількості йонів замало, аби забезпечити бодай трохи помітну електропровідність дистильованої води.



### Стисло про головне

Ступінь дисоціації – кількісна характеристика, яку використовують для оцінювання здатності електролітів дисоціювати у водних розчинах на йони. Солі та луги – йонні речовини, тому у водних розчинах вони дисоціюють повністю. У розчинах кислот поряд з йонами є й недисоційовані молекули.

Ступінь електролітичної дисоціації – це відношення числа молекул (формульних одиниць), які розпалися на йони, до загального числа молекул (формульних одиниць) розчиненої речовини.

Ступінь дисоціації позначають літерою грецького алфавіту  $\alpha$  (вимовляють «альфа»). Її виражають у частках одиниці або у відсотках:

$$\alpha(X) = \frac{n(X)_{\text{дис.}}}{n(X)_{\text{заг.}}},$$

або

$$\alpha(X) = \frac{n(X)_{\text{дис.}}}{n(X)_{\text{заг.}}} \cdot 100 \%,$$

де  $n(X)_{\text{дис.}}$  – кількість формульних одиниць електроліту, які розпалися на йони, а  $n(X)_{\text{заг.}}$  – загальна кількість формульних одиниць електроліту.

Ступінь дисоціації електролітів залежить від природи розчинника, природи розчинюваної речовини та її частки у розчині, температури тощо.

Електроліти, ступінь дисоціації яких навіть у відносно концентрованих розчинах високий (близький до 1), називають *сильними*, а електроліти, ступінь дисоціації яких навіть у розведених розчинах невеликий, – *слабкими*.

Сильними електролітами є луги та чи не всі солі. У розбавлених розчинах сульфатна, нітратна, хлоридна, бромідна, йодидна кислоти також дисоціюють практично повністю. Силу кислот визначають за ступенем електролітичної дисоціації.

Карбонатна, сульфідна, сульфідна, силікатна, молочна, оцтова, аскорбінова (вітамін С) й ацетилсаліцилова (аспірин) кислоти, гідроксиди металічних елементів (за винятком лугів) – слабкі електроліти. Ступінь дисоціації слабких електролітів зазвичай не перевищує 3 %.

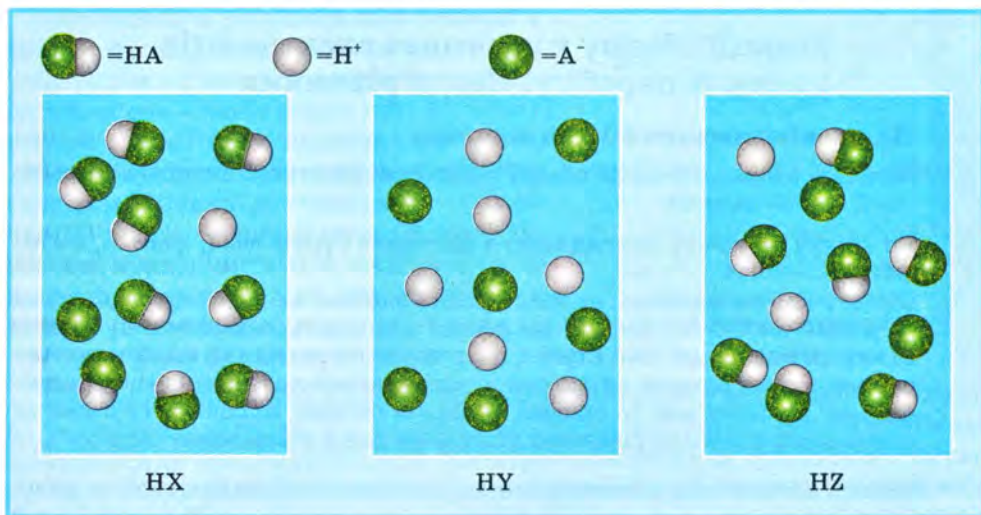
Вода – дуже слабкий електроліт. Ступінь її дисоціації наближається до 0.



### Застосуйте свої знання й уміння

- Виберіть правильне твердження. **Ступінь електролітичної дисоціації – це відношення:**  
**А** Числа молекул, які розпалися на йони, до загального числа молекул розчиненої речовини;  
**Б** Числа молекул, які розпалися на йони, до числа молекул, які не дисоціювали;  
**В** Числа молекул у розчині до числа молекул, які дисоціювали;  
**Г** Числа молекул, які не дисоціювали, до числа молекул, які розпалися на йони.
- Виберіть з-поміж наведених значень ступінь дисоціації кислоти, з кожних 200 молекул якої 40 розпалися на йони:  
**А** 0,2; **Б** 20; **В** 0,02; **Г** 2.
- Виберіть співвідношення кількості недисоційованих і дисоційованих молекул кислоти, ступінь дисоціації якої 0,4 (40 %):  
**А** 3 : 2; **Б** 2 : 3; **В** 2 : 5; **Г** 5 : 2.
- Виберіть слабкі електроліти:  
**А** HCl; **Б** H<sub>2</sub>S; **В** H<sub>2</sub>O; **Г** H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- Виберіть сильну кислоту:  
**А** Бромідна; **Б** Сульфідна; **В** Молочна; **Г** Силікатна.
- У воді об'ємом 2 л розчинили кислоту кількістю 0,2 моль. Ступінь дисоціації кислоти 0,02. Визначте число її недисоційованих молекул у цьому розчині. Які дані у задачі зайві?



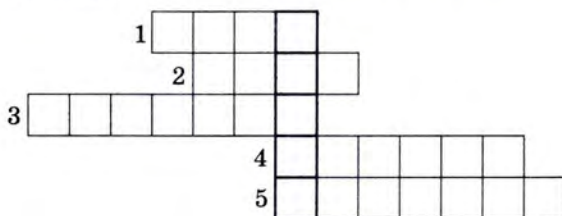


**Мал. 11.3.** Схематичне зображення електролітичної дисоціації кислот

7. Встановіть відповідність між електролітами та ступенем дисоціації.

Електроліт	Ступінь дисоціації
1 Сильний	<b>A</b> $\alpha = 0$
2 Слабкий	<b>Б</b> $\alpha \rightarrow 1$
	<b>В</b> $0 < \alpha < 0,03$

8. Роздивіться малюнок 11.3 і визначте найсильнішу з-поміж зображених на ньому кислот.
9. Розв'яжіть кросворд, ключове слово якого по вертикалі – назва літери – позначення ступеня дисоціації. По горизонталі: 1. Найпоширеніший дуже слабкий електроліт. 2. Клас неорганічних сполук, здебільшого сильні електроліти. 3. Кількісна характеристика дисоціації електролітів. 4. Кислотний залишок слабкої галогеноводневої кислоти. 5. Слабка кислота із жарознижувальним ефектом.



### Скарбничка досвіду

Використовуючи прилад для дослідження електропровідності рідин, дослідіть електропровідність дистильованої води та розчинів, які трапляються у побуті (див. § 9). З'ясуйте, чи залежить електропровідність розчину від частки розчиненої речовини у ньому, температури тощо. Які речовини, що їх розчини було досліджено, виявилися сильними електролітами? За результатами дослідження підготуйте презентацію.

## § 12. Реакції обміну у розчинах електролітів, умови їх перебігу. Іонні рівняння

Після опрацювання § 12 ви зможете:

складати рівняння реакцій обміну у розчинах електролітів у повній і скороченій йонній формах.

На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії, фізики, математики:

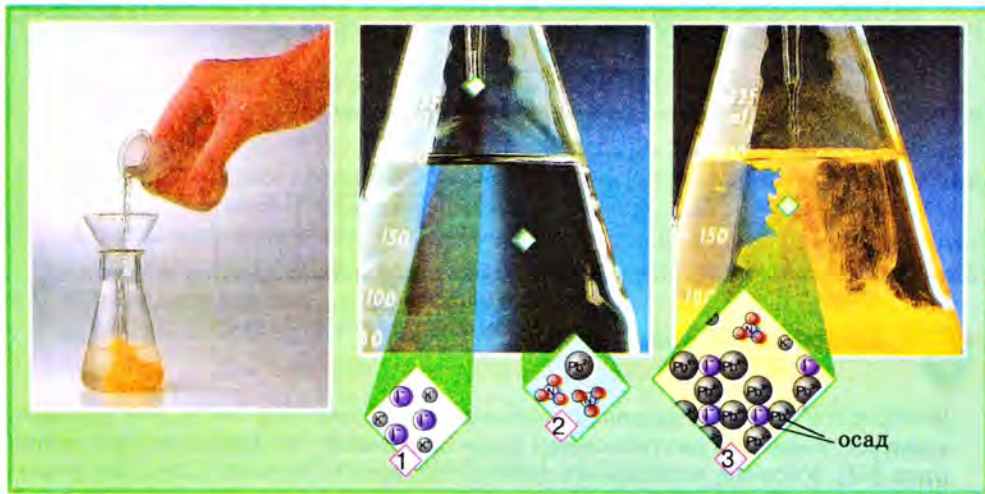
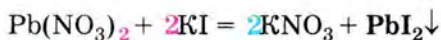
що таке хімічне рівняння; як взаємодіють заряди; що таке подібні доданки та у який спосіб їх зводять; які реакції називають реакціями: а) обміну; б) нейтралізації; що таке ступінь окиснення; які оксиди та гідрати оксидів реагують із кислотами; за яких умов відбуваються до кінця реакції у розчинах між: а) кислотами та солями; б) двома солями; в) солями і лугами; як позначають у хімічних рівняннях утворення осаду й виділення газу.

• **Реакції обміну між електролітами у розчинах** відбуваються за участю йонів – частинок, які реально існують у розчинах солей, лугів і кислот. Такі реакції називають **йонними**, а рівняння цих реакцій – **йонними рівняннями**.

Уточнімо: йонними рівняннями можуть бути зображені будь-які реакції, що відбуваються за участю електролітів у розчинах. Якщо вони не супроводжуються зміною зарядів йонів (не змінюються ступені окиснення елементів), то їх називають *реакціями йонного обміну*.

Скласти йонне рівняння досить просто. Виконаймо дослід і розгляньмо послідовність складання йонного рівняння на прикладі реакції між калій йодидом і плумбум(II) нітратом у розчині. Про її перебіг свідчить утворення яскраво-жовтого осаду плумбум(II) йодиду (мал. 12.1).

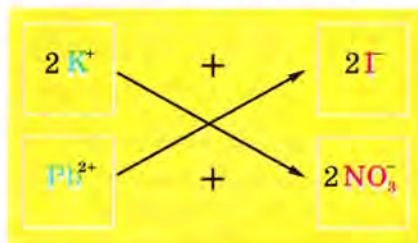
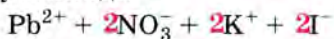
Спочатку запишімо рівняння реакції без урахування дисоціації електролітів:



Мал. 12.1. Унаслідок реакції між калій йодидом (1) і плумбум(II) нітратом (2) у розчині утворюється яскраво-жовтий осад плумбум(II) йодиду (3)



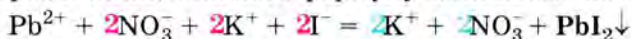
Аби скласти рівняння цієї реакції у йонній формі, слід зважити на те, що електроліти у розчині дисоціюють на йони. За таблицею «Розчинність кислот, основ і солей у воді» (див. додаток) визначмо, які з-поміж реагентів є сильними електролітами. Обидві розчинні солі – плюмбум(II) нітрат і калій йодид – у водному розчині практично повністю дисоціюють на йони. Тож запишімо їхні формули у йонному вигляді:



Мал. 12.2. Електростатична взаємодія між протилежно зарядженими йонами у розчині

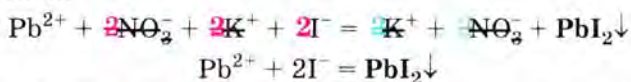
Проаналізуємо, які з цих йонів взаємодіятимуть між собою з огляду на знаки їхніх зарядів. Це потрібно, аби пересвідчитися, що ми правильно визначили продукти реакції. Електростатичні сили зумовлюватимуть притягування різнойменних і відштовхування однойменно заряджених йонів (мал. 12.2).

Отже, продукти реакції – калій нітрат і плюмбум(II) йодид. Калій нітрат – сильний електроліт, повністю дисоціює, тому у правій частині рівняння записуємо катіони Калію та нітрат-аніони. Плюмбум(II) йодид практично нерозчинний, тож його формулу залишаємо незмінною



**Зверніть увагу:** у йонному рівнянні коефіцієнти перед формулами кожного з йонів записують з урахуванням індексів у формулах електролітів та коефіцієнтів перед ними. Приміром, унаслідок дисоціації однієї формульної одиниці плюмбум(II) нітрату утворюється один катіон Плюмбуму(II) і два нітрат-аніони. А під час дисоціації двох формульних одиниць калій йодиду утворюються два катіони Калію та два йодид-аніони.

Очевидно, що в лівій і правій частинах йонного рівняння є однакові йони (які саме?). Оскільки вони не беруть участі в реакції, їхні формули можна скоротити:



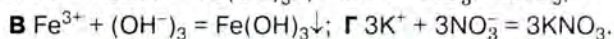
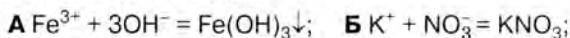
Вилучімо з лівої та правої частин рівняння формули катіонів Калію й нітрат-аніонів, аби одержати *скорочене йонне рівняння*. У ньому записані тільки ті частинки, які реально взаємодіють у розчині з утворенням яскраво-жовтого осаду плюмбум(II) йодиду. Тобто *скорочене йонне рівняння відбиває суть реакції обміну між електролітами у розчині*. Воно показує, які йони взаємодіють і яка речовина є продуктом реакції.

Виконаний дослід дає підстави стверджувати, що *однією з умов необхідності реакції між електролітами у розчині є утворення осаду*.



### Завдання

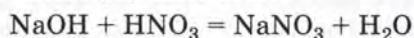
Виберіть скорочене йонне рівняння, яке відповідає реакції між ферум(III) нітратом і калій гідроксидом у розчині:



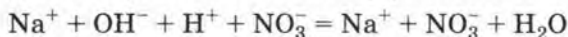


**Мал. 12.3.** Добавляння краплями розбавленої нітратної кислоти (1) до розчину натрій гідроксиду (2), підфарбованого фенолфталеїном

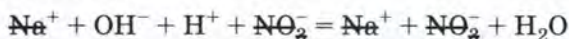
З'ясуємо, за яких ще умов, окрім утворення осаду, реакції обміну у розчинах електролітів будуть необоротними – тобто відбуватимуться до кінця. Дослідімо реакцію між натрій гідроксидом і нітратною кислотою у розчині. Наочно пересвідчитися у перебігу *реакції нейтралізації* допоможе застосування індикатора. До розчину натрій гідроксиду добавмо кілька крапель спиртового розчину фенолфталеїну – специфічного індикатора лужного середовища. Ви, звичайно, пам'ятаєте, що під дією гідроксид-аніонів фенолфталеїн набуває малинового забарвлення. Краплями, щоразу обережно струшуючи колбу, добавлятимемо розбавлену нітратну кислоту (мал. 12.3), аж поки малинове забарвлення фенолфталеїну не зникне. Знебарвлення розчину свідчить про нейтралізацію лугу кислотою:



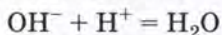
За допомогою таблиці розчинності (див. додаток) визначмо, що з чотирьох речовин – реагентів і продуктів реакції – до сильних електролітів належать три. Це натрій гідроксид (луг), нітратна кислота і натрій нітрат – розчинна сіль. Вода – дуже слабкий електроліт, тож практично не дисоціює. З огляду на це, запишімо повне йонне рівняння реакції між натрій гідроксидом і нітратною кислотою у розчині:



Скоротімо у лівій і правій частинах рівняння однакові йони: катіони Натрію та нітрат-аніони:



Одержуємо скорочене йонне рівняння:



Очевидно, що молекули води утворюються внаслідок взаємодії у розчині катіонів Гідрогену й гідроксид-аніонів.

Отже, *реакція обміну між електролітами у розчині практично необоротна, якщо один з продуктів – дуже слабкий електроліт, наприклад вода, або інша малодисоційована речовина.*



### Завдання

Виберіть ті пари електролітів, реакції між якими у розчині відбуваються практично до кінця (необоротно):

**А**  $\text{H}_2\text{SO}_4$  і  $\text{KOH}$ ; **Б**  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  і  $\text{HNO}_3$ ; **В**  $\text{HCl}$  і  $\text{KNO}_3$ ; **Г**  $\text{KNO}_3$  і  $\text{NaOH}$ .

Розгляньмо ще один випадок перебігу до кінця реакції між електролітами у розчині. Змішаймо розчин натрій карбонату з розбавленою сульфатною кислотою.

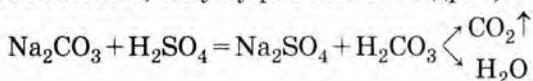




## Завдання

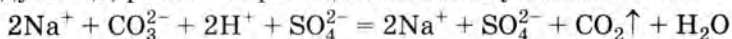
За малюнком 12.4 опишіть на макрорівні хімічну реакцію між натрій карбонатом і сульфатною кислотою у розчині. Поясніть, чому не можна для проведення досліду брати розчини соди та кислоти у більших (мал. 12.4, 1), ніж вказано в інструкції (мал. 12.4, 2), кількостях.

Скориставшись таблицею розчинності (див. додаток), запишімо рівняння реакції (пам'ятаймо, карбонатна кислота нестійка, існує у розчині як гідрат):

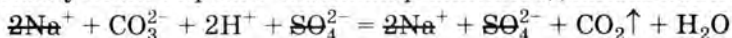


З-поміж п'яти речовин – реагентів і продуктів реакції – до сильних електролітів належать три. Це натрій карбонат, сульфатна кислота і натрій сульфат. Вода – дуже слабкий електроліт, а карбон(IV) оксид (вуглекислий газ) видаляється зі сфери реакції.

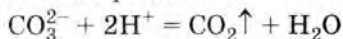
З огляду на це, рівняння реакції запишімо у такий спосіб:



Скоротимо у лівій і правій частинах рівняння однакові йони:



Одержуємо скорочене йонне рівняння:



Очевидно, що утворення молекул води й вуглекислого газу є наслідком взаємодії між катіонами Гідрогену й карбонат-аніонами у розчині. Ця реакція необоротна (відбувається до кінця), оскільки вода – дуже слабкий електроліт, а вуглекислий газ видаляється зі сфери реакції.



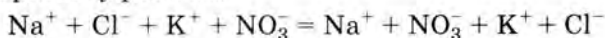
## Завдання

Виберіть ті пари електролітів, реакції між якими у розчині відбуваються практично до кінця (необоротно):

**A**  $\text{H}_2\text{SO}_4$  і  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ; **Б**  $\text{Na}_2\text{S}$  і  $\text{HCl}$ ; **В**  $\text{HNO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; **Г**  $\text{KNO}_3$  і  $\text{HCl}$ .

Виконані досліди доводять, що реакції обміну між електролітами у розчині необоротні, якщо поміж продуктів реакції є осад, газ, вода або інший слабкий електроліт.

Якщо виконується хоча б одна з цих умов, реакція відбувається до кінця. Якщо ж ні, то внаслідок змішування розчинів утворюється суміш йонів. Про це свідчить повне йонне рівняння реакції між натрій хлоридом і калій нітратом у розчині



Аби дістати більше експериментальних підтверджень правильності зроблених висновків, виконайте лабораторні досліди.



**Мал. 12.4.** Реакція між натрій карбонатом і сульфатною кислотою у розчині. 1. Реактиви взято у кількостях, більших ніж передбачено інструкцією. 2. Реактиви взято у кількостях відповідно до інструкції

*Пригадайте й неухильно виконуйте  
ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ  
З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ*

**Реакції обміну в розчинах електролітів**

**Завдання**

1. Проробіть досліди (варіант виконання вкаже вчитель хімії). Для ліпшого спостереження за перебігом реакцій використовуйте чорно-білий екран. Якщо досліди виконуєте у заглибинах пластини, беріть реактивів удвічі менше порівняно з кількостями, потрібними для дослідів у пробірках.
2. Опишіть і поясніть спостереження, складіть рівняння реакцій, запишіть їх у повній і (де це можливо) скороченій йонній формі. За потреби скористайтесь таблицею «Розчинність кислот, основ і солей у воді» (див. додаток).
3. Після завершення роботи обговоріть свої спостереження та складені скорочені йонні рівняння із сусідом по партії, який виконував інший варіант дослідів. Порівняйте висновки, яких ви дійшли. Які рівняння, на вашу думку, відображають суть реакцій обміну між електролітами у розчині?



**Обладнання:** штатив з пробірками або пластина із заглибинами, скляні палички, чорно-білий екран.

**І варіант**

**Реактиви:** розчини купрум(II) сульфату, натрій карбонату, натрій нітрату, калій гідроксиду; хлоридна кислота.

**№ 2. Реакції обміну в розчинах електролітів з випаданням осаду**

*Інструкція*

У пробірку внесіть 5 крапель розчину купрум(II) сульфату і додайте 5 крапель розчину калій гідроксиду.

**№ 3. Реакції обміну в розчинах електролітів з виділенням газу**

*Інструкція*

У пробірку налийте концентрований розчин натрій карбонату об'ємом 1 мл і додайте 3–4 краплі хлоридної кислоти.

**№ 4. Реакції обміну в розчинах електролітів з утворенням води**

*Інструкція*

У пробірку внесіть 3–4 краплі розчину калій гідроксиду і одну краплю розчину фенолфталеїну. *Яке забарвлення розчину?*



Добавте краплю хлоридної кислоти, перемішуючи рідину скляною паличкою. Якщо розчин не знебарвиться, добавте ще краплю кислоти. *Поясніть, чому розчин знебарвився.*

**Додатково.\*** Змішування розчинів купрум(II) сульфату і натрій нітрату.

#### Інструкція

У пробірку внесіть 3–4 краплі розчину купрум(II) сульфату й добавте стільки само крапель розчину натрій нітрату. *Чи є ознаки перебігу реакції? Складіть рівняння реакції, запишіть його у повному йонному вигляді. Поясніть, чи можна скласти скорочене йонне рівняння. Зробіть висновок, чи відбулася хімічна реакція.*

### II варіант

**Реактиви:** розчини купрум(II) сульфату, натрій карбонату, натрій хлориду, натрій гідроксиду, сульфатної кислоти.

#### № 2. Реакції обміну в розчинах електролітів з випаданням осаду

##### Інструкція

У пробірку внесіть 5 крапель розчину купрум(II) сульфату і добавте 5 крапель розчину натрій гідроксиду.

#### № 3. Реакції обміну в розчинах електролітів з виділенням газу

##### Інструкція

У пробірку налейте концентрований розчин натрій карбонату об'ємом 1 мл і добавте 3–4 краплі розчину сульфатної кислоти.

#### № 4. Реакції обміну в розчинах електролітів з утворенням води

##### Інструкція

У пробірку внесіть 3–4 краплі розчину натрій гідроксиду і одну краплю розчину фенолфталеїну. *Яке забарвлення розчину?*

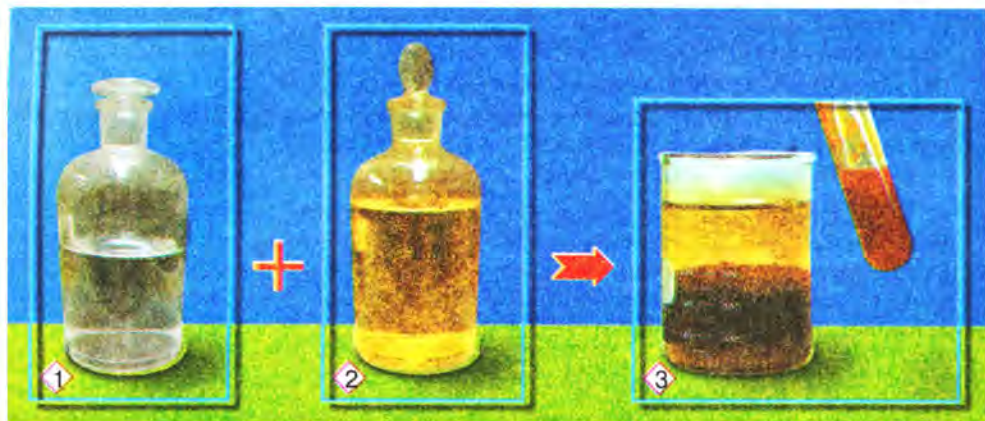
Добавте краплю розчину сульфатної кислоти, перемішуючи рідину скляною паличкою. Якщо розчин не знебарвиться, добавте ще краплю кислоти. *Поясніть, чому розчин знебарвився.*

**Додатково.\*** Змішування розчинів купрум(II) сульфату і натрій хлориду.

##### Інструкція

У пробірку внесіть 3–4 краплі розчину купрум(II) сульфату й добавте стільки само крапель розчину натрій хлориду. *Чи є ознаки перебігу реакції? Поясніть, чи можна скласти скорочене йонне рівняння цієї реакції. Зробіть висновок, чи відбулася хімічна реакція.*

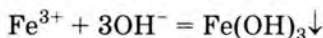
• **Йонні рівняння**, записані у скороченій формі, відбивають суть хімічної реакції. Ви пересвідчилися в цьому, виконуючи лабораторні досліди. Також ви навчилися використовувати таблицю «Розчинність кислот, основ і солей у воді» (див. додаток) для прогнозування можливості перебігу реакцій йонного обміну у розчинах електролітів, записувати



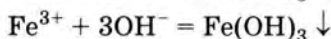
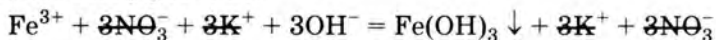
**Мал. 12.5.** Взаємодія розчину лугу (1) із розчином солі Феруму(III) (2) з утворенням бурого драглистого осаду ферум(III) гідроксиду (3)

рівняння реакцій у повній і скороченій йонних формах. Закріпимо ці знання й уміння, виконавши зворотнє завдання: доберемо пари речовин, взаємодію між якими у розчині описує скорочене йонне рівняння.

Приміром, взаємодія у розчині катіонів Феруму(III) та гідроксид-аніонів веде до утворення бурого драглистого осаду ферум(III) гідроксиду (мал. 12.5):



Які саме речовини треба взяти для проведення цієї реакції? Звернімося до таблиці «Розчинність кислот, основ і солей у воді» (див. додаток), аби з'ясувати, які сполуки Феруму(III) розчинні у воді. Розчинними є хлорид, бромід, сульфат і нітрат Феруму(III). Аналогічно доберемо розчинну основу. Можна використати розчини гідроксидів Калію, Натрію, Барію тощо. Єдине обмеження – другий продукт реакції має бути розчинним. Тож умові завдання не відповідатиме взаємодія у розчині ферум(III) сульфату з барій гідроксидом. Адже барій сульфат також нерозчинний. І хоча реакція відбудеться, але жоден йон у повному йонному рівнянні не скоротиться (*пересвідчіться у цьому, склавши повне йонне рівняння*). Аби перевірити наші передбачення, запишімо у повній та скороченій йонних формах рівняння реакції між ферум(III) нітратом і калій гідроксидом у розчині:



Одержане скорочене йонне рівняння однакове з тим, що було в умові завдання. Тож утворення драглистого бурого осаду ферум(III) гідроксиду зумовлене взаємодією у розчині катіонів Феруму(III) й гідроксид-аніонів.



### Завдання

Виберіть пари речовин, взаємодії яких у розчині відповідає скорочене йонне рівняння:  $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ :

**А**  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  і  $\text{HCl}$ ; **Б**  $\text{Ag}_2\text{SO}_3$  і  $\text{HCl}$ ; **В**  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  і  $\text{HCl}$ ; **Г**  $\text{K}_2\text{SO}_3$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; **Д**  $\text{ZnSO}_3$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .





### Стисло про головне

Реакції обміну між електролітами у розчинах відбуваються за участю йонів – частинок, які реально існують у розчинах солей, лугів і кислот. Такі реакції називають йонними, а рівняння цих реакцій – йонними рівняннями.

Йонними рівняннями можуть бути зображені будь-які реакції, що відбуваються за участю електролітів у розчинах. Якщо вони не супроводжуються зміною зарядів йонів (не змінюються ступені окиснення елементів), то їх називають реакціями йонного обміну.

Аби скласти рівняння реакції у йонній формі, зважають на те, що електроліти у розчині дисоціюють на йони. За таблицею «Розчинність кислот, основ і солей у воді» (див. додаток) визначають, які з-поміж реагентів є сильними електролітами. Їхні формули записують у йонній формі. Визначають, які з цих йонів взаємодіятимуть між собою з огляду на знаки їхніх зарядів. Електростатичні сили зумовлюватимуть притягування різноимених і відштовхування однойменно заряджених йонів. Продукти реакції, які є сильними електролітами, записують у йонній формі. Формули слабких електролітів і газуватих речовин, які залишають сферу реакції, записують традиційно. У повній йонній формі рівнянь коефіцієнти перед формулами кожного з йонів визначають з урахуванням індексів у формулах електролітів та коефіцієнтів перед ними.

Аби одержати скорочене йонне рівняння, формули йонів, які не беруть участі у реакції, у лівій й правій частинах повного йонного рівняння скорочують. Скорочене йонне рівняння відбиває суть реакції обміну між електролітами у розчині. Воно показує, які йони взаємодіють і яка речовина є продуктом реакції.

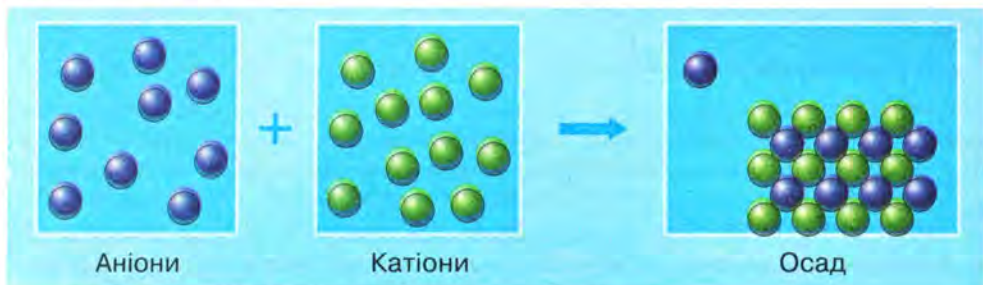
Умови необоротності реакції між електролітами у розчині – утворення осаду, виділення газу, утворення води або іншої малодисоційованої речовини. Якщо виконується хоча б одна з цих умов, реакція відбувається до кінця. Якщо ж ні, то внаслідок змішування розчинів утворюється суміш йонів.

Для прогнозування можливості перебігу реакцій йонного обміну у розчинах електролітів використовують таблицю «Розчинність кислот, основ і солей у воді».

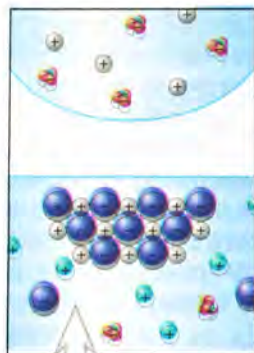


### Застосуйте свої знання й уміння

- Запишіть у повній і скороченій йонних формах рівняння реакцій між:
  - натрій карбонатом і кальцій хлоридом;
  - хлоридною кислотою та магній карбонатом;
  - нітратною кислотою та барій гідроксидом.
- Виберіть пару йонів, яка бере участь у хімічній реакції між магній сульфатом і барій нітратом у розчині:  
**A**  $\text{Mg}^{2+}$  і  $\text{NO}_3^-$ ; **Б**  $\text{Mg}^{2+}$  і  $\text{Ba}^{2+}$ ; **В**  $\text{Ba}^{2+}$  і  $\text{SO}_4^{2-}$ ; **Г**  $\text{NO}_3^-$  і  $\text{SO}_4^{2-}$ .
- Виберіть пару йонів, яка бере участь у хімічній реакції між калій гідроксидом і нітратною кислотою у розчині:  
**A**  $\text{K}^+$  і  $\text{NO}_3^-$ ; **Б**  $\text{H}^+$  і  $\text{NO}_3^-$ ; **В**  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$ ; **Г**  $\text{K}^+$  і  $\text{OH}^-$ .



**Мал. 12.6.** Аніони:  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Катіони:  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ .



**Мал. 12.7.** Реакція іонного обміну за участю аргентум(I) нітрату. Один з продуктів реакції – аргентум(I) хлорид

- Доберіть не менше двох пар речовин, реакції між якими у розчині зумовлені взаємодією:
  - катіонів Плюмбуму(II) і хлорид-аніонів;
  - катіонів Гідрогену і гідроксид-аніонів;
  - катіонів Гідрогену і силікат-аніонів;
  - катіонів Гідрогену і купрум(II) гідроксиду;
  - катіонів Гідрогену і сульфід-аніонів.
- Виберіть пари йонів, які не можуть одночасно перебувати у розчині:  
**А**  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{PO}_4^{3-}$ ; **Б**  $\text{Fe}^{3+}$  і  $\text{OH}^-$ ; **В**  $\text{CO}_3^{2-}$  і  $\text{Cl}^-$ ; **Г**  $\text{NO}_3^-$  і  $\text{Ba}^{2+}$ .
- Роздивіться малюнок 12.6. Виберіть пари йонів, які відповідають схематичному зображенню скороченого йонного рівняння.
- На малюнку 12.7 на мікро- і макрорівні зображено реакцію іонного обміну за участю аргентум(I) нітрату. Один з її продуктів – аргентум(I) хлорид. Визначте, які електроліти могли б бути другим реагентом у цій реакції. Складіть хімічні рівняння, запишіть їх у повній і скороченій йонній формах.
- У хімічний стакан із розчином сульфатної кислоти занурили електроди приладу для дослідження електропровідності й увімкнули електричний струм. До досліджуваного розчину почали повільно доливати розчин барій гідроксиду. Спрогнозуйте зміни, які відбуватимуться у розчині та з індикатором приладу. Поясніть спостереження за допомогою повних і скорочених йонних рівнянь.
- До складу начинки карамельок «Шипучка» входить питна сода (натрій гідрогенкарбонат  $\text{NaHCO}_3$ ) та лимонна кислота. Поясніть, чому ці речовини починають взаємодіяти між собою лише під час контакту з вологою.



### Скарбничка досвіду

- У хімічному кабінеті **під керівництвом учителя хімії** визначте кислотність виданих зразків меду. Виготовте розчини з масовою часткою меду 10 %. У хімічні стакани відмірте порції 10 %-ного водного розчину меду об'ємами по 100 мл, додайте до кожної з них по 5 крапель 1 %-ного спиртового розчину фенолфталеїну й по порції 0,1 %-ного розчину натрій гідроксиду об'ємом 5 мл.



- Поясніть, у якому випадку мед має підвищену кислотність: якщо розчин залишився безбарвним, чи за появи малинового забарвлення. Відповідь аргументуйте рівнянням реакції, запишіть його у повній і скороченій йонних формах.
- Поміркуйте, яку широко застосовану у кулінарії сполуку можна використати у домашніх умовах для виявлення надмірної кислотності меду. Складіть план експерименту й обговоріть його з учителем хімії. Виконайте дослід у домашніх умовах.
  - Дізнайтеся, використовуючи різноманітні джерела інформації, про застосування йонного обміну для опріснення води.
- За результатами здійснених досліджень підготуйте презентації.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

### Реакції йонного обміну в розчинах електролітів

Під час виконання цієї роботи ви застосуєте набуті знання про реакції йонного обміну між електролітами у розчинах, вдосконалите вміння записувати повні й скорочені йонні рівняння, скласти план експерименту й проводити його, працювати за інструкцією, описувати спостереження й робити висновки.


За потреби зверніться до таблиці «Розчинність кислот, основ і солей у воді» (див. додаток), § 12, описаних у ньому демонстраційних дослідів та інструкцій з виконання лабораторних дослідів.

**Увага!** Для ліпшого спостереження використовуйте чорно-білий екран. Якщо досліди виконуєте у пробірках, беріть по 5 крапель розчинів реагентів. Якщо дослід виконуєте у заглибинах пластини, то досить узяти по 2–3 краплі розчинів реагуючих речовин.

**Обладнання:** штатив з пробірками або пластина для крапельного аналізу, скляні палички, піпетки, чорно-білий екран.



Будьте особливо обережні під час роботи з їдкими й отруйними речовинами та скляним хімічним посудом!



**Завдання.** Проробіть досліди (варіант виконання вкаже вчитель хімії; дослід 5\* виконайте за наявності часу). Опишіть і поясніть спостереження, складіть рівняння реакцій, запишіть їх у повній і (де це можливо) скороченій йонних формах.

### Варіант 1

**Реактиви:** хлоридна кислота; розчини калій гідроксиду, барій хлориду, купрум(II) сульфату, натрій карбонату, лакмусу.

1. До розчину калій гідроксиду додайте розчин лакмусу. Піпеткою по краплях добавляйте хлоридну кислоту, перемішуючи реакційну суміш скляною паличкою.
2. До розчину купрум(II) сульфату додайте розчин барій хлориду.
3. До розчину натрій карбонату додайте хлоридну кислоту.
4. До розчину натрій карбонату додайте розчин калій гідроксиду.
5. \* Здійсніть перетворення за схемою:  $\text{Ba}^{2+} \xrightarrow{1} \text{BaCO}_3 \downarrow \xrightarrow{2} \text{Ba}^{2+}$

### Варіант 2

**Реактиви:** розчини сульфатної кислоти, натрій гідроксиду, калій карбонату, купрум(II) хлориду, барій нітрату, метилового оранжевого.

1. До розчину натрій гідроксиду додайте розчин метилового оранжевого. Піпеткою по краплях добавляйте розчин сульфатної кислоти, перемішуючи реакційну суміш скляною паличкою.
2. До розчину калій карбонату додайте розчин барій нітрату.
3. До розчину калій карбонату додайте розчин сульфатної кислоти.
4. До розчину купрум(II) хлориду додайте розчин барій нітрату.
5. \* Здійсніть перетворення за схемою:  $\text{Cu}^{2+} \xrightarrow{1} \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow \xrightarrow{2} \text{Cu}^{2+}$

### Варіант 3

**Реактиви:** хлоридна кислота; розчини натрій гідроксиду, аргентум(I) нітрату, калій карбонату, кальцій хлориду, фенолфталеїну.

1. До розчину натрій гідроксиду додайте розчин фенолфталеїну. Піпеткою по краплях добавляйте хлоридну кислоту, перемішуючи реакційну суміш скляною паличкою.
2. До розчину аргентум(I) нітрату додайте хлоридну кислоту.
3. До розчину калій карбонату додайте хлоридну кислоту.
4. До розчину калій карбонату додайте розчин натрій гідроксиду.
5. \* Здійсніть перетворення за схемою:  $\text{Ca}^{2+} \xrightarrow{1} \text{CaCO}_3 \downarrow \xrightarrow{2} \text{Ca}^{2+}$

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

### Розв'язування експериментальних задач

Під час виконання цієї роботи ви застосуєте набуті знання про електролітичну дисоціацію та реакції у розчинах електролітів, вдосконалисте вміння записувати повні й скорочені йонні рівняння, складати план експерименту й проводити його, робити висновки, розв'язувати експериментальні задачі.

За потреби зверніться до таблиці «Розчинність кислот, основ і солей у воді» (див. додаток), § 12, описаних у ньому демонстраційних дослідів та інструкцій з виконання лабораторних дослідів.

**Увага!** Для ліпшого спостереження використовуйте контрастний екран. Якщо досліди виконуєте у пробірках, беріть по 5 крапель розчинів реагентів.



Якщо дослід виконуєте у заглибинах пластини, то досить узяти по 2–3 краплі розчинів реагуючих речовин.

**Будьте особливо обережні під час роботи з їдкими й отруйними речовинами та скляним хімічним посудом!**

**Обладнання:** штатив з пробірками або пластина для крапельного аналізу, скляні палички, піпетки, чорно-білий екран; *розчини* лугів, кислот, солей, засобів побутової хімії; яєчна шкаралупа, індикатори тощо.

**Завдання.** Проробіть досліди за вказівкою вчителя. Опишіть і поясніть спостереження, складіть рівняння реакцій, запишіть їх у повній і (де це можливо) скороченій йонних формах.

- Дослідним шляхом визначте, у якій з трьох пронумерованих склянок містяться:
  - хлоридна кислота, розчини натрій гідроксиду та натрій хлориду;
  - розчини сульфатної кислоти, натрій хлориду, натрій сульфату;
  - хлоридна кислота, розчини калій гідроксиду, натрій нітрату.
- Експериментально здійсніть перетворення, складіть рівняння реакцій, запишіть їх у повній і скороченій йонній формах:
  - натрій карбонат  $\xrightarrow{1}$  натрій сульфат  $\xrightarrow{2}$  натрій хлорид;
  - купрум(II) сульфат  $\xrightarrow{1}$  купрум(II) гідроксид  $\xrightarrow{2}$  купрум(II) хлорид;
  - магній хлорид  $\xrightarrow{1}$  магній гідроксид  $\xrightarrow{2}$  магній сульфат;
  - калій карбонат  $\xrightarrow{1}$  кальцій карбонат  $\xrightarrow{2}$  карбон(IV) оксид;
  - натрій гідроксид  $\xrightarrow{1}$  натрій сульфат  $\xrightarrow{2}$  натрій хлорид;
  - калій гідроксид  $\xrightarrow{1}$  калій сульфат  $\xrightarrow{2}$  калій нітрат;
- Доведіть, що катіони Гідрогену містяться у рідких засобах: а) «Сіліт» (для видалення накипу); б) «Туалетне качення» (для чищення сантехніки); в) «Йорж» (для чищення сантехніки).
- Доведіть, що гідроксид-аніони містяться в рідких засобах для чищення засмічених зливних труб: а) «Кріт»; б) «Тірет»; в) «Містер Мускул».
- Проробіть реакції, які відповідають таким скороченим йонним рівнянням:
  - $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ ;
  - $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{BaCO}_3 \downarrow$ ;
  - $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- Добудьте реакцією йонного обміну барій сульфат – речовину, яку застосовують у виробництві фарб, покриттів, пластику, скла, фотопаперу, штучної слонової кістки й целофану, для рентгеноскопії шлунка.
- Доведіть, що яєчну шкаралупу доцільно використовувати на кислих ґрунтах присадибної ділянки для зменшення кислотності.
- Змодельуйте, використовуючи наявні реактиви, спосіб вилучення зі стічних вод хімічного комбінату катіонів: а) Барію; б) Феруму(III); в) Купруму(II).
- Неподалік один від одного розміщені підприємство з виробництва яєчного порошку та целюлозно-паперовий комбінат. Змодельуйте, використовуючи наявні реактиви, екологічно безпечний і дешевий спосіб зменшення забруднення річки кислими стоками целюлозно-паперового комбінату.

## Тема

# 2

# ХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ

## § 13. Класифікація хімічних реакцій за різними ознаками

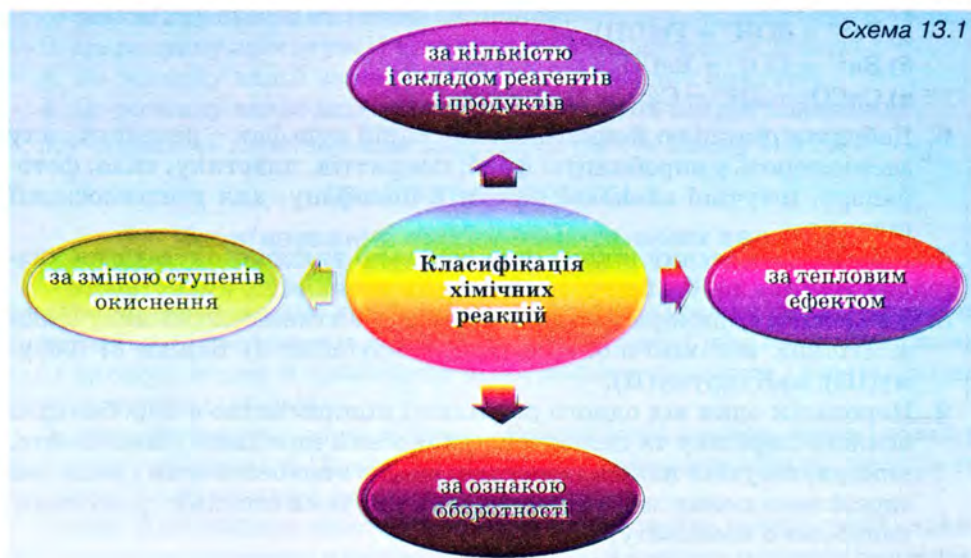
Після опрацювання § 13 ви зможете:

класифікувати реакції за кількістю і складом реагентів і продуктів; наводити приклади та розрізняти реакції сполучення, заміщення, обміну, розкладу, оцінювати їхнє значення.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії:**

що таке хімічне рівняння; які речовини називають простими, а які – складними; як класифікують хімічні реакції за кількістю і складом реагентів і продуктів.

Хімічні реакції класифікують за різними ознаками (див. схему).





Які з цих ознак вам відомі, а які потребують уточнення й докладнішого вивчення (табл. 13.1)?

Таблиця 13.1

Добре знаєте ...	Маєте уявлення про ...	Зможете дізнатися про те ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• як класифікують хімічні реакції за кількістю і складом реагентів і продуктів;</li> <li>• які речовини називають простими, а які – складними;</li> <li>• що таке реагенти і продукти хімічної реакції;</li> <li>• що таке ступінь окиснення хімічного елемента у сполуці і як його визначають;</li> <li>• що перебіг хімічних реакцій супроводжується певними зовнішніми ефектами, зокрема тепловими</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ теплові ефекти під час розчинення і кристалізації;</li> <li>◇ оборотні та необоротні процеси під час розчинення та електролітичної дисоціації</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ чим відрізняються оборотні реакції від необоротних;</li> <li>✓ чи змінюються ступені окиснення хімічних елементів унаслідок перебігу реакцій, як і чому це відбувається;</li> <li>✓ як за ознакою зміни ступенів окиснення класифікують хімічні реакції;</li> <li>✓ що називають тепловим ефектом хімічної реакції;</li> <li>✓ як класифікують хімічні реакції за тепловим ефектом</li> </ul>

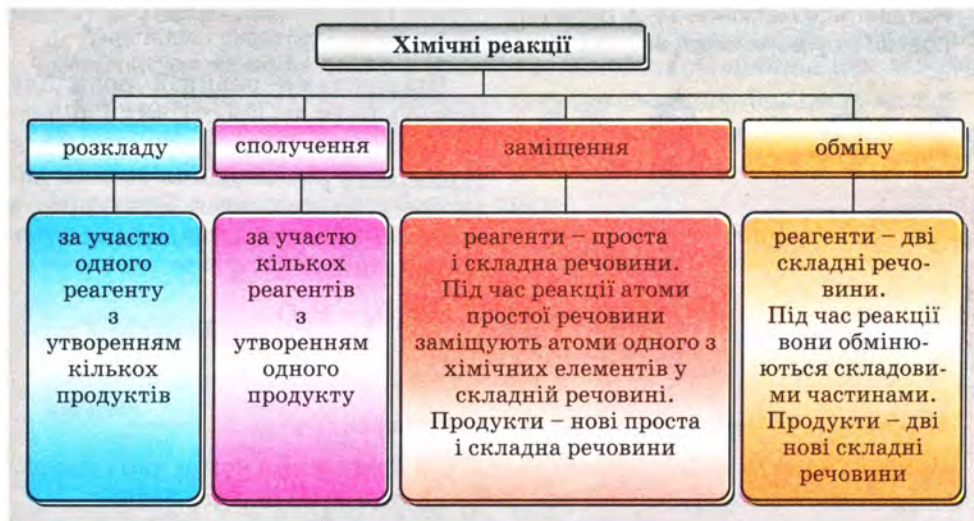


### Завдання

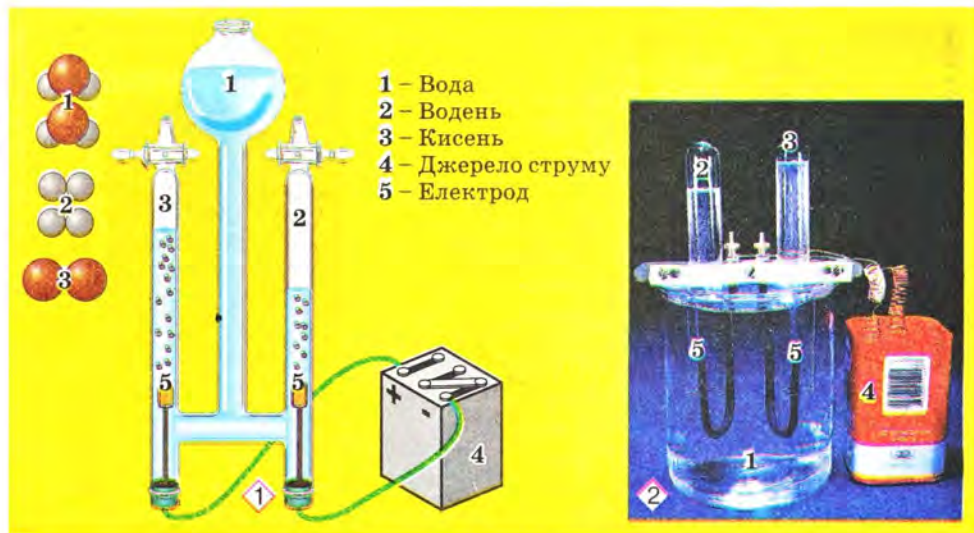
Оцініть відповідність інформації, наведеної у таблиці 13.1, вашим навчальним здобуткам.

Класифікацію хімічних реакцій за кількістю і складом реагентів і продуктів узагальнено на схемі 13.2.

Схема 13.2



Аби встановити за цією ознакою приналежність реакції до певного типу, треба проаналізувати її хімічне рівняння. Розгляньмо конкретні приклади.



Мал. 13.1. Електроліз води. 1. Схематичне зображення. 2. Світлина

• **Реакції розкладу.** Під дією електричного струму вода *розкладається* на кисень і водень (мал. 13.1):  $\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{ел. струм}} \text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$



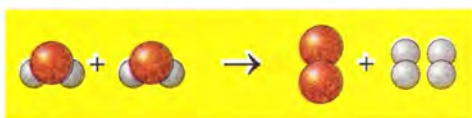
### Завдання

Перетворіть схему цієї реакції на хімічне рівняння.



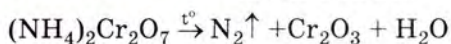
### Завдання

Роздивіться малюнок 13.2. Визначте, скільки і яких речовин бере участь у цій реакції та утворюється внаслідок її перебігу.



Мал. 13.2. Схематичне зображення електролізу води на мікрорівні

Продуктами реакцій розкладу можуть бути як прості, так і складні речовини. Приміром, внаслідок термічного розкладання амоній дихромату утворюється одна проста (*назвіть її*) і дві складні (*назвіть їх*) речовини:



### Завдання

Перетворіть схему цієї реакції на хімічне рівняння.

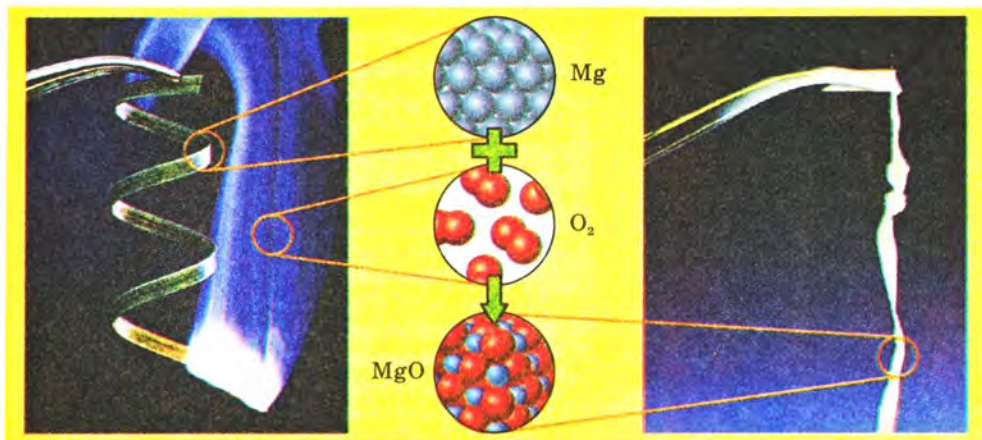
Ви, звичайно, пам'ятаєте, що внаслідок нагрівання купрум(II) гідроксиду утворюються дві складні речовини: купрум(II) оксид і вода.



### Завдання

Запишіть хімічне рівняння реакції термічного розкладання купрум(II) гідроксиду.





Мал. 13.3. Горіння магнію

• **Реакції сполучення** є протилежністю реакцій розкладу (пояснить, чому). Вони можуть відбуватися за участю як простих, так і складних речовин. Продукт реакції між простими речовинами – магнієм і киснем – магній оксид (мал. 13.3).

**Завдання**

Перетворіть схему реакції горіння магнію на хімічне рівняння.

**Гідратація** (взаємодія з водою) кислотних оксидів – приклад реакції сполучення за участю двох складних речовин.

**Завдання**

1. Унаслідок гідратації оксидів Карбону(IV) та Сульфуру(IV) утворюються шкідливі для довкілля кислотні дощі. Назвіть продукти гідратації цих оксидів.
2. Виберіть частинки, які зумовлюють руйнівну дію кислотних дощів на ліси:  
**А** Карбонат-аніони; **Б** Катіони Гідрогену; **В** Гідроксид-аніони; **Г** Сульфід-аніони; **Д** Молекули води.

Продуктом взаємодії карбон(II) оксиду (чадного газу) з киснем є карбон(IV) оксид – вуглекислий газ.

**Завдання**

Запишіть рівняння реакції чадного газу з киснем.

• **Реакції заміщення** ви вивчали, досліджуючи взаємодію металів із кислотами та солями у розчинах. Тож (с. 105, мал. 14.4) умієте за допомогою ряду активності металів (починаючи від магнію кожний член ряду витісняє наступні з розчинів їхніх солей та водень з розчинів



Мал. 13.4. Взаємодія алюмінію (1) з хлоридною кислотою (2). Водень (3) збирають у посудину витісненням води (4)



**Мал. 13.5.** Мідь по-різному поводить у розчинах цинк нітрату та аргентум(I) нітрату



### Завдання

Визначте, використовуючи ряд активності металів (с. 105, мал. 14.4), у якій з двох колб (мал. 13.5) до початку реакції містився розчин аргентум(I) нітрату.

• **Реакції обміну**, як ви вже пересвідчилися, здебільшого відбуваються між електролітами у розчинах. Ці реакції проходять до кінця лише за певних умов (назвіть їх, за потреби зверніться до § 12). Загальний вигляд реакцій обміну, які ви вивчали, такий:

Основний оксид + кислота → сіль + вода.

Кислотний оксид + луг → сіль + вода.

Луг + кислота → сіль + вода.

Нерозчинна основа + кислота → сіль + вода.

Сіль' + кислота' → сіль'' + кислота''.

Сіль' + луг → сіль'' + основа↓.

\*Амфотерний оксид + кислота → сіль + вода.

\*Амфотерний оксид + луг → сіль + вода.

\*Амфотерний гідроксид + кислота → сіль + вода.

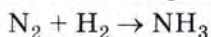
\*Амфотерний гідроксид + луг → сіль + вода.



### Завдання

До наведених у загальному вигляді записів реакцій обміну доберіть конкретні приклади. Запишіть, користуючись таблицею «Розчинність кислот, основ і солей у воді», рівняння реакцій у повній і скороченій йонних формах (завдання\* виконувати не обов'язково).

• **Значення реакцій сполучення, розкладу, заміщення та обміну** важко переоцінити. За допомогою реакцій цих та інших типів людство забезпечує потребу у речовинах, матеріалах і сучасних технологіях. Розгляньмо кілька прикладів. Приміром, промисловий спосіб добування амоніаку ґрунтується на його синтезі з простих речовин:



кислот) спрогнозувати можливість перебігу цих реакцій. Приміром, алюміній витісняє водень з хлоридної кислоти (мал. 13.4). Натомість мідь, срібло, золото тощо стійкі до дії розчинів кислот.



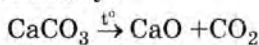
### Завдання

1. Запишіть рівняння реакції алюмінію з хлоридною кислотою. 2. Поясніть, чому водень можна зібрати до посудини витісненням води. 3. Назвіть йони, які зумовлюють властивість хлоридної кислоти взаємодіяти з металами.

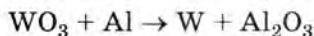
Мідь по-різному поводитиметься у розчинах аргентум(I) нітрату та цинк нітрату: реакція відбуватиметься лише з однією із солей (мал. 13.5).



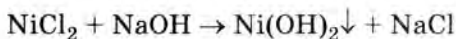
Негашене вапно добувають термічним розкладанням кальцій карбонату – головної складової вапняку:



Один зі способів добування металів – взаємодія їхніх оксидів з алюмінієм:



Реакції обміну застосовують для очищення та нейтралізації стічних промислових вод:



### Завдання

Перетворіть схеми реакцій на хімічні рівняння. Рівняння реакції йонного обміну запишіть у повній і скороченій йонних формах.

Звичайно, класифікація хімічних реакцій на чотири розглянуті типи не є універсальною та всеосяжною. Під час подальшого вивчення хімії, зокрема реакцій за участю органічних сполук, ви розширите й поглибите свої уявлення щодо підходів до класифікації хімічних реакцій за ознакою кількості та складу реагентів і продуктів. Про класифікацію хімічних реакцій за іншими ознаками йтиметься у наступних параграфах.

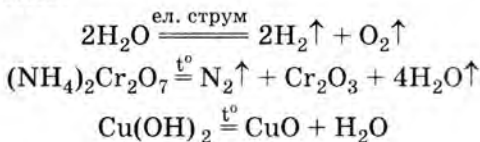


### Стисло про головне

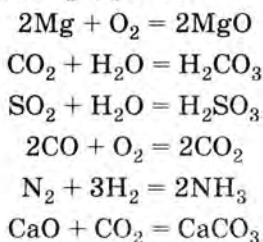
Хімічні реакції класифікують за різними ознаками – кількістю і складом реагентів і продуктів, тепловим ефектом, зміною ступенів окиснення елементів, оборотністю тощо.

За кількістю і складом реагентів і продуктів розрізняють реакції розкладу, сполучення, заміщення, обміну. Аби встановити за цією ознакою приналежність реакції до певного типу, треба проаналізувати її хімічне рівняння.

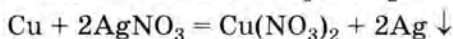
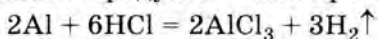
Реакції розкладу відбуваються за участю одного реагенту з утворенням кількох продуктів:



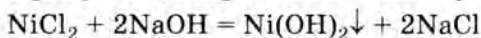
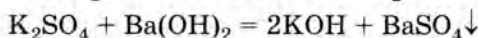
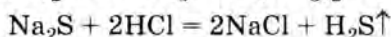
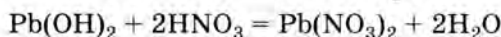
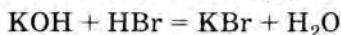
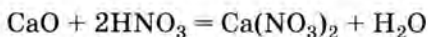
Їхня протилежність – реакції сполучення. У них беруть участь кілька реагентів й утворюється один продукт:



У реакціях заміщення реагенти – проста і складна речовини. Під час реакції атоми простої речовини заміщують атоми одного з хімічних елементів у складній речовині. Продукти – нові проста і складна речовини:

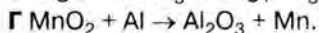
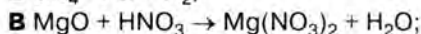
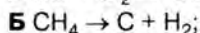
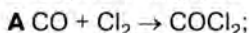


У реакціях обміну реагенти – дві складні речовини. Під час реакції вони обмінюються складовими частинами – утворюються дві нові складні речовини.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Виберіть схему реакції заміщення:



2. Встановіть відповідність між схемами хімічних реакцій та їхніми типами:

Схема реакції	Тип
1 $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$	<b>A</b> Реакція сполучення
2 $\text{MgCO}_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{MgO} + \text{CO}_2\uparrow$	<b>Б</b> Реакція заміщення
3 $\text{CuO} + \text{H}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$	<b>В</b> Реакція розкладу
	<b>Г</b> Реакція обміну

3. а) Виберіть реакцію, яка є різновидом реакції обміну:

**A** Горіння кальцію; **Б** Взаємодія хлору з воднем; **В** Реакція нейтралізації;  
**Г** Добування кисню з гідроген пероксиду.

б) Наведіть приклад такої реакції, запишіть її рівняння у повній і скороченій іонних формах.

4. Виберіть реакцію сполучення, у хімічному рівнянні якої сума коефіцієнтів становить 5:

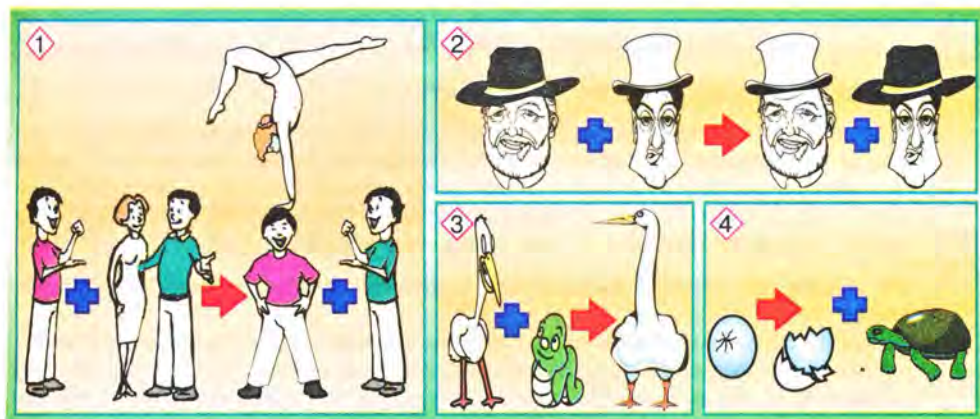
**A** Прожарювання міді; **Б** Нагрівання калій перманганату; **В** Прожарювання ферум(III) гідроксиду; **Г** Спалювання сірки.

5. Визначте, про яку реакцію йдеться в уривку літературного твору. Запишіть її хімічне рівняння. Класифікуйте цю реакцію за кількістю та складом реагентів і продуктів.

«Шипить та куриться вапно, що його гасять у великих дощаних скринях»  
 (І. Франко).

6. До складу антацидних (проти печії) лікарських препаратів «Маалокс» і «Алмагель» входять магній гідроксид і алюміній гідроксид. Складіть рівняння реакцій цих сполук із хлоридною кислотою – головною складовою шлун-





**Мал. 13.6.** 1. Реакція обміну. 2. Реакція заміщення. 3. Реакція розкладу. 4. Реакція сполучення

кового соку. Класифікуйте реакції за кількістю та складом реагентів і продуктів. Запишіть їхні рівняння у повній і скороченій йонній формах. Визначте, які йони у складі шлункового соку є причиною печії.

7. Художнику доручили ілюструвати підручник хімії для дев'ятикласників. Хімічні реакції розкладу, сполучення, заміщення, обміну він зобразив у такий спосіб (мал. 13.6). Оцініть, чи правильно художник змодельював хімічні реакції різних типів. Обґрунтуйте свій експертний висновок.
8. Наведіть приклад реакції сполучення, у рівнянні якої сума коефіцієнтів становить 11.
9. Наведіть приклад реакції обміну, у рівнянні якої сума коефіцієнтів становить 12.
10. Наведіть приклад реакції заміщення, у рівнянні якої сума коефіцієнтів становить 7.
- \*11. Використовуючи різноманітні джерела інформації, відшукайте приклади рівнянь хімічних реакцій, які за формальними ознаками не можна віднести до жодного з типів, розглянутих у § 13.



### Скарбничка досвіду

Уявіть себе:

- художником, якому доручили ілюструвати підручник хімії для дев'ятикласників. Намалюйте комікси, які зображують хімічні реакції сполучення, розкладу, заміщення, обміну. Якщо вмієте працювати з відповідними комп'ютерними програмами – створіть анімаційний фільм;
- режисером навчального фільму, в якому йдеться про класифікацію хімічних реакцій за кількістю та складом реагентів і продуктів реакції. Жанр фільму – мюзикл. Ролі формульних одиниць речовин можуть виконати ваші однокласники, приятелі, родичі тощо. Вони ж можуть узяти на себе функції художників по костюмах, дизайнерів, відеоператорів, постановників. Напишіть сценарій такого фільму, зніміть його й презентуйте.

## § 14. Окисно-відновні реакції

Після опрацювання § 14 ви зможете:

класифікувати реакції за ознакою зміни ступенів окиснення; наводити приклади та розрізняти окисно-відновні реакції та реакції без зміни ступенів окиснення; складати рівняння нескладних окисно-відновних реакцій на основі електронного балансу; характеризувати процеси окиснення та відновлення; оцінювати значення окисно-відновних реакцій.

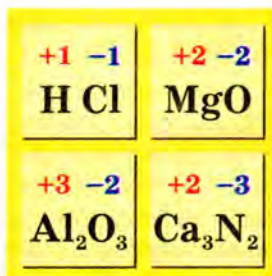
**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії та математики:**

за якими ознаками класифікують хімічні реакції; що таке ступінь окиснення і як його визначають у сполуках за їх формулами; як за положенням елемента у періодичній системі визначити його мінімальний і максимальний ступінь окиснення, формулу вищого оксиду й леткої сполуки з Гідрогеном; що таке найменше спільне кратне й у який спосіб його обчислюють.

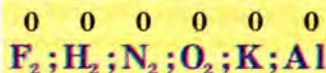
• **Ступінь окиснення**, як ви вже знаєте, є загальною характеристикою атомів хімічних елементів. Так називають умовний заряд, який виникає на атомі внаслідок переходу електронів від одних атомів до інших або зміщення спільних електронних пар у бік атомів більш електронегативних елементів. Незважаючи на широке застосування у хімії, поняття «ступінь окиснення» є суто формальним. Наприклад, у молекулі гідроген хлориду експериментально визначені часткові заряди на атомах Гідрогену і Хлору становлять  $+0,17$  і  $-0,17$  (а ступені окиснення  $+1$  і  $-1$ ). У кристалах цинк сульфідів часткові заряди на атомах Цинку і Сульфур дорівнюють  $+0,86$  і  $-0,86$ . Однак формальні ступені окиснення цих елементів у сполуці становлять  $+2$  і  $-2$  відповідно.

**Пригадаймо:**

Ступені окиснення позначають у формулах речовин над символами елементів:



Ступінь окиснення елементів у простих речовинах дорівнює нулю:



Максимальний позитивний ступінь окиснення елемента зазвичай дорівнює номеру групи, в якій він розміщений.

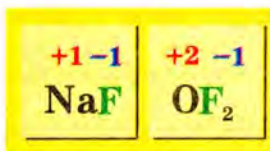
Мінімальний (негативний) ступінь окиснення неметалічного елемента дорівнює різниці між номером групи і числом вісім.



Ступінь окиснення Гідрогену в сполуках з неметалічними елементами, зазвичай, становить +1, а з металічними – -1:



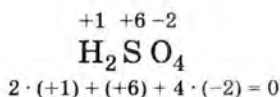
Флуор в усіх сполуках з іншими елементами має ступінь окиснення -1:



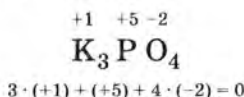
Оксиген практично в усіх сполуках з іншими елементами виявляє ступінь окиснення -2. Утім трапляються й сполуки, де цей елемент має ступінь окиснення -1. У сполуці з Флуором ступінь окиснення Оксигену +2:



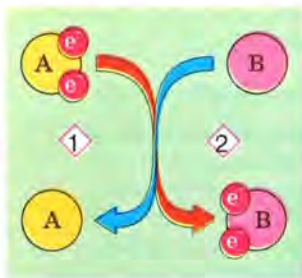
Сума ступенів окиснення всіх атомів у сполуці дорівнює нулю (пересвідчіться у цьому на прикладі сульфатної та карбонатної кислот):



• **Визначення ступенів окиснення елементів за формулами сполук** розгляньмо докладніше. Приміром, з'ясуємо, які ступені окиснення Калію, Фосфору та Оксигену у калій ортофосфаті  $\text{K}_3\text{PO}_4$ . Ступінь окиснення Калію становить +1, він дорівнює номеру групи, в якій розміщений цей хімічний елемент. Ступінь окиснення Оксигену в сполуках зазвичай дорівнює -2. Сума ступенів окиснення трьох катіонів Калію становить  $3 \cdot (+1) = 3$ . Сума ступенів окиснення чотирьох атомів Оксигену становить  $4 \cdot (-2) = -8$ . Додаючи ці два числа, дістаємо -5. Тож ступінь окиснення Фосфору має становити +5, адже сума ступенів окиснення всіх атомів у сполуці дорівнює нулю:



Зміна ступенів окиснення хімічних елементів (чи їхня незмінність) – одна з ознак, за якими класифікують хімічні реакції.



**Мал. 14.1.** Окисно-відновний процес. 1. Окиснення: відновник А втрачає електрони й окиснюється. 2. Відновлення: окисник В приєднує електрони й відновлюється

окиснення елементів не змінюються. Натомість реакція магнію з хлоридною кислотою є окисно-відновною.



### Завдання

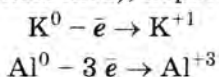
Визначте, яка з-поміж двох реакцій є окисно-відновною – горіння сірки чи реакція між калій гідроксидом і нітратною кислотою.

Процес втрати електронів атомом називають *окисненням*, а процес приєднання електронів – *відновленням*. Атоми або йони, які приєднують електрони, називають *окисниками*, а ті, які віддають електрони, – *відновниками* (мал. 14.1).

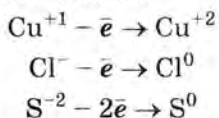
У розглянутій реакції між магнієм і хлоридною кислотою Магній – відновник (*поясніть, чому*), а Гідроген – окисник (*поясніть, чому*).

Унаслідок окиснення відновника його ступінь окиснення зростає, натомість відновлення окисника веде до зменшення його ступеня окиснення.

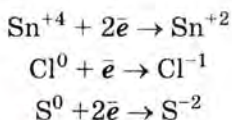
Також окисниками чи відновниками називають речовини, до складу яких входять атоми або йони, що окиснилися чи відновилися. Тобто окисниками чи відновниками можуть бути атоми, молекули, прості й складні йони. Приміром, атоми металічних елементів (відновники), втрачаючи електрони (окиснюючись), перетворюються на катіони:



Йони металічних і неметалічних елементів здатні як віддавати електрони, підвищуючи ступінь окиснення:

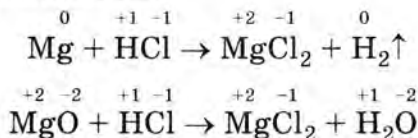


так і приєднувати їх:



• **Окисно-відновні реакції** супроводжуються переходом або зміщенням валентних електронів від атомів з меншою електронегативністю до атомів з більшою електронегативністю (мал. 14.1).

З-поміж двох реакцій – взаємодії хлоридної кислоти з магнієм та магній оксидом – лише одна є окисно-відновною. Аби визначити, яка саме, запишімо їхні схеми й зазначмо ступені окиснення елементів:



Вочевидь, унаслідок перебігу реакції між магній оксидом і хлоридною кислотою ступені





## Завдання

Виберіть записи процесів окиснення:

**A**  $\text{Fe}^{+3} + 1\bar{e} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$ ; **Б**  $\text{Fe}^0 - 2\bar{e} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$ ; **В**  $\text{Fe}^0 - 3\bar{e} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$ ; **Г**  $\text{Fe}^{+2} - 1\bar{e} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$ ;  
**Д**  $\text{Fe}^{+2} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Fe}^0$ .



## Завдання

Виберіть записи процесів, у яких Манган – окисник:

**A**  $\text{Mn}^0 - 2\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+2}$ ; **Б**  $\text{Mn}^{+4} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+2}$ ; **В**  $\text{Mn}^{+4} + 1\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+3}$ ; **Г**  $\text{Mn}^{+3} - 1\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+4}$ ;  
**Д**  $\text{Mn}^{+6} - 1\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+7}$ ; **Е**  $\text{Mn}^{+6} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{+4}$ .

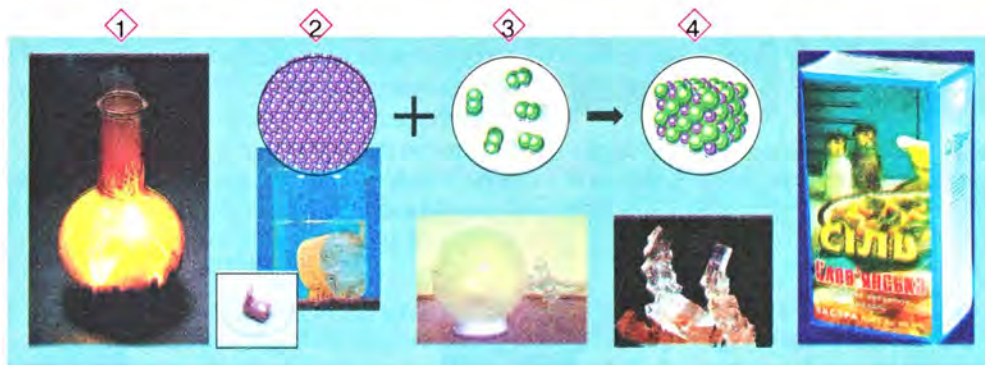
Знаючи формулу сполуки й визначивши ступені окиснення хімічних елементів у ній, можна спрогнозувати, який з елементів виявлятиме окисні, а який – відновні властивості. Приміром, ступінь окиснення Нітрогену в нітратній кислоті максимальний (який саме?), а у леткій сполуці з Гідрогеном (амоніаку) – мінімальний (який саме?). Це означає, що атом Нітрогену в складі нітратної кислоти не має електронів, аби їх віддати, тому виявляє тільки окисні властивості. У молекулі амоніаку зовнішній енергетичний рівень атома Нітрогену завершений, тому жодного електрона він прийняти не може. Отже, виявляє лише відновні властивості. У нітроген(II) оксиді Нітроген виявляє проміжний ступінь окиснення (який саме?). Тож може бути як окисником, так і відновником.



## Завдання

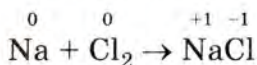
Виберіть формули сполук, у яких Сульфур може виявляти як окисні, так і відновні властивості: **A** S; **Б**  $\text{H}_2\text{S}$ ; **В**  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; **Г**  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ; **Д**  $\text{SO}_3$ ; **Е**  $\text{SO}_2$ .

• **Окиснення та відновлення – дві протилежні сторони одного окисно-відновного процесу.** Кількість електронів, які приймає окисник, дорівнює кількості електронів, які віддає відновник, – існує *електронний баланс*. Методом електронного балансу добирають коефіцієнти в окисно-відновних реакціях. Розгляньмо це докладніше на прикладі реакції між натрієм і хлором (мал. 14.2).

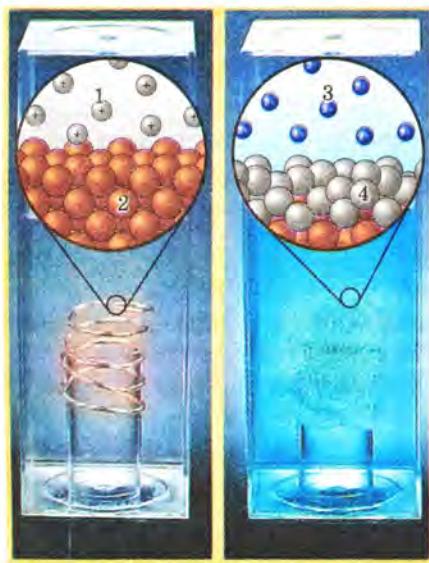
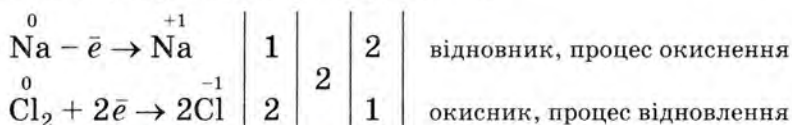


**Мал. 14.2.** Окисно-відновна реакція (1) супроводжується помітними зовнішніми ефектами (опишіть їх). Натрій хлорид (4) – продукт реакції між натрієм (2) і хлором (3)

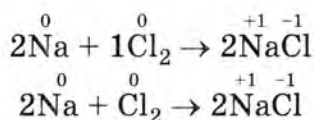
Позначмо ступені окиснення хімічних елементів у реагентах і продуктах реакції:



Вочевидь, Натрій і Хлор змінили ступені окиснення, тож складімо схеми переходу електронів. Кількість відданих і приєднаних електронів запишімо за вертикальною рисою праворуч. Аби дотримати електронного балансу, обчислімо найменше спільне кратне для кількості відданих і приєднаних електронів: воно дорівнює двом. Запишімо найменше спільне кратне після другої вертикальної риски. Діленням найменшого спільного кратного на кількість відданих і приєднаних електронів дістанемо додаткові множники, які будуть коефіцієнтами перед відповідними формулами у хімічному рівнянні. Позначмо після третьої вертикальної риски окисник і відновник, а після четвертої – процеси окиснення і відновлення. Доберімо решту коефіцієнтів:

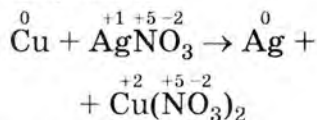


**Мал. 14.3.** Реакція між міддю та аргентум(I) нітратом у розчині. 1. Катіони Аргентуму(I). 2. Атоми міді. 3. Катіони Купруму(II). 4. Атоми срібла

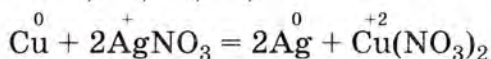
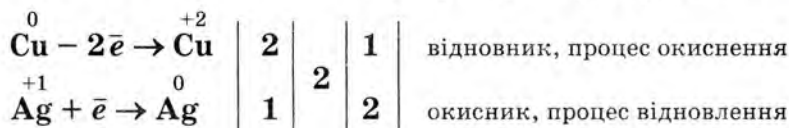


Розгляньмо ще один приклад: реакцію між міддю та аргентум(I) нітратом у розчині (мал. 14.3).

Позначмо ступені окиснення атомів хімічних елементів у реагентах і продуктах реакції:



Оскільки Купрум та Аргентум змінили ступені окиснення, складімо схеми переходу електронів. Обчислімо найменше спільне кратне для кількості відданих і приєднаних електронів. Знайдемо додаткові множники, які будуть коефіцієнтами перед формулами відповідних сполук у рівнянні реакції. Доберімо решту коефіцієнтів:

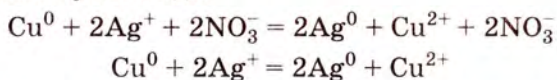




Сильні відновники	Реакції окиснення		Слабкі відновники
$\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + \text{e}^-$ $\text{K} \rightarrow \text{K}^+ + \text{e}^-$ $\text{Ba} \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^-$ $\text{Ca} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^-$ $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$	$\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$ $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$ $\text{Mn} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^-$ $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ $\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^-$ $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\text{Co} \rightarrow \text{Co}^{2+} + 2\text{e}^-$ $\text{Ni} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$ $\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$ $\text{Hg} \rightarrow \text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^-$ $\text{Pt} \rightarrow \text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^-$ $\text{Au} \rightarrow \text{Au}^{3+} + 3\text{e}^-$
1	2	3	4

**Мал. 14.4.** 1. Метали, які легко відновлюють атоми Гідрогену з води. 2. Метали, які відновлюють гідроген-катіони з розчинів кислот й атоми Гідрогену з перегрітої водяної пари. 3. Метали, які відновлюють гідроген-катіони з розчинів кислот. 4. Ці метали не здатні відновити катіони Гідрогену з розчинів кислот

Оскільки ця реакція відбувається у розчині, маємо підстави записати її рівняння у йонному вигляді:



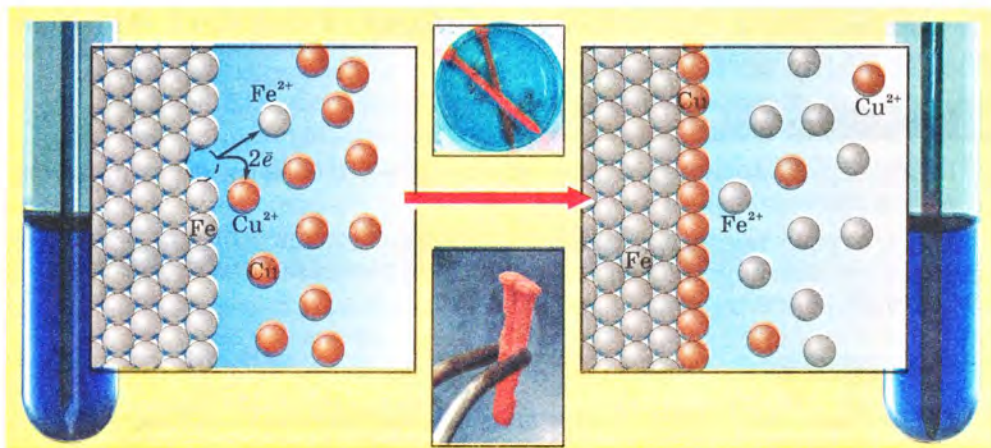
Отже, суть цієї окисно-відновної реакції – окиснення атомів Купруму катіонами Аргентуму(I) (або відновлення катіонів Аргентуму(I) атомами Купруму).

Знання про окисно-відновні процеси допоможе вам по-новому подивитися на принцип розташування металів у ряді активності (мал. 14.4) й глибше осягнути його.



### Завдання

За малюнком 14.5 розгляньте з точки зору окиснення-відновлення реакцію заліза з купрум(II) сульфатом у розчині. Виберіть окисник у цій реакції: **А**  $\text{Fe}^0$ ; **Б**  $\text{Cu}^0$ ; **В**  $\text{Fe}^{+2}$ ; **Г**  $\text{Cu}^{+2}$ .



**Мал. 14.5.** Реакція заліза з купрум(II) сульфатом у розчині



**Мал. 14.6.** Застосування окисно-відновних реакцій у піротехніці

• **Значення реакцій окиснення й відновлення** у природі, техніці та повсякденному житті важко переоцінити. Окисно-відновні процеси надзвичайно поширені. Дихання, кровообіг, обмін речовин у живих організмах, фотосинтез у рослин пов'язані з окисно-відновними реакціями.

Феєрверк – захоплююче видовище (мал. 14.6). До складу будь-якої піротехнічної суміші входять речовини-окисники і горючі речовини-відновники.

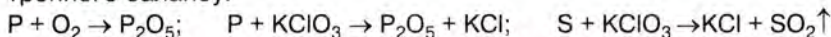
Окисно-відновні реакції відбуваються й тоді, коли ми запалюємо сірник. До складу головки сірника входить сірка, а на бічну стінку коробки нанесено суміш червоного фосфору з калій хлоратом. Теплової енергії, яка виділяється внаслідок тертя головки сірника об стінку коробки, достатньо, аби в результаті

сублімації червоного фосфору утворився білий фосфор – легкозаймиста речовина. Він взаємодіє з киснем повітря з виділенням великої кількості теплоти, необхідної для подальшого перебігу низки окисно-відновних реакцій.



### Завдання

Перетворіть схеми реакцій на хімічні рівняння, використовуючи метод електронного балансу:



**ЗБЕРІГАЙТЕ СІРНИКИ** поза полем зору малих дітей  
та в недосяжних для них місцях. Діти віком  
від двох років здатні самотійно їх запалити.  
**НІКОЛИ НЕ ЗАОХОЧУЙТЕ** дітей бавитися із сірниками!

Окисно-відновні реакції відбуваються й під час виверження вулканів. Це руйнівне явище супроводжується виділенням отруйних газів, зокрема гідроген сульфід.



### Завдання

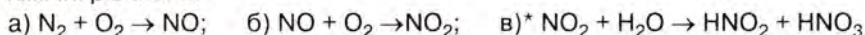
Перетворіть, використовуючи метод електронного балансу, схему реакції на хімічне рівняння:  $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Під час грози також відбуваються окисно-відновні процеси. Внаслідок цього ґрунт збагачується солями нітратної кислоти, яка утворюється з нітроген(IV) оксиду.



### Завдання

Перетворіть, використовуючи метод електронного балансу, схеми реакцій на хімічні рівняння:





Не злічити всіх окисно-відновних процесів навколо нас! Це і горіння палива, і окисно-відновні реакції в акумуляторі. Виробництво кисломолочних продуктів і хлібобулочних виробів, вибілювання й дезінфекція, фарбування і хімічна завивка волосся, ржавіння заліза, потемніння срібла, поява патини на бронзових пам'ятниках тощо пов'язані з процесами окиснення та відновлення. Добування неорганічних і органічних речовин, очищення повітря, природних і стічних вод також ґрунтуються на окисно-відновних процесах.

Біогаз (докладніше про нього ви дізнаєтеся з § 20) – суміш метану й вуглекислого газу – також продукт окисно-відновних процесів. Біогаз утворюється у спеціальних реакторах (метантенках) унаслідок бродіння без доступу повітря органічних відходів. Перевага процесу переробки біомаси – значно менший уміст хвороботворних мікроорганізмів у його відходах, ніж у вихідному матеріалі. Енергія, одержувана під час спалювання біогазу, сягає від 60 до 90 % тієї, яку мав вихідний матеріал.

Про енергетичні ефекти хімічних реакцій йтиметься у наступному параграфі.



### Стисло про головне

Ступінь окиснення – загальна характеристика атомів хімічних елементів. Так називають умовний заряд, який виникає на атомі внаслідок переходу електронів від одних атомів до інших або зміщення спільних електронних пар у бік атомів більш електронегативних елементів. Ступені окиснення позначають у формулах речовин над символами елементів.

Зміна ступенів окиснення хімічних елементів (чи їхня незмінність) – одна з ознак, за якими класифікують хімічні реакції.

Окисно-відновні реакції супроводжуються переходом або зміщенням валентних електронів від атомів з меншою електронегативністю до атомів з більшою електронегативністю.

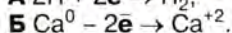
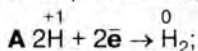
Процес втрати електронів атомом називають *окисненням*, а процес приєднання електронів – *відновленням*. Атоми або йони, які приєднують електрони, називають *окисниками*, а ті, які віддають електрони, – *відновниками*. Також окисниками чи відновниками називають речовини, до складу яких входять ці атоми або йони.

Окиснення і відновлення – дві протилежні сторони одного окисно-відновного процесу. Кількість електронів, які приймає окисник, дорівнює кількості електронів, які віддає відновник, – існує *електронний баланс*. Методом електронного балансу добирають коефіцієнти в окисно-відновних реакціях.

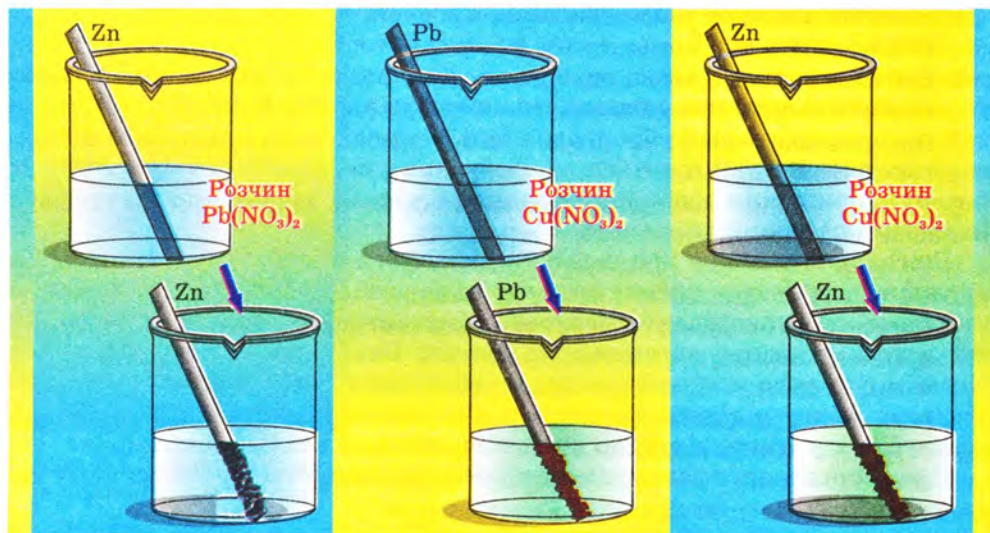


### Застосуйте свої знання й уміння

1. Виберіть запис, який відповідає процесу окиснення:

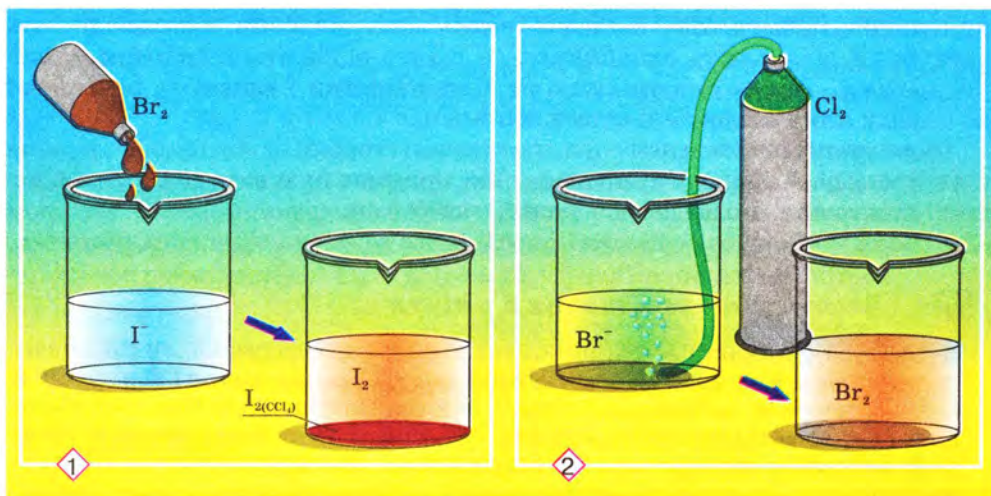


2. Остап і Тарас посперечалися. Тарас стверджував, що згорання вугілля у грубці – процес окиснення Карбону. Остап переконував його, що це процес відновлення Оксигену. Долучіться до їхньої дискусії й поясніть, хто з хлопців має рацію.



Мал. 14.7

- Опишіть перебіг хімічних реакцій, схематично зображених на малюнку 14.7. Поясніть спостережувані зовнішні ефекти, розглянувши реакції з точки зору окиснення-відновлення. Запишіть у повному та скороченому йонному вигляді відповідні хімічні рівняння.
- За схематичними зображеннями на малюнку 14.8 визначте, у якій з реакцій Бром є відновником. За таблицею розчинності визначте, йодиди й броміди яких саме металічних елементів можна використати у цій реакції. Складіть хімічні рівняння обох реакцій, розгляньте їх з точки зору окиснення-відновлення, запишіть у повному й скороченому йонному вигляді. Поясніть, для чого після закінчення реакції (1) до її продуктів добавили неполярний розчинник  $\text{CCl}_4$ .



Мал. 14.8. 1. Дія броду на водний розчин йодиду. 2. Дія хлору на водний розчин броміду



- Виберіть загальне число приєднаних електронів в електронному балансі реакції, схема якої  $C + O_2 \rightarrow CO_2$ : **A** 1; **B** 2; **B** 3; **Г** 4.
- Виберіть загальне число приєднаних електронів в електронному балансі реакції між алюмінієм і хлоридною кислотою: **A** 3; **B** 6; **B** 9; **Г** 12.
- Виберіть відновник у реакції між цинком і розбавленою сульфатною кислотою: **A**  $H^+$ ; **B**  $S^{+6}$ ; **B**  $Zn^0$ ; **Г**  $O^{-2}$ .
- Доповніть запис електронного балансу і складіть за ним рівняння окисно-відновної реакції:  
 $Ca^0 - 2e^- \rightarrow \dots$   
 $O_2^0 + \dots 2O^{-2}$
- Виберіть схеми реакцій, у яких Гідроген – окисник:
  - A**  $N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$ ;
  - B**  $CH_4 \rightarrow C + H_2$ ;
  - B**  $Zn + HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2 \uparrow$ ;
  - Г**  $H_2SO_4 + KOH \rightarrow K_2SO_4 + H_2O$ ;
  - Д**  $H_2 + Cl_2 \rightarrow HCl$ ;
  - E**  $CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$ .
- Виберіть окисно-відновні процеси:
  - A** Розрядження акумулятора; **B** Плавлення льоду; **B** Реакція нейтралізації;
  - Г** Ржавіння заліза; **Д** Вибілювання волосся; **Ж** Гниття.
- Наведіть по два приклади окисно-відновних реакцій, які водночас є реакціями: а) сполучення; б) розкладу; в) заміщення.
- На уроці української мови учні наводили приклади антонімів. Марійка склала таку таблицю:

Кислий	Лужний
Окисник	Відновлення
Аналіз	Синтез
Сполучення	Заміщення
Катіон	Аніон

Оцініть правильність виконання завдання, аргументуйте свою думку.

- Руслана, характеризуючи реакцію заліза із сіркою з точки зору окиснення-відновлення, вжила такі слова: метал, неметал, оксид, відновник, окиснення, відновлення, залізна ожина. Оцініть правильність виконання завдання, аргументуйте свою думку.
- Проаналізуйте зміст третьої колонки таблиці 13.1 й визначте, про що ви дізналися і чого навчилися, опрацювавши § 14.



### Скарбничка досвіду

Дізнайтеся, використовуючи різноманітні джерела інформації, про так звані дерева Діани, Юпітера та Сатурна. Яке з цих «дерев» не можна вирощувати в шкільній хімічній лабораторії? Чому? Під керівництвом учителя виконайте досліді й зафіксуйте спостереження. Розгляньте пророблені реакції з точки зору окиснення-відновлення. За результатами дослідження підготуйте презентацію.

## § 15. Класифікація хімічних реакцій за тепловим ефектом. Термохімічне рівняння

Після опрацювання § 15 ви зможете:

класифікувати реакції за тепловим ефектом; наводити приклади та розрізняти екзо- та ендотермічні реакції, оцінювати їхнє значення; складати термохімічні рівняння.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природознавства, хімії та фізики:**

що таке хімічне рівняння; які зовнішні ефекти свідчать про перебіг хімічних реакцій; що таке внутрішня енергія та в які способи її можна змінити; у чому суть закону збереження енергії; як пов'язані енергія та робота, кінетична і потенціальна енергія; чим зумовлені теплові ефекти під час розчинення й кристалізації; які одиниці кількості теплоти; що таке калориметр і як ним користуються; що таке теплота згоряння палива; яке значення енергії та енергозберігаючих технологій у житті людини.

• **Тепловий ефект хімічної реакції** – один із численних зовнішніх ефектів, що супроводжують перетворення одних речовин на інші.



### Завдання

Назвіть інші зовнішні ефекти, які свідчать про перебіг хімічних реакцій.

Унаслідок хімічних реакцій руйнуються зв'язки у вихідних речовинах (як їх називають?) і утворюються нові зв'язки, з'являються нові речовини (як їх називають?). Ці процеси супроводжуються виділенням або поглинанням енергії.



### Завдання

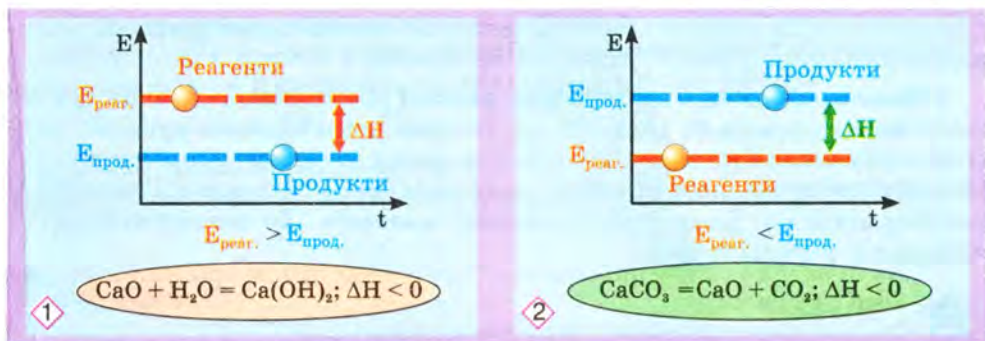
1. Наведіть приклади виділення або поглинання теплової енергії під час розчинення речовин у воді. 2. Установіть відповідність між співвідношеннями енергії  $E'$ , що витрачається на руйнування зв'язків між структурними частинками розчинюваної речовини та енергії  $E''$ , яка виділяється під час утворення зв'язків між ними і частинками розчинника.

Співвідношення	Спостережувані зміни
1 $E' < E''$	<b>A</b> Теплота виділяється, розчин охолоджується
2 $E' > E''$	<b>Б</b> Теплота виділяється, розчин нагрівається
	<b>В</b> Теплота поглинається, розчин охолоджується
	<b>Г</b> Теплота поглинається, розчин нагрівається

Чи можна стверджувати, що речовини ще до реакції мають певну енергію у «прихованій» формі? Спробуймо відповісти на це запитання.

Вивчаючи природознавство та фізику, ви дізналися про хімічну, електричну, механічну, ядерну, сонячну форми існування енергії. Відповідно до різних форм енергії по-різному виявляються й *енергетичні ефекти* хімічних реакцій. Пригадаймо, розкласти воду на водень і кисень можна електролізом. Потрібна для цього електрична енергія виділяється внаслідок перебігу окисно-відновних реакцій під час роботи акумулятора. Згоряння магнію супроводжується виділенням теплової та світлової





Мал. 15.1. Енергетичні ефекти екзо- (1) та ендотермічної (2) реакцій

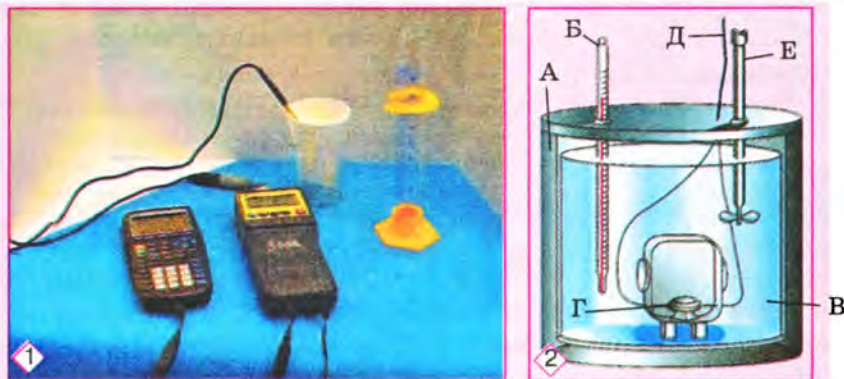
енергії. А розкладання хлориду й бромиду Аргентуму(I) у фотографічному процесі відбувається з поглинанням світлової енергії. Також унаслідок перебігу хімічних реакцій може виконуватись механічна робота – наприклад, під час вибуху або роботи двигуна внутрішнього згоряння.

Усі ці факти доводять існування *внутрішньої енергії*, яка «прихована» в речовинах і вивільняється під час хімічних процесів. Тобто *хімічні реакції супроводжуються зміною не тільки складу й будови речовин, а й зміною їхньої внутрішньої енергії*.

Енергію, виділену або поглинуту системою під час перебігу в ній хімічної реакції, називають *енергетичним ефектом реакції*. Він становить різницю між внутрішньою енергією реагентів і продуктів реакції (мал. 15.1).

Часто внаслідок перетворення одних речовин на інші виділяється або поглинається теплова енергія. Її кількість (позначають  $\Delta H$ , вимірюють у Дж, кДж тощо) називають *тепловим ефектом хімічної реакції*. Він залежить від природи реагуючих речовин, їхньої кількості та агрегатного стану, тиску тощо. Тому з метою стандартизації теплові ефекти зазначають для температури 25 °C і тиску 0,101 мПа.

Теплові ефекти визначають експериментально (мал. 15.2) в спеціальних приладах – *калориметрах*. На практиці обчислюють теплові ефекти



Мал. 15.2. Вимірювання теплового ефекту хімічних реакцій.

1. Електротермометр і комп'ютерні датчики.
2. Калориметр для вимірювання згоряння речовин: А – сталевий корпус; Б – термометр; В – вода; Г – реагенти; Д – дроти електрозапалювання; Е – мішалка

для оцінювання теплоти згоряння речовин, теплотворної здатності палива, енергетичної цінності харчових продуктів.

• **Екзотермічні та ендотермічні реакції** розрізняють саме за їхніми тепловими ефектами (мал. 15.1). Наприклад, згоряння вугілля, нейтралізація кислот лугами, сполучення цинку із сіркою супроводжуються виділенням значної кількості теплової енергії. Такі реакції називають *екзотермічними*. Екзо- (грец.) означає «назовні». До екзотермічних належать усі реакції горіння.



### Цікаво?

Уперше перебіг реакції цинку із сіркою дослідив і описав шведський хімік Георг Брандт. Він змішав тонко подрібнені сірку масою 1 г та цинк масою 2 г, а потім торкнувся суміші розпеченим сталевим шпателем. Спалахнуло полум'я, з'явився густиий білий дим.

### Пізнавально!

Перебіг реакцій термічного розкладання кальцій карбонату, калій перманганату, малахіту потребує безперервного надходження теплової енергії ззовні. За відсутності нагрівання ці реакції негайно припиняються. Їх називають *ендотермічними*.

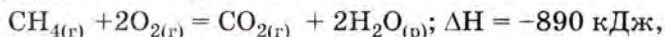
*Ендотермічна реакція: реагенти + тепла енергія → продукти.*

*Екзотермічна реакція: реагенти → продукти + тепла енергія.*

Чимало реакцій розкладу – ендотермічні, однак поміж них трапляються й екзотермічні. Визначмо, екзо- чи ендотермічною реакцією є розкладання амоній дихромату (про це йшлося у § 13) – так званий вулкан Беттгера. Аби розпочалася реакція, сполуку нагрівають – торкаються запаленою скіпкою чи розпеченою склянкою паличкою. Подальший інтенсивний перебіг реакції не потребує нагрівання й супроводжується виділенням чималої кількості теплової й світлової енергії. Ця реакція – екзотермічна. Про науковця, який запровадив поняття «екзо-» та «ендотермічні реакції», ви дізнаєтеся з підпису до малюнка 18.4.

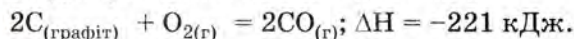
Термохімічне рівняння – рівняння хімічної реакції, у якому зазначають агрегатні стани речовин і для якого наводять числове значення теплового ефекту.

Наприклад, термохімічне рівняння реакції горіння метану – головної складової природного газу – таке:



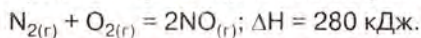
де (г) – газ, (р) – рідина. Тверду речовину позначають (т).

Тепловий ефект відповідає тій кількості метану, яка визначена рівнянням реакції, – 1 моль. А тепловий ефект неповного згоряння графіту зазначено для речовини кількістю 2 моль:



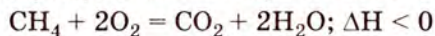
### Завдання

Прокоментуйте термохімічне рівняння окиснення нітроген(II) оксиду:





Якщо агрегатні стани учасників реакції очевидні й не потребують уточнень, то ці відомості у термохімічному рівнянні можна не зазначати. Тж трапляються й спрощені записи термохімічних рівнянь:



За ними також можна класифікувати хімічні реакції на екзо- та ендотермічні, але вони не дають уявлення про числове значення теплового ефекту.

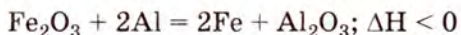


### Завдання

Класифікуйте хімічні реакції за тепловим ефектом:

- $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}; \Delta H = -184,6 \text{ кДж};$
- $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 = 2\text{CuO} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}; \Delta H > 0;$
- $\text{CaCO}_{3(\text{т})} = \text{CaO}_{(\text{т})} + \text{CO}_{2(\text{г})}; \Delta H = 279 \text{ кДж};$
- $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2; \Delta H = -566,02 \text{ кДж}.$

• **Значення теплових ефектів, якими супроводжуються хімічні реакції** важко переоцінити. Екзотермічні реакції використовують у промисловості та побуті для вироблення енергії, одержання високотемпературного полум'я, видобування металів. Наприклад, у реакції ферум(III) оксиду з алюмінієм



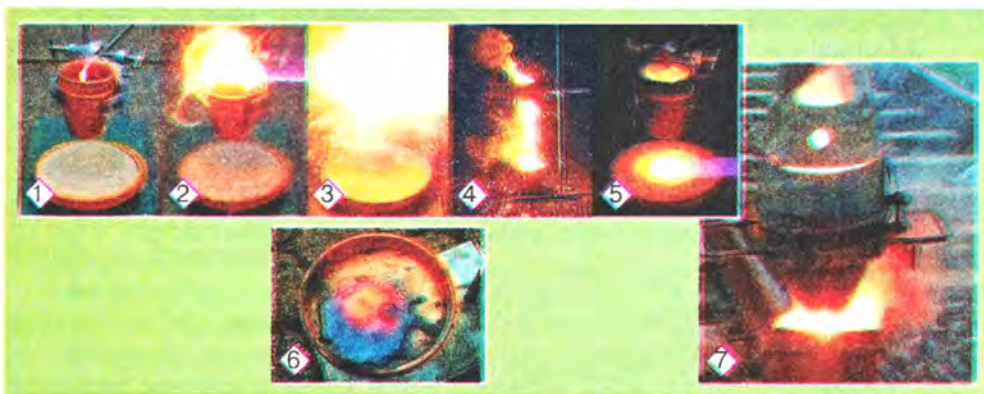
(так званий *термітний процес*) унаслідок виділення великої кількості теплової енергії температура сягає  $2400^\circ\text{C}$ , тому залізо плавиться (мал. 15.3).



### Завдання

Розгляньте термітний процес з точки зору окиснення-відновлення.

На ендотермічних процесах ґрунтуються промислові й лабораторні способи добування неорганічних і органічних сполук, їх використовують у лабораторній практиці, побуті, медицині для швидкого охолодження (див. § 5).



**Мал. 15.3.** 1–6. Термітний процес, який у 1898 р. винайшов німецький інженер Ганс Гольдшмідт, супроводжується виділенням великої кількості теплоти.

7. Застосування термітної суміші для зварювання й різання металів



Унаслідок хімічних реакцій руйнуються зв'язки у реагентах і утворюються нові зв'язки, з'являються нові речовини – продукти реакції. Ці процеси супроводжуються виділенням або поглинанням енергії. Хімічні реакції супроводжуються не тільки зміною складу та будови речовин, а й зміною їхньої внутрішньої енергії.

Енергію, виділену або поглинуту системою під час перебігу в ній хімічної реакції, називають енергетичним ефектом реакції. Він становить різницю між внутрішньою енергією реагентів і продуктів реакції.

Часто внаслідок перетворення одних речовин на інші виділяється або поглинається теплота. Її кількість (позначають  $\Delta H$ , вимірюють у Дж, кДж тощо) називають тепловим ефектом хімічної реакції.

Екзотермічні та ендотермічні реакції розрізняють саме за їхніми тепловими ефектами. Екзотермічні реакції супроводжуються виділенням теплоти, а ендотермічні – поглинанням теплової енергії.

Термохімічне рівняння – рівняння хімічної реакції, у якому зазначають агрегатні стани речовин і для якого наводять числове значення теплового ефекту. Тепловий ефект відповідає тій кількості речовини, яка визначена рівнянням реакції.

Екзо- та ендотермічні реакції широко використовують у промисловості та побуті. Поміж обмінних процесів у живих організмах є як екзо-, так і ендотермічні реакції.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Назвіть енергетичні ефекти, які можуть супроводжувати перебіг хімічних реакцій.
2. Поясніть, чому під час перебігу хімічних реакцій обов'язково виділяється або поглинається енергія.
3. Наведіть приклади екзо- та ендотермічних реакцій.
4. Виберіть правильне твердження. Енергетичний ефект реакції дорівнює:  
**А** Різниці між внутрішньою енергією реагентів і продуктів реакції; **Б** Добутку внутрішньої енергії реагентів і продуктів реакції; **В** Сумі внутрішніх енергій реагентів і продуктів реакції; **Г** Відношенню внутрішніх енергій реагентів і продуктів реакції.
5. Виберіть одиниці виміру теплового ефекту хімічної реакції:  
**А** °С; **Б** К; **В** кДж; **Г** кг.
6. Поясніть, чим термохімічне рівняння відрізняється від хімічного.
7. Виберіть рівняння ендотермічних реакцій:  
**А**  $2\text{H}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{л})}$ ;  $\Delta H = -571,6 \text{ кДж}$ ;  
**Б**  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ ;  $\Delta H < 0$ ;  
**В**  $\text{Fe} + \text{S} = \text{FeS}$ ;  $\Delta H = -100,26 \text{ кДж}$ ;  
**Г**  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$ ;  $\Delta H > 0$ ;  
**Д**  $2\text{CH}_{4(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{CO}_{(\text{г})} + 4\text{H}_{2(\text{г})}$ ;  $\Delta H = -71,2 \text{ кДж}$ ;  
**Е**  $\text{CaCO}_{3(\text{т})} = \text{CaO}_{(\text{т})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$ ;  $\Delta H = 178,5 \text{ кДж}$ .



8. Аби виготовити хімічну грілку, у мішечок з водонепроникного матеріалу вміщують суміш купрум(II) хлориду, порошку алюмінію та наповнювача (деревні ошурки). Після додавання води відбувається хімічна реакція, яка супроводжується виділенням теплової енергії.  
Поясніть, чому реакція відбувається лише після додавання води.  
Класифікуйте цю реакцію за тепловим ефектом, запишіть її термохімічне рівняння.  
Розгляньте реакцію між металом і сіллю у розчині з точки зору окиснення-відновлення та електролітичної дисоціації. Визначте, у чому полягає суть цієї реакції.
9. Запишіть два рівняння реакції нейтралізації у повній і скороченій йонній формах. Поясніть, у чому полягає суть реакції нейтралізації. Висловіть припущення, чому всі реакції нейтралізації мають приблизно однаковий тепловий ефект.
10. Проаналізуйте зміст третьої колонки таблиці 13.1 і визначте, про що ви дізналися і чого навчилися, опрацювавши § 15.

## § 16. Швидкість хімічної реакції, залежність швидкості реакції від різних чинників

Після опрацювання § 16 ви зможете:

робити висновки про вплив різних чинників на швидкість хімічних реакцій.

**На шляху до успіху пригадаємо з курсу хімії:**

що таке каталізатор; які умови виникнення й перебігу хімічних реакцій; що таке температура займання; які умови виникнення й припинення горіння.

• **Швидкість хімічної реакції** – швидкість, з якою утворюються її продукти або витрачаються реагенти. Вивчаючи хімію та спостерігаючи явища повсякденного життя, ви неодноразово пересвідчувалися, що хімічні реакції відбуваються з різною швидкістю (*наведіть кілька прикладів*).



### Завдання

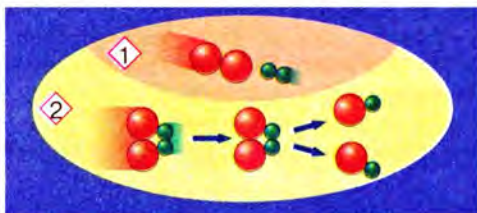
Розташуйте явища за зростанням швидкості хімічних реакцій, які їх супроводжують:

**А** Вибух вугільного пилу; **Б** Ржавіння заліза; **В** Утворення мінералів у природі; **Г** Бродіння виноградного соку; **Д** Дозрівання дріжджового тіста; **Е** Згоряння тирси у грубці.

Чому одні хімічні реакції відбуваються миттєво, а інші тривають століттями? Відповідь на це запитання важливо знати для того, аби керувати швидкістю хімічних перетворень, прискорювати корисні й уповільнювати шкідливі процеси.

Аби розпочалася хімічна реакція, потрібен контакт між частинками реагуючих речовин. Проте не кожне зіткнення частинок реагентів веде до утворення продуктів реакції. Якби кожне зіткнення було активним, будь-яка реакція відбувалася б миттєво. Щоб під час зіткнення частинок реагентів зруйнувалися старі і утворилися нові хімічні зв'язки, енергія цих частинок має сягнути певної мінімальної величини (або перевищити її). Цю величину називають *енергією активації*. Поняття





**Мал. 16.1.** Взаємна орієнтація частинок реагентів важлива для ефективної взаємодії між ними. 1. Неефективна орієнтація. 2. Ефективна орієнтація

більша кількість частинок із запасом енергії, необхідної для ефективної взаємодії. Такі реакції відбуваються миттєво. За високих значень енергії активації хімічна реакція відбувається повільно. Важливим чинником, особливо для багатоатомних молекул складної форми, є їхня взаємна орієнтація (мал. 16.1).

Ви, звичайно, пам'ятаєте, що швидкість хімічної реакції можна збільшити, використовуючи *каталізатор*. Він змінює механізм реакції, спрямовуючи її перебіг шляхом з нижчим значенням енергії активації. Від яких ще чинників залежить швидкість хімічної реакції?

• **Природа реагуючих речовин** істотно позначається на їхній реакційній здатності. Дослідімо, приміром, реакції різних металів – цинку, магнію та заліза з хлоридною кислотою. Помістимо у хімічні стакани ошурки цих металів кількістю 0,1 моль кожний і додаємо однакові порції хлоридної кислоти. Про швидкість перебігу кожної з реакцій можна судити за інтенсивністю виділення бульбашок водню. Найшвидше з хлоридною кислотою реагує магній, найповільніше – залізо.

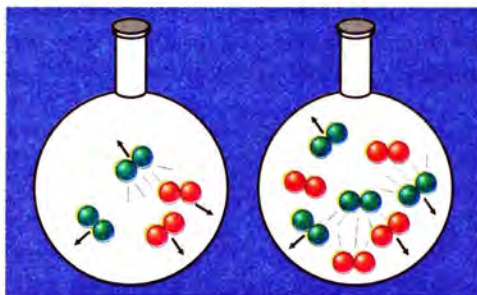


### Завдання

1. Обчисліть маси порцій металів, узятих для проведення реакції. 2. Визначте, чи узгоджуються результати досліду з положенням цих металів у ряду активності (с. 105, мал. 14.4). 3. Запишіть рівняння хімічних реакцій, розгляньте їх з точки зору окиснення-відновлення та електролітичної дисоціації.

Отже, природа металів впливає на швидкість відновлення ними катіонів Гідрогену в розчині. Різна реакційна здатність металів зумовлена особливостями електронної конфігурації їхніх атомів, внутрішньою будовою тощо.

• **Концентрація реагентів** також впливає на швидкість хімічної реакції. Якщо виконати описаний дослід з хлоридною кислотою, розбавленою вдвічі, усі реакції відбуватимуться повільніше. Адже зі зменшенням концентрації реагентів зменшуватиметься частота зіткнень (у тому числі й активних) між їхніми частинками. Зі збільшенням концентрації реагентів зростає кількість зіткнень (активних також) між їхніми частинками (мал. 16.2).



**Мал. 16.2.**

енергії активації ввів Сванте Арреніус у 1889 р.

Аби розпочалася хімічна реакція, частинки реагентів мають подолати *активаційний енергетичний бар'єр*. Цьому сприяє нагрівання, світлове, мікрохвильове та радіаційне опромінення реагентів.

Частинки реагентів, запас енергії яких не менший за енергію активації, – це так звані *активні частинки*.

Чим менша енергія активації, тим



Збільшення концентрації кисню інтенсифікує горіння. Виявляючи тліючою скіпкою кисень у посудині, ви також пересвідчилися, що збільшення його концентрації (порівняно з умістом в повітрі) істотно пришвидшує реакцію горіння.



### Завдання

Поясніть, чому: а) не можна під час пожежі прочиняти вікна та двері; б) застосування кисневого дуття інтенсифікує згоряння палива.

Зі зростанням тиску швидкість реакції за участю газуватих речовин зростає, бо вміст активних молекул газу в одиниці об'єму (концентрація) збільшується.

• **Температура**, за якої відбувається хімічна реакція, також позначається на її швидкості. Зі зростанням температури хімічні реакції переважно пришвидшуються. Це зумовлено збільшенням умісту активних молекул (чи інших структурних частинок) у реакційній суміші. Натомість охолодження уповільнює взаємодію між реагентами. Саме тому харчові продукти довше зберігаються за низьких температур.

• **Площа поверхні** контакту реагентів – ще один чинник, від якого залежить швидкість хімічної реакції. Подрібнення та розпорошення речовин зумовлює збільшення ймовірності стикання активних частинок взаємодіючих речовин. Тонкодисперсний жовтий пилок спор плауна (лікоподій) застосовують у фармації для пересипання пігулок. Купку цієї речовини не завжди вдається підпалити сірником. Натомість розпорошений у повітрі лікоподій згоряє миттєво.



### Завдання

Поясніть, чому вугільний пилок, на відміну від шматків вугілля, вибухонебезпечний.

Аби остаточно пересвідчитися в тому, як впливають різні чинники на швидкість хімічних реакцій, виконайте лабораторні досліді.

## ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДИ

### *Пригадайте й неухильно виконуйте ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ*

**Обладнання:** пробірки у штативі, пластина із заглибинами, пробіркотримач, пальник. **Реактиви:** дистильована вода; цинк (гранули й дрібні ошурки), хлоридна кислота.

#### Завдання

- Дослідіть, як впливає на швидкість хімічної реакції цинку з хлоридною кислотою концентрація та температура кислоти, площа контакту реагентів.
- Складіть рівняння реакції цинку з хлоридною кислотою.
- \*Розгляньте цю реакцію з точки зору процесів окиснення-відновлення.
- \*Запишіть рівняння цієї реакції у повній і скороченій йонних формах.

**Примітка:** завдання, позначені \*, не є обов'язковими до виконання.

Зробіть узагальнювальний висновок про вплив площі поверхні контакту реагентів, концентрації й температури на швидкість хімічних реакцій.

### **№ 5(а). Вплив концентрації на швидкість реакції цинку з хлоридною кислотою**

#### *Інструкція*

Помістіть у дві пробірки або заглибини пластини по гранулі цинку. В одну місткість налейте дистильованої води стільки, щоб покрити гранулу цинку наполовину. Долийте в обидві місткості хлоридної кислоти стільки, щоб вкрити поверхню цинку. *Що спостерігаєте? Де інтенсивніше виділяються бульбашки? Зробіть висновок про вплив концентрації хлоридної кислоти на швидкість реакції між нею і цинком.*

### **№ 5(б). Вплив температури на швидкість реакції цинку з хлоридною кислотою**

#### *Інструкція*

Помістіть у дві пробірки по гранулі цинку. Долийте хлоридної кислоти стільки, щоб вкрити поверхню цинку. Нагрійте реагенти в одній з пробірок. *Що спостерігаєте? Де інтенсивніше виділяються бульбашки? Зробіть висновок про вплив температури на швидкість реакції цинку з хлоридною кислотою.*

### **№ 5(в). Вплив площі поверхні контакту реагентів на швидкість реакції цинку з хлоридною кислотою**

#### *Інструкція*

Помістіть у дві пробірки (або заглибини пластини) гранулу цинку й дрібні цинкові ошурки. Долийте хлоридної кислоти стільки, аби покрити поверхню цинку. *Що спостерігаєте? Де інтенсивніше виділяються бульбашки водню – у місткості з гранулою чи з ошурками цинку? Зробіть висновок про вплив площі поверхні контакту реагентів на швидкість реакції цинку з хлоридною кислотою.*

Уявлення про швидкість хімічної реакції стануть вам у пригоді й у повсякденному житті, й під час вивчення наступного параграфа.



#### **Стисло про головне**

Хімічні реакції відбуваються з різною швидкістю. Швидкість хімічної реакції – поняття, яке характеризує швидкість утворення її продуктів або витрати реагентів. Аби пришвидшувати корисні й уповільнювати шкідливі процеси, важливо знати чинники, які впливають на швидкість хімічних реакцій.

Енергія активації – запас енергії, необхідний для того, щоб під час зіткнення частинок реагентів зруйнувалися старі й утворилися нові



хімічні зв'язки. Взаємна орієнтація у просторі (особливо для багатоатомних молекул складної форми) також впливає на ефективність зіткнень частинок реагентів.

Каталізатор змінює механізм реакції, спрямовуючи її перебіг шляхом з нижчим значенням енергії активації, тому швидкість реакції зростає.

Природа реагуючих речовин істотно позначається на їхній реакційній здатності. Відмінність у ній зумовлена особливостями електронної конфігурації атомів, будовою речовин тощо.

Зі збільшенням концентрації реагентів зростає швидкість хімічної реакції між ними. Тому зі збільшенням тиску швидкість реакції за участю газуватих речовин зростає, бо вміст активних молекул газу в одиниці об'єму (концентрація) збільшується.

Зі зростанням температури хімічні реакції переважно пришвидшуються. Це зумовлено збільшенням умісту активних молекул (чи інших структурних частинок) у реакційній суміші. Подрібнення та розпорошення речовин також сприяє збільшенню ймовірності стикання активних частинок реагентів і, відповідно, зростанню швидкості взаємодії між ними.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Назвіть чинники, які впливають на швидкість хімічних реакцій.
2. Наведіть приклади хімічних реакцій, які відбуваються з різною швидкістю.
3. Поясніть, що таке енергія активації.
4. Визначте пропущене слово в уривку з науково-популярної статті про чинники, які впливають на швидкість хімічних реакцій: «...подібний до інструктора-провідника, який веде альпіністів через гірський хребет. Він проводить одну групу через перевал і потім вертається за наступною. Шлях через перевал проходить значно нижче шляху через вершину, і група робить перехід швидше, ніж без провідника. Можливо навіть, що самотійно група взагалі не змогла б подолати хребет».
5. Реакція розкладання амоній дихромату та термітний процес – екзотермічні. Поясніть, чому для початку їхнього перебігу потрібне нагрівання.
6. Олесь побував на роботі у свого батька, який працює в науково-дослідному інституті й синтезує органічні сполуки. Хлопець розповів однокласникам, що деякі з реакцій батько виконує в звичайній мікрохвильовій пічці. Оцініть вірогідність Олесевої розповіді – чи не пожартував він часом? Аргументуйте свою думку.
7. З огляду на вивчене встановіть відповідність позицій двох переліків:

- 1 Харчові продукти довше зберігаються у вакуумних упаковках
- 2 Аби пришвидшити випалювання залізної руди, її подрібнюють і розпорошують
- 3 Улітку зростає небезпека харчових отруєнь
- 4 Термін служби мідних водопровідних труб значно більший порівняно зі сталевими

- А Зі зростанням температури швидкість реакції збільшується
- Б Зі зменшенням концентрації реагентів швидкість реакції зменшується
- В Зі зростанням площі поверхні контакту реагентів швидкість реакції збільшується
- Г Каталізатори пришвидшують хімічні реакції
- Д Швидкість хімічної реакції залежить від природи реагентів

8. Для дослідження реакції цинку з кислотою Петро взяв хлоридну кислоту, а Галина – оцтову такої самої концентрації. Спрогнозуйте, у якому випадку реакція відбуватиметься швидше.
9. Проаналізуйте зміст третьої колонки таблиці 13.1 й визначте, про що ви дізналися і чого навчилися, опрацювавши § 16.



### Скарбничка досвіду

Виконайте досліди й підготуйте презентацію за результатами свого дослідження.

**Завдання 1.** У два пластикові стакани налейте води об'ємом 50 мл і розчиніть по чайній ложці питної соди. У два інших стакани помістіть лимонну кислоту: в перший об'ємом із сірникову головку, в другий – приблизно в 5 разів більше. Налийте в обидва стакани порції води об'ємом 10 мл і, перемішуючи, розчиніть кислоту. В обидва стакани з розчинами лимонної кислоти одночасно долийте попередньо виготовлені порції розчину натрій гідрокарбонату. *Що спостерігаєте? Де інтенсивніше виділяються бульбашки? Зробіть висновок про вплив концентрації лимонної кислоти на швидкість реакції між нею й питною содою.*

**Завдання 2.** У дві скляні посудини помістіть лимонну кислоту: в першу – чверть чайної ложки, в другу – одну чайну ложку. Налийте в обидві посудини води об'ємом 100 мл і, перемішуючи, розчиніть кислоту. В обидві посудини з розчинами лимонної кислоти одночасно помістіть сирі курячі яйця. *Що спостерігаєте? Де інтенсивніше виділяються бульбашки? Зробіть висновок про вплив концентрації лимонної кислоти на швидкість реакції між нею й кальцій карбонатом у складі шкаралупи.*



## § 17. Оборотні й необоротні реакції

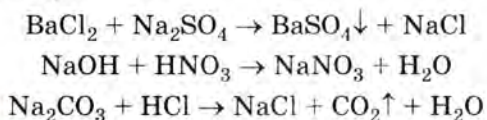
Після опрацювання § 17 ви зможете:

наводити приклади та розрізняти оборотні й необоротні реакції

**На шляху до успіху пригадаємо з попередніх параграфів:**

за якими ознаками класифікують хімічні реакції; які оборотні й необоротні хімічні процеси вам відомі; які чинники впливають на швидкість хімічної реакції.

• **Оборотні й необоротні реакції** певною мірою відомі вам з теми «Розчини». Ви, звичайно, пам'ятаєте, що умовами перебігу до кінця (необоротності) реакцій обміну між електролітами в розчині є утворення осаду, води чи виділення газу:



### Завдання

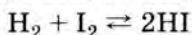
Перетворіть наведені схеми реакцій на хімічні рівняння, запишіть їх у повній і скороченій йонних формах.

Необоротні реакції відбуваються тільки в одному напрямі аж до повної витрати одного з реагентів. Реакція горіння магнію (мал. 13.3), приміром, необоротна. Вона триватиме доти, доки не витратиться весь



магній або (якщо реакція відбувається у закритій системі) кисень, який підтримує горіння.

Натомість оборотні реакції відбуваються одночасно у двох протилежних напрямках – прямому і зворотному (мал. 17.1):

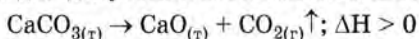


Гідроген йодид – продукт взаємодії йоду з воднем – легко розкладається – відбувається обернена реакція. Швидкість прямої реакції спочатку максимальна. Згодом вона зменшується, бо поступово зменшуються концентрації водню та йоду. Натомість зростає швидкість оберненої реакції – адже концентрація гідроген йодиду в реакційному середовищі збільшується. Через певний час після початку реакції встановлюється *динамічна рівновага* між цими двома процесами (*пригадайте модель, описану в завданні 8 § 5*). Це означає, що пряма і обернена реакції відбуваються з однаковими швидкостями. Тому в реакційній суміші наявні всі учасники реакції: водень, йод і гідроген йодид.

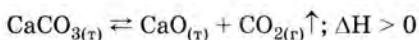
Отже, реакція *необоротна*, якщо в реакційній суміші після завершення процесу не можна виявити хоча б один з реагентів.

Реакція *оборотна*, якщо після встановлення рівноваги у реакційній суміші наявні всі учасники реакції – і реагенти, і продукти.

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



Якщо реакція відбувається у *відкритій системі*, то газуватий карбон(IV) оксид необоротно залишає сферу реакції. За таких умов реакція відбувається аж до повної витрати кальцій карбонату. Натомість у закритій системі (мал. 17.2) встановлюється рівновага:

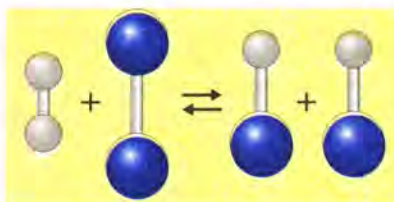


Тобто одночасно відбуваються два процеси: прямий і обернений.

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

Очевидно, що хімічною рівновагою можна керувати, використовуючи чинники, які впливають на швидкість хімічної реакції. Збільшення концентрації реагентів сприятиме збільшенню швидкості прямої реакції. Унаслідок її перебігу збільшиться концентрація продуктів, тобто обернена реакція також прискориться. Аби зменшити швидкість оберненої реакції, треба вилучати із системи продукти прямої реакції.

**Мал. 17.2.** У закритій системі реакція термічного розкладу кальцій карбонату оборотна. У реакційній суміші наявні всі учасники реакції: кальцій карбонат, кальцій оксид і карбон(IV) оксид. Отже, чи є реакція оборотною, залежить від умов її перебігу



**Мал. 17.1.** Схематичне зображення оборотної реакції йоду з воднем



Змінюючи концентрації реагентів і продуктів, температуру, а для деяких реакцій – тиск, можна досягти зміщення хімічної рівноваги в потрібному напрямі. Це має неабияке практичне значення, оскільки виробництво сульфатної кислоти, амоніаку, багатьох інших неорганічних і органічних речовин пов'язане з оборотними процесами. Докладніше про це ви дізнаєтеся у старшій школі, обравши відповідний профіль навчання.



### Стисло про головне

Умовами перебігу до кінця (необоротності) реакцій обміну між електролітами в розчині є утворення осаду, води чи виділення газу.

Необоротні реакції відбуваються тільки в одному напрямі аж до повної витрати одного з реагентів. Натомість оборотні реакції відбуваються одночасно у двох протилежних напрямках – прямому і зворотному. У рівняннях оборотних хімічних реакцій замість знака «=» використовують знак « $\rightleftharpoons$ », який указує на одночасний перебіг двох протилежних за напрямками реакцій – прямої ( $\rightarrow$ ) і оберненої ( $\leftarrow$ ).

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

Реакція *оборотна*, якщо після встановлення рівноваги в реакційній суміші наявні всі учасники реакції – і реагенти, і продукти.

Хімічною рівновагою можна керувати, використовуючи чинники, які впливають на швидкість хімічної реакції. Це має неабияке практичне значення.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Назвіть умови перебігу до кінця реакцій обміну між електролітами в розчині.
2. Наведіть приклади реакцій обміну між електролітами у розчині, які відбуваються до кінця. Запишіть рівняння реакцій в повній і скороченій йонних формах.
3. Поясніть, які реакції називають: а) необоротними; б) оборотними.
4. Виберіть необоротні процеси:  
**А** Горіння деревини; **Б** Зсідання молока; **В** Випаровування води; **Г** Синтез гідроген йодиду; **Д** Розчинення цукру.
5. У виробництві сульфатної кислоти використовують реакцію  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ ;  $\Delta H < 0$ . Запишіть рівняння оберненої реакції, класифікуйте її за тепловим ефектом, кількістю і складом реагентів і продуктів та зміною ступенів окиснення.



Мал. 17.3. Модель динамічної рівноваги

6. Художник, ілюструючи підручник хімії для дев'ятикласників, зобразив модель динамічної рівноваги (мал. 17.3). Поясніть, якою має бути швидкість руху риби (1) порівняно зі швидкістю течії (2), щоб модель правильно відбивала зміст поняття. Оцініть правильність виконання завдання, аргументуйте свою думку.

7. Проаналізуйте зміст третьої колонки таблиці 13.1 й визначте, про що ви дізналися і чого навчилися, опрацювавши § 17.





# Тема 3 НАЙВАЖЛИВІШІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

## § 18. Спільні й відмінні ознаки органічних і неорганічних сполук. Особливості будови атома Карбону в основному й збудженому станах. Утворення ковалентних зв'язків між атомами Карбону

Після опрацювання § 18 ви зможете:

називати елементи-органогени; порівнювати органічні й неорганічні речовини.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природознавства й хімії:**

за якими ознаками класифікують речовини; як за хімічною формулою визначають якісний і кількісний склад речовини; чим аналіз відрізняється від синтезу; що таке електронна формула атома та її графічний варіант; яка форма s- і p-електронних орбіталей і як вони розташовані в просторі навколо ядра; як змінюються атомні радіуси в головних підгрупах; як утворюються ковалентні зв'язки; що таке колообіг елемента в природі; як пов'язані жива і нежива природа.

• **Спільні й відмінні ознаки органічних і неорганічних сполук** певною мірою відомі вам з вивчених курсів природничих наук і повсякденного життя. Спробуймо систематизувати ці знання, аби віднайти критерій, за яким можна встановити приналежність сполуки до органічних речовин.



### Завдання

Виберіть з переліку органічні речовини: натрій хлорид, оцтова кислота, цукор, поліетилен, гемоглобін, кисень, азот, залізо, вода, крохмаль, глюкоза, хлорофіл, аспірин.



Вибрані вами з переліку сполуки становлять лише малу частку велетенської «галактики» органічних молекул. Кількість природних і синтетичних органічних сполук величезна – наразі їх відомо близько 30 млн. Порівняйте: кількість неорганічних сполук трохи більша за 0,6 млн. Хіміки творять органічний дивосвіт, аби вдовольнити потреби людства в нових матеріалах і технологіях. Щодня в лабораторіях синтезують або видобувають з природних об'єктів усе нові й нові органічні речовини, досліджують їх.

Саме природні об'єкти від найдавніших часів були джерелом органічних сполук. Із золи рослин, тваринних і рослинних жирів варили мило. Різноманітні смолисті, клейкі й цукристі речовини, крохмаль, віск, олії, духмяні есенції, барвники рослинного й тваринного походження описав у енциклопедичному творі «Природнича історія» римлянин Гай Пліній-Секунд ще в другій половині I ст. З розвитком ремесел і науки було винайдено способи переробки рослинної сировини на оцет і спирт, які застосовували в медицині.

Тривалий час поміж природодослідників побутували уявлення про особливу «життєву силу» – причину утворення органічних речовин у живих організмах. Уважалося, що синтез цих сполук (на відміну від неорганічних) поза тваринними чи рослинними організмами неможливий. Про це йшлося й у підручнику «Тваринна хімія» (1806). Його написав для студентів-медиків шведський хімік Й.Я. Берцеліус (мал. 18.1), який уперше ввів поняття *органічна хімія* й *органічні речовини*.

На початку XIX ст. стрімко розвивалися медицина, нафтопереробна та текстильна промисловість, виробництво вибухових речовин, барв-



**Мал. 18. 1.** Берцеліус Йєнс Якоб (1779–1848). Шведський хімік і мінералог, член Королівської шведської академії наук. Дослідив чимало органічних сполук, запропонував назву «органічна хімія», однак заперечував можливість їх синтезу поза живими організмами. Його підручники та щорічні огляди праць з хімії сприяли популяризації хімічних знань



**Мал. 18. 2.** Велер Фрідріх (1800–1882). Професор Геттингенського університету, видатний німецький хімік. Працював у галузі органічної та неорганічної хімії. Синтезував низку органічних сполук, установив їхні формули. Започаткував органічний синтез. Розробив способи добування берилію, алюмінію, кальцій карбід, ацетилену тощо



**Мал. 18. 3.** Кольбе Адольф Вільгельм Герман (1818–1884) – німецький хімік-органік. Синтезував оцтову кислоту з простих неорганічних речовин. Автор методів синтезу низки органічних сполук, зокрема карбонових кислот. Висловлював думку про чотирьохвалентність атомів Карбону. У 1869–1884 рр. очолював «Журнал практичної хімії»





**Мал. 18. 4.** Бертло П'єр Ежен Марселен (1827–1907) – французький хімік, член Паризької АН, громадський діяч, педагог. Один із фундаторів синтетичної органічної хімії. Синтезував багато органічних сполук, зокрема ацетилен з простих речовин, уперше штучно добув жири, етиловий спирт з етилену, мурашину кислоту з води та карбон(II) оксиду тощо. Запровадив поняття екзотермічної реакції



**Мал. 18. 5.** Бутлеров Олександр Михайлович (1828–1886) – видатний російський хімік, академік Петербурзької АН. Закінчив Казанський університет. Професор Казанського, згодом – Петербурзького університетів. Уперше добув суміш синтетичних цукристих речовин. Створив наукову школу хіміків-органіків. Високоосвічена й ерудована людина, знався на медицині, захоплювався бджільництвом, садівництвом



**Мал. 18. 6.** Гмелін Леопольд (1788–1853) – німецький хімік. Відомий насамперед як автор довідкового видання «Посібник з теоретичної хімії», де були викладені всі відомі на той час експериментальні дані з органічної та неорганічної хімії. 1843 р. опублікував таблицю хімічно подібних елементів, розташованих по групах за зростанням «сполучальних мас» і розподілених на групи

ників тощо. Прогрес у цих галузях потребував з'ясування природи використовуваних у них органічних речовин. Це спонукало науковців дослідити елементний склад і властивості органічних сполук порівняно з неорганічними. Було підмічено, що органічні речовини горючі й, істотно поступаючись *термостійкістю* неорганічним сполукам, обвуглюються за нагрівання. Виявилось, що до складу всіх досліджених органічних речовин входять *Карбон* і *Гідроген*. Чимало з-поміж органічних сполук містили *Оксиген*, а деякі – *Нітроген* і *Фосфор*.

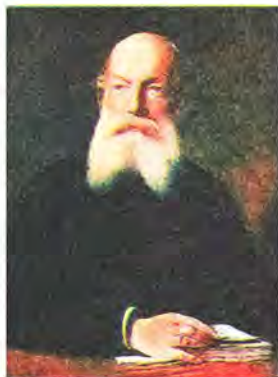
Згодом з'ясувалося, що органічні речовини можна синтезувати в лабораторних умовах поза живими організмами. У 1824 р. Ф. Велер (мал. 18.2) синтезував щавлеву кислоту з неорганічних сполук.

Цей та інші синтези органічних речовин «*in vitro*»: сечовини (Ф. Велер, 1828), оцтової кислоти (Г. Кольбе, 1845) (мал. 18.3), жиру (М. Бертло, 1854) (мал. 18.4), цукристих речовин (О.М. Бутлеров, 1861) (мал. 18.5) довели, що поняття «органічні речовини» значно ширше, ніж уважали раніше. Тому виникла потреба в новому визначенні предмета вивчення органічної хімії. Його в середині XIX ст. сформулювали Л. Гмелін (мал. 18.6), Г. Кольбе і Ф. Кекуле (мал. 18.7). Це визначення актуальне й донині.

**Органічна хімія – це хімія сполук Карбону.**

Щоправда, слід зважати на те, що існують і неорганічні сполуки Карбону – чадний і вуглекислий газ, крейда тощо (пригадайте систематичні назви і хімічні формули цих сполук).





**Мал. 18. 7.** Кекуле Фрідріх Август фон Страдонітц (1829–1896) – німецький хімік. Висловив думку (одночасно з А. Купером) про чотирьохвалентність атомів Карбону та їхню здатність сполучатися між собою, утворюючи ланцюги. Синтезував чимало органічних сполук. Його праці сприяли розвитку теоретичних основ хімії

Під час синтезу органічних сполук, дослідження їхнього складу та властивостей науковці виявили чимало дивного. Насамперед – кількість і розмаїття сполук, утворених обмеженим числом хімічних елементів (*пригадайте, яких саме*). Дослідників бентежила відсутність прийнятних пояснень того, чому десятки зовсім різних речовин мають однаковий якісний склад. Однак найбільше дивувало існування органічних сполук з однаковим якісним і кількісним складом, але різними фізичними й хімічними властивостями. Це явище, яке Берцеліус назвав *ізомерією*, подекуди траплялося й поміж неорганічних сполук, однак найяскравіше воно виявилось саме в царині органічних речовин.

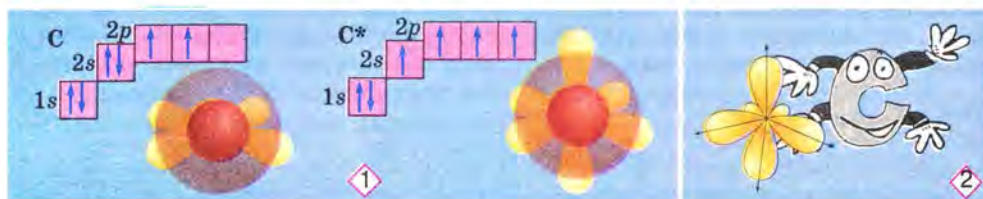
Оскільки на той час уявлення про існування молекул ще не були загальновизнаними, науковцям важко було пояснити ці факти. Тому, як зазначав у 1835 р. Ф. Велер, органічна хімія ввижалася їм «...дрімучим лісом, повним дивних речей, величезною хащею без виходу, без кінця, куди не насмілюєшся проникнути...»

Однак завдяки допитливому розуму і наполегливій праці багатьох дослідників ці складнощі було подолано. Сформувалися й розвинулися теоретичні уявлення про атоми та їхню здатність сполучатися в молекули відповідно до валентності.

Було визначено валентність багатьох хімічних елементів, зокрема атомів Карбону – неодмінної складової усіх органічних речовин. Науковці з'ясували, що атоми цього елемента в органічних сполуках чотирьохвалентні. Вони здатні сполучатися між собою, утворюючи ланцюги різної будови – нерозгалужені, розгалужені, замкнуті тощо. Причини цих унікальних особливостей атомів Карбону були пояснені значно пізніше на основі уявлень про електронну будову атомів.

• Тому, аби у ХХІ ст. не заблукати на теренах органічної хімії, розгляньмо **особливості будови атома Карбону**.

**Пам'ятайте:** порядковий номер хімічного елемента в періодичній системі – джерело знань про будову його атома. За періодичною системою хімічних елементів ви легко пригадаєте, як за номером групи визначити кількість електронів на зовнішньому (другому) енергетичному рівні атома Карбону. Якщо атом Карбону перебуває в *основному стані* (мал. 18.8), то



**Мал. 18.8.** 1. Будова атома Карбону в основному і збудженому\* стані.  
2. Атоми Карбону у збудженому стані виявляють валентність IV



на зовнішньому (другому від ядра) енергетичному рівні містяться два  $s$ - і два  $p$ -електрони.



## Завдання

Визначте, які з електронів зовнішнього рівня в атомі Карбону в основному стані спарені, а які – ні.

Під час хімічних реакцій атом Карбону одержує ззовні енергію (теплову, світлову тощо) і переходить у так званий *збуджений стан*. Унаслідок цього один з  $2s$ -електронів, поглинувши порцію енергії, займає вільну  $2p$ -орбіталь. Тобто на зовнішньому рівні в атомі Карбону всі чотири електрони стають неспареними. Ось чому атому Карбону в збудженому стані властива валентність IV.

Унікальні властивості атомів Карбону зумовлені двома чинниками. Наявність чотирьох електронів на зовнішньому енергетичному рівні й найменший у IVA-підгрупі радіус атома (мал. 18.9) – причина того, що атом Карбону не схильний ані втрачати, ані приєднувати електрони. Тобто утворення йонних зв'язків для нього не характерне. Тому Карбон утворює здебільшого ковалентні, а не йонні зв'язки.

	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1	H							He
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn

**Мал. 18.9.** Радіус атома Карбону найменший поміж хімічних елементів IVA-підгрупи

• **Утворення ковалентних зв'язків між атомами Карбону** та атомами інших неметалічних елементів (H, O, P, S тощо) є причиною того, що в органічних сполуках кристалічні ґратки переважно молекулярні. Натомість поміж неорганічних речовин – значна частка йонних сполук.



## Завдання

Пригадайте властивості речовин з різними типами кристалічних ґраток (§ 2). Спрогнозуйте, які фізичні властивості мають бути притаманні органічним речовинам порівняно з неорганічними.

Особливості будови органічних сполук позначаються й на їхніх хімічних властивостях. Приміром, реакції між електролітами у водних розчинах відбуваються майже миттєво. А реакції за участю органічних сполук часто проходять досить повільно, у кількох напрямках і у кілька стадій та супроводжуються утворенням побічних продуктів. Чималу частку поміж таких реакцій становлять оборотні процеси.

Зверніть увагу на малюнки 18.8–18.9. Вони певною мірою допомогли вам зримо уявити собі деякі поняття та реальні об'єкти. Про моделі молекул і особливе значення моделювання в хімії, насамперед органічній, йтиметься у наступному параграфі.





Оцтова кислота, цукор, поліетилен, гемоглобін, крохмаль, глюкоза, хлорофіл, аспірин – добре відомі вам органічні речовини. Кількість природних і синтетичних органічних сполук значно більша за кількість неорганічних речовин.

Поняття «органічна хімія» й «органічні речовини» уперше ввів шведський хімік Й.Я. Берцеліус. Тривалий час вважалося, що синтез органічних речовин (на відміну від неорганічних) поза тваринними чи рослинними організмами неможливий. Згодом ці хибні уявлення було спростовано.

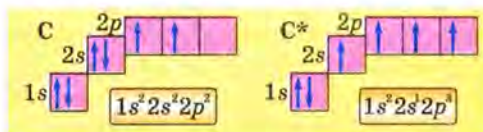
На початку XIX ст. стрімкий розвиток промисловості спонукав науковців дослідити елементний склад і властивості органічних сполук порівняно з неорганічними. Було виявлено, що всі органічні сполуки містять Карбон, сформульовано актуальне й донині визначення органічної хімії як хімії сполук Карбону.

Під час синтезу органічних сполук, дослідження їхнього складу та властивостей науковці відкрили існування чималої кількості ізомерів – речовин з однаковим якісним і кількісним складом, але різними властивостями. Вченим важко було пояснити явище ізомерії, оскільки на той час уявлення про існування молекул ще не були загальновизнаними.

З розвитком науки сформувалися й розвинулися теоретичні уявлення про атоми та їхню здатність сполучатися в молекули відповідно до валентності. Було визначено, що атоми Карбону в органічних сполуках чотирьохвалентні. З'ясовано, що вони здатні сполучатися між собою ковалентними зв'язками, утворюючи ланцюги різної будови – нерозгалужені, розгалужені, замкнуті тощо.

Протонне число Карбону збігається з його порядковим номером у періодичній системі і дорівнює шести. Позитивний заряд шести протонів у ядрі атома Карбону компенсується негативним зарядом шести електронів його електронної оболонки. Карбон – елемент IVA-підгрупи періодичної системи, тому на зовнішньому (другому) енергетичному рівні його атома містяться чотири електрони. В основному стані – два спарені  $s$ - і два неспарені  $p$ -електрони.

Під час хімічних реакцій атом Карбону переходить у так званий *збуджений стан*. Унаслідок цього один з  $2s$ -електронів, поглинувши порцію енергії, займає вільну  $2p$ -орбіталь, усі чотири електрони зовнішнього рівня стають неспареними.



Тому валентність IV властива атомам Карбону в збудженому стані.

В органічних сполуках кристалічні ґратки переважно молекулярні, тож вони мають невисокі температури плавлення та кипіння й менш термостійкі порівняно з неорганічними.



Особливості будови органічних сполук позначаються й на їхніх хімічних властивостях. Реакції за участю органічних сполук часто оборотні, проходять досить повільно, у кількох напрямках і у кілька стадій та супроводжуються утворенням побічних продуктів.



## Застосуйте свої знання й уміння

- Виберіть прізвище науковця, який уперше ввів поняття «органічна хімія» та «органічні речовини»:  
**А** Лавуазьє; **Б** Бутлеров; **В** Берцеліус; **Г** Бертло.
- Виберіть прізвища науковців, які визначали органічну хімію як хімію сполук Карбону:  
**А** Гмелін; **Б** Кольбе; **В** Бертло; **Г** Кекуле; **Д** Велер.
- Установіть відповідність між першими синтезами органічних сполук, хіміками, які їх здійснили, і датами.

Речовина	Науковець, дата
1 Сечовина	<b>А</b> Й.Я. Берцеліус, 1806 р.
2 Оцтова кислота	<b>Б</b> Ф. Велер, 1828 р.
3 Жироподібна речовина	<b>В</b> Ф. Велер, 1824 р.
4 Цукриста речовина	<b>Г</b> М. Бертло, 1854 р.
5 Щавлева кислота	<b>Д</b> Д.І. Менделєєв, 1869 р.
	<b>Е</b> О.М. Бутлеров, 1861р.

- Виберіть протонне число хімічного елемента, який входить до складу всіх органічних сполук:  
**А** 12; **Б** 7; **В** 6; **Г** 20.
- Сечовина – складова сечі й нітрогеновмісне добриво. Його друга назва – карбамід. З'ясуйте, використовуючи різноманітні джерела інформації, до складу яких популярних товарів входить ця органічна речовина.
- Виберіть ознаки, притаманні більшості органічних речовин:  
**А** Йонні кристалічні ґратки; **Б** Невелика термостійкість; **В** Швидкий перебіг реакцій; **Г** Велике практичне значення.
- Заповніть таблицю «Порівняльна характеристика органічних і неорганічних речовин».

Ознаки порівняння	Речовини	
	Неорганічні	Органічні
Елементний склад		
Термічна стійкість		
		Переважно ковалентні
	Атомні, йонні, молекулярні тощо	
Швидкість реакцій		

- Виберіть процес за участю неорганічних речовин, одним із продуктів якого є органічна речовина:  
**А** Горіння вугілля; **Б** Випалювання вапняку; **В** Фотосинтез; **Г** Дія кислотних дощів на мармур.
- Поміркуйте й висловіть припущення, чи існує чітка межа між неорганічними та органічними речовинами. Аргументуйте свою думку.

1. Складіть схему «Класифікація речовин», як приклади сполук використайте ті, що добре відомі вам з повсякденного життя. Схему можна оформити як колекцію (віртуальну або реальну) – зі зразками речовин, їхніми зображеннями чи етикетками відповідних товарів.
  2. Бакмінстерфулерен – сполука Карбону. Дізнайтеся, використовуючи різноманітні джерела інформації, про її склад, властивості та застосування. До яких сполук – неорганічних чи органічних – належить ця речовина?
- За результатами досліджень підготуйте презентації.

## § 19. Моделі молекул. Значення моделювання в хімії. Структурні формули органічних речовин

Після опрацювання § 19 ви зможете:

характеризувати моделювання як метод хімічної науки.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природничих наук:** які способи пізнання природи використовують у хімії; що означає префікс нано-; що таке модель і масштаб; як записують хімічні та електронні формули речовин.

• **Моделі молекул**, так само, як і моделі атомів або кристалів, допомагають зримо уявити реальні об'єкти, безпосереднє спостереження за якими проводити незручно або неможливо.



### Завдання

Встановіть відповідність між науками і моделями, які вони зазвичай використовують:

Наука	Модель
1 Географія	А Електрофорна машина
2 Фізика	Б Глобус
3 Біологія	В Схема будови деревообробного верстата
4 Хімія	Г Схема виробництва амоніаку
	Д Муляж серця

Моделювання – це вивчення явища або об'єкта за допомогою його заміників, аналогів (моделей).

• **Значення моделювання в хімії** важко переоцінити. За його допомогою науковці пояснюють закони природи, перевіряють гіпотези, прогнозують існування об'єктів та явищ, які дотепер не спостерігали. Приміром, модель трубчастого вуглецю описав на сторінках часопису «Хімія і життя» відомий український хімік-органік Михайло Корнілов ще 1985 р. А вже у 1991 р. науковці синтезували перші нанотрубки з атомів цього елемента.

Умовно хімічні моделі поділяють на знакові (символьні) та матеріальні. Знакові моделі – це символи елементів, хімічні формули,



рівняння реакцій тощо. Матеріальні моделі – моделі атомів, йонів, кристалів, молекул, хімічних приладів і промислових апаратів хімічних виробництв.



### Завдання

Пригадайте, як відбуваються реакції між електролітами у розчині. Оцініть відповідність моделей (мал. 19.1) реальному процесу нейтралізації кислоти лугом у розчині. Зобразіть знакову модель, яка більш реалістично відображає суть реакції нейтралізації.



**Мал. 19.1.** Знакова та матеріальна моделі одичного акту реакції нейтралізації. 1. Молекула хлоридної кислоти. 2. Формульна одиниця натрій гідроксиду. 3. Формульна одиниця натрій хлориду. 4. Молекула води

Розмаїтий барвистий світ молекул і кристалів та процесів за їхньою участю найліпше спостерігати на екрані комп'ютера. Сучасні графічні програми дають змогу поринути у віртуальну реальність мікро- та макросвіту, вивчати об'єкти в статисти та русі, керувати ними (мал. 19.2).

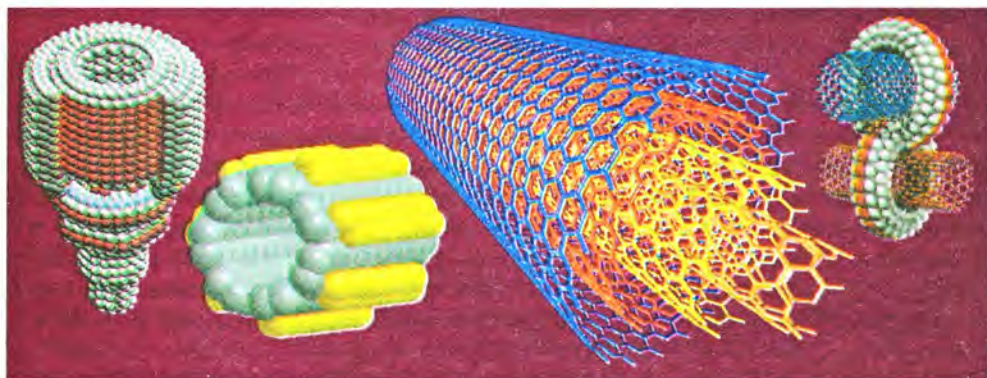
Для моделювання молекул найчастіше використовують кулестержневі та об'ємні (масштабні) моделі. **Зверніть увагу:** моделі лише відображають структуру мікрооб'єктів, принципи їхньої будови, однак не відтворюють зовнішнього вигляду.

У кулестержневих моделях кулі зображують ядра атомів, а стержні – напрямки хімічних зв'язків та величини кутів між ними. Розмір атомного ядра становить близько  $10^{-15}$  м (для легких ядер), а розмір самого атома близько  $10^{-10}$  м. Тобто, якщо використати для моделі ядра кульку діаметром 1 см, розмір моделі самого атома становитиме близько кілометра. Тому реальними співвідношеннями розмірів у цих моделях доводиться поступатися. Натомість об'ємні (масштабні) моделі відображають реальні співвідношення між розмірами атомів.

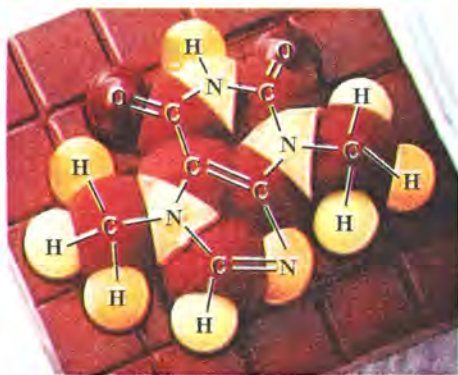


### Завдання

Пригадайте, що таке масштаб. Поясніть, чи є підстави об'ємні моделі називати масштабними.



**Мал. 19.2.** Наноструктури. Моделі створено за допомогою комп'ютера



**Мал. 19.3.** Об'ємна модель молекули теоброміну (речовини, яка зумовлює стимулюючі властивості шоколаду) та його структурна формула. Саме структурна формула теоброміну наочно показує, атоми яких елементів та у якій послідовності сполучені між собою

чені рисочками, кількість яких відповідає валентності атома цього елемента в сполучі (мал. 19.3).



### Завдання

1. За малюнком 19.3 запишіть молекулярну формулу теоброміну.
2. Установіть відповідність між хімічними елементами та валентністю, яку вони виявляють у молекулі теоброміну:

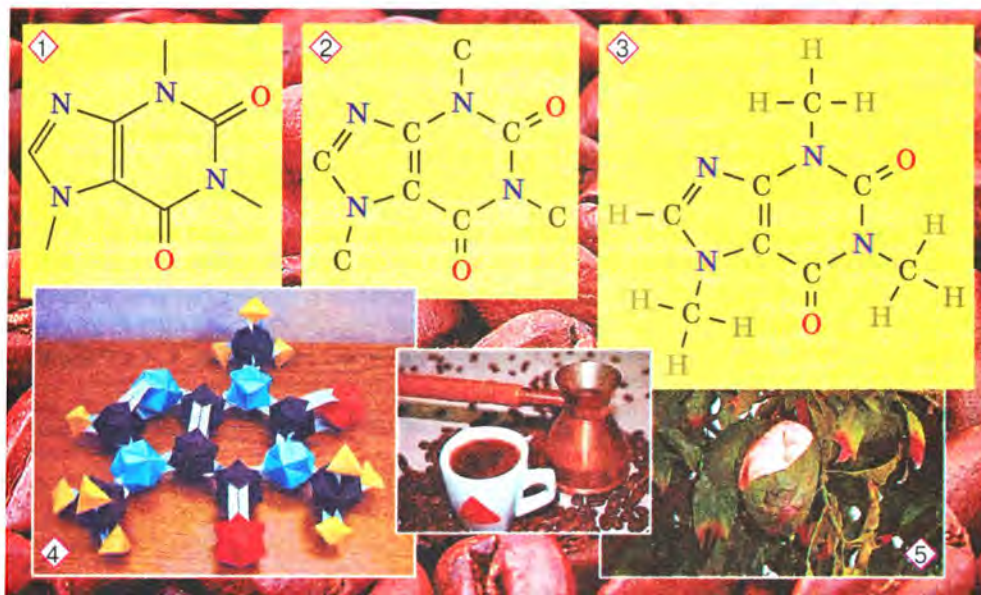
Хімічний елемент	Валентність
1 Карбон	А I
2 Гідроген	Б II
3 Оксиген	В III
4 Нітроген	Г IV
	Д V
	Е VI

Ви, звичайно, пам'ятаєте, що ковалентний зв'язок утворюється за рахунок спільних електронних пар. Тобто, зобразивши в структурній формулі речовини замість рисочок пари електронів, ми перетворимо структурну формулу на електронну. Приміром, структурна формула водню  $\text{H}-\text{H}$ , а його електронна формула  $\text{H} \cdot \cdot \text{H}$ .

Часто використовують спрощені структурні формули органічних речовин, у яких показують зв'язки лише між атомами Карбону (мал. 19.4,1). Аби правильно інтерпретувати спрощену структурну формулу, приміром кофеїну, помістімо символи Карбону в кожен точку перетину й у закінчення кожної лінії (мал. 19.4,2). Потім кожний символ Карбону сполучимо рисками із символами Гідрогену так, щоб загальна кількість зв'язків біля кожного атома Карбону дорівнювала чотирьом (поясніть, чому).

Уміння інтерпретувати кулестержневі та об'ємні (масштабні) моделі молекул, повні й спрощені структурні формули знадобиться вам під час





**Мал. 19.4.** Кофеїн міститься у кавових зернах (2) та горіхах коли (5). Перетворення спрощеної структурної формули (1) кофеїну на повну структурну формулу (3). Оригамі (4) – модель молекули кофеїну, виготовлена з паперу

подальшого вивчення органічних речовин. Про їхній склад, будову, властивості, застосування, знаходження в природі й добування йтиметься в наступних параграфах.



### Стисло про головне

Моделі молекул, так само, як і моделі атомів, кристалів тощо, допомагають зримо уявити собі реальні об'єкти, безпосереднє спостереження за якими проводити незручно або неможливо.

Моделювання – це вивчення явища або об'єкта за допомогою його замінників, аналогів (моделей). За його допомогою науковці пояснюють закони природи, перевіряють гіпотези, прогнозують існування об'єктів та явищ, які дотепер не спостерігали.

Хімічні моделі умовно поділяють на знакові (символьні) та матеріальні. Знакові моделі – це символи елементів, хімічні формули, рівняння реакцій тощо. Матеріальні моделі – моделі атомів, йонів, кристалів, молекул, хімічних приладів і промислових апаратів хімічних виробництв.

Для моделювання молекул найчастіше використовують кулестержневі та об'ємні моделі. Вони лише відображають структуру мікрооб'єктів, принципи їхньої будови, однак не відтворюють зовнішнього вигляду.

У кулестержневих моделях кулі зображують ядра атомів, а стержні – напрямки хімічних зв'язків та величини кутів між ними. Об'ємні моделі відбивають реальні співвідношення між розмірами атомів.

Структурні формули органічних речовин – знакові моделі, у яких символи хімічних елементів сполучені рисочками, кількість яких

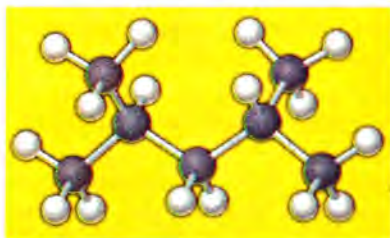


відповідає валентності атома цього елемента в сполучі. Часто використовують спрощені структурні формули, у яких показують зв'язки лише між атомами Карбону.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Назвіть моделі, які вам доводилося використовувати під час вивчення природничих і точних наук.



Мал. 19.5. Кулестержнева модель молекули

2. Поясніть, для чого застосовують моделювання в хімії.
3. Наведіть приклади матеріальних і знакових моделей, які використовують у хімії.
4. Порівняйте кулестержневі та об'ємні моделі молекул.
5. Поясніть, що таке структурні формули, для чого їх застосовують.
6. Запишіть повну структурну формулу молекули, зображеної на малюнку 19.5, та її хімічну формулу.



### Скарбничка досвіду

З наступного параграфа ви дізнаєтеся, який науковець запровадив кулестержневі моделі органічних сполук. А хто започаткував використання масштабних моделей? З'ясуйте це, використовуючи різноманітні джерела інформації. За результатами дослідження підготуйте презентацію.

## § 20. Метан

Після опрацювання § 20 ви зможете:

складати молекулярну, електронну та структурну формули метану, пояснювати їх; збирати моделі молекули метану; характеризувати склад, структуру, фізичні властивості метану; ілюструвати його властивості рівняннями хімічних реакцій; наводити приклади застосування метану; обґрунтовувати застосування метану його властивостями та вплив продуктів синтетичної хімії на довкілля за їх неправильного використання; дотримуватись правил безпечного поводження з метаном.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природничих наук та основ здоров'я:**

які моделі використовують в органічній хімії; як записують молекулярні, електронні та структурні формули речовин; яка середня молярна маса повітря; у який спосіб обчислюють відносну густину одного газу за іншим; скільки валентних електронів у атомі Карбону в збудженому стані; що таке гідрати; які правила користування паливними газами; чим небезпечний парниковий ефект; що таке енергія активації й тепловий ефект хімічної реакції.

• **Молекулярна, електронна і структурна формули метану**, як ви вже знаєте з попереднього параграфа, – знакові моделі, за допомогою яких унаочнюють склад і будову молекули цієї найпростішої органічної сполуки.





## Завдання

Метан – найпростіша летка сполука Карбону з Гідрогеном. Користуючись періодичною системою, визначте молекулярну формулу метану. Усно обчисліть його молярну масу, масові частки елементів у сполуці та відносну густину за воднем і киснем. Визначте, легший чи важчий метан за повітря.

Ви пересвідчилися, що до складу молекули метану входить один атом Карбону і чотири атоми Гідрогену. З огляду на будову зовнішнього енергетичного рівня атома Карбону в збудженому стані змодельюймо утворення ковалентних зв'язків у молекулі метану (мал. 20.1,1). В електронній формулі метану замінімо спільні електронні пари атомів Карбону й Гідрогену рисочками, аби одержати структурну формулу сполуки (мал. 20.1,2).

Розгляньмо кулестержневу (мал. 20.1,3) й масштабну моделі молекул метану (мал. 20.1,6). Вони, так само як електронна і структурна формули, відображають структуру та принцип будови цього мікрооб'єкта, хоча й не відтворюють його зовнішнього вигляду.

В утворенні ковалентних зв'язків з атомами Гідрогену беруть участь один *s*- і три *p*-електрони атома Карбону. Однак у молекулі метану всі зв'язки рівноцінні, атоми Гідрогену розташовані симетрично по кутах *тетраедра*. У центрі цієї геометричної фігури розташований атом Карбону (мал. 20.1, 4, 5). Причина такого взаєморозташування полягає у вирівнюванні за формою та енергією електронних орбіталей зовнішнього енергетичного рівня атома Карбону.

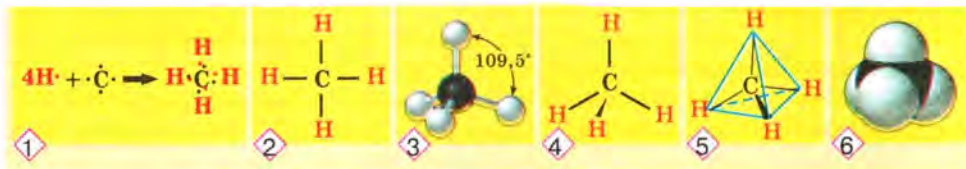
Ковалентні зв'язки між атомами Карбону й Гідрогену слабо полярні. Однак молекула метану, з огляду на її симетричність, неполярна.



## Завдання

Поміркуйте й висловіть припущення щодо розчинності метану у воді та інших полярних розчинниках.

• **Поширення метану в природі** деякою мірою відоме вам з курсу фізичної географії України. Цей безбарвний, без запаху і смаку газ – чи не головна складова природного і важливий компонент попутного нафтового газів. Залежно від родовища об'ємна частка метану в природному газі становить від 75 до 99 %.



**Мал. 20.1.** 1. Утворення ковалентних зв'язків у молекулі метану. 2. Структурна формула молекули метану відбиває послідовність сполучення атомів у ній. 3. Кулестержнева модель молекули метану відображає взаємне розташування атомів у просторі та кути між зв'язками С – Н. 4, 5. Молекула метану має тетраедричну будову. 6. Просторова (масштабна) модель відбиває реальні співвідношення між розмірами атомів Карбону й Гідрогену



## Завдання

Назвіть перспективні нафтогазоносні райони України і покажіть їх на карті.

Чимало метану в складі копального газу міститься у кам'яновугільних пластах, трапляється він і у сольових копальнях. Вибухи суміші метану з киснем повітря часто спричиняють масову загибель шахтарів.



## Цікаво?

У позаминулому столітті в сольовій копальні «Камера Спалена», що в горі Величка (Польща), були робітники, яких називали «грішниками, що каються». Вони надягали мокрий одяг з каптурами і повзали шахтами, тримаючи в руці довгі ціпки, на кінці яких жевріли смолоскипи. У такий спосіб вони випалювали метан під стелею, не дозволяючи його концентрації сягнути критичної межі.

## Пізнавально!

Виходи метану на земну поверхню трапляються в сейсмоактивних місцевостях, у місцях розломів земної кори, на дні океану тощо.

Чимало метану утворюється внаслідок анаеробного бродіння рослинних решток у болотах, річковому мулі, під час перетравлювання їжі великою рогатою худобою. *Біогаз* – продукт переробки фекалій і сміття – також переважно складається з метану.



## Цікаво?

Болотний газ хімічними методами вперше дослідив у 1776 р. італійський природодослідник Алессандро Вольта і встановив його відмінність від водню. Також це природне джерело метану вивчали Бертолле, Дальтон, Берцеліус тощо. Болотний газ у неглибокій замуленій водоймі збирали в такий спосіб. Товстостінну склянку або пляшку занурювали у воду, аби вона заповнилася рідиною, потім повертали її догори дном, вставляли лійку і збирали метан, розпушуючи дно за допомогою ціпка. Коли в склянці збирався газ, її закорковували під водою й після цього виймали на поверхню.

## Пізнавально!



## Завдання

Поясніть, які фізичні властивості метану зумовили можливість збирати його витісненням води та витісненням повітря.

Неабиякі запаси метану «законсервовано» у твердих газових гідратах: у порожнинах кристалічних ґраток льоду містяться молекули метану.



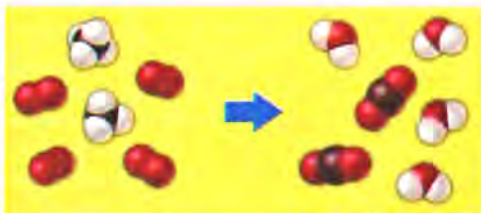
## Завдання

Поміркуйте й висловіть припущення щодо температури й тиску, за яких могли б утворитися тверді газові гідрати. Де, на вашу думку, ймовірно існування таких покладів?



Трапляється метан і у Всесвіті. Його виявлено в атмосфері планет Юпітер, Сатурн, Уран і Нептун. Величезні озера рідкого метану є на поверхні Титана, найбільшого з природних супутників Сатурна.

З курсу географії вам відомо, що природний газ належить до невідновних паливних ресурсів, його поклади вичерпні. Тому альтернативні джерела метану (біопаливо) набувають неабиякого значення. Водночас слід зважати на те, що ця найпростіша органічна речовина належить до так званих парникових газів. Величезні обсяги метану надходять в атмосферу з рисових полів, боліт, тваринних ферм тощо. Науковці стверджують, що це не лише сприяє глобальному потеплінню, а й виснажує озоновий шар планети.



Мал. 20.2. Горіння (повне окиснення) метану

• **Хімічні властивості метану** зумовлені складом і будовою його молекули. Її неполярний характер, міцність ковалентних зв'язків C–H зумовлюють хімічну стійкість метану до розчинів кислот і лугів. Метан не знебарвлює фіолетовий розчин калій перманганату, тобто стійкий до окиснення.

Як і переважна більшість органічних сполук, метан – горюча речовина. Цей газ використовують як екологічно чисте паливо в побуті, промисловості та на транспорті. Реакція повного окиснення метану добре відома вам з повсякденного життя. Описуючи її на макрорівні, ви, напевно, звернули б увагу на характерний блакитний колір полум'я та виділення великої кількості теплоти. На мікрорівні процес горіння метану в кисні змодельований на малюнку 20.2.



### Завдання

1. За малюнком 20.2 запишіть термохімічне рівняння. Зважте на те, що в органічній хімії між лівою і правою частинами рівняння ставлять знак « $\rightarrow$ », а не « $=$ ». Поясніть, чим складене рівняння відрізняється від малюнка.
2. Виберіть число, яке дорівнює сумі коефіцієнтів у лівій частині хімічного рівняння повного окиснення метану: **А** 2; **Б** 3; **В** 4; **Г** 6.

**Пам'ятайте!** З повітрям метан утворює вибухонебезпечні суміші.



### Завдання

У помешканні ви відчули слабкий запах побутового газу. Виберіть правильні варіанти дій та їхню послідовність:

- А** Увімкнути світло, аби роздивитися, звідки витікає газ; **Б** Провітрити приміщення, перекрити джерело витоків; **В** Зателефонувати до служби газу; **Г** Здійняти лемент, аби повідомити сусідів.

У молекулі метану атом Карбону не має на зовнішньому енергетичному рівні неспарених електронів. Усі його валентні електрони беруть участь в утворенні ковалентних зв'язків із чотирма атомами Гідрогену. Тому до молекули метану неможливе приєднання атомів Гідрогену, галогенів тощо. Тобто метан – *насичений* вуглеводень. Натомість за певних умов



**Мал. 20.3.** 1. Кулестержнева модель молекули хлорометану часів А. В. Гофмана. 2. Август Вільгельм фон Гофман (1818–1892), німецький хімік, синтезував низку органічних сполук, зокрема барвників, започаткував використання кулестержневих моделей органічних молекул

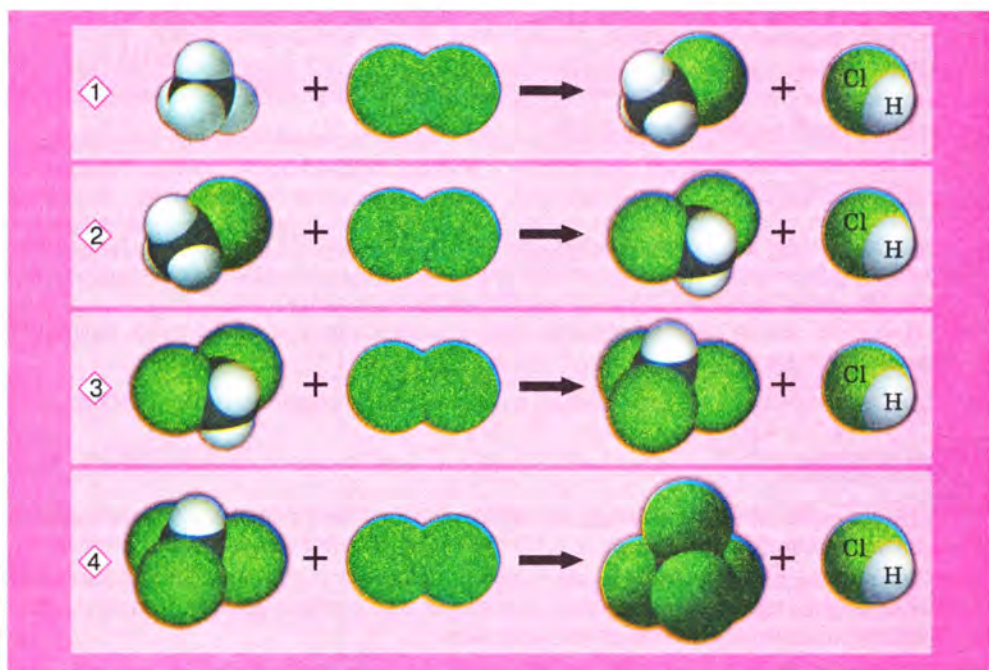
метан вступає в реакції заміщення. Приміром, реакцію метану з хлором ініціює освітлення. Під час хлорування відбувається послідовне заміщення атомів Гідрогену в молекулі метану на атоми Хлору, змодельоване на малюнку 20.4. Унаслідок цього утворюється суміш хлорометану (мал. 20.3,1 і 20.4,1), дихлорометану (мал. 20.4,2), трихлорометану та тетрахлорометану (мал. 20.4,4). Їх розділяють дистиляцією. Другий продукт кожної з чотирьох стадій хлорування – гідроген хлорид.



### Завдання

За малюнком 20.4 запишіть хімічні рівняння кожної стадії хлорування метану, використовуючи: а) молекулярні; б) повні структурні формули реагентів і продуктів реакції.

Продукти хлорування метану використовують не лише як розчинники. Хлороформ має яскраво виражену анестезуючу дію, тому раніше його застосовували в медицині для знеболювання.



**Мал. 20.4.** Унаслідок хлорування метану послідовно утворюються хлорометан (1), дихлорометан (2), трихлорометан (хлороформ) (3) і тетрахлорометан (чотирьоххлористий вуглець) (4). Другий продукт кожної з чотирьох стадій хлорування – гідроген хлорид (ці назви запам'ятовувати необов'язково, вони наведені для ознайомлення)





## Цікаво?

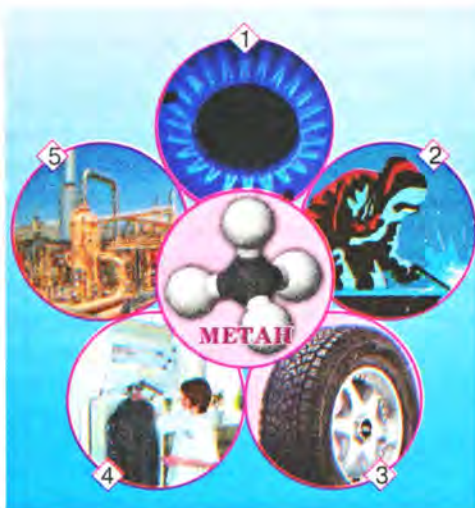
1831 р. хлороформ незалежно один від одного добули Самуель Гутрі, Юстус Лібіх і Ежен Суберейн. Хімічну формулу встановив французький хімік Дюма і 1834 р. запропонував назву «хлороформ». 1847 р. акушер Джеймс Симпсон уперше використав хлороформ для загального наркозу під час приймання пологів.

## Пізнавально!

Тетрахлорометан – продукт повного заміщення атомів Гідрогену в молекулі метану на атоми Хлору – не горить. Тому тривалий час його використовували під час гасіння пожеж – адже важка пара цієї речовини перекриває доступ повітря й горіння миттєво припиняється. Проте гасіння полум'я тетрахлорометаном може супроводжуватися утворенням дуже отруйного газу фосгену  $\text{COCl}_2$ . Тому гасити вогонь у закритих приміщеннях тетрахлорометаном можна тільки з відповідними пересторогами. Усі продукти хлорування метану – токсичні речовини, до того ж сприяють руйнуванню озонового шару.

• **Застосування метану** зумовлене його хімічними властивостями. Передусім метан використовують як паливо та сировину для добування неорганічних і органічних речовин (мал. 20.5).

Про інші сполуки Карбону – і корисні, і небезпечні – йтиметься в наступних параграфах.



**Мал. 20.5.** Застосування метану та продуктів його переробки. 1. Метан – і побутове, і промислове, і моторне паливо. 2. Зварювання й різання металів. 3. Сажу, одержану з метану, використовують у виробництві гуми, друкарської фарби, барвників. 4. Розчинники на основі похідних метану використовують і у хімічності, й у лабораторних дослідженнях. 5. Метан – сировина для органічного синтезу



## Стисло про головне

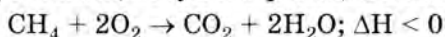
До складу молекули метану входить один атом Карбону і чотири атоми Гідрогену. Молекулярна формула метану  $\text{CH}_4$ , його молярна маса 16 г/моль, масова частка Карбону в метані – 75 %. Відносна густина метану за воднем – 8, за киснем – 0,5. Метан – безбарвний газ без смаку і запаху. Він малорозчинний у воді, майже вдвічі легший за повітря, тому його можна збирати витісненням і води, і повітря.

Метан – чи не головна складова природного і важливий компонент попутного нафтового газів. Перспективні нафтогазоносні райони України – Західноукраїнський регіон, Дніпровсько-Донецька западина, Причорноморсько-Кримська нафтогазоносна область.

Метан утворюється внаслідок анаеробного бродіння рослинних решток, переробки фекалій і сміття. Перспективне джерело метану – газогідрати.

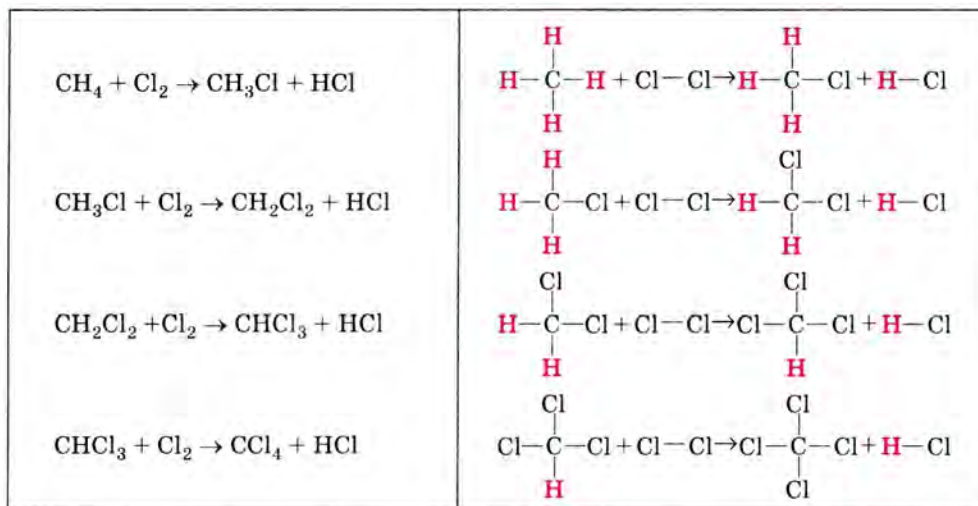
Молекула метану має тетраедричну будову, вона неполярна. Метан стійкий до дії розчинів кислот і лугів та окиснення (не знебарвлює фіолетовий розчин калій перманганату).

Метан – горюча речовина, вступає в реакцію повного окиснення:



Ця реакція екзотермічна. З повітрям метан утворює вибухонебезпечні суміші. Тому під час використання побутового газу слід бути дуже обережними!

У молекулі метану атом Карбону не має на зовнішньому енергетичному рівні неспарених електронів. Тому до молекули метану неможливе приєднання атомів Гідрогену, галогенів тощо. Метан – насичений вуглеводень. Натомість за певних умов метан вступає в реакції заміщення. Реакцію метану з хлором ініціює освітлення:



Метан використовують як паливо та сировину для добування неорганічних і органічних речовин. Продукти хлорування метану переважно використовують як розчинники та реагенти в органічному синтезі.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Виберіть молекулярну формулу метану:  
**A**  $\text{CH}_4$ ; **Б**  $\text{CO}_2$ ; **В**  $\text{CCl}_4$ ; **Г**  $\text{CHCl}_3$ .
2. Виберіть форму молекули метану:  
**A** Площинна; **Б** Лінійна; **В** Тетраедрична; **Г** Трикутна.
3. Поясніть, чому метан називають блакитним паливом.
4. До побутового газу добавляють метилмеркаптан – речовину з характерним неприємним запахом: а) поясніть, для чого потрібна ця добавка; б) \*запишіть повну (див. § 19) структурну формулу метилмеркаптану за його спрощеною структурною формулою  $\text{SH}$ .





Мал. 20.6.

5. Виберіть характеристику реакції повного окиснення метану:  
**А** Необоротна; **Б** Ендотермічна; **В** Сполучення; **Г** Йонного обміну.
6. Метан, що виходив з газовідвідної трубки, підпалили (мал. 20.6,1), трубку занурили в посудину з хлором (мал. 20.6,2). Поясніть, чому жовто-зелене забарвлення хлору поступово зникає (мал. 20.6,3), а під час наближення посудини з концентрованим водним розчином амоніаку з'являється (мал. 20.6,4) «дим без вогню» (пригадайте, ви спостерігали це явище під час вивчення хімії у 7-му класі).
7. Наведіть щонайменш по дві причини того, чому: а) медики припинили використання хлороформу для анестезії; б) вогнегасники, заряджені тетра-хлорометаном, практично вийшли з ужитку.
8. Дев'ятикласники Антін і Тамара посперечалися. Антін стверджував, що метан – перспективне паливо для двигунів майбутнього, які полегшать процес освоєння космосу й уможливлять міжпланетні польоти. Тамара заперечувала: запаси метану на Землі швидко вичерпуються, тож перспективи не такі вже й райдужні... Долучіться до їхньої дискусії, аргументуйте свою думку.
9. Оцініть вірогідність повідомлення ЗМІ: «Метан традиційно транспортують трубопроводами або в балонах. Група науковців під керівництвом професора Ендрю Купера з університету Ліверпуля виявила, що газуватий метан можна акумулювати в суміші дрібнодисперсного кварцу й води. До комерціалізації розробки ще дуже далеко, тим паче до її масового застосування. Але перші кроки, безсумнівно, зроблено». Аргументуйте свою думку.
10. Установіть відповідність між хімічними реакціями і застосуванням метану:

Реакції за участю метану	Застосування метану
1 Повне окиснення	<b>А</b> Виробництво розчинників
2 Хлорування	<b>Б</b> Добування водню й сажі
	<b>В</b> Паливо



### Скарбничка досвіду

1. Зберіть масштабну модель молекули метану. Спочатку виготовте зі світлого пластиліну чотири кульки діаметром 31 мм – моделі атомів Гідрогену. Потім частину кожної кульки зріжте на висоті 18,7 мм. З темного пластиліну виготовте кульку діаметром 48,5 мм. На кульці зробіть чотири рівновіддалених по кутах тетраедра позначки для з'єднувальних стержнів. З боку позначок зробіть зрізи на висоті 31 мм. У центри зрізів уставте невеликі сірникові палички, на які надіньте моделі атомів Гідрогену. Підготуйте план складання моделі цієї молекули.

2. Дізнайтеся, використовуючи різноманітні джерела інформації, про який свій винахід і з якого приводу Гемфрі Деві писав: «Найвищою винагородою за мої роботи буде усвідомлення того, що я зробив добро мені подібним». Підготуйте повідомлення про цей винахід.

## § 21. Відношення об'ємів газів у хімічних реакціях

**Після опрацювання § 21 ви зможете:**

*обчислювати відношення об'ємів газів у хімічних реакціях.*

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії:**

*що таке молярний об'єм газів; яке формулювання закону Авогадро; як обчислюють об'єм газу за стандартних умов; що показують коефіцієнти в хімічних рівняннях; які співвідношення існують між масою, молярною масою, об'ємом і молярним об'ємом газоватих речовин.*

• **Відношення об'ємів газів у хімічних реакціях** вивчало чимало науковців. Адже вимірювати об'єми газів набагато простіше, ніж їхні маси. Приміром, А.Л. Лавуазьє (мал. 21.1) робив спроби визначити співвідношення між об'ємами водню та кисню у реакції синтезу води. К. Бертолле (мал. 21.2) вивчав співвідношення між об'ємами водню й азоту в реакції розкладання амоніаку – леткої сполуки Нітрогену з Гідрогеном.



**Мал. 21.1.** Лавуазьє Антуан Лоран (1743–1794) – французький хімік. Автор кисневої теорії горіння, один з авторів нової хімічної номенклатури. Відкрив закон збереження маси, запропонував перший перелік хімічних елементів. Автор підручника «Елементарний курс хімії». З'ясував роль кисню в процесах горіння, окиснення й дихання. Один із засновників термохімії. Страчений під час Французької революції



**Мал. 21.2.** Бертолле Клод Луї (1748–1822) – французький хімік, засновник учення про хімічну рівновагу. Розробив (разом з Лавуазьє та ін.) нову хімічну номенклатуру. Встановив склад амоніаку, природного газу, синильної кислоти, сірководню. Відкрив (1785) калій хлорат, названий пізніше бертолетовою сіллю. Першим застосував хлор для вибілювання паперу та тканин. З 1789 р. – член Паризької Академії наук



**Мал. 21.3.** Гей-Люссак Жозеф Луї (1778–1850) – французький фізик і хімік. У 1805 р. разом з О. Гумбольдтом установив склад води, показавши, що співвідношення кількостей атомів Гідрогену й Оксигену в її молекулі становить 2 : 1. У 1808 р. Гей-Люссак відкрив закон об'ємних відношень, який представив на засіданні Філософсько-математичного товариства. Вдосконалив органічний елементний аналіз



1805 р. Жозе Луї Гей-Люссак (мал. 21.3) і Олександр фон Гумбольдт (мал. 21.4), вивчаючи співвідношення об'ємів газів у хімічних реакціях, дослідним шляхом установили, що у реакції синтезу води з простих речовин об'єм водню вдвічі більший за об'єм кисню й дорівнює об'ємові продукту реакції – водяної пари (мал. 21.5).

Ж.Л. Гей-Люссак продовжив вивчення відношень об'ємів газів у хімічних реакціях. Здобуті експериментальні дані науковець узагальнив у законі об'ємних відношень: *за однакових умов об'єми газуватих речовин у хімічних реакціях співвідносяться між собою як невеликі цілі числа*. Результати дослідження він опублікував 1808 р. у статті «Про сполучення газоподібних тіл одне з одним».

Згодом виявилось, що ці «невеликі цілі числа» – не що інше, як коефіцієнти у рівняннях хімічних реакцій за участю газуватих речовин. Спробуймо пояснити це з огляду на закон Авогадро (*пригадайте його формулювання*).



**Мал. 21.4.** Гумбольдт Олександр (1769–1859) – німецький натураліст і географ. Його спільна з Ж.Л. Гей-Люссаком робота про гази – вагомий внесок у розвиток уявлень про атоми й молекули



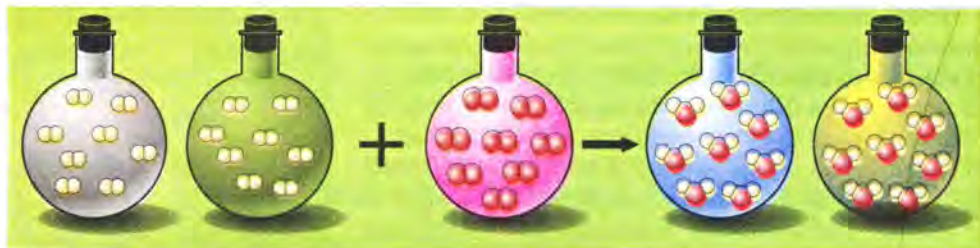
**Мал. 21.5.** 1. Водень. 2. Кисень. 3. Водяна пара

Ви, звичайно, розумієте, що хімічне рівняння описує одиничний акт реакції. Приміром, в одиничному акті синтезу води беруть участь дві молекули водню і одна молекула кисню (мал. 21.6).

Продукт їхньої взаємодії – дві молекули води. Аби обидва реагенти витратилися повністю, потрібно, щоб кількість молекул водню була вдвічі більша за кількість молекул кисню. Оскільки *в рівних об'ємах різних газів за однакових умов містяться однакові кількості молекул*, можна стверджувати, що об'єм водню в реакції має вдвічі перевищувати об'єм кисню. А об'єм продукту реакції – водяної пари –



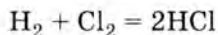
**Мал. 21.6.** Одиничний акт реакції між воднем і киснем



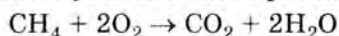
**Мал. 21.7.** Об'єми водню, кисню та водяної пари в реакції синтезу води відносяться як невеликі цілі числа:  $V(\text{H}_2) : V(\text{O}_2) : V(\text{H}_2\text{O}) = 2 : 1 : 2$

дорівнюватиме об'єму водню й буде вдвічі більший за об'єм кисню (мал. 21.7).

Дослідження Гей-Люссака та відкриті ним закономірності стали вагомим внеском у розвиток уявлень про атоми й молекули. Зокрема, було зроблено висновки про те, що молекули водню, кисню, азоту, хлору тощо – двохатомні. Якби, приміром, молекули водню й хлору були одноатомними, то об'єм утвореного гідроген хлориду мав би бути такий самий, як об'єм водню (або хлору). Експериментально було визначено, що об'єм гідроген хлориду вдвічі більший за об'єм кожного з реагентів, тобто рівняння реакції таке:



Проаналізуймо з огляду на відношення об'ємів газів у хімічних реакціях процес горіння метану. З хімічного рівняння



очевидними є співвідношення між об'ємами газуватих реагентів і продуктів реакції:

$$V(\text{CH}_4) : V(\text{O}_2) : V(\text{CO}_2) : V(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 2 : 1 : 2$$

### Розв'яжімо задачі

1. На опалювання будинку об'ємом  $100 \text{ м}^3$  за місяць витрачають метан об'ємом  $350 \text{ м}^3$ . Обчисліть об'єм кисню, який потрібен для згоряння цієї порції метану, та об'єми продуктів реакції (об'єми газуватих реагентів і продуктів виміряно за однакових умов).

### Розв'язок

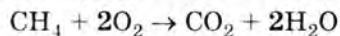
$$V(\text{O}_2) - ?$$

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

$$V(\text{H}_2\text{O}) - ?$$

$$V(\text{CH}_4) = 350 \text{ м}^3$$

Запишімо хімічне рівняння повного окиснення метану



й за коефіцієнтами перед формулами газуватих речовин визначмо співвідношення між їхніми об'ємами.

Оскільки  $V(\text{CH}_4) : V(\text{O}_2) : V(\text{CO}_2) : V(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 2 : 1 : 2$ , то  $V(\text{O}_2) = V(\text{H}_2\text{O}) = 2V(\text{CH}_4) = 2 \cdot 350 \text{ м}^3 = 700 \text{ м}^3$

$$V(\text{CO}_2) = V(\text{CH}_4) = 350 \text{ м}^3$$

**Відповідь.** На згоряння метану об'ємом  $350 \text{ м}^3$  витратиться кисень об'ємом  $700 \text{ м}^3$ . Унаслідок цього утвориться карбон(IV) оксид об'ємом  $350 \text{ м}^3$  і водяна пара об'ємом  $700 \text{ м}^3$ .



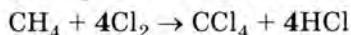
2. Визначте, чи вистачить хлору об'ємом 120 л на повне хлорування метану об'ємом 25 л (об'єми газуватих реагентів і продуктів виміряно за однакових умов).

Розв'язок

$V(\text{Cl}_2) = ?$

$V(\text{CH}_4) = 25 \text{ л}$

Запишемо хімічне рівняння повного хлорування метану



й за коефіцієнтами перед формулами газуватих речовин визначимо співвідношення між їхніми об'ємами.

$$V(\text{CH}_4) : V(\text{Cl}_2) = 1 : 4$$

$$V(\text{Cl}_2) = 4V(\text{CH}_4) = 4 \cdot 25 \text{ л} = 100 \text{ л}$$

**Відповідь.** Оскільки на повне хлорування метану витратиться хлор об'ємом 100 л, то зазначеної в умові кількості хлору вистачить для проведення реакції.

3. Для синтезу гідроген хлориду було взято хлор об'ємом 5 л і водень об'ємом 8 л. Визначте об'ємний склад газової суміші, яка утвориться після реакції (об'єми газуватих реагентів і продуктів виміряно за однакових умов).

Цю задачу розв'яжімо усно, використовуючи наведене у параграфі хімічне рівняння синтезу гідроген хлориду. З нього очевидно, що з хлором об'ємом 5 л прореагує водень такого самого об'єму. Отже, водень об'ємом 3 л не братиме участі у реакції. Об'єм утвореного гідроген хлориду буде вдвічі більшим за об'єм хлору і становитиме 10 л. Тобто газова суміш після закінчення реакції міститиме гідроген хлорид об'ємом 10 л і водень об'ємом 3 л.

Уміння використовувати відношення об'ємів газів для обчислень за хімічними рівняннями знадобиться вам під час подальшого вивчення органічних і неорганічних речовин. У промисловості ці вміння необхідні для розрахунків об'ємів газуватих реагентів і продуктів реакцій.



### Стисло про головне

Відношення об'ємів газів у хімічних реакціях вивчало чимало науковців. Адже вимірювати об'єми газів набагато простіше, ніж їхні маси. Здобуті разом з О. Гумбольдтом експериментальні дані Ж.Л. Гей-Люссак узагальнив у законі об'ємних відношень: *за однакових умов об'єми газуватих речовин у хімічних реакціях співвідносяться між собою як невеликі цілі числа.*

Дослідження Гей-Люссак та відкриті ним закономірності стали вагомим внеском у розвиток уявлень про атоми й молекули.



### Застосуйте свої знання й уміння

- Виберіть правильне доповнення твердження. **За однакових умов об'єми газуватих речовин у хімічних реакціях співвідносяться між собою як:**  
**А** Невеликі цілі числа; **Б** Цілі числа, кратні десяти; **В** Дробові числа, кратні числу Авогадро; **Г** Індокси у хімічних формулах.

2. Виберіть об'єм (л) водню, який витратився у реакції з киснем, якщо продукт взаємодії – водяна пара об'ємом 300 л (об'єми газуватих реагентів і продуктів виміряно за однакових умов):  
**A 150; Б 300; В 450; Г 600.**
3. Виберіть об'єм (л) хлору, витраченого на повне хлорування метану, якщо один з продуктів реакції – гідроген хлорид об'ємом 40 л (об'єми газуватих реагентів і продуктів виміряно за однакових умов):  
**A 20; Б 40; В 80; Г 160.**
4. Виберіть об'єм (л) метану, на повне хлорування якого було витрачено хлор об'ємом 16 л (об'єми газуватих реагентів і продуктів виміряно за однакових умов):  
**A 4; Б 8; В 16; Г 32.**
5. Для синтезу гідроген хлориду було взято хлор об'ємом 0,4 л і водень об'ємом 0,2 л. Визначте об'ємний склад газової суміші, яка утвориться після реакції (об'єми газуватих реагентів і продуктів виміряно за однакових умов).
6. Виберіть об'єм (л) гідроген хлориду, який утворився на першій стадії хлорування метану об'ємом 6 л (об'єми газуватих реагентів і продуктів виміряно за однакових умов):  
**A 6; Б 12; В 18; Г 24.**
7. У побутовому газовому котлі з бойлером витрати метану становлять  $4,38 \text{ м}^3/\text{год}$ . Обчисліть об'єм вуглекислого газу, який утвориться внаслідок безперервної роботи котла упродовж доби (об'єми газуватих реагентів і продуктів виміряно за однакових умов).
8. У газовому котлі витрати метану становлять  $0,9 \text{ м}^3/\text{год}$ . Обчисліть об'єм кисню, який витрачається внаслідок безперервної роботи котла упродовж 5 годин (об'єми газуватих реагентів і продуктів виміряно за однакових умов).
9. \*Позашляховик, який працює на водневому паливі, витрачає водень масою 4,2 кг на 320 км пробігу. Водень міститься у вуглепластиковому балоні під тиском до 700 атм. За нормальних умов об'єм цієї порції водню становив би  $47,04 \text{ м}^3$ . Обчисліть об'єм кисню (н. у.), який витрачається на подолання цим автомобілем шляху завдовжки 960 км (об'єми газуватих реагентів і продуктів виміряно за однакових умов).



### Скарбничка досвіду



Мал. 21.8

Роздивіться марку, зображену на малюнку 21.8. Дізнайтеся, якій події вона присвячена. Портрет якого науковця, що теж брав участь у цьому дослідженні, не потрапив на марку? Для чого дослідники взяли із собою термометр, барометр та скляні бутлі з добре притертими пробками? Яких висновків дійшли вчені на основі здобутих результатів? Підготуйте повідомлення про життя й наукові здобутки вченого, зображеного на марці.



## § 22. Гомологи метану. Молекулярні та структурні формули, назви.

Після опрацювання § 22 ви зможете:

називати перші 10 членів гомологічного ряду метану, загальну формулу цього ряду; складати молекулярні, електронні та структурні формули гомологів метану й пояснювати їх; збирати моделі молекул гомологів метану; пояснювати суть гомології.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії:**

що таке кристалогідрати; як визначають карбон(IV) оксид; яку будову має молекула метану; як складають електронні формули речовин; що таке спрощена структурна формула і як її перетворити на повну структурну формулу речовини.

• **Гомологи метану** (алкани) трапляються у нашому житті чи не на кожному кроці (мал. 22.1). Вони – компоненти природного і попутного нафтового газу, нафти.

Що означає слово «гомолог»? У перекладі з давньогрецької «ὁμοιος» означає «подібний, схожий», а «λογος» – «слово», «закон». Чим саме подібні до метану та між собою його гомологи?

Елементний склад численних гомологів метану з'ясуємо за допомогою простого досліду (мал. 22.2). Продукти згоряння парафіну пропустимо послідовно через безводний купрум(II) сульфат і водний розчин кальцій гідроксиду (вапняну воду).

Помутніння вапняної води зумовлює продукт повного окиснення парафіну – карбон(IV) оксид. Його утворення під час горіння парафіну є підставою стверджувати, що у складі гомологів метану є Карбон. Кіптява, яка утворюється під час неповного згоряння парафіну, також свідчить про наявність Карбону у складі його компонентів.



### Завдання

Запишіть рівняння реакції між карбон(IV) оксидом і кальцій гідроксидом. Класифікуйте цю хімічну реакцію.



**Мал. 22.1.** Гомологи метану входять до складу багатьох широко відомих споживчих продуктів, які видобувають з нафти, – парафіну (1), гасу (2), газового пального (3), вазеліну (4), бензину (5) тощо



**Мал. 22.2.** Визначення якісного складу парафіну (суміші гомологів метану) за продуктами згоряння. 1. Запалена парафінова свічка. 2. Безводний купрум(II) сульфат. 3. Розчин кальцій гідроксиду (вапняна вода). 4. Аспіратор (відсмоктувач повітря)

Другий продукт повного окиснення парафіну – вода. Отже, до складу гомологів метану входить Гідроген.



### Завдання

Опишіть зміну кольору безводного купрум(II) сульфату (мал. 22.2). Запишіть хімічне рівняння, яке пояснює ці зміни (див. § 5).

Якісний і кількісний аналіз довели, що будь-який гомолог метану містить лише два хімічні елементи – Карбон і Гідроген. Такі речовини називають *вуглеводнями*. Однак не всі вуглеводні є гомологами метану. До них належать лише ті, склад яких описує загальна формула  $C_nH_{2n+2}$ , де  $n$  – додатне ціле число. Наприклад, молекулярна формула алкану, у складі якого 4 атоми Карбону, –  $C_4H_{10}$ .



### Завдання

Запишіть молекулярні формули алканів, у складі яких: а) 2; б) 5; в) 17 атомів Карбону.

Отже, поміж розмаїття органічних сполук можна виокремити речовини з однаковим якісним складом, подібні за будовою і хімічними властивостями. Такі речовини називають *гомологами*. За кількісним складом вони відрізняються один від одного на певну кількість груп  $-CH_2-$ . Групу  $-CH_2-$  називають *гомологічною різницею*. Гомологи, розташовані за зростанням їхньої відносної молекулярної маси, утворюють *гомологічний ряд*. Формула будь-якого наступного гомолога може бути отримана додаванням гомологічної різниці до формули попереднього члена гомологічного ряду.



### Завдання

Поясніть, як, знаючи хімічну формулу гексану  $C_6H_{14}$ , визначити формулу гомолога, який у гомологічному ряду: а) передує йому; б) розташований після нього.

Зауважмо, що гомологічні ряди можна побудувати для всіх класів органічних сполук. Приміром, на схемі 22.1 зазначено назви деяких органічних речовин, з якими ви ознайомитеся цього року. Кожна зі сполук є представником певного гомологічного ряду. Проте не обов'язково докладно вивчати усі представники ряду. Адже знаючи властивості одного з членів гомологічного ряду, можна дійти висновків щодо властивості інших представників того ж ряду. Це й зумовлює важливість поняття гомології під час вивчення органічної хімії.

• **Молекулярні та структурні формули, назви** перших десяти членів гомологічного ряду метану представлені у таблиці 22.1. Зверніть увагу на наведені у ній повні структурні формули алканів: кожний наступний гомолог метану виведено з попереднього. Це може бути зроблено заміщенням на групу  $-CH_3$  одного з атомів Гідрогену або розташуванням групи  $-CH_2-$  між двома сусідніми атомами Карбону (мал. 22.3).



### Завдання

Виведіть двома способами структурну формулу гептану зі структурної формули гексану.



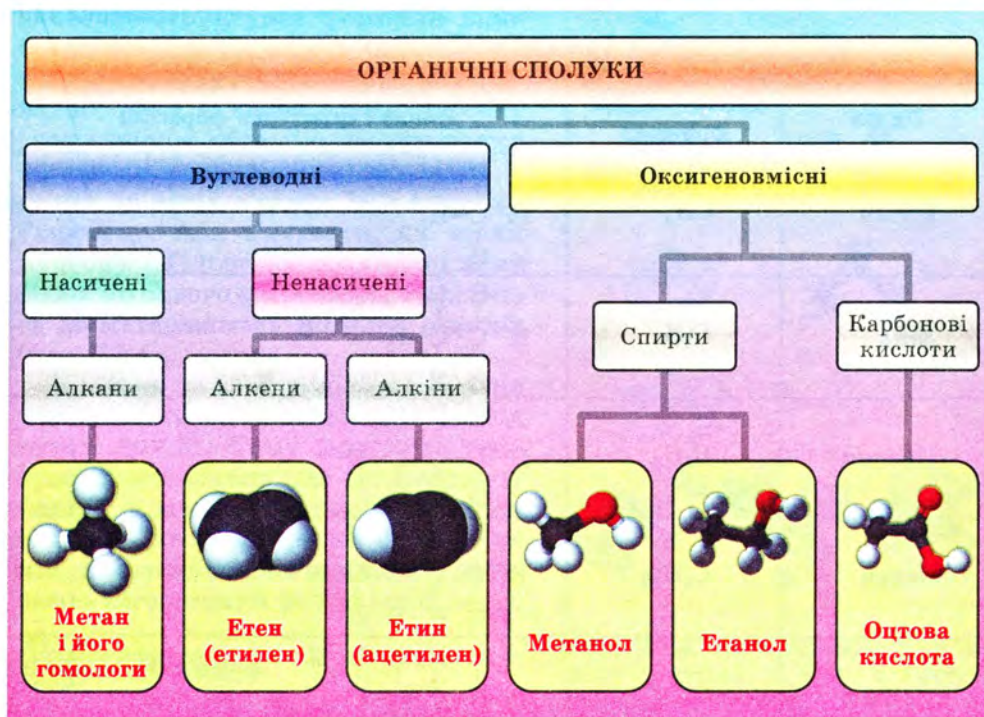
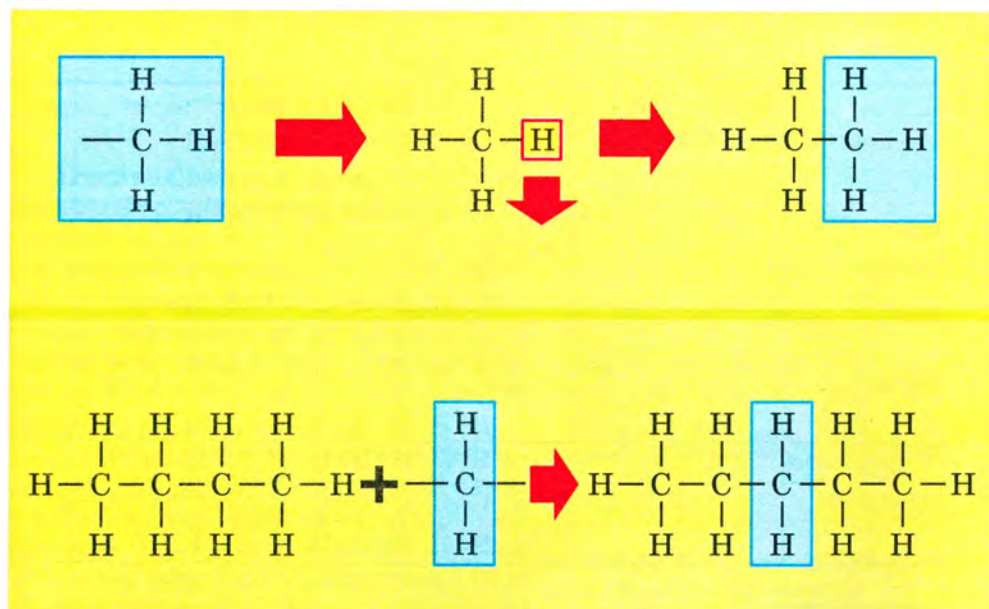


Схема 22.1. Деякі гомологічні ряди та їхні представники



**Мал. 22.3.** 1. Заміщенням атома Гідрогену у структурній формулі метану на  $-CH_3$  групу атомів можна одержати структурну формулу етану. 2. Розташувавши групу  $-CH_2-$  між двома атомами Карбону у структурній формулі бутану, можна одержати структурну формулу пентану

## Гомологи метану

Назва	Молекулярна формула	Повна структурна формула
Метан	$\text{CH}_4$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$
Етан	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Пропан	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Бутан	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Пентан	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Гексан	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Гептан	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Октан	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Нонан	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Декан	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$



## Завдання

1. Запишіть електронні формули пропану та пентану. 2. Проаналізуйте зміст таблиці 22.1 і визначте, чи справедливі загальні закономірності зміни кількісного складу гомологів для представників гомологічного ряду метану.



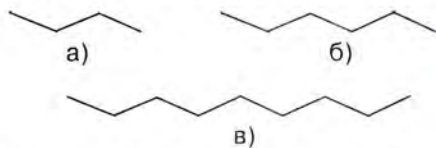
Повні структурні формули відображують послідовність розміщення атомів Карбону і Гідрогену. З них очевидно, що в алканах атоми Карбону сполучені між собою тільки одинарними (простими, ординарними) зв'язками, а решта зв'язків з'єднує їх з атомами Гідрогену. Аби з'ясувати, як атоми Карбону і Гідрогену розміщені один відносно одного у просторі, звернімося до матеріальних моделей алканів (мал. 22.4).

У метані та його гомологах зв'язки між атомами розміщені в просторі під кутом  $109,5^\circ$ . Тому молекула найпростішого алкану має тетраедричну форму, у молекулі етану два атоми Карбону розташовані на одній прямій, а молекули решти алканів набувають зигзагуватої форми (мал. 22.5).



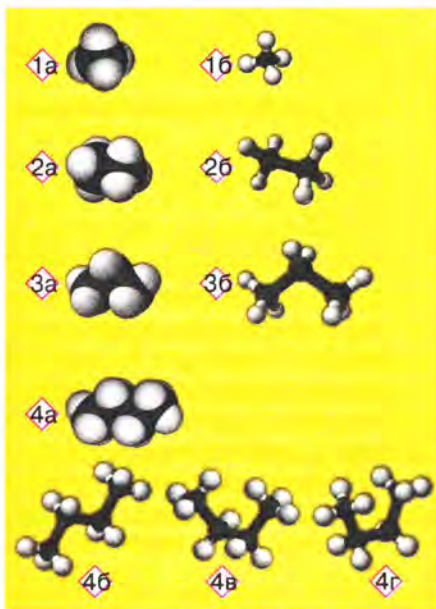
### Завдання

За спрощеними структурними формулами деяких алканів запишіть їхні повні структурні й електронні формули:

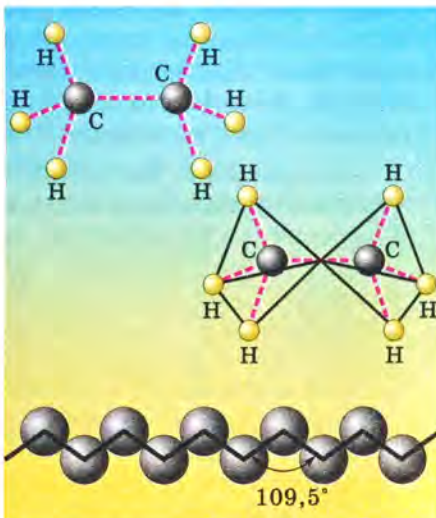


Починаючи від етану виникає можливість обертання навколо ординарного зв'язку С – С. Внаслідок цього молекули алканів можуть набувати різноманітних геометричних форм (мал. 22.4, 4, а – г). Молекулам алканів з понад двома атомами Карбону в ланцюзі властиві вигнуті форми.

Найміцніше засвоюється інформація, одержувана під час самостійного спостереження або дослідження. Аби на власні очі (радіше сказати, власноруч) пересвідчитися у зигзагуватій будові карбонового ланцюга і можливостях обертання атомів навколо карбон-карбових зв'язків, виконайте лабораторний дослід.



**Мал. 22.4.** Матеріальні моделі алканів: 1. Метан. 2. Етан. 3. Пропан. 4. Бутан: а) масштабні моделі; б)–г) кулестержневі моделі



**Мал. 22.5.** У молекулі етану два атоми Карбону розміщені на одній прямій. Карбоний скелет алканів (починаючи від пропану) має зигзагувату форму, яка зумовлена взаємним розташуванням зв'язків між атомами Карбону під кутом  $109,5^\circ$

## № 6. Виготовлення моделей молекул вуглеводнів

**Завдання.** Виготовте моделі молекул метану, етану, пропану, бутану, пентану та підготуйте план складання моделей.

**Обладнання:** пластилін темного і світлого кольорів, сірники або набір для складання кулестержневих моделей молекул.

**Порада.** Об'єднайтеся в «домашні» групи з п'ятьох учнів, ознайомтеся із завданням: кожен з вас має вибрати вуглеводень, який моделюватиме. Перейдіть до «робочої» групи – усі її члени виготовлятимуть модель одного й того самого вуглеводню. Ви зможете порівняти з роботами інших учнів власноруч виготовлену модель та разом скласти план її виготовлення. Потім поверніться до своєї «домашньої» групи, аби продемонструвати свій доробок і узагальнити здобуті знання та вміння. Порівняйте готові моделі і складені плани, виокремте ті пункти плану, які можна використати для самоконтролю.

### *Інструкції для «робочих» груп*

**Інструкція 1.** Змоделюйте молекулу метану. Для цього зі світлого пластиліну виготовте чотири кульки діаметром 2,4 мм – моделі атомів Гідрогену, а з темного – одну кульку, діаметр якої в 1,5 раза більший за модель атома Гідрогену. Це приблизно передасть співвідношення розмірів атомів Гідрогену й Карбону. На поверхні моделі атома Карбону позначте чотири рівновіддалені по кутах тетраедра точки. Вставте в них сірники, на кінці яких приєднайте моделі атомів Гідрогену. *Скільки сірників потрібно для моделювання хімічних зв'язків між атомами? Яка валентність Карбону в молекулі метану?* Перевірте, чи дорівнюють кути між зв'язками  $109,5^\circ$ . Підготуйте план складання моделі цієї молекули.

**Інструкція 2.** Змоделюйте молекулу етану. Для цього зі світлого пластиліну виготовте шість кульок діаметром 2,4 мм – моделі атомів Гідрогену, а з темного – дві кульки, діаметри яких у 1,5 раза більші за модель атома Гідрогену. Це приблизно передасть співвідношення розмірів атомів Гідрогену і Карбону. На поверхнях кульок – моделей атома Карбону – позначте чотири рівновіддалені по кутах тетраедра точки. Обидві кульки з'єднайте сірником. У решту позначених точок вставте сірники, на кінці яких приєднайте моделі атомів Гідрогену. *Скільки сірників потрібно для моделювання хімічних зв'язків між атомами? Яка валентність Карбону в молекулі етану?* Перевірте, чи дорівнюють кути між зв'язками  $109,5^\circ$ . Підготуйте план складання моделі цієї молекули.

**Інструкція 3.** Змоделюйте молекулу пропану. Для цього зі світлого пластиліну виготовте вісім кульок діаметром 2,4 мм – моделі атомів Гідрогену, а з темного – три кульки, діаметри яких у 1,5 раза більші за модель атома Гідрогену. Це приблизно передасть співвідношення розмірів атомів Гідрогену і Карбону. На поверхнях кульок – моделей атома Карбону – позначте чотири рівновіддалені по кутах тетраедра точки. Кульки – моделі атома Карбону – з'єднайте сірниками. У реш-



ту позначених точок вставте сірники, на кінці яких приєднайте моделі атомів Гідрогену. *Скільки сірників потрібно для моделювання хімічних зв'язків між атомами? Яка валентність Карбону в молекулі пропану?* Перевірте, чи дорівнюють кути між зв'язками  $109,5^\circ$ . Підготуйте план складання моделі цієї молекули.

**Інструкція 4.** Змодельуйте молекулу бутану. Для цього зі світлого пластиліну виготовте десять кульок діаметром 2,4 мм – моделі атомів Гідрогену, а з темного – чотири кульки, діаметри яких у 1,5 раза більші за модель атома Гідрогену. Це приблизно передасть співвідношення розмірів атомів Гідрогену і Карбону. На поверхнях кульок – моделей атома Карбону – позначте чотири рівновіддалені по кутах тетраедра точки. Кульки – моделі атома Карбону – з'єднайте сірниками. У решту позначених точок вставте сірники, на кінці яких приєднайте моделі атомів Гідрогену. *Скільки сірників потрібно для моделювання хімічних зв'язків між атомами? Яка валентність Карбону в молекулі бутану?* Перевірте, чи дорівнюють кути між зв'язками  $109,5^\circ$ . З'ясуйте, чи можливе обертання навколо зв'язків C–C. Підготуйте план складання моделі цієї молекули.

**Інструкція 5.** Змодельуйте молекулу пентану. Для цього зі світлого пластиліну виготовте дванадцять кульок діаметром 2,4 мм – моделі атомів Гідрогену, а з темного – п'ять кульок, діаметри яких у 1,5 раза більші за модель атома Гідрогену. Це приблизно передасть співвідношення розмірів атомів Гідрогену і Карбону. На поверхнях кульок – моделей атома Карбону – позначте чотири рівновіддалені по кутах тетраедра точки. Кульки – моделі атома Карбону – з'єднайте сірниками. У решту позначених точок вставте сірники, на кінці яких приєднайте моделі атомів Гідрогену. *Скільки сірників ви витратили для моделювання хімічних зв'язків між атомами? Яка валентність Карбону у молекулі пентану?* Перевірте, чи дорівнюють кути між зв'язками  $109,5^\circ$ . З'ясуйте, чи можливе обертання навколо зв'язків C–C. Підготуйте план складання моделі цієї молекули.

#### Інструкції для «домашніх» груп

Порівняйте плани моделювання та моделі молекул метану, етану, пропану, бутану, пентану. *У чому їх подібність і відмінність? Яка валентність Карбону в молекулах вуглеводнів? Чим зумовлена зигзагувата будова карбонового ланцюга? Чи можливе вільне обертання атомів навколо карбон-карбонів зв'язків? Поясніть, для чого моделюють молекули речовин.*

• **Назви гомологів метану** (табл. 22.1), безсумнівно, не залишилися поза вашою увагою – адже всі вони мають однаковий суфікс (*який?*). Він вказує на приналежність вуглеводню до гомологічного ряду метану або, іншими словами, – алканів. Корені у назвах перших чотирьох гомологів цього ряду походять з грецької й пов'язані з назвами спиртів або органічних кислот. Ці спирти й кислоти (*деякі з них ви вивчатимете згодом*) були відомі задовго до відкриття відповідних алканів. Приміром, етиловий (винний) спирт був відомий значно раніше за етан, отриманий

лише 1848 року. Починаючи з пентану, назви алканів походять від грецьких числівників, які показують кількість атомів Карбону в молекулі алкану.



### Завдання

За таблицею 22.1 визначте, що означають грецькі числівники penta- та hepta-.

Поняття гомології в органічній хімії ґрунтується на фундаментальному положенні про те, що хімічні й фізичні властивості речовини визначаються складом і структурою її молекул. Пересвідчитися в цьому на прикладі гомологів метану ви зможете під час вивчення наступного параграфа.



### Стисло про головне

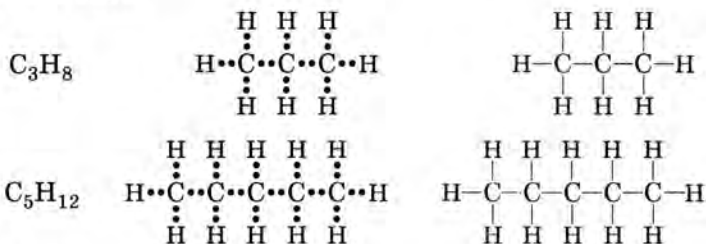
Гомологи метану (алкани) входять до складу багатьох широковідомих споживчих продуктів – парафіну, гасу, газового пального, вазеліну, бензину тощо.

Вуглеводні – органічні сполуки, які складаються з атомів двох елементів – Карбону і Гідрогену. Хімічний склад алканів – вуглеводнів гомологічного ряду метану – описує загальна формула  $C_nH_{2n+2}$ , де  $n$  – додатне ціле число.

Гомологи – речовини з однаковим якісним складом, подібні за будовою і хімічними властивостями. За кількісним складом вони відрізняються один від одного на групу  $-CH_2-$  – *гомологічну різницю*. Гомологи, розташовані за зростанням їхньої відносної молекулярної маси, утворюють *гомологічний ряд*.

Гомологічні ряди можна побудувати для всіх класів органічних сполук. Знаючи властивості одного з членів гомологічного ряду, можна дійти висновків щодо властивостей інших представників того самого ряду. Це й зумовлює важливість поняття гомології під час вивчення органічної хімії.

В алканах атоми Карбону сполучені між собою тільки простими (одинарними, або ординарними) зв'язками, а решта зв'язків з'єднує їх з атомами Гідрогену:



Такі зв'язки також називають одинарними.

У метані та його гомологах зв'язки між атомами розміщені в просторі під кутом  $109,5^\circ$ . Тому молекула найпростішого алкану має тетраедричну форму, у молекулі етану два атоми Карбону розташовані на одній прямій, а молекули решти алканів набувають зигзагуватої форми.



Починаючи з етану, виникає можливість обертання навколо ординарного зв'язку С–С. Внаслідок цього молекули алканів можуть набувати різноманітних геометричних форм. Молекулам алканів з понад двома атомами Карбону в ланцюзі властиві вигнуті форми.

Назви гомологів метану мають однаковий суфікс **-ан**. Він вказує на приналежність вуглеводню до гомологічного ряду метану або, іншими словами, – алканів. Корені в назвах перших чотирьох гомологів цього ряду походять з грецької і пов'язані з назвами спиртів або органічних кислот. Починаючи з пентану, назви алканів походять від грецьких числівників.



## Застосуйте свої знання й уміння

- Назвіть перші 5 членів гомологічного ряду метану з непарною кількістю атомів Карбону в молекулі.
- Виберіть загальну формулу вуглеводнів гомологічного ряду метану:  
**A**  $C_nH_{2n}$ ; **Б**  $C_nH_{2n-2}$ ; **В**  $C_nH_{n+2}$ ; **Г**  $C_nH_{2n+2}$ .
- Алкан з найдовшими молекулами синтезували 1985 р. англійські хіміки І. Бідд і М.К. Уайтінг. Це нонаконтатриктан, молекула якого містить 390 атомів Карбону. Виберіть кількість атомів Гідрогену у молекулі цієї речовини:  
**A** 197; **Б** 390; **В** 780; **Г** 782.
- Визначте молекулярну формулу алкану, масова частка Карбону в якому становить 85 %.
- Складіть молекулярну, електронну та структурні (повну та спрощену) формули алкану: а) відносна молекулярна маса якого дорівнює 30; б) відносна густина за воднем якого дорівнює 22.
- Виберіть ознаку, притаманну членам одного гомологічного ряду:  
**A** Однаковий якісний склад; **Б** Однаковий кількісний склад; **В** Однакова молекулярна маса; **Г** Однакова густина за повітрям.
- Виберіть число, на яке відрізняються відносні молекулярні маси двох сусідніх гомологів:  
**A** 12; **Б** 14; **В** 16; **Г** 18.
- Виберіть правильні твердження. **У молекулах алканів усі хімічні зв'язки:**  
**A** Ковалентні; **Б** Ординарні; **В** Йонні; **Г** Подвійні; **В** Неполарні; **Г** Потрійні.
- Назвіть гомолог метану, починаючи з якого виникає можливість обертання навколо ординарного зв'язку С–С.
- Виберіть суфікс, притаманний назвам гомологів метану:  
**A** -он; **Б** -ен; **В** -ан; **Г** -ин.
- Розташуйте алкани за зменшенням їхніх відносних молекулярних мас:  
**A** Нонан; **Б** Пропан; **В** Октан; **Г** Гексан.
- Розташуйте алкани за зростанням їхніх відносних густин за киснем:  
**A** Етан; **Б** Пропан; **В** Метан; **Г** Бутан.
- Виберіть формулу алкану, у якому масова частка Карбону втричі більша за масову частку Гідрогену:  
**A** Метан; **Б** Етан; **В** Бутан; **Г** Пентан.

## § 23. Фізичні й хімічні властивості та застосування гомологів метану

Після опрацювання § 23 ви зможете:

характеризувати фізичні та хімічні властивості гомологів метану; ілюструвати властивості гомологів метану рівняннями хімічних реакцій; розрізняти за функціональними ознаками насичені вуглеводні; розв'язувати розрахункові задачі вивчених типів на прикладі гомологів метану; наводити приклади застосування гомологів метану; встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями і застосуванням гомологів метану; обґрунтовувати застосування гомологів метану їхніми властивостями.

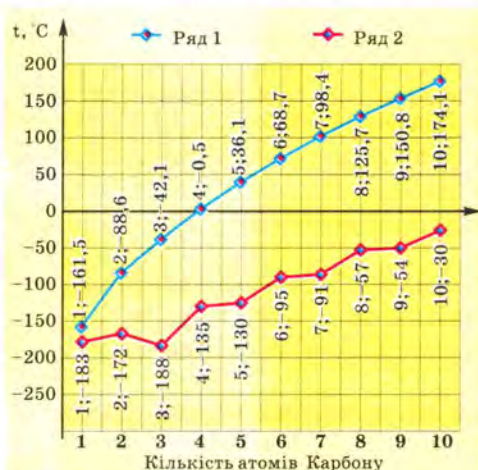
**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії, фізики, біології:** що таке гомологи; на підставі чого було передбачено існування й властивості ще не відкритих хімічних елементів; які існують агрегатні стани речовини; що таке густина речовини; які значення температур кипіння й плавлення властиві газам; що таке емульсія; чому метан – насичений вуглеводень; які хімічні реакції характерні для метану; як впливають на здоров'я підлітків наркотичні й токсичні речовини; які функції виконує кутикула рослин; як квітки пристосовуються до запилення комахами.

• **Фізичні властивості гомологів метану** послідовно змінюються зі зміною їхнього кількісного складу. Молекули алканів слабо взаємодіють одна з одною, тому гомологи метану тверднуть й киплять за порівняно низьких температур.

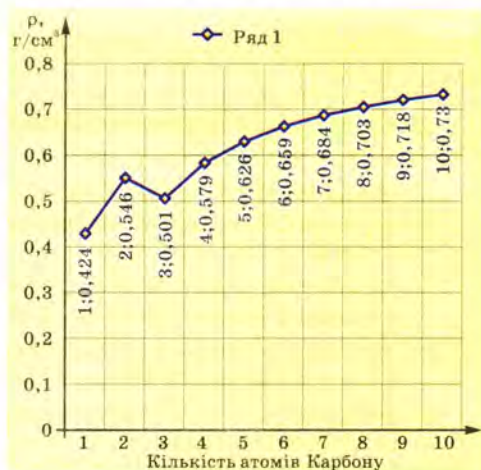


### Завдання

Проаналізуйте графіки на малюнках 23.1 і 23.2. Опишіть, як змінюються в гомологічному ряду температури кипіння і плавлення та густина алканів від метану до декану. 2. Визначте, чи є серед перших десяти членів гомологічного ряду метану (ст. у.): а) газу; б) рідини; в) тверді речовини. 3. Поясніть, чому після розширення водної емульсії гексану, шар води опиняється під шаром вуглеводню.



**Мал. 23.1.** Зміна температури кипіння (ряд 1) і температури плавлення (ряд 2) у гомологічному ряду алканів від метану до декану



**Мал. 23.2.** Зміна густини в гомологічному ряду алканів



Аналізуючи графіки, ви пересвідчилися, що для гомологів метану характерна певна подібність фізичних властивостей. Водночас, зі зміною кількісного складу, фізичні властивості алканів у гомологічному ряду поступово змінюються. Тому, знаючи закономірності в зміні фізичних властивостей членів гомологічного ряду, можна досить точно передбачити властивості відсутніх, тобто ще не відомих гомологів. Послідовну закономірну зміну властивостей у гомологічних рядах вуглеводнів відкрив Карл Шорлеммер (мал. 23.3).



**Мал. 23.3.** Шорлеммер Карл (1834–1892) – німецький хімік. Основні роботи присвячені загальним проблемам органічної хімії і синтезу найпростіших вуглеводнів. Запропонував розглядати насичені вуглеводні як основу для утворення решти класів органічних сполук. Визначив органічну хімію як «хімію вуглеводнів і їхніх похідних». З огляду на це перебудував усю систематику органічних сполук і створив на її основі «Підручник карбонових сполук», який тричі перевидавали



### Завдання

Висловіть припущення, чому жирову пляму з тканини вибавляють не водою, а за допомогою бензину. Обґрунтуйте свою думку.

Встановлено також, що від довжини карбонового ланцюга вуглеводнів істотно залежить їхній запах. Вуглеводні від метану до бутану не мають запаху. Пентану притаманний слабкий характерний запах рідини



**Мал. 23.4.** До складу гідрофобної воскоподібної плівки, яка вкриває фрукти, входять і гомологи метану. Ось чому вода не розтікається по поверхні, а утворює краплини



**Мал. 23.5.** 1. Горіння метану.  
2. Горіння парафіну

гомологічного ряду, легко спрогнозувати хімічну поведінку й інших членів цього ряду.

Отже, можна передбачити, що, так само як і метан, його гомологи є насиченими вуглеводнями. Тому їхня хімічна активність невисока. Адже ординарні C–H і C–C зв'язки досить міцні, їх важко зруйнувати. Тож гомологи метану не вступають у реакції приєднання, не знебарвлюють водний розчин калій перманганату. Типовими для них є реакції повного окиснення та заміщення атомів Гідрогену атомами галогенів.

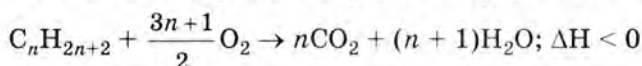
Реакцію повного окиснення гомологів метану ви вивчали на прикладі горіння парафіну. Аналіз продуктів згоряння (мал. 22.2) довів, що і під час горіння найпростішого алкану (мал. 23.5.1) і внаслідок спалювання суміші твердих алканів C<sub>19</sub>–C<sub>35</sub> (мал. 23.5.2) утворюються одні й ті самі речовини (назвіть їх). Приклад:  $2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$ ;  $\Delta H < 0$ .



### Завдання

Запишіть термохімічні рівняння реакцій повного окиснення: а) пропану; б) алкану, у молекулі якого міститься двадцять атомів Карбону.

Характер горіння гомологів метану змінюється зі зростанням вмісту Карбону. Загальний вигляд рівняння реакції горіння алканів такий:



Очевидно, що зі збільшенням у ланцюзі кількості атомів Карбону ( $n$ ) збільшується кількість кисню, необхідного для повного окиснення алкану. Під час горіння вищих алканів ( $n \gg 1$ ) наявного в повітрі кисню може забракнути для їхнього повного окиснення. Тоді утворюються продукти часткового окиснення: карбон(II) оксид (чадний газ) та сажа – дрібнодисперсний вуглець. Тому вищі алкани горять на повітрі світним кіптявим полум'ям – це зумовлено наявністю в ньому розжарених частинок сажі. Пам'ятаймо: токсичний, безбарвний, без запаху чадний газ, що виділяється попутно, є небезпечним для людини.

Унаслідок хлорування алканів утворюється суміш їхніх галогенопохідних.



### Завдання

Скляний циліндр заповнили сумішшю пропану з хлором. Спрогнозуйте зміни, які відбуватимуться із сумішшю. Поясніть, чому суміш не можна виставляти на



пряме сонячне світло чи під яскраве штучне джерело освітлення. Запишіть, використовуючи повні структурні формули, хімічне рівняння першої стадії хлорування пропану, якщо заміщення відбувається біля крайнього атома Карбону. За потреби зверніться до малюнка 20.4.

• **Застосування гомологів метану** зумовлене їхніми властивостями. Розгляньмо кілька прикладів. Згоряння пропану і бутану супроводжується виділенням чималої кількості теплоти. До того ж ці гази легко зріджуються, тому їх використовують як побутове і моторне паливо. Також ці вуглеводні, як окремо, так і у суміші з пентаном і гексаном, застосовують для розпорощення вмісту аерозольних упаковок.

Пентан і гексан – розчинники, їх використовують у лабораторній практиці та на виробництві. Варто пам'ятати, що рідкі гомологи метану та чимало галогенопохідних алканів – токсичні речовини. Потрапляння цих речовин в організм через органи дихання та шкіру спричиняє хронічні й гострі отруєння. Особливо небезпечним є ефект звикання до них – токсикоманія.



## Завдання

Пригадайте з курсу основ здоров'я, чим небезпечна токсикоманія. Змодельуйте ситуацію відмови від небезпечних пропозицій.

Парафін нетоксичний, тож ним просочують пакувальні матеріали для харчових продуктів. Також парафіном обробляють верхню частину (поблизу головки) сірників, аби вони краще горіли. Парафіноterapia – високоефективна лікувальна та косметологічна процедура.

Вазелінова олія – суміш рідких вуглеводнів з кількістю атомів Карбону у ланцюзі до 15 – прозора рідина без запаху й смаку, яку використовують у медицині, парфумерії й косметології. Вазелін – суміш рідких і твердих насичених вуглеводнів з кількістю атомів Карбону в ланцюзі не більше 25. Його застосовують у медицині для виготовлення мазей.

З гомологів метану синтезують найрізноманітніші органічні сполуки, без яких важко уявити повсякденне життя. Бензин, гас, мастила, пластмаси, засоби для прання та чищення, лікарські препарати, фарби, клеї тощо – усе це продукти переробки алканів (мал. 23.6).



Мал. 23.6. Застосування гомологів метану й продуктів їхньої переробки



Не лише люди, а й бактерії, рослини і тварини використовують алкани. Існують бактерії, здатні окиснювати вуглеводні, зокрема насичені. На цьому базується прогресивна біотехнологія очищення ґрунтів від забруднення нафтопродуктами.



### Цікаво?

Деякі з вищих насичених вуглеводнів входять до складу феромонів тварин. Запах феромонів приваблює або відлякує комах. Наприклад, феромон тривоги в мурашок-древоточців містить насичений вуглеводень декан. Вуглеводні  $C_{16}-C_{36}$ , які є в поверхневому шарі кутикул рослин, запобігають їхньому висиханню. У ході еволюції насичені вуглеводні, які виробляють квітки орхідеї роду *Ophrys* (*O. sphegodes*) (мал. 23.7), набули нової функції – приваблювання комах.

### Пізнавально!

Зумовленість застосування речовин їхніми властивостями та залежність властивостей від хімічного складу і будови розглядатимемо й далі, на прикладах представників інших гомологічних рядів.



### Стисло про головне

Для гомологів метану характерна певна подібність фізичних властивостей. Водночас, зі зміною кількісного складу, фізичні властивості алканів у гомологічному ряду поступово змінюються. Тому, знаючи закономірності в зміні фізичних властивостей членів гомологічного ряду, можна досить точно передбачити властивості відсутніх, тобто ще невідомих гомологів.

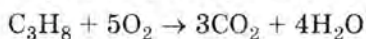
Молекули алканів слабо взаємодіють одна з одною, тому гомологи метану тверднуть і киплять за порівняно низьких температур. Гомологи метану практично нерозчинні у воді і в інших полярних розчинниках. Водночас рідкі алкани – хороші розчинники для багатьох неполярних органічних речовин. Запах вуглеводнів залежить від довжини карбонового ланцюга. Усі алкани – ізолятори.



**Мал. 23.7.** Квітки орхідеї роду *Ophrys* (*O. sphegodes*) подібні до статевозрілих самок бджоли *Andrena nigroaenea* не тільки формою й забарвленням. Вони приваблюють самців бджіл біологічно активними речовинами, серед яких є й насичені вуглеводні

Хімічні властивості метану та його гомологів подібні. Це зумовлено однаковим якісним складом і однотипними хімічними зв'язками в молекулах алканів. Гомологи метану не вступають у реакції приєднання, не знебарвлюють водний розчин калій перманганату. Типовими для них є реакції повного окиснення та заміщення атомів Гідрогену атомами галогенів.

Реакції повного окиснення (горіння) алканів екзотермічні. Продукти цих реакцій – карбон(IV) оксид і вода:







Унаслідок хлорування алканів утворюється суміш їхніх галогенопохідних.

Застосування гомологів метану в різних галузях суспільного господарства зумовлене їхніми властивостями. Також з алканів синтезують найрізноманітніші органічні сполуки, без яких важко уявити повсякденне життя.

На здатності деяких бактерій окиснювати вуглеводні, зокрема насичені, базується прогресивна *біотехнологія* очищення ґрунтів від забруднення нафтопродуктами. Деякі з вищих насичених вуглеводнів входять до складу феромонів тварин.



### Застосуйте свої знання й уміння

- Опишіть фізичні властивості гомологів метану.
- Виберіть речовину, яка розчинятиметься у гексані:  
**А** Вода; **Б** Натрій хлорид; **В** Бром; **Г** Калій гідроксид.
- Розташуйте алкани за зменшенням їхньої густини:  
**А** Октан; **Б** Етан; **В** Декан; **Г** Пентан.
- Розташуйте алкани за зростанням їхньої температури кипіння:  
**А** Октан; **Б** Пентан; **В** Нонан; **Г** Гексан.
- Аби вибавити з тканини чи паперу парафінову пляму, треба пропрасувати її через кілька шарів пористого паперу, наприклад паперові серветки, гарячою праскою. Поясніть, на якій властивості парафіну ґрунтується цей спосіб вибавляння плями.
- Спрей-заморозку «DocSport» використовують для швидкого охолодження поверхні шкіри та м'язових тканин під час вивихів, розтягнень тощо. Головні компоненти спрею – зріджені пропан і бутан (раніше використовували з цієї ж метою токсичний хлоретан  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ). Виберіть правильне твердження.  
**Лікувальний ефект препарату «DocSport» зумовлений тим, що:**  
**А** Швидке випаровування пропану і бутану – ендотермічний процес;  
**Б** Швидке випаровування пропану і бутану – екзотермічний процес; **В** Пропан і бутан – горючі газу; **Г** Пропан і бутан практично нерозчинні у воді.
- Спрей «Дип Фріз» застосовують як зовнішній засіб для лікування болю в м'язах, попереку, ревматичного болю, болю від забиття, судом, розтягнень зв'язок тощо. Чи не головна складова препарату – пентан. Доповніть цитату з інструкції щодо застосування цього препарату: «Потрапивши на шкіру, пентан швидко... Процес... супроводжується поглинанням великої кількості... і сильним... ураженої ділянки тіла. Це тамує біль».
- Олія калини багата на біологічно активні речовини, тому її використовують як компонент харчових добавок, лікарських і косметичних засобів. Виберіть найвірогідніше, на вашу думку, твердження. **У технологічному процесі виробництва олії калини з її плодів пентан і гексан застосовують як:**  
**А** Паливо; **Б** Розчинники; **В** Охолоджувачі; **Г** Ароматизатори.
- Поясніть зміст поняття «насичені вуглеводні».
- Виберіть реакції, характерні для гомологів метану:  
**А** Повне окиснення; **Б** Каталітичне приєднання водню; **В** Приєднання бром; **Г** Часткове окиснення розчином калій перманганату; **Д** Заміщення за участю хлору.



**Мал. 23.8.** Схематичне зображення реакції повного окиснення октану у двигуні внутрішнього згоряння

11. За малюнком 23.8 запишіть рівняння реакції повного окиснення октану, яка відбувається у двигуні внутрішнього згоряння.
12. Обчисліть об'єм: а) карбон(IV) оксиду, який утвориться внаслідок згоряння пропану об'ємом 15 л; б) спаленого бутану, якщо одним з продуктів реакції є водяна пара об'ємом 400 л; в) етану, на першу стадію хлорування якого було витрачено хлор об'ємом 8 л (об'єми газуватих реагентів і продуктів реакцій виміряно за однакових умов).



### Скарбничка досвіду



**Мал. 23.9.** Дюма Жан Батист (1800–1884) – видатний французький хімік, член-кореспондент Петербурзької академії наук. Запропонував методи визначення густини пари речовин, які розкладаються, та Нітрогену в органічних сполуках. Створив теорію типів (1840), згідно з якою всі речовини побудовані подібно до деяких неорганічних сполук (типів). Вивчав дію хлору на органічні речовини

1. На одному з королівських балів паризьке світське товариство, яке зібралося розважитися, змушене було розійтися по домівках через ядушний запах невідомого походження. Аби з'ясувати джерело неприємного запаху, звернулися до відомого хіміка Дюма (мал. 23.9). Він швидко встановив причину події – воскові свічки, вибілені хлором. Поясніть, який з продуктів хлорування алканів, що входили до складу воску, спричинив ядуху.
2. Підготуйте презентацію про життя й науковий доробок цього науковця.
3. Оцініть вірогідність інформації, яка міститься в уривку журнальної статті: «Основою нового гібридного палива, розробленого спільними зусиллями Стенфордського університету й NASA, є парафін (схожий на той, що використовують у звичайних свічках). Він не токсичний, легко транспортується і є екологічно чистим – унаслідок згоряння утворюються тільки вуглекислий газ і вода. "Двигуни на парафіні будуть приблизно такого ж діаметра, але дещо довші за твердопаливні прискорювачі шаттлів, – говорить професор Стенфордського університету Брайан Кентуелл. – Зате їхню тягу можна регулювати в широких межах, їх навіть можна заглушати й запускати заново. До того ж такі двигуни легко повертати на Землю для перезаправлення"».



## § 24. Етилен

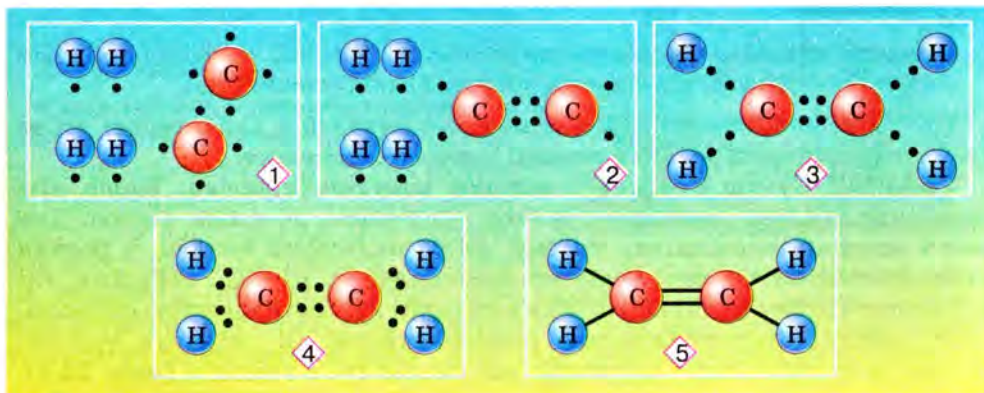
Після опрацювання § 24 ви зможете:

складати й пояснювати молекулярну, електронну та структурну формули етилену; збирати моделі молекули етилену; характеризувати склад, структуру, фізичні та хімічні властивості етилену; ілюструвати властивості етилену рівняннями хімічних реакцій; розрізняти за функціональними ознаками ненасичені вуглеводні й порівнювати їх з насиченими; розв'язувати розрахункові задачі вивчених типів на прикладі етилену; визначати етилен дослідним шляхом; наводити приклади застосування етилену; встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями та біологічними функціями і застосуванням етилену; обґрунтовувати застосування етилену його властивостями, роль етилену в живих організмах.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії та біології:**

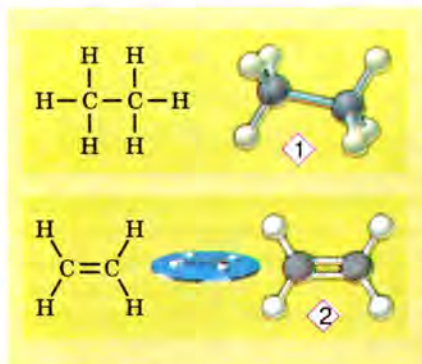
які речовини називають вуглеводнями; яка валентність Карбону в органічних сполуках; що таке гомологи і гомологічна різниця; як і чому змінюється характер горіння вуглеводнів у гомологічному ряду метану; чому лужні метали, галогени, луги не трапляються в природі; чим зумовлена низька реакційна здатність метану та його гомологів; як пов'язані кількість, маса та об'єм газуватих речовин; чому метан – насичений вуглеводень; що таке каталізатор; які хімічні реакції характерні для метану та його гомологів; як рослини борються за виживання.

• **Молекулярна, електронна та структурна формули етилену** (у сучасній науковій хімічній літературі вам траплятиметься й інша назва цієї сполуки – **етен**) – знакові моделі, за допомогою яких унаочнюють склад і будову молекули цієї органічної сполуки. Розгляньмо їх докладніше. За молекулярною формулою етилену  $C_2H_4$  легко встановити його приналежність до *вуглеводнів*. Пригадаймо, Гідроген – одновалентний хімічний елемент, а Карбон в органічних сполуках чотириохвалентний. Як сполучити між собою два атоми Карбону і чотири атоми Гідрогену, аби не порушити цієї умови? Єдиний правильний варіант зображено на малюнку 24.1. На зовнішньому енергетичному рівні атома Гідрогену міститься один неспарений електрон. Атом Карбону у збудженому стані містить на зовнішньому енергетичному рівні чотири неспарені елек-



Мал. 24.1. Послідовність складання електронної та структурної формул етилену





**Мал. 24.2.** Кулестержневі моделі молекул етану (1) і етилену (2) та їхні структурні формули

навколо нього. Кути між зв'язками в молекулі етилену становлять  $120^\circ$ , вона має площинну будову (мал. 24.2, 2). Ви, напевно, звернули увагу, що молекулу етилену можна уявити як молекулу етану, у якій від кожного атома Карбону відщеплено по одному атому Гідрогену. Внаслідок цього між атомами Карбону виникає подвійний зв'язок.



### Завдання

Порівняйте за малюнком 24.2 склад і будову етилену та етану. Поясніть, чи можна вважати етан гомологом етилену. Пригадайте, що таке гомологічна різниця, і складіть молекулярні формули двох наступних за етиленом членів гомологічного ряду. Висловіть припущення, який суфікс має бути в назвах гомологів етилену.

• **Фізичні властивості етилену** зумовлені складом і будовою його молекул, сили притягання між якими дуже слабкі. Етилен – безбарвний газ з ледь відчутним солодкуватим запахом. Він зріджується й твердне за низьких температур. Етилен малорозчинний у воді та інших полярних розчинниках, натомість добре розчиняється у вуглеводнях.



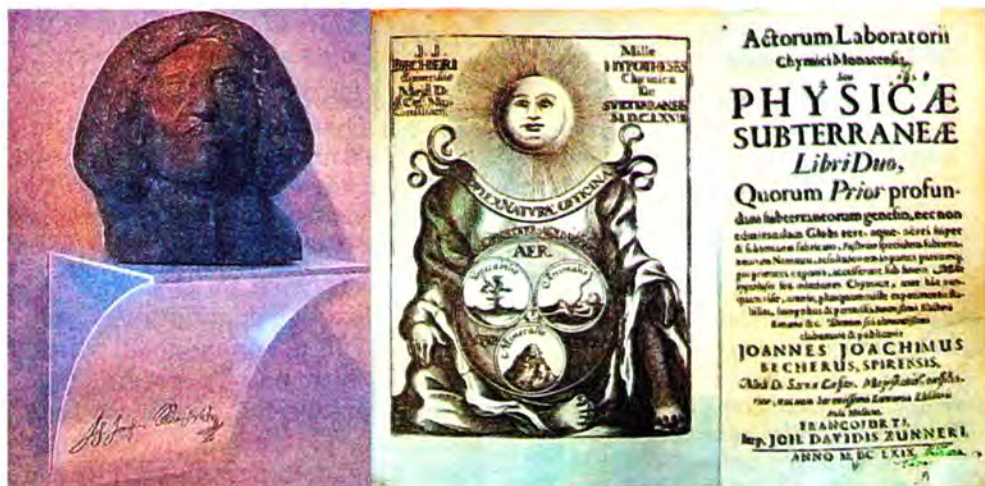
### Завдання

Визначте, легший чи важчий етилен за повітря. Поясніть, чи доцільно збирати етилен у посудину: а) витісненням повітря; б) витісненням води.

• **Хімічні властивості етилену** почнімо вивчати з характерної чи не для всіх органічних речовин реакції повного окиснення.

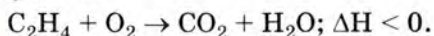
**УВАГА!!!** Суміш етилену з киснем вибухонебезпечна. Перш ніж підпалити етилен, перевірмо його на відсутність домішок кисню. Для цього занурмо газовідвідну трубку, якою надходить етилен, у розчин мийного засобу. Коли склянка наповниться піною, заберімо газовідвідну трубку й підпалимо піну в склянці довгою палаючою скіпкою. Якщо спалах супроводжується різким звуком, це свідчить про наявність домішок кисню в етилені, що надходить з приладу (мал. 24.4). У такому разі підпалювати газ біля газовідвідної трубки вкрай небезпечно. Зачекаймо, доки струмінь етилену не витіснить усе повітря з





**Мал. 24.3.** Бехер Йоганн Йоахим (1635–1682) – німецький хімік і лікар, предтеча теорії флогістону. Займався самоосвітою, здобув ґрунтовні знання в різних галузях науки. Удосконалював методи видобування металів з руд

приладу для добування газу, й повторімо перевірку на чистоту. Етилен горить кіптявим полум'ям:



### Завдання

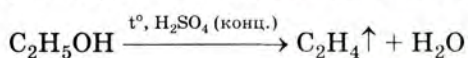
Перетворіть схему реакції горіння етилену на хімічне рівняння. За його коефіцієнтами визначте співвідношення між об'ємами етилену і кисню, за якого їхня суміш вибухонебезпечна.



### Завдання

Не здійснюючи обчислень, порівняйте масові частки Карбону в етані та етилені. Висловіть обґрунтоване припущення, який з двох вуглеводнів за тих самих умов горітиме більш кіптявим полум'ям. Запропонуйте спосіб зменшення кількості кіптяви під час згоряння вуглеводнів.

Саме кіптявий характер полум'я та слабкий запах етилену привернув увагу німецького хіміка й лікаря Йоганна Йоахіма Бехера (мал. 24.3). 1669 р. він уперше добув етилен дією нагрітої концентрованої сульфатної кислоти на етиловий (винний) спирт. Цей спосіб добування етилену в лабораторії актуальний і донині (мал. 24.4):



**Мал. 24.4.** Добування етилену з етилового (винного) спирту. 1. Лійка. 2. Термостійка колба. 3. Суміш етилового спирту з концентрованою сульфатною кислотою, подрібнена порцеляною (кип'ятильники). 4. Пальник. 5. Вода. 6. Підставка. 7. Мірний циліндр. 8. Етилен

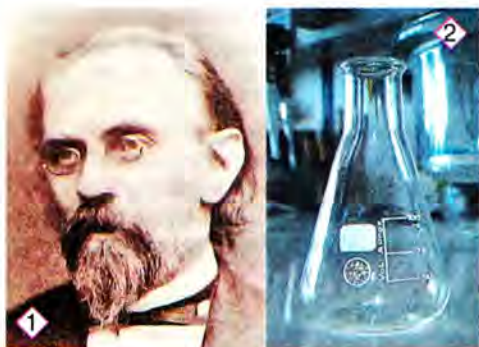




## Завдання

Окрім етилену й води, внаслідок нагрівання етилового спирту з концентрованою сульфатною кислотою утворюється низка побічних продуктів, зокрема карбон(IV) оксид і сульфур(IV) оксид. Поміркуйте й поясніть, для чого добутий етилен пропускають крізь суміш кальцій гідроксиду і натрій гідроксиду або крізь концентровану сульфатну кислоту та концентрований розчин натрій гідроксиду. Свої висновки обґрунтуйте за допомогою хімічних рівнянь.

Своїм відкриттям Бехер не надто переймався, тож не обтяжив себе пошуками назви для добутого газу, який ще понад сто років потому називали «повітрям Бехера». У той самий спосіб 1795 р. голландські хіміки

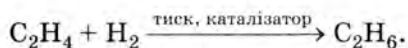


**Мал. 24.5.** 1. Ерленмейер Ріхард Август Карл Еміль (1825–1909) – німецький хімік-органік, учень Ю. Лібіха. Основні дослідження в галузі структурної органічної хімії. Висунув і обґрунтував (1864) ідею про наявність подвійного зв'язку між атомами Карбону. Вперше запропонував загальноприйняті нині формули етилену й ацетилену. Синтезував низку органічних сполук і визначив їхню структуру. Увів у вжиток конічну колбу й газову піч для елементного аналізу. 2. Колба Ерленмейера

Дейман, Потс ван Тростовік, Бонд і Лауверенбург добули етилен, дослідили та описали його властивості. Науковці встановили приналежність синтезованої сполуки до вуглеводнів (*пригадайте, як визначають склад органічних речовин*). Вони виявили, що продукт хлорування етилену – оліїста рідина. Тому називали цей газ олієродним – французькою «olefiant». Згодом олефінами назвали гомологи етилену, сучасна назва цього гомологічного ряду – алкени. Будову етилену – а саме послідовність зв'язків між атомами Карбону й Гідрогену в його молекулі – встановив 1860 р. О.М. Бутлеров. Чотири роки потому Еміль Ерленмейер (мал. 24.5, 1) висунув ідею про подвійний зв'язок між атомами Карбону в молекулі етилену й запропонував позначати її двома рисочками.

Було виявлено, що, на відміну від гомологів метану, етилен досить реакційноздатна сполука. Характерними для нього є *реакції приєднання за місцем подвійного зв'язку*.

Продукт приєднання до етилену водню (*гідрування*) – насичений вуглеводень етан:

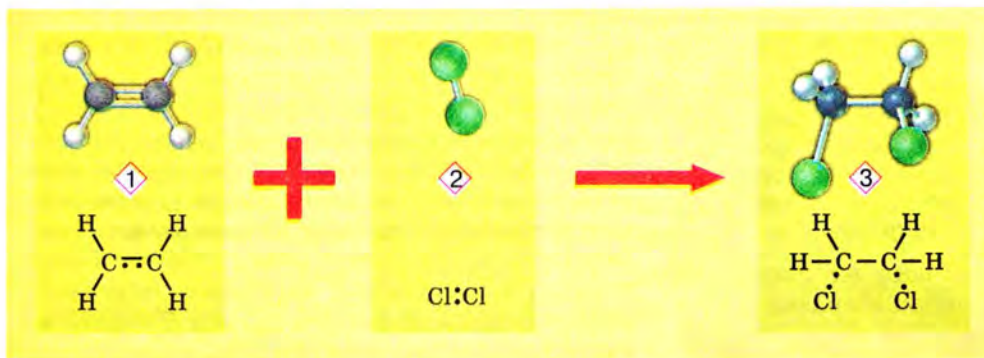


Каталізатори реакції гідрування – платина і нікель.

Унаслідок *хлорування* етилену руйнується один зі зв'язків між атомами Карбону й до кожного з них *приєднується* по одному атому Хлору (мал. 24.6).

1,2-дихлоретан – безбарвна летка рідина зі специфічним запахом, майже негорюча, отруйна. Добре розчиняє жири, смоли, віск тощо. Її токсичні властивості використовують у сільському господарстві для





**Мал. 24.6.** Продукт приєднання до етилену (1) хлору (2) – оліїста рідина 1,2-дихлоретан (3). **Зверніть увагу:** цифри 1 і 2 в назві продукту хлорування вказують на те, що атоми Хлору приєднуються до двох різних атомів Карбону

боротьби з філоксерою на виноградниках, а також для знезаражування зернохвищ.

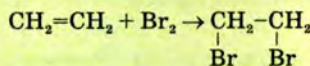
На реакції *приєднання бром*у ґрунтується *якісна реакція на етилен*. Зовнішній ефект цієї реакції (мал. 24.7) – знебарвлення бурого водного розчину брому – так званої бромної води (пригадайте, про її виготовлення йшлося в § 6).



### Завдання

Використовуючи електронні формули (див. мал. 24.6), запишіть рівняння реакції приєднання брому до етилену й назвіть продукт реакції.

Ще одна *якісна реакція на подвійний зв'язок у молекулі етилену* пов'язана з його здатністю легко окиснюватися, зокрема водним розчином калій перманганату. Водний розчин калій перманганату – реактив на сполуки з подвійним зв'язком  $C=C$ . Фіолетовий розчин калій перманганату внаслідок взаємодії з етиленом або його гомологами поступово знебарвлюється.



**Мал. 24.7.** Реактив на етилен (1) та його гомологи – бромна вода (2). Насичений водний розчин брому поступово знебарвлюється (3) внаслідок пропускання крізь нього етилену



**Мал. 24.8.** Вагнер Єгор Єгорович (1849–1903) – російський хімік-органік, учень і соратник О.М. Бутлерова. Розробив (1888) загальний спосіб окиснення за допомогою калій перманганату подвійних зв'язків у етилені та його гомологах. Досліджував будову сполук, які містять кратні зв'язки, зокрема компонентів соснового скипидару

Реакцію названо ім'ям російського хіміка Є.Є. Вагнера (мал. 24.8), який її відкрив і досліджував. Унаслідок цієї окисно-відновної реакції фіолетовий розчин калій перманганату знебарвлюється, утворюється бурий осад сполуки Мангану(IV). Продукт часткового окиснення етилену – етиленгліколь – речовина, яку автомобілісти використовують як антифриз. Вам наразі необов'язково запам'ятовувати назви продуктів цієї реакції часткового окиснення етилену, достатньо знати ознаки її перебігу й уміти використовувати для розпізнавання етилену та інших сполук з подвійним зв'язком  $C=C$ .

• **Етилен у природі**, на відміну від метану і його гомологів, майже не трапляється. Причина полягає у високій реакційній здатності цієї сполуки. Незначні кількості етилену є у вулканічних газах, також він утворюється в тканинах рослин і тварин як проміжний продукт обміну речовин.

• **Застосування етилену** як речовини, за допомогою якої регулюють досягання деяких овочів і фруктів під час їхнього зберігання і транспортування, ґрунтується на його особливій властивості. Етилен – фітогормон, він сприяє дозріванню плодів і спричиняє опадання листків рослин. Найактивніше етилен виробляють зрізані квіти та плоди в період дозрівання.

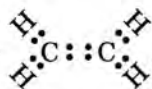
Банани, приміром, виділяють значну кількість етилену й швидко досягають. Аби вони не перезріли й не втратили товарного вигляду, їх збирають ще зеленими і транспортують за температури не вище  $13,5^{\circ}\text{C}$ . Якщо температура буде вищою, посиляться виділення етилену й банани набудуть коричневого кольору. Як регулятори швидкості досягання зручні у використанні сполуки, які легко розкладаються з виділенням етилену, зокрема етрел.

Хімічна активність етилену, його здатність легко окиснюватися і вступати в реакції приєднання зумовила застосування цього газу як сировини для синтезу найрізноманітніших органічних речовин. Чи не найважливішою поміж них є добре відомий вам з повсякденного життя поліетилен. Про цю та інші подібні до нього речовини йтиметься в наступному параграфі.



### Стисло про головне

Молекулярна формула етилену  $C_2H_4$ , електронна –

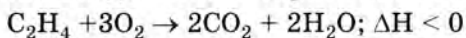


структурна –  $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ . У молекулі етилену атоми Карбону сполучені



подвійним зв'язком, це унеможливило обертання навколо нього. Кути між зв'язками в молекулі етилену становлять  $120^\circ$ , вона має площинну будову.

Етилен – безбарвний газ з ледь відчутним солодкуватим запахом. Він зріджується й твердне за низьких температур. Етилен малорозчинний у воді та інших полярних розчинниках, натомість добре розчиняється у вуглеводнях. Він трохи легший за повітря, тож доцільніше збирати його у посудину витісненням води. Етилен горить кіптявим полум'ям:



Суміш етилену з киснем в об'ємних співвідношеннях 1 : 3 вибухонебезпечна.

У лабораторії етилен добувають дією нагрітої концентрованої сульфатної кислоти на етиловий (винний) спирт. У промисловості етилен одержують шляхом переробки нафти.

Етилен досить реакційноздатна сполука. Характерними для нього є реакції приєднання водню, галогенів тощо за місцем подвійного зв'язку.

На реакції приєднання бром у ґрунтується якісна реакція на етилен. Зовнішній ефект цієї реакції – знебарвлення бурого водного розчину бром – так званої бромної води.

Ще одна якісна реакція на подвійний зв'язок у молекулі етилену пов'язана з його здатністю легко окиснюватися, зокрема водним розчином калій перманганату, який унаслідок реакції знебарвлюється.

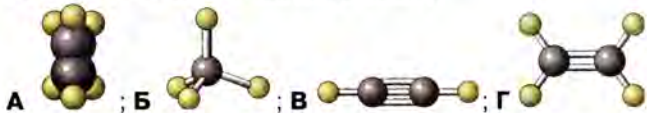
Етилен через високу реакційну здатність у природі майже не трапляється. Як фітогормон він сприяє дозріванню плодів і спричиняє опадання листків рослин.

Хімічна активність етилену, його здатність легко окиснюватися і вступати в реакції приєднання зумовила застосування цього газу як сировини для синтезу найрізноманітніших органічних речовин.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Виберіть модель молекули етилену:



2. Виберіть загальну кількість ковалентних зв'язків у молекулі етилену:

А 2; Б 4; В 6; Г 8.

3. Установіть відповідність між відносною густиною етилену за певним газом та її числовими значеннями.

Відносна густина етилену за певним газом	Числове значення
1 $\text{D}_{\text{O}_2}(\text{C}_2\text{H}_4)$	А 0,875
2 $\text{D}_{\text{H}_2}(\text{C}_2\text{H}_4)$	Б 2
3 $\text{D}_{\text{N}_2}(\text{C}_2\text{H}_4)$	В 14
4 $\text{D}_{\text{CH}_4}(\text{C}_2\text{H}_4)$	Г 1,75
	Д 1

4. Виберіть суму коефіцієнтів у лівій частині рівняння реакції горіння етилену:  
А 2; Б 3; В 4; Г 5.

5. Виберіть характеристики реакції повного окиснення етилену:  
**А** Екзотермічна; **Б** Оборотна; **В** Окисно-відновна; **Г** Ендотермічна; **Д** Реакція розкладу.
6. Виберіть продукти повного окиснення етилену:  
**А** Карбон(II) оксид; **Б** Карбон(IV) оксид; **В** Вода; **Г** Гідроген пероксид; **Д** Озон.
7. Виберіть суму коефіцієнтів у лівій частині рівняння реакції гідрування етилену:  
**А** 1; **Б** 2; **В** 3; **Г** 4.
8. Виберіть реактиви, за допомогою яких виявляють етилен:  
**А** Бромна вода; **Б** Вапняна вода; **В** Дистильована вода; **Г** Розчин калій перманганату; **Д** Розчин купрум(II) сульфату; **Ж** Розчин аргентум(I) нітрату.
9. Обчисліть об'єм: а) кисню, який витратився на спалювання етилену, якщо внаслідок цього утворився вуглекислий газ об'ємом 28 л; б) водню, який витратиться на гідрування етилену об'ємом 400 л, та об'єм продукту реакції; в) хлору, витраченого на хлорування етилену об'ємом 48 л (об'єм газуватих реагентів і продуктів реакції виміряно за однакових умов).
10. Виберіть правильне твердження. **Унаслідок хлорування етилену руйнується:**  
**А** Один зі зв'язків між атомами Карбону й Гідрогену, до атома Карбону приєднується атом Хлору; **Б** Один зі зв'язків між атомами Карбону, й до одного з них приєднується атом Хлору; **В** Один зі зв'язків між атомами Карбону, й до кожного з них приєднується по одному атому Хлору; **Г** Один зі зв'язків між атомами Карбону й Гідрогену, й атом Гідрогену заміщується атомом Хлору.
11. Квіти й фрукти на полотнах митців милують око й вражають свіжістю. Однак у повсякденному житті таке сусідство недоцільне – квіти швидше в'януть, плоди жовтіють, стають зморшкуватими. Поясніть причину цього явища.
12. Задля збільшення терміну зберігання овочів і фруктів у холодильнику виробники пропонують споживачам спеціальну тару та пакетики-саше. Покриття стінок контейнерів містить калій перманганат у суміші з глиною, ця ж суміш входить до складу гранул пакетиків. Як ви вважаєте, чи відповідають ці товари своєму призначенню? Поясніть, чому.



### Скарбничка досвіду

Дізнайтеся, використовуючи різноманітні джерела інформації:

- чому вусики пасифлори починають вигинатися, якщо поблизу розташоване яблуко;
- чому в минулому столітті в оранжереях, аби змусити взимку квітнути ананаси, їх виймали з горщиків і на кілька діб підвішували догори корінням;
- чому на Африканському континенті спроба приручити антилоп й утримувати їх у загонах навколо заростей акації (природного корму цих тварин) виявилася невдалою.

За результатами дослідження підготуйте презентацію.



## § 25. Поняття про полімери. Застосування поліетилену

Після опрацювання § 25 ви зможете:

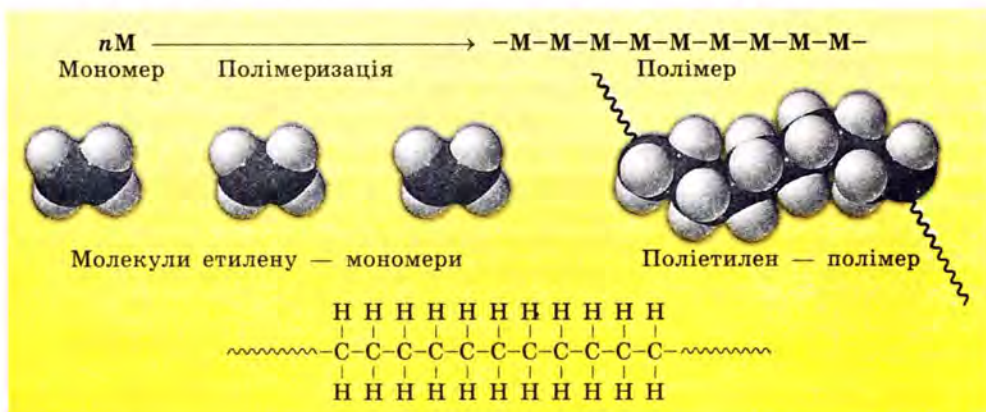
складати й пояснювати молекулярну, електронну та структурну формули поліетилену та його елементарної структурної ланки; характеризувати склад, структуру, фізичні та хімічні властивості поліетилену; наводити приклади застосування поліетилену; встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями і застосуванням поліетилену; обґрунтовувати застосування та роль у природі поліетилену його властивостями.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії:**

які фізичні й хімічні властивості етилену; яка валентність Карбону в органічних сполуках; чим зумовлена низька реакційна здатність метану та його гомологів; що таке каталізатор; що таке діелектрики; чим аморфні речовини відрізняються від кристалічних.

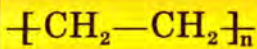
• **Які речовини є полімерами?** Це, наприклад, **поліетилен** – чи не найвідоміша й найпоширеніша **полімерна** сполука, яку добувають **полімеризацією** етилену.

Чи не забагато для одного речення слів із префіксом **поли-**? Що він означає, звідки походить? З грецької «*polys*» – численний, великий, більший за норму. Тому полімери зовсім небезпідставно називають велетнями органічного світу. Адже, порівняно з іншими органічними сполуками, їхня молекулярна маса величезна – від десятків тисяч до мільйонів. Молекули полімерів побудовані з численних **елементарних структурних ланок** – залишків молекул низькомолекулярних сполук. Такі низькомолекулярні сполуки називають **мономерами** – від грецького «*mono*» – один. Утворення полімеру шляхом послідовного сполучення молекул мономера називають **полімеризацією**. Приміром, за підвищеної температури й тиску в присутності каталізатора десятки й сотні тисяч молекул етилену можуть з'єднуватися між собою в довгі ланцюги. Опис цього процесу на мікрорівні представлено на малюнку 25.1.



**Мал. 25.1.** Полімеризація етилену. Показано лише фрагмент полімерного ланцюга, бо реальні розміри макромолекули не дають можливості зобразити її модель повністю





**Схема 25.1.** Ступінь полімеризації  $n$  поліетилену – кількість елементарних структурних ланок у його полімерному ланцюзі

Кількість елементарних ланок у полімерному ланцюзі називають *ступенем полімеризації* (див. схему 25.1).

• **Де трапляються полімери і для чого їх застосовують?** Нині чи не кожний предмет навколо нас містить певну частку натуральних і синтетичних речовин полімерної природи. Вони входять до складу клеїв і фарб, без них неможливо виготовити взуття і тканини, меблі й

автомобілі, сантехнічні вироби й оздоблювальні матеріали. Полімери – складові засобів косметики й гігієни, лікарських препаратів, харчових продуктів тощо. Полімери і пластмаси на їх основі – сучасні, дешеві, відносно надійні й безпечні матеріали, які заповнили світ, ставши невід’ємною частиною життя кожної людини.

• **Чому поліетилен застосовують у найрізноманітніших галузях?** Аби відповісти на це аж ніяк не риторичне запитання, розгляньмо склад і структуру молекул поліетилену – саме вони зумовлюють унікальний комплекс його властивостей.

Поліетилен за властивостями і структурою докорінно відрізняється від етилену й радше подібний до вищих насичених вуглеводнів. І зовнішнім виглядом, і на дотик цей полімер нагадує парафін. Так само як парафін, поліетилен розм’якшується й плавиться за порівняно невисоких температур. Аби пересвідчитися в цьому, нагріймо виріб з поліетилену (трубочку, пробку від пляшки тощо) над полум’ям пальника. Поліетилен швидко розм’якшується, тож можна змінити його форму – вона збережеться й після охолодження виробу. Накладімо одну поліетиленову плівку на край іншої такої самої плівки й накріймо їх аркушем паперу. Проведімо по ньому над місцем стикування плівок не дуже нагрітим паяльником або іншим металевим предметом: плівки виявляться міцно «звареними». Ця властивість поліетилену зумовила його використання для ламінування документів, друкованих наочних посібників. Унаслідок багаторазового нагрівання і охолодження поліетилен зберігає свої властивості, він *термопластичний*.

Якщо поліетилен нагріти сильніше, він плавиться, горить цей полімер синюватим полум’ям без кіптяви.

Поліетилен не втрачає стійкості навіть за температури  $-70^\circ\text{C}$ , тому з нього виготовляють судки для зберігання харчових продуктів у морозильних камерах. Він нетоксичний, не розчиняється у воді й не змочується нею (*пригадайте, як називають цю властивість*), стійкий до дії розчинів кислот, лугів, калій перманганату, органічних розчинників тощо.

У молекулах поліетилену відсутні ділянки з підвищеною чи зниженою електронною густиною. Під дією змінного електричного поля молекули поліетилену не коливаються, тобто не поглинають і не розсіюють енергію поля, тому поліетилен – чудовий діелектрик. Недолік цього полімеру – його нестійкість до сонячної радіації, особливо УФ-променів.

Хімічні, фізичні й експлуатаційні властивості поліетилену залежать від густини й молекулярної маси полімеру. Тому вони різні для різних видів поліетилену. Приміром, поліетилен з розгалуженим ланцюгом (мал. 25.2,1) м’якший за поліетилен з нерозгалуженими молекулами (мал. 25.2,2).





**Мал. 25.2.** Будова молекул поліетилену залежить від умов полімеризації. У поліетилену високого тиску розгалуженість ланцюгів становить 15–25 відгалужень на 1000 атомів Карбону в ланцюзі, а в поліетилену низького тиску – лише 3–6 відгалужень. Тому густина, температури плавлення й розм'якшення, ступінь кристалічності в поліетилену з розгалуженим ланцюгом менші, ніж у поліетилену низького тиску, спосіб полімеризації якого зумовлює малу розгалуженість

Плівки з поліетилену низького тиску твердіші й щільніші, ніж з поліетилену високого тиску. Вони більш міцні, а їхня проникність значно нижча.

Надвисокомолекулярний поліетилен із відносною молекулярною масою понад 1 000 000 має підвищені експлуатаційні властивості. Температурний інтервал його використання від  $-260$  до  $+120$  °C. Він має низький коефіцієнт тертя, високу зносостійкість, стійкість до розтріскування, хімічно стійкий у найагресивніших середовищах.



**Мал. 25.3.** Застосування поліетилену зумовлене його властивостями



### Завдання

За малюнком 25.3 опишіть застосування поліетилену та обґрунтуйте його властивостями цього полімеру.

Унікальний комплекс фізичних і хімічних властивостей зумовив застосування поліетилену як одного з найважливіших сучасних матеріалів. Аби пересвідчитися в цьому на власні очі (радіше сказати, власноруч), виконайте лабораторний дослід.

### ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД

*Пригадайте й неухильно виконуйте  
ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З  
ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ*

#### № 7. Ознайомлення зі зразками виробів з поліетилену

**Обладнання:** скляна паличка, пальник, керамічна або дерев'яна дощечка, поліетиленова й паперова смужки, шматочки поліетиленової плівки, поліетиленовий мішечок та інші вироби з поліетилену.

**Завдання.** Обґрунтуйте властивостями поліетилену його застосування для виготовлення виробів, з якими ви ознайомилися.

#### *Інструкція*

- Роздивіться видані вам вироби з поліетилену. Якого вони кольору, які на дотик?
- Роздивіться поліетиленову плівку. Чи прозора вона? Спробуйте її розтягнути, зім'яти, подряпати скляною паличкою.
- Обережно нагрійте скляну паличку й торкніться нею поліетиленової плівки. Чи термостійкий поліетилен?
- Порівняйте міцність на розрив однакових смужок паперу й поліетилену.
- Налийте в поліетиленовий мішечок води, наповніть його повітрям.

Поліетилен – синтетичний полімер, який не має природних аналогів. Тому мікроорганізмами в природних умовах він не утилізується. Це створює неабиякі екологічні проблеми, що потребують невідкладного розв'язання.



#### **Завдання**

Пригадайте маркування (мал. 25.4) на виробах з поліетилену, поясніть його зміст. Що означають числа 2 і 4 на знаках? Висловіть припущення, який з видів поліетилену – із нерозгалуженою чи з розгалуженою будовою молекул – витримає більшу кількість циклів переробки.

З наступних параграфів цього підручника та з курсу біології ви докладніше дізнаєтеся про найважливіші природні полімери – полісахариди, білки, нуклеїнові кислоти тощо. Це допоможе вам досягнути значення природних і синтетичних високомолекулярних сполук у біологічних процесах і практичній діяльності людини.



**Мал. 25.4.** Міжнародне маркування поліетиленових виробів. LDPE (ПЕНТ) – поліетилен низького тиску. HDPE (ПЕВТ) – поліетилен високого тиску





### Стисло про головне

Молекули полімерів побудовані з численних елементарних структурних ланок – залишків молекул низькомолекулярних сполук – мономерів. Утворення полімеру шляхом послідовного сполучення молекул мономера називають полімеризацією. Кількість елементарних ланок у полімерному ланцюзі – ступінь полімеризації.

Полімери і пластмаси на їхній основі – сучасні, дешеві, відносно надійні й безпечні матеріали – стали невід'ємною частиною життя кожної людини.

Поліетилен – чи не найвідоміша й найпоширеніша полімерна сполука, яку добувають полімеризацією етилену. Його застосовують у найрізноманітніших галузях. Склад і структура молекул поліетилену зумовлюють унікальний комплекс його властивостей.

Поліетилен за властивостями і структурою докорінно відрізняється від етилену й радше подібний до вищих насичених вуглеводнів, зокрема парафіну. Він масний на дотик, розм'якшується і плавиться за порівняно невисоких температур, не втрачає стійкості за низької температури. Поліетилен нетоксичний, не розчиняється у воді, гідрофобний, стійкий до дії розчинів кислот, лугів, калій перманганату, органічних розчинників тощо. Поліетилен – діелектрик, його недолік – нестійкість до сонячної радіації, особливо УФ-променів.

Цей матеріал легко формувати, механічно обробляти тощо. Хімічні, фізичні й експлуатаційні властивості поліетилену залежать від густини й молекулярної маси полімеру. Унікальний комплекс фізичних і хімічних властивостей зумовив застосування поліетилену як одного з найважливіших сучасних матеріалів.

Поліетилен – синтетичний полімер, який не має природних аналогів. Тому мікроорганізмами в природних умовах він не утилізується. Один із шляхів розв'язання цієї екологічної проблеми – багаторазова переробка (рециклізація) поліетиленових виробів.



### Застосуйте свої знання й уміння

- Виберіть формулу поліетилену:  
**A**  $[-CH_2 - CH_2-]_n$ ; **B**  $[-CH = CH-]_n$ ; **B**  $[CH_3 - CH_3]_n$ ; **Г**  $[=CH - CH=]_n$ .
- Виберіть елементарну структурну ланку поліетилену:  
**A**  $-CH_2 - CH_2-$ ; **B**  $-CH = CH-$ ; **B**  $-CH_2-$ ; **Г**  $CH_2 = CH_2$ .
- Виберіть правильне твердження. **Мономером поліетилену є:**  
**A** Метан; **B** Етан; **B** Етилен; **Г** Парафін.
- Виберіть характеристики поліетилену:  
**A** Різкий запах; **B** Діелектрик; **B** Токсичний; **Г** Масний на дотик; **Д** У тонких плівках прозорий; **Е** Хімічно стійкий.
- Назвіть властивості поліетилену, які зумовили його застосування як матеріалу для виготовлення: а) обкладинок для зошитів і підручників; б) штучних суглобів; в) одноразових шприців; г) кожухів дротів; г) одноразового посуду; д) каністр для хімічних реактивів.
- Нестійкість до сонячної радіації, особливо УФ-випромінювання, – один з експлуатаційних недоліків поліетилену. Поясніть, для чого в деякі види

поліетилену навмисно добавляють речовини, які пришвидшують його розкладання під дією світла.

7. Виберіть найраціональніший спосіб утилізації відходів поліетилену:  
**А** Спалювання; **Б** Захоронення на звалищах; **В** Рециклізація; **Г** Подрібнення і скидання у водойми.
8. Назвіть прості буденні дії, які має виконувати кожна цивілізована людина аби зменшити забруднення довкілля відходами поліетилену.



### Скарбничка досвіду

Дослідіть властивості поліетилену за різних температур. Для цього покладіть його в морозильну камеру, потім потримайте біля нагрівального приладу. Після кожної дії намагайтеся його розтягти, подряпати.

Склейте розплавленим поліетиленом папір, тканину, виготовте в такий спосіб для молодшого брата (чи сестри) аплікацію на одяг.

Створіть власну колекцію виробів з поліетилену – реальну або віртуальну, обґрунтуйте застосування поліетилену у вигляді конкретного виробу його властивостями;

Створіть рекламу або антирекламу для вибраних вами виробів з поліетилену, приміром поліетиленового пакета або одноразового стаканчика. За бажанням залучіть до цієї роботи батьків, друзів, знайомих.

З'ясуйте, чи розкладається поліетилен у разі тривалого перебування в землі чи воді, в засобах побутової хімії.

За результатами дослідження підготуйте презентацію.

## § 26. Ацетилен

**Після опрацювання § 26 ви зможете:**

*складати й пояснювати молекулярну, електронну та структурну формули ацетилену; збирати моделі молекули ацетилену; характеризувати склад, структуру, фізичні та хімічні властивості ацетилену; ілюструвати властивості ацетилену рівняннями хімічних реакцій; розрізняти за функціональними ознаками ненасичені вуглеводні й порівнювати їх з ненасиченими; розв'язувати розрахункові задачі вивчених типів на прикладі ацетилену; визначати ацетилен дослідним шляхом; наводити приклади застосування ацетилену; встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями та біологічними функціями і застосуванням ацетилену; обґрунтовувати застосування ацетилену його властивостями.*

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії і біології:**

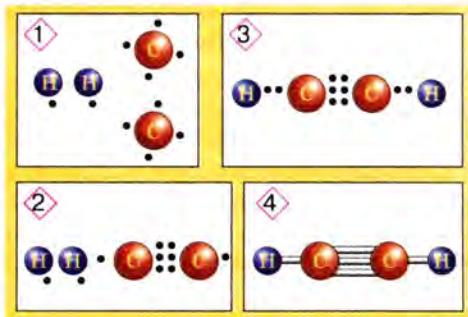
*які речовини називають вуглеводнями; яка валентність Карбону в органічних сполуках; як і чому змінюється характер горіння вуглеводнів залежно від вмісту Карбону; чому лужні метали, галогени, луги не трапляються в природі; чим зумовлена низька реакційна здатність метану та його гомологів; як пов'язані кількість, маса й об'єм газованих речовин; що таке каталізатор.*

• **Молекулярна, електронна та структурна формули ацетилену** (у сучасній науковій хімічній літературі вам траплятиметься й інша назва цієї сполуки – **етин**) – знакові моделі, за допомогою яких унаочнюють склад і будову молекули цієї органічної сполуки. Розгляньмо їх докладніше. За молекулярною формулою ацетилену  $C_2H_2$  легко встановити



його приналежність до *вуглеводнів*. Ви, звичайно, пам'ятаєте, що Гідроген – одновалентний хімічний елемент, а Карбон в органічних сполуках чотириохвалентний.

Як сполучити між собою два атоми Карбону і два атоми Гідрогену, аби не порушити цієї умови? Єдиний правильний варіант зображено на малюнку 26.1. На зовнішньому енергетичному рівні атома Гідрогену міститься один неспарений електрон. Атом Карбону в збудженому стані містить на зовнішньому енергетичному рівні чотири неспарених електрони. На утворення потрібного зв'язку між атомами Карбону кожен з них витрачає по три електрони. Ще по одному неспареному електрону атоми Карбону можуть використати на утворення зв'язків з атомами Гідрогену. Замінивши в електронній формулі ацетилену спільні пари електронів рисочками, дістанемо структурну формулу цієї сполуки.



Мал. 26.1. Послідовність складання електронної та структурної формул ацетилену



### Завдання

Назвіть науковця, який встановив наявність потрібного зв'язку в молекулі ацетилену (за потреби зверніться до § 24).

Отже, у молекулі ацетилену атоми Карбону сполучені потрібним зв'язком, це унеможливило обертання навколо нього. Кути між зв'язками в молекулі ацетилену становлять  $180^\circ$ , вона має лінійну будову (мал. 26.2,3). Ви, напевно, звернули увагу, що молекулу ацетилену можна уявити як молекулу етану, в якій від кожного атома Карбону відщеплено по два атоми Гідрогену. Внаслідок цього між атомами Карбону виникає потрібний зв'язок.



### Завдання

Порівняйте за малюнком 26.2 склад і будову ацетилену, етилену та етану. Поясніть, чи можна вважати їх гомологами. Пригадайте, що таке гомологічна



Мал. 26.2. Кулестержневі моделі молекул етану (1), етилену (2) й ацетилену (3) та їхні структурні формули

різниця і складіть молекулярні формули двох наступних за ацетиленом членів гомологічного ряду.

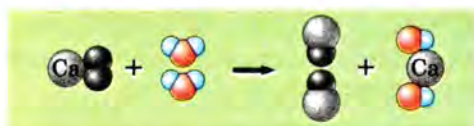
• **Фізичні властивості ацетилену** зумовлені складом і будовою його молекул, сили притягання між якими дуже слабкі. Ацетилен – безбарвний газ, без запаху. Він зріджується й твердне за низьких температур. Ацетилен розчиняється у воді ліпше за метан і етилен. Аби пересвідчитися в цьому, пропустімо ацетилен через воду в пробірці впродовж кількох хвилин. Після цього нагріймо воду до кипіння й до отвору пробірки піднесімо запалену скіпку. Ацетилен, який виділиться з розчину, спалахне.



### Завдання

Визначте, легший чи важчий ацетилен за повітря. Поясніть, чи доцільно збирати ацетилен у посудину: а) витісненням повітря; б) витісненням води.

• **Добування ацетилену** можливо здійснити в кілька способів. Приміром, 1836 р. Едмунд Деві синтезував ацетилен з вуглецю й водню. 1860 р. його відкриття повторив Марселін Бертло, який і назвав добутий газ ацетиленом. У промисловості ацетилен добувають розкладанням метану:  $2\text{CH}_4 \xrightarrow{t^\circ} \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$ . Та чи не найзручнішим і найпоширенішим залишається запропонований 1862 р. Фрідріхом Велером спосіб добування ацетилену дією води на кальцій карбід (мал. 26.3).



**Мал. 26.3.** Моделювання одиничного акту реакції кальцій карбіду з водою

поширенішим залишається запропонований 1862 р. Фрідріхом Велером спосіб добування ацетилену дією води на кальцій карбід (мал. 26.3).



### Завдання

За малюнком 26.3 запишіть рівняння реакції між кальцій карбідом і водою. За малюнком 26.4 опишіть, як добувають і збирають ацетилен у лабораторії.

Цю реакцію здавна використовують у карбідних ліхтарях. У верхньому резервуарі ліхтаря міститься вода, у нижньому – кальцій карбід. Ацетилен, який утворюється внаслідок їхньої взаємодії, трубкою надходить до пальника, де його й підпалюють.



**Мал. 26.4.** Добування ацетилену й збирання його витісненням води.

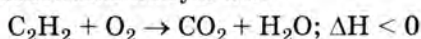
1, 8. Вода. 2. Крапельна ліжка. 3. Конічна колба. 4. Кальцій карбід. 5. Ацетилен. 6. Мірний циліндр. 7. Підставка



З реакції горіння (повного окиснення) почнімо вивчати хімічні властивості ацетилену.

**УВАГА!!!** Суміш ацетилену з киснем вибухонебезпечна. Перш ніж підпалити ацетилен, перевірмо його на відсутність домішок кисню. Для цього занурмо газовідвідну трубку в розчин мийного засобу. Коли склянка наповниться піною, заберемо газовідвідну трубку й підпалімо піну в склянці довгою палаючою скіпкою. Якщо спалах супроводжується різким звуком, це свідчить про наявність домішок кисню в газі, що надходить з приладу. У такому разі підпалювати газ біля газовідвідної трубки вкрай небезпечно. Зачекаймо, доки струмінь ацетилену не витіснить усе повітря з приладу для добування газу, й повторімо перевірку на чистоту.

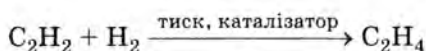
Ацетилен горить кіптявим полум'ям:



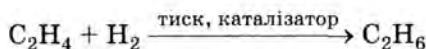
### Завдання

Перетворіть схему реакції горіння ацетилену на хімічне рівняння.

Ацетилен – досить реакційноздатна сполука. Характерними для нього, так само як для етилену, є *реакції приєднання за місцем кратного зв'язку*. Продуктом приєднання до молекули ацетилену однієї молекули водню є етилен:

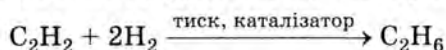


Унаслідок подальшого гідрування утворюється етан (ця реакція вам вже відома):

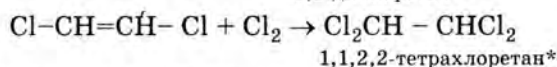
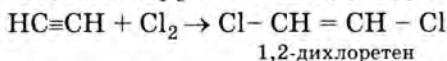


Каталізatori реакції гідрування – платина і нікель.

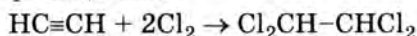
Рівняння реакції повного гідрування ацетилену таке:



Аналогічно відбувається *хлорування* ацетилену:



Сумарне рівняння реакції таке:



Подібно до етилену ацетилен знебарвлює бромну воду й розчин калій перманганату.



### Завдання

Запишіть рівняння реакцій: а) приєднання до молекули ацетилену однієї молекули броду; б) приєднання до молекули ацетилену двох молекул броду.

\* Назви подано для ознайомлення, а не для запам'ятовування



**Мал. 26.5.** Дален Нільс Густав (1869–1937), шведський інженер. Розробив методи безпечного зберігання газу й сконструював спеціальний клапан для автоматичного запалювання (з темрявою) і гасіння (зі світанком) ацетиленового полум'я в джерелах світла маяків і буїв. Це дало змогу заощаджувати чималі кошти на обслуговування маяків, особливо на довгим морським узбережжя Швеції

джерелах світла маяків і буїв. Однак під час досліджень унаслідок вибуху газу втратив зір.

Також ацетилен використовують як сировину для синтезу різноманітних органічних речовин.

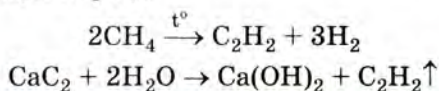


### Стисло про головне

Молекулярна формула ацетилену  $C_2H_2$ , електронна –  $H:C::C:H$ , структурна  $H-C\equiv C-H$ . У молекулі ацетилену атоми Карбону сполучені потрійним зв'язком, це унеможливорює обертання навколо нього. Кути між зв'язками в молекулі ацетилену становлять  $180^\circ$ , вона має лінійну будову.

Ацетилен – безбарвний газ, без запаху, трохи легший за повітря, зріджується й твердне за низьких температур. Він малорозчинний у воді та інших полярних розчинниках, натомість добре розчиняється у вуглеводнях.

У промисловості ацетилен добувають термічним розкладанням метану та дією води на кальцій карбід:



• **Ацетилен у природі** майже не трапляється. Причина полягає у високій реакційній здатності цієї сполуки. За допомогою космічного зонда Гюйгенс астрономи виявили ацетилен на поверхні Титана, супутника Сатурна. Науковці вважають, що на Титані падають ацетиленові дощі внаслідок розпаду молекул метану під дію УФ-випромінювання.

• **Застосування ацетилену** ґрунтується насамперед на використанні теплової і світлової енергії, яка виділяється під час його горіння. Ацетиленові (карбідні) ліхтарі використовували у велосипедних і автомобільних фарах, на маяках тощо.

**Спелеологи** та **дигери** й досі застосовують карбідні ліхтарі під час мандрівок підземними лабіринтами. За допомогою високотемпературного ацетиленокисневого полум'я зварюють і ріжуть метали.

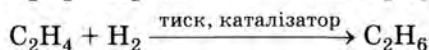
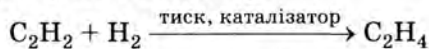
Однак слід пам'ятати, що повітряно-ацетиленові суміші з об'ємною часткою ацетилену 3–82 % вибухонебезпечні, тож потребують особливо обережного поводження. Приміром, шведський інженер Нільс Густав Дален (мал. 26.5) 1912 р. одержав Нобелівську премію за винаходження пристрою для автоматичного запалювання і гасіння ацетиленового полум'я у



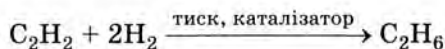
Ацетилен горить кіптявим полум'ям:



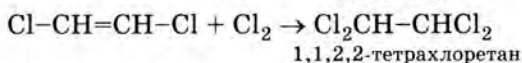
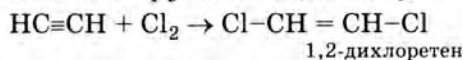
Характерними для ацетилену, так само як для етилену, є реакції приєднання за місцем кратного зв'язку:



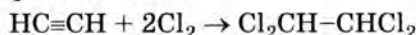
Каталізатори реакції гідратування – платина і нікель. Сумарне рівняння реакції таке:



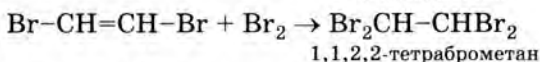
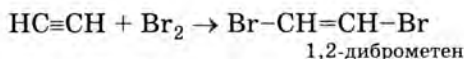
Аналогічно відбувається *хлорування* ацетилену:



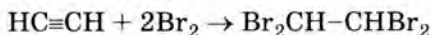
Сумарне рівняння реакції таке:



Подібно до етилену ацетилен знебарвлює бромну воду й розчин калій перманганату:



Сумарне рівняння реакції таке:



Ацетилен у природі майже не трапляється. Причина полягає у високій реакційній здатності цієї сполуки.

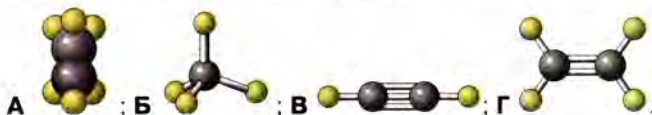
Застосування ацетилену ґрунтується насамперед на використанні теплової і світлової енергії, яка виділяється під час його горіння. За допомогою високотемпературного ацетиленокисневого полум'я зварюють і ріжуть метали. Також ацетилен використовують як сировину для синтезу різноманітних органічних речовин.

Повітряно-ацетиленові суміші з об'ємною часткою ацетилену 3–82 % вибухонебезпечні, тож потребують особливо обережного поводження.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Виберіть модель молекули ацетилену:



2. Виберіть зображення хімічного зв'язку між атомами Карбону в молекулі ацетилену:

А – ; Б = ; В ≡ ; Г ≡ .

3. Виберіть загальну кількість спільних електронних пар у молекулі ацетилену:  
**А 2; Б 3; В 4; Г 5.**
4. Виберіть загальну кількість ковалентних зв'язків у молекулі ацетилену:  
**А 2; Б 3; В 4; Г 5.**
5. На занятті хімічного гуртка учні 9 класу добули ацетилен, перевірили його на чистоту й зібрали в мірний циліндр. Циліндр з ацетиленом вони закріпили у штативі так, щоб отвір циліндра був занурений у посудину з підфарбованою холодною водою. Зібрану установку дев'ятикласники залишили до наступного заняття. Спрогнозуйте зміни, які відбулися з рівнем води в циліндрі.
6. Виберіть суму коефіцієнтів у лівій частині рівняння реакції горіння ацетилену:  
**А 2; Б 3; В 6; Г 9.**
7. Запишіть рівняння хімічних реакцій, про які йдеться в уривку з літературного твору. До яких типів належать ці реакції?  
«...Доки погасне світло каганця в одному вікні. Поганеньке, мізерне це світельце – в кімнаті в техніка далеко ясніше, бо в нього горить справжня ацетиленова лампа, але доктор Рудольф не дивиться на технікові вікна» (В. Винниченко. Сонячна машина).
8. Виберіть реактиви, за допомогою яких виявляють етилен:  
**А Бромна вода; Б Вапняна вода; В Дистильована вода; Г Розчин калій перманганату.**
9. Внаслідок спалювання ацетилену утворився вуглекислий газ об'ємом 8 л. Обчисліть об'єм кисню, який витратився в цій реакції (об'єми газуватих реагентів і продуктів реакції виміряно за однакових умов).
10. Обчисліть об'єм водню, який витратиться на повне гідрування ацетилену об'ємом 20 л (об'єми газуватих реагентів і продуктів реакції виміряно за однакових умов).

## § 27. Метанол, етанол, гліцерин

**Після опрацювання § 27 ви зможете:**

*складати й пояснювати молекулярні, електронні та структурні формули метанолу, етанолу, гліцерину; збирати моделі їхніх молекул; характеризувати склад, структуру, фізичні та хімічні властивості цих сполук; ілюструвати властивості метанолу, етанолу, гліцерину рівняннями хімічних реакцій; розрізняти спирти за функціональними ознаками.*

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії, біології, основ здоров'я:**

*які хімічні елементи, окрім Карбону, є органогенами; яка валентність Карбону й Оксигену в органічних сполуках; який склад гідроксильної групи, у яких неорганічних сполуках вона трапляється; що таке електронегативність і як утворюється ковалентний полярний зв'язок; що таке водневий зв'язок і як він позначається на властивостях речовин; як і чому змінюється характер горіння вуглеводнів залежно від умісту Карбону; що таке гідрати; які продукти згоряння вуглеводнів і як їх виявляють; як вода реагує з активними металами.*

Ви, звичайно, пам'ятаєте (див. § 18), що до складу органічних сполук, окрім Карбону й Гідрогену, може входити також Оксиген. Зокрема, до *оксигеновмісних органічних сполук* належать спирти – **метанол, етанол, гліцерин** (у сучасній науковій хімічній літературі вам траплятиметься й інша назва гліцерину – **гліцерол**). Ви, напевно, звернули увагу на суфікс



–ол у назвах цих речовин. Що він означає, на які особливості хімічного складу і будови молекул спиртів вказує? Аби з'ясувати це, розгляньмо моделі, за допомогою яких унаочнюються склад і будову молекул спиртів.

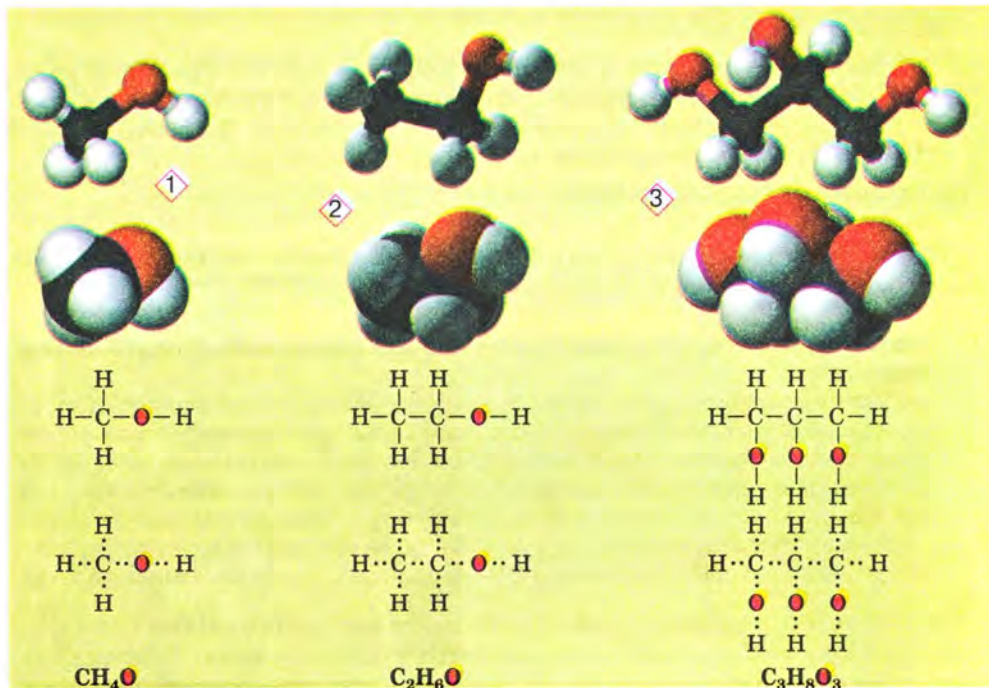
• **Молекулярні, електронні та структурні формули метанолу, етанолу, гліцерину** наведені на малюнку 27.1.

Наявність однієї (чи кількох) груп атомів –ОН є очевидною спільною рисою структур метанолу, етанолу й гліцеролу. Ці речовини можна розглядати як похідні алканів. Приміром, якщо у структурній формулі метану один з чотирьох атомів Гідрогену замінити на гідроксильну групу, дістанемо структурну формулу метанолу. Внаслідок аналогічної дії зі структурною формулою етану одержимо структурну формулу етанолу. Аби зобразити структурну формулу гліцерину, достатньо у структурній формулі пропану замінити на групу –ОН атом Гідрогену біля кожного з трьох атомів Карбону.

Метанол і етанол – похідні насичених вуглеводнів, їхні молекули містять по одній гідроксильній групі. Тому ці спирти називають *насиченими одноатомними спиртами*. Гліцерол – *насичений трьохатомний спирт* (пояснить, чому).

Групу –ОН називають *функціональною групою* спиртів – адже вона зумовлює їхні хімічні властивості – здатність вступати в хімічні реакції.

• **Фізичні властивості метанолу, етанолу й гліцерину** також істотно залежать від наявності в їхньому складі гідроксильних груп. Розгляньмо докладніше будову гідроксильної групи. Велика різниця в електронегативності Оксигену й Гідрогену зумовлює високу полярність зв'язку О–Н.



**Мал. 27.1.** Кулестержневі й масштабні моделі молекул метанолу (1), етанолу (2), гліцерину (3), молекулярні, електронні та структурні формули цих спиртів

З огляду на це, не дивно, що метанол, етанол і гліцерин добре розчиняються в полярних розчинниках, передусім воді. З нею вони змішуються в будь-яких співвідношеннях (пригадайте, про це йшлося в § 4–6).

Аби дослідити розчинення гліцерину у воді, виконаймо лабораторний дослід.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД

*Пригадайте й неухильно виконуйте  
ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ  
З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ*

### № 8. Фізичні властивості гліцерину

#### Завдання

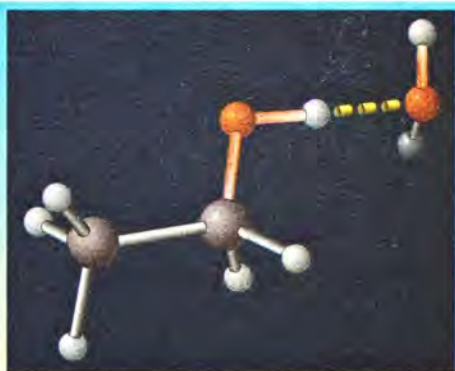
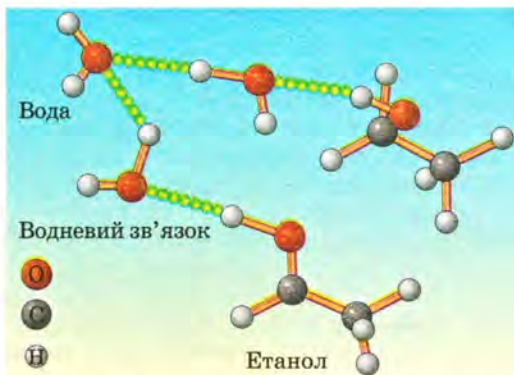
Дослідіть фізичні властивості гліцерину.

**Обладнання:** градуйована пробірка або піпетка, пробірка, фільтрувальний папір. **Реактиви:** гліцерин; чорнило або харчовий водорозчинний барвник, дистильована вода.

**Інструкція.** 1. Розгляньте гліцерин у склянці, трохи нахиліть її. Чи має гліцерин колір? Чи в'язка ця рідина? Пригадайте прийоми визначення запаху речовин. Відкрийте склянку з гліцерином, визначте, чи має він запах. На аркуш фільтрувального паперу нанесіть краплю гліцерину, на інший аркуш – краплю води. Наприкінці уроку переконайтеся, що папір з водою висох, а з гліцерином став ще вологішим (вбирає до 40 % вологи).

2. Налийте в пробірку воду об'ємом 0,5 мл і додайте краплю барвника. Суміш збовтайте. Додайте в пробірку 2 краплі гліцерину, збовтайте. Додайте ще краплю гліцерину і знову збовтайте. Чи розчиняється гліцерин у воді? Для чого воду попередньо підфарбували?

Під час розчинення метанолу й етанолу між їхніми молекулами й молекулами води утворюються водневі зв'язки (мал. 27.2).



**Мал. 27.2.** Утворення водневих зв'язків між молекулами етанолу й води





## Завдання

За малюнком 27.2 опишіть утворення водневих зв'язків між молекулами етанолу й води. Між якими атомами вони виникають? На якому з них зосереджений частковий позитивний заряд, а на якому – частковий негативний?

Водночас ці спирти, завдяки наявності в їхньому складі неполярних залишків насичених вуглеводнів, розчиняються в слабополярних органічних розчинниках і самі є розчинниками для багатьох неорганічних і органічних речовин.

Температури кипіння (мал. 27.3) метанолу, етанолу й гліцерину значно вищі порівняно з алканами з такою самою кількістю атомів Карбону в ланцюзі. Також впадає в очі різке збільшення температури кипіння трьохатомного спирту гліцерину порівняно з одноатомними спиртами метанолом і етанолом.

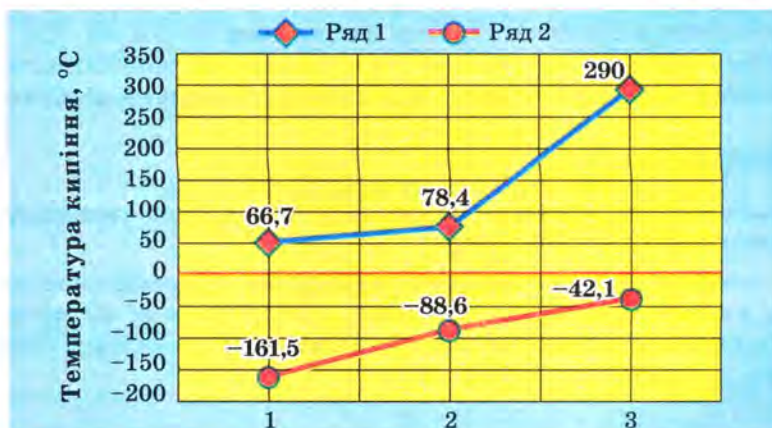
Описані явища пов'язані з утворенням між молекулами спиртів водневих зв'язків (мал. 27.4). На їхнє руйнування треба витратити значну кількість енергії, аби спирт перейшов з рідкого стану в газуватий. Зрозуміло, що між молекулами гліцерину утворюється значно більша кількість водневих зв'язків порівняно з метанолом і етанолом. Тож і температура кипіння гліцерину істотно вища.



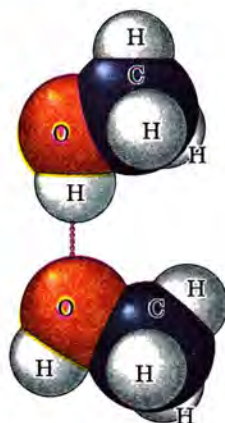
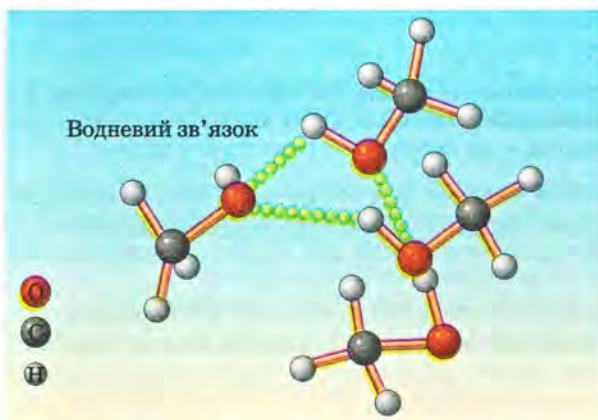
## Завдання

За малюнком 27.4 опишіть утворення водневих зв'язків між молекулами метанолу. Між якими атомами виникають водневі зв'язки? На якому з атомів зосереджений частковий позитивний заряд, а на якому – частковий негативний?

В'язкість гліцерину, відсутність у нього запаху та солодкий смак (грецьке *glicos* означає солодкий) також пов'язані з наявністю в його молекулі трьох гідроксильних груп. Натомість метанол й етанол – леткі речовини з характерним «алкогольним» запахом і «пекучим» смаком. Усі ці рідини безбарвні й прозорі. (Про те, як було відкрито гліцерин ви дізнаєтеся з § 30, а про добування етанолу з природної сировини йтиметься в § 33.)



Мал. 27.3. Температури кипіння. Ряд 1: 1. Метанол. 2. Етанол. 3. Гліцерин.  
Ряд 2: 1. Метан. 2. Етан. 3. Пропан



**Мал. 27.4.** Утворення водневих зв'язків між молекулами метанолу

• **Хімічні властивості метанолу, етанолу й гліцерину** також зумовлені наявністю в їхньому складі залишку насиченого вуглеводню й функціональної гідроксильної групи. Спирти беруть участь у найрізноманітніших хімічних перетвореннях, з якими ви матимете нагоду ознайомитися під час вивчення хімії в старшій школі. Розгляньмо дві важливі реакції за участю спиртів і встановімо, чим зумовлений їхній перебіг.

Приклад реакції *повного окиснення спиртів* ви неодноразово спостерігали під час горіння етанолу в спиртовому пальнику й, напевно, звернули увагу на характерний колір полум'я. Варто пам'ятати, що етанол – легкозаймиста речовина й потребує особливо обережного поводження – адже його пара спалахує за 13 °С. Полум'я метанолу, так само як і етанолу, некіптяве.

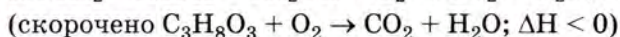
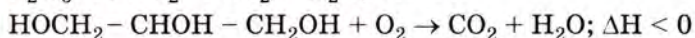
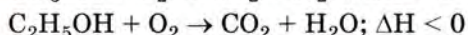
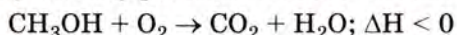
Який характер горіння гліцерину? Можна припустити, що світність його полум'я має бути більшою порівняно з метанолом й етанолом – адже в молекулі гліцерину міститься три атоми Карбону. Експериментальна перевірка спростовує наші припущення. Якщо в тигельку нагріти до кипіння гліцерин об'ємом 1 мл й підпалити його пару, можна пересвідчитися, що вона горить майже безбарвним полум'ям. Це, на перший погляд, парадоксальне явище легко пояснити, обчисливши масові частки Карбону в метанолі, етанолі й гліцерині (*виконайте ці обчислення*).



### Завдання

Аби гліцерин зайнявся, його треба нагріти до значно вищої температури, ніж, приміром, етанол. Поясніть, чому.

Отже, метанол, етанол і гліцерин за складом і будовою певною мірою подібні до алканів (*поясніть, чим саме*), тому, так само як вуглеводні, вступають у реакції повного окиснення (горіння):





**Завдання**

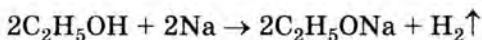
Перетворіть схеми реакцій повного окиснення спиртів на хімічні рівняння. Визначте, ендо- чи екзотермічними є ці процеси.

Наявністю гідроксильної групи й здатністю утворювати водневі зв'язки спирти подібні до води. Тож можна припустити, що, як і вода, вони реагуватимуть з активними металами – калієм, натрієм тощо.

**Завдання**

Пригадайте, до якого типу належить реакція води з активними металами.

Помістімо в маленьку пробірку з абсолютованим (безводним) спиртом кілька шматочків натрію завбільшки із сірникову головку (*пояснить, чому спирт не повинен містити домішок води*). Спостерігатимемо розігрівання реагуючої суміші, виділення бульбашок безбарвного газу. Це водень, який після перевірки на чистоту, можна підпалити. Після охолодження пробірки можна побачити утворення білого осаду натрій етилату:

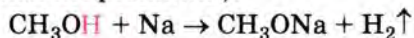


Однак реакція з етанолом відбувається не так активно, як взаємодія натрію з водою.

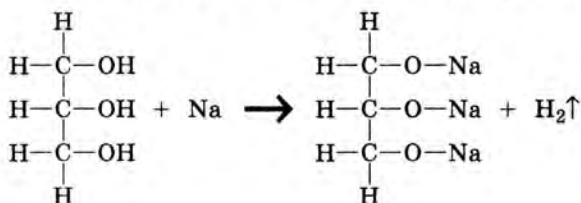
**Завдання**

Порівняйте склад і будову молекули води і молекули етанолу. Що, на вашу думку, може бути причиною того, що реакція цих сполук з натрієм відбувається з різною інтенсивністю, адже змін в обох випадках зазнає група  $-\text{OH}$ ?

Аналогічно до етанолу відбувається реакція метанолу з натрієм (*перетворіть її схему на хімічне рівняння*):



За об'ємом водню – одного з продуктів реакції – було зроблено висновок, що в молекулах метанолу й етанолу лише один атом Гідрогену заміщується на атом Натрію, а в молекулі гліцерину таких атомів – три:

**Завдання**

Перетворіть схему реакції гліцерину з натрієм на хімічне рівняння.

Отже, атоми Гідрогену, зв'язані в молекулах спиртів з атомами Оксигену, виявляють вищу хімічну активність порівняно з атомами Гідрогену, безпосередньо сполученими з атомами Карбону.

• **Якісна реакція на гліцерин** також пов'язана з наявністю у складі його молекули трьох функціональних груп  $\text{-OH}$ . З'ясуйте зовнішні ефекти її перебігу, виконавши лабораторний дослід.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД

### № 8 (продовження). Якісна реакція на гліцерин

#### Завдання

Дослідіть взаємодію гліцерину з купрум(II) гідроксидом.

**Обладнання:** пробірка. **Реактиви:** гліцерин; розчини купрум(II) сульфату, натрій гідроксиду.

#### Інструкція

Налийте в пробірку розчин купрум(II) сульфату об'ємом 0,5 мл і додайте концентрований розчин натрій гідроксиду об'ємом 1–2 мл. *Які характер та колір осаду, що утворився? До осаду додайте гліцерин об'ємом 1–2 мл. Суміш збовтайте. Чи розчиняється осад? Якого кольору утворений розчин?*

Зверніть увагу: рівняння реакції між гліцерином і свіжодобутим купрум(II) гідроксидом ми не розглядаємо через його складність. Найважливіше, аби ви навчилися за допомогою якісної реакції виявляти гліцерин. За допомогою цієї реакції можна виявити й інші органічні сполуки, у молекулах яких є кілька функціональних гідроксильних груп. Про це ви дізнаєтеся, вивчаючи представників вуглеводів.



#### Стисло про головне

Метанол, етанол, гліцерол (гліцерин) – оксигеновмісні органічні сполуки. Суфікс  $\text{-ол}$  у назвах цих речовин вказує на наявність однієї (чи кількох) груп атомів  $\text{-OH}$ .

Метанол, етанол, гліцерин – похідні насичених вуглеводнів, тому їх називають насиченими спиртами. Молекули метанолу й етанолу містять по одній гідроксильній групі, отже, ці спирти – одноатомні. У молекулі гліцерину біля кожного з трьох атомів Карбону міститься гідроксильна група. Гліцерин – трьохатомний спирт.

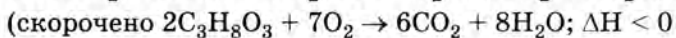
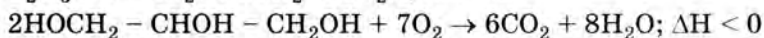
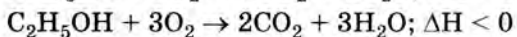
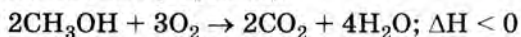
Метанол, етанол і гліцерин добре розчиняються в полярних розчинниках, змішуються з водою в будь-яких співвідношеннях. Під час розчинення метанолу, етанолу й гліцерину між молекулами спиртів й молекулами води утворюються водневі зв'язки.

Водневі зв'язки між молекулами спиртів зумовлюють їхні аномально високі порівняно з вуглеводнями температури кипіння. Між молекулами гліцерину утворюється значно більша кількість водневих зв'язків порівняно з метанолом і етанолом, тому температура кипіння гліцерину істотно вища.

В'язкість гліцерину, відсутність у нього запаху та солодкий смак також пов'язані з наявністю в його молекулі трьох гідроксильних груп. Метанол і етанол – леткі речовини з характерним «алкогольним» запахом і «пекучим» смаком. Усі ці рідини безбарвні й прозорі.

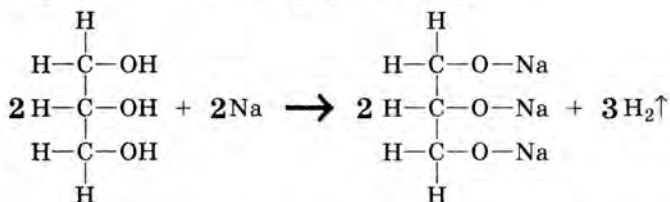
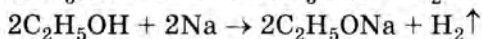
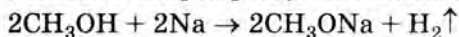


Хімічні властивості метанолу, етанолу й гліцерину також зумовлені наявністю в їхньому складі залишку насиченого вуглеводню й функціональної гідроксильної групи. Спирти вступають у реакції повного окиснення (горіння):



Метанол й етанол – легкозаймісті речовини й потребують особливо обережного поводження. Метанол, етанол, гліцерин горять майже безбарвним некіптявим полум'ям. Реакції повного окиснення спиртів екзотермічні.

Як і вода, спирти реагують з активними металами – калієм, натрієм тощо:



Атоми Гідрогену, зв'язані в молекулах спиртів з атомами Оксигену, виявляють вищу хімічну активність порівняно з атомами Гідрогену, безпосередньо сполученими з атомами Карбону.

Якісна реакція на гліцерин пов'язана з наявністю у складі його молекули трьох функціональних груп  $-\text{OH}$ . Унаслідок взаємодії гліцерину із свіжодобутим блакитним осадом купрум(II) гідроксиду утворюється яскраво-синій розчин.



## Застосуйте свої знання й уміння

- Виберіть кількість спільних електронних пар у молекулі етанолу:  
**А** 6; **Б** 8; **В** 9; **Г** 13.
- Виберіть кількість функціональних груп у молекулі гліцерину:  
**А** 1; **Б** 2; **В** 3; **Г** 4.
- Розташуйте сполуки за зменшенням їхньої температури кипіння: **А** Етан; **Б** Метанол; **В** Гліцерин; **Г** Пропан; **Д** Етанол.
- Виберіть сполуки, між молекулами яких утворюються водневі зв'язки:  
**А** Бутан; **Б** Метанол; **В** Гліцерин; **Г** Вода; **Д** Етилен.
- Виберіть сполуки з характерним запахом:  
**А** Метан; **Б** Етанол; **В** Гліцерин; **Г** Вода; **Д** Етилен.
- Виберіть солодку на смак сполуку:  
**А** Метанол; **Б** Етанол; **В** Гліцерин; **Г** Вода; **Д** Ацетилен.
- Виберіть характеристики повного окиснення метанолу:  
**А** Реакція розкладу; **Б** Окисно-відновна реакція; **В** Екзотермічна реакція; **Г** Оборотна реакція.

8. Поясніть, окисником чи відновником є натрій у реакції з етанолом.
9. Абсолютизацію (зневоднення) етанолу здійснюють за допомогою безводного купрум(II) сульфату. Опишіть зовнішні ефекти, які, на вашу думку, мають супроводжувати цей процес. За потреби зверніться до малюнка 5.3.
10. Виберіть характеристики реакції гліцерину з натрієм:  
**А** Реакція заміщення; **Б** Окисно-відновна реакція; **В** Ендотермічна реакція; **Г** Оборотна реакція.
11. Виберіть реактиви для проведення якісної реакції на гліцерин:  
**А** Аргентум(I) нітрат; **Б** Калій гідроксид; **В** Купрум(II) сульфат; **Г** Ферум(III) гідроксид.
12. Виберіть зовнішній ефект якісної реакції на гліцерин:  
**А** Утворення білого осаду; **Б** Утворення синього розчину; **В** Виділення безбарвного газу; **Г** Поява різкого запаху.



### Скарбничка досвіду

Гліцерин – антифриз. Виготовте водні розчини із масовою часткою гліцерину 5, 10, 15, 20 % тощо. Скористайтесь холодильником, аби визначити, за якої масової частки гліцерину його водний розчин перестав замерзати за певної температури. За результатами дослідження підготуйте презентацію.

## § 28. Застосування метанолу, етанолу та гліцерину. Отруйність спиртів, їхня згубна дія на організм людини

**Після опрацювання § 28 ви зможете:**

*наводити приклади застосування метанолу, етанолу, гліцерину; встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями та біологічними функціями і застосуванням цих сполук; обґрунтовувати застосування метанолу, етанолу, гліцерину їхніми властивостями.*

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії, фізики й основ здоров'я:**

*що таке полімери; чому випаровування рідин супроводжується зниженням температури; що таке заломлення світла; чому треба охороняти земноводних і плазунів; як запобігти захворюванням шкіри дівчат і хлопців підліткового віку; як впливають на здоров'я підлітків алкоголь, наркотичні й токсичні речовини; що таке Е-коди.*

• **Застосування метанолу, етанолу та гліцерину** зумовлене їхніми властивостями. Метанол і етанол – сировина для добування різноманітних органічних речовин, наприклад оцтової кислоти (про неї йтиметься в наступному параграфі). На основі продуктів переробки цих спиртів виготовляють синтетичні каучуки й гуму, полімери й пластмаси, розчинники й лікарські препарати.



### Завдання

Пригадайте, яку речовину добувають у шкільній лабораторії дегідратацією етанолу (за потреби зверніться до § 24).



Ви, звичайно, пам'ятаєте, що продуктами взаємодії метанолу й етанолу з натрієм є відповідні алкоголяти. Ці речовини, так само як і вихідні спирти, використовують для виготовлення з різноманітних олій (про них йтиметься в § 30) біодизельного пального. У різних країнах існують державні програми застосування метанолу й етанолу на транспорті. Це й індивідуальне моторне пальне, і добавки до біодизелю й бензину.

Реакцію горіння етанолу використовують і в побуті. Наразі модним і функціональним елементом інтер'єру стає камін, що працює на етиловому спирті.

У паливних елементах, які працюють на метанолі й етанолі, хімічна енергія перетворюється на електричну. Провідні виробники електроніки вже використовують такі мініатюрні джерела енергії у стільникових телефонах, цифрових відеокамерах, надтонких ноутбуках, PDA й MP3-плеєрах.

З етанолу добувають і горезвісний тетраетилсвинець  $Pb(CH_3CH_2)_4$ . Використання цієї речовини поліпшує якість автомобільного бензину. Водночас вона – чи не найпотужніше джерело забруднення довкілля Плюмбумом, що особливо небезпечно для дітей і підлітків. Також етанол є компонентом антифризу та рідин для миття скла, зокрема в автомобілях.



### Завдання

Поміркуйте й висловіть припущення, на яких властивостях етанолу ґрунтується його застосування у складі засобів догляду за автомобілем.

Етанол у разі зовнішнього застосування виявляє антисептичну, дезінфікуючу, місцеву подразнювальну дію. Тому в медицині його використовують як знезаражувальний засіб, для обробки операційного поля та рук хірурга, для накладання зігрівальних компресів тощо.

Окрім того, етанол – добрий розчинник багатьох речовин і водночас консервант, тому входить до складу різноманітних спиртових розчинів, настоянок, екстрактів з рослинної сировини. Ви, звичайно, пам'ятаєте, що етиловий спирт – летка речовина й легко випаровується. Тож водний розчин етанолу використовують для розтирання під час лихоманки, аби знизити температуру тіла недужого. Ці ж властивості етилового спирту використовують для виготовлення одекolonів, лосьйонів, дезодорантів тощо.

Етанол – ефективний консервант не лише для рослинної сировини, у ньому зберігають найрізноманітніші біологічні препарати.

Як консервант біологічних препаратів використовують і гліцерин. Ця речовина дуже гігроскопічна, тож, глибоко проникаючи всередину тканин, гліцерин запобігає їхньому висиханню. Показник заломлення гліцерину такий, що біологічні препарати виглядають дуже прозорими – це поліпшує наочність зразків (мал. 28.1).



Мал. 28.1. Біологічні препарати, законсервовані з використанням гліцерину, вирізняються наочністю



Прозорість властива й тим сортам туалетного мила, в яких масова частка гліцерину становить 8–15 %. Таке мило та інші косметичні препарати з гліцерином добре звожують шкіру. Побутує думка, що через гігроскопічність гліцерин може спричинити зневоднення і висушування шкірного покриву. Однак це стосується лише препаратів з масовою часткою гліцерину понад 40 %.

Гліцерин є важливою складовою зубних паст, медичних і парфумерних мазей, гелів, кремів для взуття тощо – він запобігає їхньому висиханню. Здатність гліцерину розчиняти різноманітні речовини дуже важлива. Його використовують для виготовлення висококонцентрованих медичних розчинів, вибавляння плям від чаю, кави, молока, чорнила.

Не злічити всіх галузей застосування гліцерину та продуктів його хімічної переробки. Виробництво паперу, пакувальних матеріалів, пластмас, ліків і вибухівки потребує величезних кількостей гліцерину. Зокрема, з гліцерину виробляють нітрогліцерин. Це і засіб невідкладної допомоги під час нападу стенокардії, і основа для виготовлення динаміту – вибухівки.

Нетоксичність, солодкий смак (пригадайте, що означає грецьке слово *glicos*), висока в'язкість, здатність утримувати вологу зумовили використання гліцерину у виробництві лікерів, шоколаду, морозива, желе, гірчиці, хлібобулочних і макаронних виробів, екстрактів кави, чаю, імбиру тощо.

• **Отруйність спиртів, їхня згубна дія на організм людини** вам відома з курсу основ здоров'я. Розгляньмо це питання докладніше. Метанол (так званий деревний спирт) – надзвичайно отруйна речовина. Недарма місткості з метанолом маркують міжнародним застережним знаком (мал. 28.2).

Смертельна доза метанолу в разі потрапляння всередину організму становить 30 г, проте важке отруєння, що супроводжується сліпотю, може спричинити метанол масою 5–10 г. Його пара подразнює слизові оболонки очей, верхніх дихальних шляхів, спричиняє головний біль, дзенькіт у вухах, тремтіння кінцівок, неврити, розлади зору. Метанол може проникати в організм навіть крізь неушкоджену шкіру. Висока отруйність метанолу стала однією з причин того, що з 2007 р. у гоночних болідах пальне на основі метанолу замінили етанолом.



Мал. 28.2. Обережно! Отрута

Ці два сусідніх члени гомологічного ряду спиртів дуже схожі за фізичними властивостями, їх неможливо розрізнити за зовнішнім виглядом, смаком, запахом тощо. Смертельна доза етанолу значно вища порівняно з метанолом і становить від 4 до 12 г на кілограм маси тіла людини. Проте небезпечність уживання етанолу, алкогольних напоїв і їхніх сурогатів важко переоцінити. Унаслідок гострої алкогольної інтоксикації пригнічується діяльність центральної нервової системи (ви вивчатимете це в курсі біології), зокрема дихального центру.



Хронічне отруєння організму алкоголем, ефект звикання до цього наркотику – складна медична й соціальна проблема. В організмі людини немає жодного органа, який би не потерпав від алкогольної інтоксикації, однак найсильніше етанол уражає мозок. Зламани долі, зруйновані родини, деградація особистості, соціальне сирітство, смерті й каліцтва в автомобільних аваріях та на виробництві, вроджені вади розвитку в дітей... Сумний перелік наслідків уживання алкогольних напоїв задовгий для одного параграфу підручника. Кожен з вас не лише має усвідомити негативний вплив уживання як міцних, так і слабоалкогольних напоїв на здоров'я людини. Найголовніше – знайти в собі сили, виявити характер, аби рішуче відмовитися від небезпечних пропозицій, не спокуситися скуштувати алкогольні напої. Варто зробити свідомий вибір на користь здорового способу життя, міцної родини, здорового й щасливого сьогодення і майбуття.

На прикладі метанолу й етанолу ви пересвідчилися, що корисність чи шкідливість речовин залежить насамперед від того, для чого й у який спосіб їх використовує людина. Підтвердження цього ви зможете знайти й у наступних параграфах підручника.



## Стисло про головне

Застосування метанолу, етанолу та гліцерину зумовлене їхніми властивостями. На малюнку 28.3 представлено застосування етанолу.

Використання метанолу подібне до етанолу, однак обмежене токсичністю цього спирту.

Унікальний комплекс фізичних і хімічних властивостей гліцерину зумовив його широке застосування в медицині, харчовій промисловості, органічному синтезі, виробництві полімерів, побуті. Гліцерин – розчинник, консервант, зволожувач, зм'якшувач, антифриз, засіб для вибавлення плям тощо.

Метанол – надзвичайно отруйна речовина, залежно від дози спричиняє сліпоту або смерть. Смертельна доза етанолу значно вища порівняно з метанолом. Проте небезпечність уживання етанолу, алкогольних напоїв і їхніх сурогатів дуже висока, бо етанол спричиняє наркотичну залежність.


Кожен має усвідомити негативний вплив уживання як міцних, так і слабоалкогольних напоїв на здоров'я людини. Варто зробити свідомий вибір на користь здорового способу життя.

Корисність чи шкідливість речовин залежить насамперед від того, для чого й у який спосіб їх використовує людина.




Мал. 28.3. Застосування етанолу





## Застосуйте свої знання й уміння

1. Наведіть приклади застосування метанолу, етанолу, гліцерину.
2. Обґрунтуйте застосування етанолу в медицині його властивостями.
3. Поясніть, які властивості гліцерину зумовили його використання як компонента косметичних засобів.
4. Дарина розповіла однокласниці Наталці, що карамель «Малібу» містить гліцерин. Та не йняла їй віри. Чи вважаєте ви, що Даринчина інформація заслуговує на довіру? Чому?
5. Дев'ятикласник Роман стверджував, що етанол – один з продуктів обміну речовин в організмі людини, а тому ця речовина нешкідлива. Чи згодні ви з ним? Обґрунтуйте свою позицію.
6. Використовуючи різноманітні джерела інформації, дізнайтеся, яку харчову добавку позначають кодом **E 422**.
7. З віком уміст вологи в епідермісі зменшується. Природна мінеральна вода «Юзя» з трускавецького курорту містить гліцерин. Як ви вважаєте, чи мають підстави легенди про «омолоджувальну» дію цієї води? Чому?
8. Постановою № 41 від 27.12.2007 р. Міністерства охорони здоров'я України заборонено виробництво та реалізацію населенню засобів догляду за автотранспортом, які містять метанол. Оцініть доцільність такого припису – адже метиловий спирт дуже добре змиває бруд, не залишаючи розводів на склі.
9. Сергій розповів однокласникам, що один зі світових лідерів у галузі електроніки пропонує споживачеві новітню модель практично повністю прозорого стільникового телефону з великим сенсорним екраном на основі органічних рідких кристалів. Єдина непрозора частина телефону – блок, що містить GSM модуль, мікросхему й динамік у металевій оболонці. Усередині корпусу – підфарбована рідина на основі метанолу. Телефон можна зарядити, а змінювати кольори дуже зручно – досить лише залити паливо з іншого флакончика. Чи хотіли б ви мати такий телефон чи подарувати його, приміром, молодшому братові або сестрі? Поясніть свою позицію.
10. Батько Олега й Аліни – біолог, вивчає плазунів. Підлітки не змогли дійти згоди, що саме подарувати татові на день народження. Олег стверджував, що найліпший подарунок для справжнього чоловіка – міцний напій, приміром сувенірна пляшка із заспиртованою змією або саламандрою. Аліна заперечувала: радше подарувати фотоальбом із зображеннями цих тварин у природних умовах. Які аргументи, на вашу думку, мала б навести Аліна, аби переконати брата в хибності його пропозиції?
11. Прочитайте уривок з літературного твору: «На військовому кладовищі на одному з білих хрестів є напис: "Ласло Гаргань". Там спить вічним сном гонвед, який під час грабування гімназійних колекцій випив увесь денатурат з посудини, де були заспиртовані різні плазуни. Світова війна винищувала людське покоління навіть настоянкою з гадів» (Я. Гашек. Пригоди бравого вояка Швейка). Поясніть, що таке денатурат. Назвіть причини, які могли призвести до безславної загибелі піхотинця угорської армії.



## Скарбничка досвіду

1. Проаналізуйте зміст етикеток лікарських препаратів, косметичних засобів, побутових хімікатів, харчових продуктів. Визначте, які з них містять етанол або гліцерин.



- Знайдіть інформацію про використання гліцерину для: а) вибавлення плям; б) збереження композицій з рослинного матеріалу й перевірте її експериментально.
- Етанол – це шкідлива чи корисна речовина? Розробіть рекламу й антирекламу цього насиченого одноатомного спирту.

За результатами виконаного дослідження підготуйте презентацію.

## § 29. Оцтова кислота

Після опрацювання § 29 ви зможете:

складати й пояснювати молекулярні, електронні та структурні формули оцтової кислоти; збирати моделі її молекули; характеризувати склад, структуру, фізичні та хімічні властивості оцтової кислоти; ілюструвати властивості оцтової кислоти рівняннями хімічних реакцій; розрізняти карбонові кислоти за функціональними ознаками; наводити приклади застосування оцтової кислоти; встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями та біологічними функціями і застосуванням цієї сполуки; обґрунтовувати застосування оцтової кислоти її властивостями.

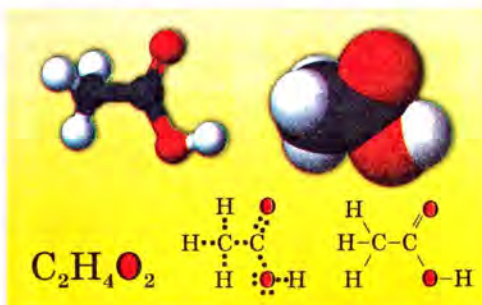
**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії, біології та основ здоров'я:**

які органічні сполуки називають оксигеновмісними; що таке гомологічний ряд і функціональна група; для чого використовують бактерії в господарстві; чим чисті речовини відрізняються від сумішей; яке значення перших синтезів органічних сполук; що таке водневий зв'язок і як він позначається на властивостях речовин; які речовини називають кислотами і як їх виявляють у розчині; як класифікують кислоти за різними ознаками; з якими речовинами реагують кислоти і які речовини утворюються внаслідок цього; чим зумовлена світність полум'я; які правила безпечного поводження з побутовими хімікатами.

• **Карбонові кислоти**, так само як і спирти, містять Оксиген, тобто належать до оксигеновмісних органічних сполук. Розгляньмо докладно властивості оцтової кислоти – другого члена гомологічного ряду (згадайте схему 22.1) одноосновних карбонових кислот (у сучасній науковій хімічній літературі вам траплятиметься й інша назва цієї речовини – **етанова кислота**). Ця речовина добре відома вам з повсякденного життя як складова харчосмакової приправи – оцту.

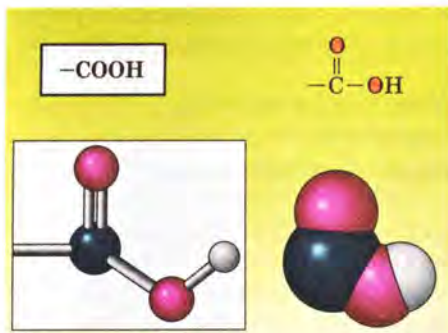
• **Молекулярна, електронна та структурна формули оцтової кислоти** наведені на малюнку 29.1.

До складу молекули оцтової кислоти входять два атоми Оксигену. Один з них міститься в гідроксильній групі. Другий атом Оксигену сполучений подвійним зв'язком з тим самим атомом Карбону, до якого приєднана й гідроксильна група. Групу атомів  $C=O$



**Мал. 29.1.** Кулестержнева й масштабна моделі молекули оцтової кислоти, її молекулярна, електронна та структурна формули





**Мал. 29.2.** Молекулярна та структурна формули карбоксильної групи, її кулестержнева й масштабна моделі

ремили цю речовину з її водного розчину (*поясніть, чому*). Дослідники з'ясували, що оцтова кислота – безбарвна прозора гігроскопічна рідина, яка необмежено розчиняється у воді. Оцтова кислота змішується з багатьма розчинниками, у ній розчиняється чимало органічних речовин.



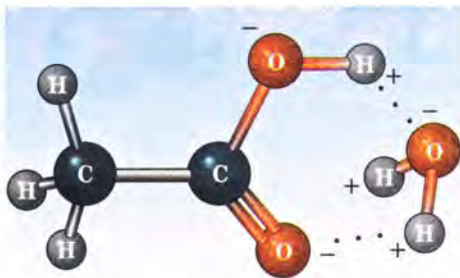
### Завдання

Роздивіться малюнок 29.3 і поясніть, які зв'язки виникають між молекулами води й оцтової кислоти. Чи розчинятимуться в оцтовій кислоті леткі сполуки галогенів з Гідрогеном? Обґрунтуйте свою думку.

Температура плавлення оцтової кислоти становить  $16,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , замерзла вона нагадує лід, тому її кристали називають *льодяною* оцтовою кислотою (мал. 29.4). Вперше її добув російський хімік і фармацевт Товій Ловіц, виокремивши з водного розчину виморожуванням.

Густина оцтової кислоти за температури  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  становить  $1,05\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Температура кипіння цієї сполуки сягає  $118,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  – адже між молекулами оцтової кислоти утворюються водневі зв'язки (мал. 29.5).

Натомість характерний кислий смак і різкий запах оцтової кислоти відомі з сивої давнини. Етиловий спирт, який міститься в пиві чи вині, внаслідок життєдіяльності оцтовокислих бактерій перетворюється на оцтову кислоту. Тому оцет є одним з найдавніших продуктів *мікробіоло-*



**Мал. 29.3.** І молекули води, і молекули оцтової кислоти полярні

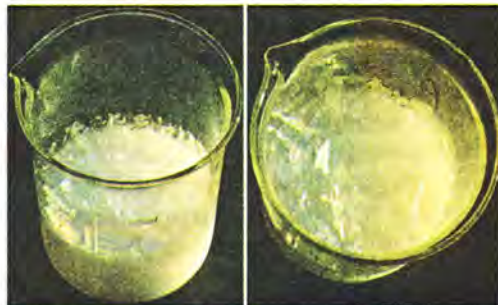
називають *карбонільною* групою. Поєднавши фрагменти слів **карбонільна** і **гидроксильна**, дістанемо назву *функціональної групи карбонових кислот*. Склад і будову *карбоксильної* групи наведено на малюнку 29.2.



### Завдання

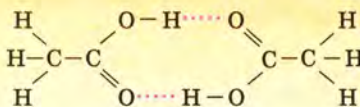
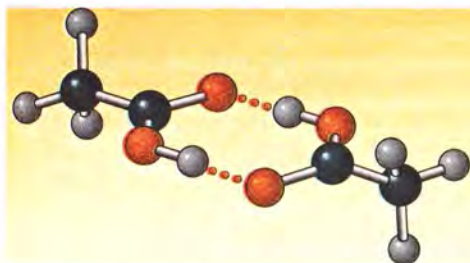
Запишіть електронну формулу карбоксильної групи.

• **Фізичні властивості оцтової кислоти** повною мірою науковці змогли дослідити лише після того, як виок-



**Мал. 29.4.** Льодяна оцтова кислота





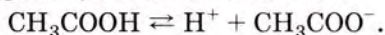
**Мал. 29.5.** Димери оцтової кислоти, у яких її молекули сполучені попарно завдяки водневим зв'язкам

гічного синтезу. Приміром, у Давньому Вавилоні за 5000 років до н. е. оцет виготовляли з фініків, а в Китаї він відомий з III ст. до н. е.

1864 р. участь бактерій у перетворенні спирту на оцет довів Луї Пастер (мал. 29.6). Нині в країнах Євросоюзу харчовим є лише той оцет, який добуто методом мікробіологічного синтезу з харчової спиртовмісної сировини.

• **Хімічні властивості оцтової кислоти** зумовлені складом і будовою цієї речовини. Оцтова кислота одноосновна, тобто в її молекулі лише один атом Гідрогену (за малюнком 29.7 визначте, який саме) здатен заміщуватися на атоми металічних елементів і відщеплюватися під час електролітичної дисоціації.

Оцтова кислота – слабкий електроліт, лише незначна частка її молекул розпадається на катіони Гідрогену й ацетат-аніони:

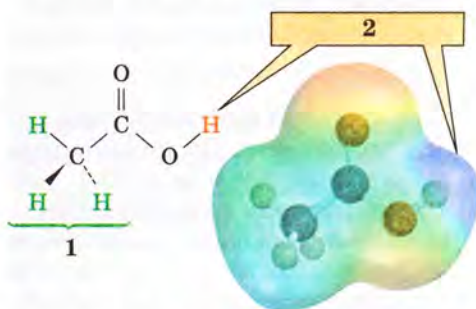


У рівняннях реакцій хімічну формулу оцтової кислоти записують у молекулярній формі – адже у її водному розчині переважно містяться молекули цієї речовини.


Тим не менш катіонів Гідрогену у водному розчині оцтової кислоти достатньо, аби під їхньою дією змінилося забарвлення індикаторів. Метиловий оранжевий, фіолетовий лакмус й універсальний індикаторний папір набувають відтінків світло-червоного кольору. Як і неорганічні кислоти, оцтова



**Мал. 29.6.** 1. Оцтовокислі бактерії. 2. Луї Пастер (1822–1895) – видатний французький мікробіолог і хімік. Довів мікробіологічну сутність бродіння і багатьох хвороб людини, заклав підвалини мікробіології й імунології. Створив технологію пастеризації, згодом названу на його честь



**Мал. 29.7.** 1. Атоми Гідрогену у складі метильної  $-\text{CH}_3$  групи. 2. Атом Гідрогену карбоксильної групи



кислота не змінює забарвлення фенолфталеїну. Взаємодія оцтової кислоти з металами, лугами, солями також доводить, що їй притаманні загальні властивості кислот. Пересвідчіться в цьому, виконавши лабораторні досліді.

## ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДИ

### *Пригадайте й неухильно виконуйте ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ*

#### № 9. Дія оцтової кислоти на індикатори

##### Завдання

Дослідіть і порівняйте дію оцтової та хлоридної кислот на індикатори.

**Обладнання:** штатив з пробірками (або пластина із заглибинами).

**Реактиви:** столовий оцет; хлоридна кислота; *розчини індикаторів* (метилового оранжевого, фенолфталеїну, лакмусу; універсальний індикаторний папір).

##### *Інструкція*

У пробірки (або заглибини пластини) внесіть по 5 крапель розчину оцтової кислоти і додайте по 1–2 краплі розчинів індикаторів. Краплю оцтової кислоти нанесіть на універсальний індикаторний папір. Те саме проробіть з хлоридною кислотою.

*Чи однаково діють ці кислоти на індикатори? Яка з них є сильним електролітом, а яка – слабким?*

#### № 10. Взаємодія оцтової кислоти з металами, лугами, солями

##### Завдання

Дослідіть і порівняйте взаємодію оцтової і хлоридної кислот з магнієм, натрій гідроксидом у розчині, натрій карбонатом (кальцій карбонатом, натрій гідрогенкарбонатом).

**Обладнання:** штатив з пробірками або пластина із заглибинами.

**Реактиви:** столовий оцет; хлоридна кислота; магній (порошок або ошурки); кристалічний натрій карбонат (кальцій карбонат, натрій гідрогенкарбонат); *розчини* фенолфталеїну та натрій гідроксиду.

##### *Інструкція*

У пробірки (або заглибини пластини) внесіть по 5 крапель розчину оцтової кислоти. До першої пробірки (або заглибини) з розчином оцтової кислоти додайте трохи магнію (10–12 крупинок), до другої – кілька крапель фенолфталеїну. Далі до другої пробірки (заглибини) краплями додавайте розчин натрій гідроксиду до зміни забарвлення. *Поясніть, для чого до кислоти попередньо було добавлено фенолфталеїн.* До третьої пробірки додайте трохи кристалічного натрій карбонату (або кальцій карбонату, натрій гідрогенкарбонату).

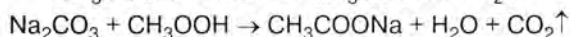
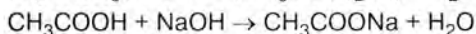
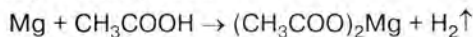
Те саме проробіть з хлоридною кислотою.





### Завдання

Перетворіть схеми пророблених реакцій за участю оцтової кислоти на хімічні рівняння, запишіть їх у йонній формі:



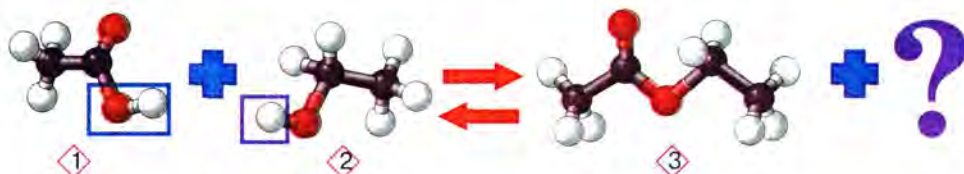
Виконавши лабораторні досліди, ви пересвідчилися, що оцтовій кислоті притаманні ті самі загальні властивості, що й відомим вам неорганічним кислотам. Однак слід пам'ятати: оцтова кислота – органічна речовина, тому для неї характерна реакція горіння (повного окиснення). Наллємо в пробірку трохи чистої оцтової кислоти й нагріємо її (пригадайте, за якої температури кипить оцтова кислота). Не припиняючи нагрівання, підпалімо палаючою скіпкою пару оцтової кислоти. Вона горить слабосвітним полум'ям.



### Завдання

1. Запишіть рівняння реакції горіння оцтової кислоти. 2. Обчисліть масову частку Карбону в оцтовій кислоті й поясніть характер її горіння.

• **Взаємодія зі спиртами** – реакція, яка вкотре переконає вас у тому, що хімічні властивості оцтової кислоти, метанолу та етанолу (і багатьох інших сполук) зумовлені функціональними групами цих речовин. У пробірку наллємо концентровану оцтову кислоту (есенцію) об'ємом 0,5 мл і таку саму порцію етанолу. Навіть за нагрівання не можна виявити змін, які свідчили б про перебіг реакції. Якщо в пробірку додати концентровану сульфатну кислоту об'ємом 0,5–1 мл, відчуємо приємний фруктовий запах, який посилюється під час подальшого нагрівання реакційної суміші. Цей запах властивий одному з продуктів реакції – етиловому естеру оцтової кислоти (етилацетату) (мал. 29.8,3):



**Мал. 29.8.** Реакція естерифікації за участю оцтової кислоти та етанолу.  
Естер етилацетат – один з продуктів реакції

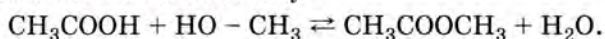
Який другий продукт реакції естерифікації? Висновок про це можна легко зробити, пригадавши, що під час складання хімічних рівнянь використовують закон збереження маси. З огляду на це за схемою, наведеною на малюнку 29.8, легко визначити, що, окрім естеру, утворюється вода.



### Завдання

Реакцію естерифікації можна провести, використавши як каталізатор безводний купрум(II) сульфат. Поясніть, чому поступово внаслідок перебігу реакції з'являється синє забарвлення. За потреби зверніться до § 5.

Подібно до розглянутої реакції відбувається реакція естерифікації за участю оцтової кислоти та метанолу:



Продукт взаємодії – метилацетат – також має приємний фруктовий запах.

Реакцію оцтової кислоти зі спиртами важливо було вивчити не лише тому, що її продукти – *естери* – широко використовують як розчинники та ароматизатори у складі парфумів і харчових продуктів. Здобуті знання допоможуть вам зрозуміти, як відбувається перетравлювання і синтез жирів у живих організмах. Про це йтиметься в наступному параграфі.

• **Застосування оцтової кислоти** зумовлене комплексом фізичних і хімічних властивостей, притаманних цій речовині.



### Завдання

Проаналізуйте пункт цього параграфа, у якому описано фізичні властивості оцтової кислоти. Назвіть властивості, які, на вашу думку, використовують: а) у побуті; б) у промисловості й органічному синтезі.

Досліджені вами *хімічні* властивості оцтової кислоти люди здавна застосовують у повсякденному житті. Досвідчені господині додають оцет до страв зі столового буряка й червонокочанної капусти не лише для того, аби надати страві гостроти, а й задля привабливого червоного кольору.



### Завдання

Пригадайте досліди з природними індикаторами й поясніть обґрунтованість дій господинь. Висловіть припущення, чому дієтологи радять використовувати у харчуванні оцет не синтетичного, а природного походження або лимонний сік.

У разі потрапляння на шкіру розчину лугу його змивають великою кількістю води й промивають уражене місце розбавленим водним розчином оцтової кислоти.

Слід пам'ятати, що льодяна та концентрована оцтова кислота (есенція) самі можуть спричинити хімічні опіки, пара оцтової кислоти сильно подразнює слизові оболонки, дихальні шляхи. Для полегшення стану потерпілого використовують розчин питної соди. «Гасіння» питної соди оцтом потрібне й для розпушування тіста. Видалення за допомогою оцту накипу зі стінок посуду ґрунтується на реакції оцтової кислоти з кальцій карбонатом.



### Цікаво?

У Стародавньому Римі дію оцтової кислоти на свинець використовували для виготовлення солодкого густого напою. Скисле вино наливали у свинцеві горнятка й витримували певний час. Римські аристократи істотно вкорочували собі життя, ласуючи цим трунком. Адже солодкого смаку йому надавав так званий свинцевий цукор – отруйний плумбум(II) ацетат, який утворювався внаслідок реакції.





Мал. 29.9. Застосування оцтової кислоти

Галузі застосування оцтової кислоти наведено на малюнку 29.9.

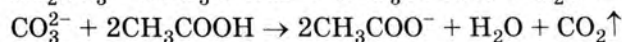
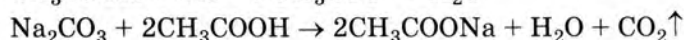
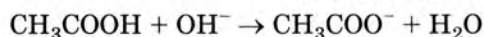
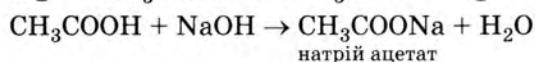
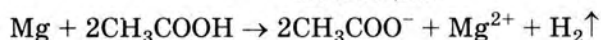
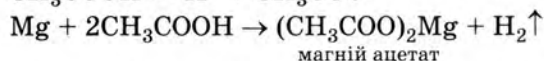
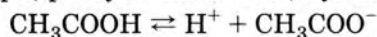


### Стисло про головне

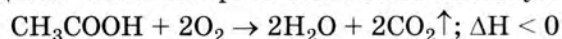
Карбонові кислоти належать до оксигеновмісних органічних сполук. Функціональною групою карбонових кислот є карбоксильна група –  $\text{COOH}$ .


Оцтова кислота – безбарвна прозора гігроскопічна рідина з характерним кислим смаком і різким запахом. Вона необмежено розчиняється у воді, між її молекулами й молекулами води утворюються водневі зв'язки. Оцтова кислота змішується з багатьма розчинниками, у ній розчиняється чимало органічних речовин. Температура плавлення оцтової кислоти  $16,6^\circ\text{C}$ , густина за температури  $20^\circ\text{C}$  –  $1,05\text{ г/см}^3$ , температура кипіння становить  $118,1^\circ\text{C}$ . Між молекулами оцтової кислоти утворюються водневі зв'язки.

Хімічні властивості оцтової кислоти зумовлені її складом і будовою. Вона – одноосновна кислота, слабкий електроліт. Оцтова кислота діє на індикатори, реагує з металами, лугами, солями подібно до неорганічних кислот:

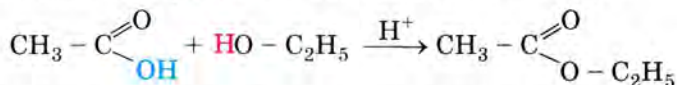


Оцтова кислота горить слабосвітним полум'ям:





Продукти реакції оцтової кислоти зі спиртами – естери. Ці запашні речовини широко використовують як ароматизатори кондитерських виробів і косметичних препаратів, а також як розчинники. Приміром, унаслідок реакції між *етиловим* спиртом і *оцтовою* кислотою утворюється *етиловий естер оцтової кислоти* (етилацетат):



Застосування оцтової кислоти зумовлене комплексом фізичних і хімічних властивостей, притаманних цій речовині. Найважливіші галузі її застосування – органічний синтез, кулінарія і харчова промисловість, медицина, побутові потреби (чищення, вибавлення плям, дезінфекція, видалення накипу).



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Назвіть функціональну групу карбонових кислот.
2. Виберіть характеристики оцтової кислоти:  
**А** Слабкий електроліт; **Б** Має різкий запах; **В** Малорозчинна у воді; **Г** Негорюча речовина; **Д** Взаємодіє з калій гідроксидом.
3. Назвіть аніон у складі солей оцтової кислоти.
4. Запишіть рівняння реакції між оцтовою кислотою та метанолом.
5. Дев'ятикласник Сергій чув, що за допомогою оцтової кислоти вибавляють плями. На його магнієвій стругачці для олівців з'явилися темні плямки. Хлопець налив у пластиковий стаканчик оцту й поклав туди стругачку, аби надати їй первісного вигляду. Наступного дня Сергій зазирнув до стаканчика й дуже здивувався... Висловіть припущення, що так вразило хлопця. Як би ви пояснили Сергію його помилку?
6. Тимофій насипав на дно високого хімічного стакана шар питної соди і поставив на нього запалену свічку. Далі він почав обережно наливати у стакан невеликі порції оцту. Висловіть припущення щодо явищ, які відбулися внаслідок Тимофіївих дій, опишіть і поясніть їх.
7. Оленчина мама, аби прочистити злив умивальника, заливала в його отвір рідкий засіб «Кріт». Раптом частина їдкої рідини хлопнула на руку. Жінка швидко змила її водою. Але далі завагалася: чим промити уражену ділянку – розчином питної соди чи розбавленим водою оцтом? А що порадите ви? Чому?
8. \*Головні компоненти сплаву, з якого виготовляють деякі монети, – мідь і цинк. Недосвідчені нумізмати намагаються за допомогою оцту очистити старі монети від нашарувань оксидів і карбонатів. Вони спостерігають не лише видалення цих сполук, а й появу осаду чистої міді на поверхні монети. Поясніть явища, які відбуваються. За потреби зверніться до ряду активності металів (с. 105, мал. 14.4).



### Скарбничка досвіду

1. Дізнайтеся про різновиди оцту та його використання. З'ясуйте, де у світі є музеї оцту, які мистецькі твори присвячені цій харчосмаковій приправі.
2. Зніміть міні-фільм або створіть слайд-шоу «Як моя родина використовує оцет». За результатами досліджень підготуйте презентацію.



#### ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

##### Властивості оцтової кислоти

Під час виконання цієї роботи ви застосуєте набуті знання про фізичні й хімічні властивості оцтової кислоти, вдосконалисте вміння записувати повні й скорочені йонні рівняння, працювати за інструкцією, описувати спостереження й робити висновки.

За потреби зверніться до таблиці «Розчинність кислот, основ і солей у воді» (див. додаток), § 29, описаних у ньому інструкцій з виконання лабораторних дослідів.

**Увага!** Для ліпшого спостереження використовуйте чорно-білий екран. Якщо досліди виконуєте в пробірках, беріть по 5 крапель розчинів реагентів. Якщо дослід виконуєте у заглибинах пластини, то досить узяти по 2–3 краплі розчинів реагуючих речовин.

Будьте особливо обережні під час роботи з їдкими й отруйними речовинами та скляним хімічним посудом!



Вам видано штатив з пробірками або пластину для крапельного аналізу, скляні палички, піпетки, чорно-білий екран; ошурки магнію; кальцій карбонат; водні розчини оцтової кислоти, натрій гідроксиду, натрій карбонату; індикатори – універсальний індикаторний папір, розчини фенолфталеїну та метилового оранжевого.

##### Завдання

Проробіть досліди. Опишіть і поясніть спостереження, складіть рівняння реакцій, запишіть їх у повній і (де це можливо) скороченій йонній формах.

##### Інструкція

1. Роздивіться водний розчин оцтової кислоти. Чи має він колір? Чи прозорий?
2. Пригадайте, як правильно ознайомлюватися із запахом речовини. Визначте, чи має розчин оцтової кислоти запах.
3. Пригадайте кольори індикаторів у кислому, лужному й нейтральному середовищах. З'ясуйте, чи діє оцтова кислота у водному розчині на універсальний індикаторний папір та метиловий оранжевий.



4. До розчину лугу додайте кілька крапель розчину фенолфталеїну. Чи відбулися зміни? Про що вони свідчать?  
Нейтралізуйте добутий розчин оцтовою кислотою, додаваючи краплями її розчин. Чи відбулися зміни? Про що вони свідчать?
5. З'ясуйте, чи взаємодіє оцтова кислота у водному розчині з магнієм.
6. Дослідіть дію водного розчину оцтової кислоти на розчин натрій карбонату й кристалічний кальцій карбонат.

## § 30. Поняття про вищі карбонові кислоти. Жири

Після опрацювання § 30 ви зможете:

наводити приклади застосування вищих карбонових кислот і жирів; складати молекулярні та структурні формули тристеарину; характеризувати склад, структуру, фізичні та хімічні властивості жирів; ілюструвати властивості жирів рівняннями хімічних реакцій; встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями та біологічними функціями і застосуванням цих сполук; обґрунтовувати застосування жирів їхніми властивостями та роль жирів у живому організмі; висловлювати судження щодо значення жирів у суспільному господарстві, побуті, охороні здоров'я тощо.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії, біології та основ здоров'я:**

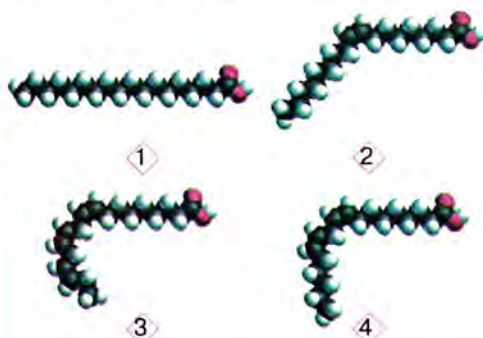
яка функціональна група карбонових кислот; чим ненасичені вуглеводні відрізняються від насичених і як їх виявляють; що таке гліцерин і які його властивості; чим аналіз відрізняється від синтезу; які умови необоротності перебігу реакції між сіллю й кислотою; хто здійснив перший синтез жироподібної речовини; які речовини містяться у плодах і насінні; чим відрізняються оборотні реакції від необоротних; що таке біодизельне пальне; для чого використовують жири в господарстві.

• **Вищі карбонові кислоти** деякою мірою відомі вам з повсякденного життя. Чи не кожен з вас спостерігав горіння *стеаринової* й *пальмітинової* кислот, запалюючи новорічні стеаринові свічки, наносив ці

кислоти на шкіру у складі косметичних засобів. Компонентом живильних і зм'якшувальних кремів, засобів догляду за волоссям також є ненасичена *олеїнова* кислота.

Звідки люди дізналися про існування цих кислот? У який спосіб і з яких сполук одержали їх у чистому вигляді? Відповіді на ці запитання тісно пов'язані з речовинами, які ви використовуєте щодня. Ідеться про жири й мила.

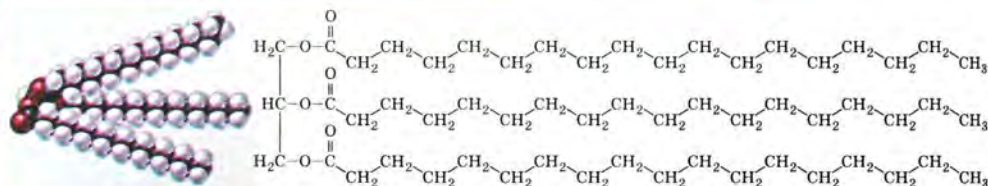
• **Жири** – природна сировина, з якої за допомогою хімічних перетворень уперше добули вищі карбонові кислоти (мал. 30.1) – насичені й ненасичені.



**Мал. 30.1.** Молекула кожної з цих вищих карбонових кислот містить 18 атомів Карбону. Стеаринова кислота (1) – насичена. Молекули олеїнової (2), лінолевої (3) та ліноленової (4) кислот містять один, два і три подвійних зв'язки відповідно. Ці карбонові кислоти – ненасичені







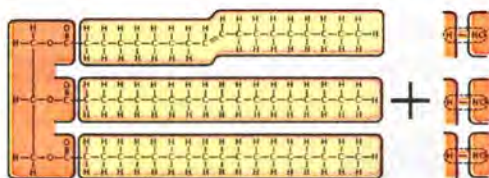
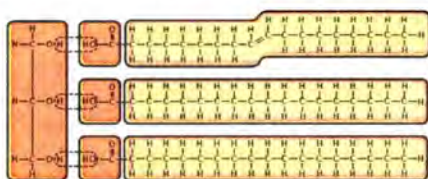
Мал. 30.5. Тристеарин



### Завдання

Роздивіться малюнок 30.4. Визначте, насиченою чи ненасиченою сполукою є пальмітинова кислота.

Тобто за результатами *аналізу* продуктів гідролізу Шеврьоль зміг зробити певні висновки про склад жирів. Сорок років потому Марселен Бертло (див. § 18) встановив структуру гліцерину і з нього та вищих карбонових кислот *синтезував* жир. Отже, склад і структуру (мал. 30.5) природних жирів було доведено експериментально.

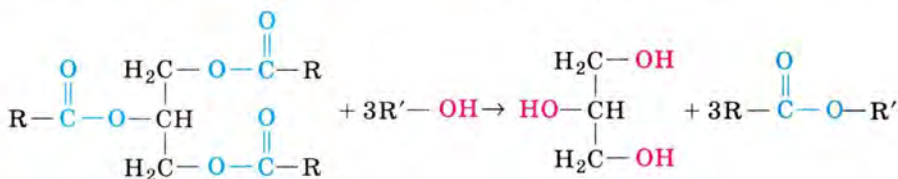


Мал. 30.6. Синтез тригліцериду

• **Перетворення жирів** у рослинних і тваринних організмах також відбувається за участю гліцерину й вищих карбонових кислот. Схематично процес утворення жиру на рівні мікросвіту наведено на малюнок 30.6.

\*Тепер ви зможете зрозуміти, як саме ріпакову, відпрацьовані соняшникову, кукурудзяну олії, тваринні жири тощо переробляють на біодизель (про нього йшлося у § 28). Унаслідок нагрівання етанолу з жиром, приміром тристеарином, за присутності каталізатора утворюються гліцерин і *етилстеарат*.

Зрозуміло, що склад біодизельного пального залежить від того, який спирт і які жири було використано для його виготовлення:



### Завдання

Гліцерин – побічний продукт біодизельного виробництва. Чи правильно вважати його відходом? Аргументуйте свою думку.

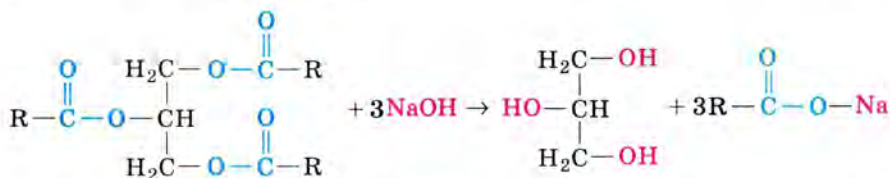
У рослинах жири утворюються з вуглеводів (докладніше про них ви дізнаєтеся з наступних параграфів). Цей процес найінтенсивніше



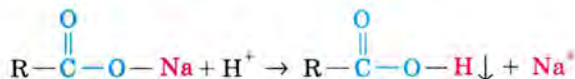
відбувається в насінні дозріваючих олійних культур і плодах. Під час проростання насіння жири, навпаки, розщеплюються (за участю ферментів) на вищі карбонові кислоти і гліцерин, з якого утворюються вуглеводи.

В організмах тварин також можливий синтез жирів з вуглеводів. Значна кількість жирів надходить з їжею. У шлунково-кишковому тракті тваринних організмів відбувається гідроліз спожитих жирів. З утвореного гліцерину й вищих карбонових кислот організм синтезує специфічні для нього жири. Продуктами гідролізу запасених жирів є вищі карбонові кислоти. Їхнє окиснення супроводжується виділенням енергії, яку організм витрачає на потреби життєдіяльності. Приміром, запас жиру у верблюда горбі сягає 120 кг. Унаслідок повного окиснення жиру утворюється вода масою понад 100 кг і виділяється значна кількість енергії.

Унаслідок лужного гідролізу жирів добувають гліцерин і *мила* – натрієві та калієві солі вищих карбонових кислот:



Тепер зрозуміло, що свого часу Жоффруа дією сильної кислоти на мило – сіль слабкої органічної кислоти – добув суміш вищих карбонових кислот:



Гідроліз жирів та їхній синтез з гліцерину й вищих карбонових кислот – оборотні процеси, які мають непересічне значення в життєдіяльності організмів та суспільному господарстві. Однак широке використання жирів ґрунтується не лише на цих реакціях.

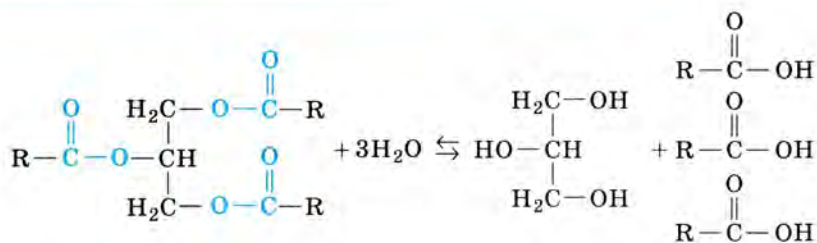
Які ще властивості жирів зумовили їхню біологічну роль і застосування? Про це йтиметься в наступному параграфі.



## Стисло про головне

Жири – природна сировина, з якої шляхом хімічних перетворень уперше добули вищі карбонові кислоти. Найвідоміші поміж них – насичені пальмітинова  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$  та стеаринова  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  кислоти й ненасичена олеїнова кислота  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ . Вони входять до складу стеарину, косметичних засобів. За стандартних умов пальмітинова й стеаринова кислоти перебувають у твердому агрегатному стані й зовні нагадують парафін. Олеїнова кислота – рідина.

Склад і структуру жирів було встановлено за продуктами їхнього гідролізу та шляхом зустрічного синтезу жирів з гліцерину й вищих карбонових кислот:



Унаслідок лужного гідролізу жирів добувають гліцерин і мила – натрієві та калієві солі вищих карбонових кислот.

У шлунково-кишковому тракті тваринних організмів відбувається гідроліз спожитих жирів. З утвореного гліцерину й вищих карбонових кислот організм синтезує специфічні для нього жири. Продукти гідролізу запасених жирів – вищі карбонові кислоти. Їхнє окиснення супроводжується виділенням енергії, яку організм витрачає на потреби життєдіяльності. Гідроліз жирів та їхній синтез з гліцерину й вищих карбонових кислот – оборотні процеси, які мають неперерічне значення у життєдіяльності організмів та суспільному господарстві.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Наведіть приклади застосування вищих карбонових кислот і жирів.
2. Виберіть кількість атомів Карбону в молекулі тристеарину:  
**A** 17; **B** 18; **B** 51; **Г** 57.
3. Поясніть, чому, на вашу думку, Шеєле назвав відкритий ним гліцерин «солодким началом жирів».
4. Складіть за малюнком 30.6 рівняння реакції, використовуючи скорочену форму запису алкільних груп  $-\text{C}_{17}\text{H}_{35}$  та  $-\text{C}_{17}\text{H}_{33}$  або позначте їх R та R' відповідно.
5. Поясніть, чому в міру проростання насіння в ньому зменшується частка жирів і зростає вміст вищих карбонових кислот.
6. Виберіть реакцію, характерну для тристеарину:  
**A** Гідроліз; **B** Гідрування; **B** Окиснення; **Г** Знебарвлення розчину калій перманганату.
7. Виберіть реактив, за допомогою якого можна довести ненасичений характер триолеїну:  
**A** Аргентум(I) нітрат; **B** Вапняна вода; **B** Натрій гідроксид; **Г** Бромна вода.
8. Висловіть припущення, як можна хімічним шляхом розрізнити парафінову й стеаринову свічки. Обґрунтуйте свою думку.
9. Поясніть, які фізичні властивості стеаринової і пальмітинової кислот зумовили використання письменником порівняння «мов стеаринова»: «А побіч бліда, мов стеаринова, стоїть непорушне його красуня невістка» (Улас Самчук. Волинь).



### Скарбничка досвіду

Проаналізуйте з огляду на вивчене дії колоністів, описані в романі Жуля Верна «Таємничий острів». Оцініть вірогідність описаного способу. Як, відповідно до вимог сучасної хімічної номенклатури, назвати сполуки, виокремлені курсивом?



«Мав би Сайрес Сміт лише *сірчану* кислоту, то й тоді, нагрівши її разом з якимось нейтральним жиром, наприклад з тюленьним, міг би виділити з тієї маси *гліцерин*, потім, з нової суміші, заливши її окропом, легко відокремив би *олеїн*, *пальмітин* і *стеарин*. Проте, аби спростити цей процес, він волів омилити жир розчином *вапна*. Таким чином колоністи одержали *вапнякове* мило, яке під дією *сірчаної* кислоти легко розкласти на *сірчисте вапно* й *жирові* кислоти. З отих трьох кислот – олеїнової, пальмітинової і стеаринової – першу, олеїнову, що перебувала в рідкому стані, було вичавлено кам'яним гнотом, а дві інші утворювали саме ту масу, з якої треба було виливати свічки».

## § 31. Жири: властивості, значення, застосування

**Після опрацювання § 31 ви зможете:**

*наводити приклади застосування жирів; характеризувати фізичні та хімічні властивості жирів; ілюструвати властивості жирів рівняннями хімічних реакцій; встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями та біологічними функціями і застосуванням жирів; обґрунтовувати застосування жирів їхніми властивостями, роль жирів у живому організмі; висловлювати судження щодо значення жирів у суспільному господарстві, побуті, охороні здоров'я тощо.*

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів хімії, біології та основ здоров'я:**

*що таке ферменти; що таке гідрування; яка будова й функції жирової тканини організму; чим зумовлені енергетичні потреби організму; як залежать калорійність харчування та енерговитрати від фізичних навантажень; які існують типи поживних речовин; як пов'язані харчування і здоров'я; для чого використовують жири в господарстві.*

• **Фізичні властивості жирів** значною мірою залежать від того, похідними яких саме вищих карбонових кислот вони є – насичених чи ненасичених. До складу молекули жиру можуть водночас входити фрагменти різних карбонових кислот. Це впливає на властивості жирів. Ті з них, що містять залишки насичених кислот, – тверді (свинячий і баранячий жир, масло какао, пальмове тощо). Залежно від складу вони розм'якшуються за різних температур. Жири з коротшими карбоновими ланцюгами, а також ненасичені жири – м'якші. Жири рослинного походження ненасичені, тому серед них переважають рідини. Рідкі жири називають *оліями* (мал. 31.1).

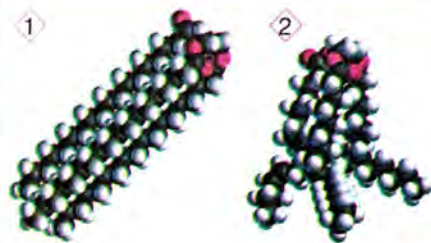
Довгі гнучкі насичені карбонові ланцюги – причина того, що молекули жирів щільно упаковуються одна відносно одної, утворюючи кристали. У разі ненасичених ланцюгів щільне впакування молекул і кристалізація утруднені. Це легко зрозуміти з малюнка 31.2.

Усі жири легші за воду й не розчиняються в ній – вони гідрофобні. Значно ліпше жири розчинні в неполярних органічних розчинниках, зокрема в бензині. Чимало біологічно активних речовин, приміром деякі



**Мал. 31.** 1. Жири: тваринний (1) та олія (2). Сало та соняшникова олія – джерела постачання організму вітамінами F і E





**Мал. 31.2.** 1. Молекули жирів: насиченого (1) і ненасиченого (2)

вітаміни (наведіть приклади), – жиророзчинні. Теплопровідність жирів низька.



### Завдання

Пригадайте, як тварини в дикій природі пристосовуються до умов існування. Поясніть роль жирів у пристосованості до довкілля ведмедів, пінгвінів, лебедів. Чим небезпечно розлиття нафти для водоплавних птахів?



### Цікаво?

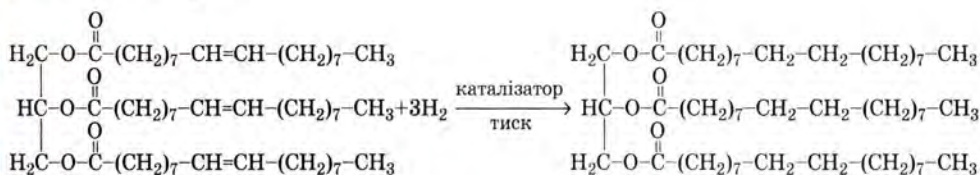
Українська національна кухня має свої характерні риси, які істотно відрізняють її від інших кухонь. Зокрема, характерним є широке вживання свинини і сала. Сало вживають як самостійну їжу, здебільшого сире, запечене, у вигляді шкварок, або як різноманітну приправу і жирову основу різних страв. Таке ставлення до свинини поріднює українську кухню з кухнями західних слов'ян і угорців та сусідів українців – білорусів.

### Пізнавально!

• **Жири – харчові продукти**, без яких неможливо уявити життя людини. Не вщухають дискусії про корисність і шкідливість жирів. Науковці досліджують, а пересічні громадяни жваво обговорюють на інтернет-форумах доцільність споживання свинячого сала й маргарину. Засоби масової інформації час від часу повідомляють про всюдисущі й небезпечні для здоров'я *транс-жири* та панацею від усіх негараздів – *ω-кислоти*. Про що йдеться? Чи дійсно ці проблеми заслуговують на те, аби їх висвітлювати на сторінках підручника? Висновки ви зробите самостійно. Далі – інформація до роздумів.

Тривалий час науковці й лікарі-дієтологи з усього світу переконували населення, що споживання твердих природних жирів, наприклад сала, спричиняє утворення бляшок холестерину на стінках кровоносних судин. Це призводить до зростання кількості серцево-судинних захворювань, тож варто збільшити в раціоні частку олій і маргарину.

Маргарин – продукт гідрування олій, приміром з триолеїну утворюється тристеарин:



Унаслідок приєднання водню за місцем кратних зв'язків ненасичені жири перетворюються на насичені. Тому змінюється будова карбонових ланцюгів і зростає температура плавлення. Каталізатором гідрування є порошкоподібний нікель. Тож дуже важливо, аби отруйні домішки його сполук не потрапили в харчовий продукт.



\*З промисловою переробкою олій пов'язана проблема так званих *транс-жирів*. Завдяки успіхам науки стало можливим не тільки визначити, як різні компоненти їжі впливають на здоров'я, але й вивчити цей вплив на молекулярному рівні. Тож з'ясуємо, чи такі вже безпечні речовини, з якими організм людини познайомився порівняно недавно.

Під час технологічної обробки олій, якот: підігрівання, гідрування, знебарвлення та дезодорація, відбуваються зміни у структурі молекул вищих ненасичених карбонових кислот та їхніх залишків у жирах. А саме: цис-ізомери перетворюються на транс-ізомери (мал. 31.3).

Зміна просторової конфігурації молекул біологічно активних речовин має фатальні наслідки. Наприклад, заміна цис-ізомера жирної кислоти, що входить до складу біологічного каталізатора, транс-ізомером може зробити фермент «неробочим». Так само транс-ізомери жирних кислот змінюють клітинні оболонки, порушуючи їхні функції. Якщо замість нормального будівельного матеріалу ви пропонуєте своєму організму «браковані» транс-ізомери, утворюються дефектні біологічні структури, які починають давати збій у найрізноманітніших ситуаціях. Про це варто пам'ятати не лише завсідникам закладів швидкого харчування, любителів чіпсів, маргарину, майонезу, а й кожній людині. Навчитися розпізнавати продукти, під час виготовлення яких використовують гідрогенізовані жири, й вилучати їх з раціону має кожна людина, яка дбає про своє здоров'я і здоров'я своїх нащадків.

Останні дослідження виявили, що *природні* транс-жири (незначна їхня частка міститься в коров'ячому м'ясі й молоці) знижують ризик розвитку серцевих захворювань, діабету й надмірної маси тіла.

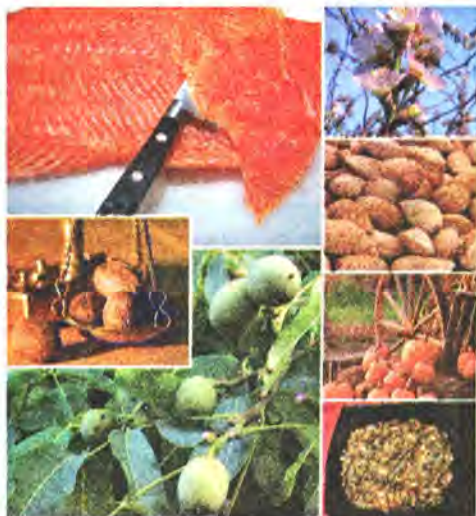
Так само впливають на організми людей і тварин *поліненасичені жирні кислоти* – у їхніх молекулах є по кілька подвійних зв'язків. У  $\omega$ -3 жирних кислотах перший подвійний зв'язок міститься біля третього атома Карбону від алкільного кінця молекули, а в  $\omega$ -6 – біля шостого. У  $\omega$ -9 *мононенасичених* жирних кислот подвійний зв'язок розміщено біля дев'ятого атома Карбону.

Джерела надходження  $\omega$ -кислот до організму людини – риба північних морів, риб'ячий жир, лляна, маслинна, мигдальна, ріпакова, конопляна, соєва олії, волоські горіхи, гарбузове насіння тощо (мал. 31.4).

• **Значення жирів** важко переоцінити. Хибно вважати їх лише джерелом енергії. Як ви пересвідчилися, вони виконують й інші важливі функції, входять до складу клітинних компонентів, зокрема мембран, є основою синтезу простагландинів – речовин, які беруть



Мал. 31.3. Молекули вищих ненасичених кислот – олеїнової (1) та елаїдинової (2) мають однаковий склад, але різну просторову структуру



Мал. 31.4. Джерела надходження  $\omega$ -кислот до організму людини



**Мал. 31.5.** Застосування жирів. Близько третини вироблених жирів використовують як технічні, решту – у харчуванні

участь чи не в усіх біологічних процесах. За відсутності в їжі достатньої кількості жирів порушується діяльність центральної нервової системи, послаблюється імунітет. Жири роблять шкіру гладенькою й еластичною, волосся – здоровішим і блискучим. Вони – головний будівельний матеріал для дитячого мозку, що розвивається. Докладніше про значення жирів та їхні біологічні функції ви дізнаєтеся на уроках біології.

Застосування жирів наведено на малюнку 31.5.



### Стисло про головне

Фізичні властивості жирів значною мірою залежать від того, похідними яких саме вищих карбонових кислот вони є – насичених чи ненасичених. Жири з коротшими карбоновими ланцюгами, а також ненасичені жири мають нижчу температуру плавлення порівняно з насиченими. Жири рослинного походження ненасичені.

Усі жири легші за воду й не розчиняються у ній – вони гідрофобні. Жири розчинні в неполярних органічних розчинниках, зокрема в бензині. Теплопровідність жирів низька.

Жири – харчові продукти, без яких неможливо уявити життя людини. Не вщухають дискусії про корисність і шкідливість жирів.

Маргарин – продукт гідрування олій. Унаслідок приєднання водню за місцем кратних зв'язків ненасичені жири перетворюються на насичені. Тому змінюється будова карбонових ланцюгів і зростає тем-



пература плавлення. З промисловою переробкою олій пов'язана проблема так званих транс-жирів: відбуваються зміни у структурі молекул вищих ненасичених карбонових кислот та їхніх залишків у жирах. Якщо замість нормального будівельного матеріалу ви пропонуєте своєму організму «браковані» транс-ізомери, утворюються дефектні біологічні структури, які починають давати збій у найрізноманітніших ситуаціях.

*Природні* транс-жири (незначна їхня частка міститься у коров'ячому м'ясі й молоці) знижують ризик розвитку серцевих захворювань, діабету й надмірної ваги.

Так само впливають на організми людей та тварин поліненасичені жирні  $\omega$ -кислоти.

Жири не лише джерело енергії, вони виконують в організмі чимало інших важливих функцій.

Близько третини вироблених жирів використовують як технічні, решту – у харчуванні.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Виберіть властивості, притаманні жирам:  
**А** Гідрофільність; **Б** Гідрофобність; **В** Низька теплопровідність; **Г** Від'ємні значення температур кипіння.
2. Поясніть, чому деякі вітаміни виробляють у капсулах у вигляді олійних розчинів. Наведіть приклади таких вітамінів.
3. Обґрунтуйте, якими розчинниками – полярними чи неполярними – слід вибавляти жирові плями.
4. Виберіть продукт гідрування тиолеїну:  
**А** Гліцерин; **Б** Тристеарин; **В** Трипальмітин; **Г** Олеїнова кислота.
5. Дев'ятикласниці Світлана й Наталя посперечалися. Світлана, аби набути стрункості й витонченості, вирішила повністю вилучити зі свого раціону жири. Наталя застерігала її від цього. Яка ваша позиція з цього питання? Уявіть себе на місці кожної з дівчат і наведіть по три найвагоміші, як на вашу думку, аргументи, аби переконати однокласницю.
6. Прокоментуйте афоризм Ф. Шиллера: «Наука для декого є великою богинею, а для інших – це добра корова, що дає людям масло». Як він може стосуватися, на вашу думку, змісту § 30, 31?



### Скарбничка досвіду

1. Проаналізуйте зміст етикеток харчових продуктів, косметичних і побутових засобів. Визначте, які з них містять: а) вищі карбонові кислоти; б) жири. За результатами дослідження підготуйте презентацію.
2. Підготуйте презентацію із загальною назвою «Користь і шкода». Об'єкт дослідження виберіть самостійно з-поміж наведених: «Біопаливо», «Жири», «Маргарин», «Сало в шоколаді» або запропонуйте інший, який відповідає змісту § 30, 31.



## § 32. Поняття про вуглеводи. Глюкоза і сахароза

Після опрацювання § 30 ви зможете:

наводити приклади застосування вуглеводів, зокрема глюкози й сахарози; описувати загальну схему виробництва цукру; складати молекулярні формули глюкози й сахарози; характеризувати склад, структуру, фізичні та хімічні властивості глюкози й сахарози; ілюструвати властивості глюкози й сахарози рівняннями хімічних реакцій; визначати дослідним шляхом глюкозу; встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями та біологічними функціями і застосуванням глюкози й сахарози; обґрунтовувати застосування глюкози й сахарози їхніми властивостями, роль цих сполук у живому організмі; висловлювати судження щодо значення глюкози й сахарози в суспільному господарстві, побуті, охороні здоров'я тощо:

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природознавства, хімії, біології та основ здоров'я:**

що довели перші синтези органічних речовин; що таке гідроліз; звідки походить назва гліцерин; як виявляють гліцерин; які існують типи поживних речовин; яке функціональне значення вуглеводів для організму; у чому суть процесу фотосинтезу; який склад і функції крові; яка роль печінки і підшлункової залози в травленні; від чого залежать енергетичні потреби організму; які вимоги до харчування, питного режиму під час інтенсивного фізичного тренування підлітків; як пов'язані харчування і здоров'я; які особливості догляду за зубами і порожниною рота в підлітків.

• **Чому вуглеводи?** Їхня назва вказує на якісний і кількісний склад багатьох представників цих сполук. 1844 р. професор Дерптського (нині Тартуського) університету К. Шмідт уперше запропонував цей термін для сполук із загальною формулою  $C_m(H_2O)_n$ . Такий підхід був тоді цілком слушним. Адже співвідношення кількості атомів Гідрогену й Оксигену в молекулах відомих на той час вуглеводів становило 2 : 1 (так само як у молекулі води), а третім елементом є Карбон (тоді його називали вуглецем).

Згодом науковці виявили вуглеводи з іншим кількісним співвідношенням Гідрогену й Оксигену, приміром дезоксирибозу (про її значення ви дізнаєтеся з § 36). Існують також речовини, які не належать до вуглеводів, однак їхній склад відповідає формулі  $C_m(H_2O)_n$ . Незважаючи на це, назва вуглеводи залишається загальноживаною.



### Завдання

Виберіть оксигеновмісну речовину, формула якої формально відповідає загальній формулі вуглеводів:

**А** Етанол; **Б** Гліцерин; **В** Оцтова кислота; **Г** Олеїнова кислота.



### Завдання

Наведіть приклади харчових продуктів, багатих на вуглеводи.

Класифікацію вуглеводів за здатністю до гідролізу та приклади найважливіших їхніх представників наведено на малюнку 32.1.



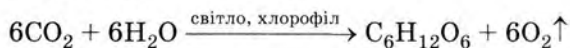


Мал. 32.1. Класифікація вуглеводів за здатністю до гідролізу

• **Значення вуглеводів** можна описати одним реченням: речовини, без яких життя на планеті Земля не було б таким солодким. І не лише тому, що друга назва цих речовин – цукри. Судіть самі: вуглеводи допомагають нам розв'язати безліч проблем. Вони живлять, вдягають, лікують, зігрівають, забезпечують рух, зберігають сталість внутрішнього середовища організму, беруть участь у збереженні й відтворенні спадкової інформації тощо. Тож розгляньмо докладніше окремі представники вуглеводів.

• **Глюкозу** добув 1802 р. Ж. Пруст (мал. 32.2) з винограду, тому її дотепер часто називають виноградним цукром. Молекулярна формула глюкози  $C_6H_{12}O_6$ .

У природі глюкоза трапляється не лише у виноградному соку, а й у соках багатьох інших фруктів і ягід та чи не в усіх органах зелених рослин. Це не дивно, адже саме в рослинах відбувається *фотосинтез* за участю зеленого пігменту хлорофілу:



Бджолиний мед також містить глюкозу. Особливо багаті на глюкозу виноград, черешні, вишні, малина, суниця, сливи, кавуни. З овочів найбільше глюкози містить гарбуз, білоголова капуста та морква.




Мал. 32.2. Пруст Жозеф Луї (1754–1826) – французький хімік, член Паризької академії наук. Відкрив закон сталості складу хімічних сполук. Відкрив гідроксиди металічних елементів, виявив катіони Аргентуму(I) у морській воді тощо. Виділив глюкозу з винограду.



### Цікаво?

Глюкоза – одна з головних складових меду. У весільному обряді на Лівобережжі, зокрема Крелевеччині, молоді й гості на другий день весілля частуються паточним медом як символом солодкого життя, солодких любові, здоров'я.



Глюкоза – білий кристалічний порошок, добре розчинний у воді. Це зумовлено наявністю в молекулі глюкози п'яти гідроксильних груп. Переконаймося в цьому, виконавши лабораторний дослід.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД

*Пригадайте й неухильно виконуйте  
ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ  
З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ*

### № 11. Взаємодія глюкози з купрум(II) гідроксидом

#### Завдання

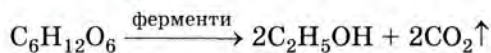
З'ясуйте, чи взаємодіє глюкоза з купрум(II) гідроксидом.

**Обладнання:** штатив з пробіркою або пластина із заглибинами. **Реактиви:** розчини купрум(II) сульфату, натрій гідроксиду, глюкози.

#### Інструкція

Внесіть у пробірку (або заглибину пластини) три краплі розчину глюкози, краплю розчину купрум(II) сульфату і додайте, збовтуючи, кілька крапель розчину натрій гідроксиду (луг має бути в надлишку). *Що спостерігаєте?* Порівняйте ознаки перебігу цієї реакції з ознаками якісної реакції на гліцерин.

• **Спиртове бродіння глюкози** – реакція, пов'язана з ростом і розмноженням мікроскопічних дріжджових грибів. Рівняння реакції спиртового бродіння таке:



#### Завдання

Назвіть продукти реакції спиртового бродіння глюкози.

Існують й інші різновиди бродіння глюкози. Приміром, *молочнокисле бродіння* цієї сполуки відбувається під час квашення капусти, виготовлення силосу. Один з продуктів реакції – молочна кислота, саме вона надає кислого смаку продуктам скисання молока. Після надмірних фізичних навантажень ви відчуваєте біль у м'язах. Він спричинений накопиченням молочної кислоти – продукту неповного окиснення глюкози. Тож далі докладніше розглянемо фізіологічну роль глюкози.

• **Глюкоза в організмі людини й тварин** – головне й найбільш універсальне джерело енергії для забезпечення обмінних процесів.



#### Завдання

Запишіть рівняння реакції повного окиснення глюкози.

Здатність засвоювати глюкозу притаманна всім клітинам тваринних організмів. Ця сполука – універсальна поживна речовина й протиотрута водночас. Тому її використовують для ін'єкцій під час харчових отруєнь, інфекційних захворювань тощо, зокрема шлунково-кишкових. Глюкозу



містить багато фізіологічних рідин організму – спинномозкова, сеча тощо, але найбільше її в крові й лімфі.

Збереження стабільного рівня глюкози в крові дуже важливе для нормальної життєдіяльності організмів. Тому в людини й багатьох тварин існує складна система гормональної регуляції вуглеводного обміну. Його порушення є причиною виникнення важких хвороб, насамперед цукрового діабету. Тому важливо не лише збалансувати вживання вуглеводів, а й регулярно перевіряти рівень глюкози в крові. Для цього використовують спеціальні датчики.



### Цікаво?

Наразі розроблено новий тип біологічних датчиків, які можна вживляти в тіло людини. Новий датчик призначений для постійного контролю над рівнем цукру в крові. Його робота ґрунтується на властивості нанотрубок відповідати флуоресценцією на опромінення в інфрачервоному спектрі. Аби визначити рівень глюкози в крові, тепер не потрібно щоразу брати пробу крові, а досить посвітити на датчик лазерним променем і зареєструвати флуоресцентний відгук.

### Корисно! Пізнавально!

Глюкоза – один з продуктів гідролізу *сахарози*. Тому розгляньмо цей *дисахарид* докладніше.

• **Сахароза** –  $C_{12}H_{22}O_{11}$  – речовина, відома вам у побуті як цукор, – висококалорійна харчосмакова добавка, компонент багатьох страв. Тож ви добре знаєте, що це – прозорі безбарвні кристали, солодкі на смак. Під час нагрівання сахароза плавиться і *карамелізується*. Цю властивість використовують у кулінарії й кондитерській промисловості. Сахароза добре розчиняється у воді, особливо гарячій. Цукровий сироп – чудовий консервант для ягід і фруктів.



### Завдання

Спираючись на повсякденний досвід, поясніть, як у побуті використовують цю властивість сахарози.

• **Сахароза в природі** досить поширена. Вона трапляється в багатьох плодах і фруктах. Найбагатші на сахарозу цукрова тростина й цукровий буряк (мал. 32.3). Саме ці культури використовують для промислового виробництва цукру.



**Мал. 32.3.** 1. Цукрова тростина. 2. Цукрові буряки – елемент композиції натюрморту Катерини Білокур «Привіт урожаю» (1946)



### Цікаво?

Пам'ятник першому кубуку рафінаду споруджено на центральній площі містечка Дачице напроти величного костюлу Св. Лаврентія, на тому місці, де в XIX ст. стояв цукровий завод, що виробив перші у світі кубики цукру (мал. 32.4).

### Пізнавально!

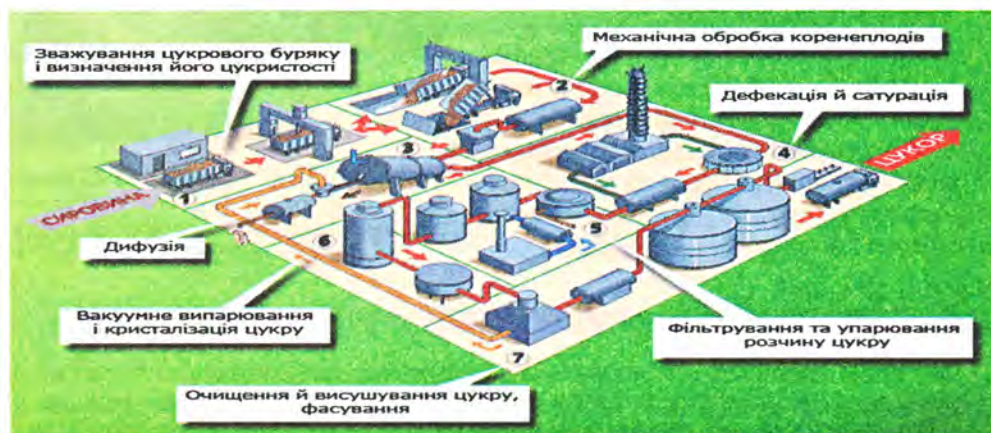




Мал. 32.4

Бродських, Симиренків, Терещенків, Яхненків й інших відомих українських цукрозаводчиків. Після *зважування буряку й визначення його цукристості* відбувається *механічна обробка* коренеплодів – миття, чищення й подрібнення. На стадії *дифузії* сировину обробляють гарячою (поясніть, чому) водою. Далі розчинену у воді сахарозу обробляють кальцій гідроксидом, аби добути розчинний кальцій сахарат й позбавитися домішок. Потім кальцій сахарат обробляють карбон(IV) оксидом. У такий спосіб одержують розчин сахарози й осад кальцій карбонату – крейду, яку відокремлюють *фільтруванням*. Зрештою *випарюванням* виокремлюють сахарозу з розчину. Добутий цукор остаточно *висушують і фасують*.

Цукор стратегічно важливий для кожної держави, тож резервний запас цього продукту накопичують на складах. Натомість у живих організмах запасати сахарозу й глюкозу досить важко (*поміркуйте, чому*). Мудра Природа знайшла вихід у перетворенні моносахаридів на полімери. Приміром, із залишків глюкози побудовані природні полімери – *крохмаль і целюлоза* (мал. 32.1). Про них ітиметься в наступному параграфі.



Мал. 32.5. Загальна схема виробництва цукру

Рафінований (очищений від домішок) цукор приваблює білосніжним кольором. Однак він – не найкорисніший, бо позбавлений багатьох біологічно активних речовин, які видаляють під час рафінування. Сучасні дієтологи радять уживати так званий *коричневий цукор*, аби запобігти порушенням вуглеводного обміну та виникненню карієсу.

Хоч який цукор ви обираєте – у шлунково-кишковому тракті він зазнає гідролізу, продукти якого – глюкоза й фруктоза – всмоктуються в кров і слугують для організму джерелом енергії.

#### • Загальна схема виробництва цукру

(мал. 32.5) дуже проста і багато в чому залишається незмінною ще з часів





## Стисло про головне

Назва «вуглеводи» вказує на якісний і кількісний склад багатьох представників цих сполук, склад більшості з яких описує загальна формула  $C_m(H_2O)_n$ . Харчові продукти, особливо багаті на вуглеводи – борошняні й кондитерські вироби.

За здатністю до гідролізу вуглеводи класифікують на моносахариди (глюкоза), дисахариди (сахароза) та полісахариди (крохмаль, целюлоза).

Молекулярна формула глюкози  $C_6H_{12}O_6$ . Це білий кристалічний порошок, добре розчинний у воді. Подібно до гліцерину глюкоза утворює яскравосиній розчин унаслідок змішування зі свіжодобутим купрум(II) гідроксидом. Це зумовлено наявністю у її складі п'ятьох гідроксильних груп.

Глюкоза в організмі людини й тварин – головне й найбільш універсальне джерело енергії для забезпечення обмінних процесів:  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ ;  $\Delta H < 0$ . Це універсальна поживна речовина й протитрута водночас.

Сахароза  $C_{12}H_{22}O_{11}$  добре відома в побуті як цукор. Це кристали білого кольору, під час нагрівання плавляться й карамелізуються. Сахароза добре розчиняється у воді, особливо гарячій.

Вона трапляється в багатьох плодах і фруктах. Найбагатші на сахарозу цукрова тростина й цукровий буряк. У шлунково-кишковому тракті сахароза зазнає гідролізу, продукти якого – глюкоза й фруктоза – всмоктуються в кров і слугують для організму джерелом енергії.

Загальна схема виробництва цукру: зважування буряку й визначення його цукристості; механічна обробка коренеплодів; вимивання сахарози гарячою водою; обробка кальцій гідроксидом (дефекація); обробка карбон(IV) оксидом (сатурація); випарюванням води й кристалізація сахарози з розчину; висушування й фасування цукру.



## Застосуйте свої знання й уміння

1. Пригадайте походження назви «гліцерин» і висловіть припущення щодо походження назви «глюкоза».
2. Виберіть молекулярну формулу глюкози: **A**  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ; **B**  $C_6H_{12}O_6$ ; **B**  $C_2H_8O_2$ ; **Г**  $C_2H_6O$ .
3. Виберіть кількість гідроксильних груп у молекулі глюкози:  
**A** 1; **B** 3; **B** 5; **Г** 6.
4. Виберіть реактив, який доводить, що глюкоза виявляє властивості багатоманного спирту:  
**A** Хлоридна кислота; **B** Купрум(II) гідроксид; **B** Бромна вода; **Г** Розчин калій перманганату.
5. Назвіть продукти реакції повного окиснення глюкози.
6. Обґрунтуйте застосування глюкози її властивостями.
7. Опишіть фізичні властивості сахарози.
8. Встановіть послідовність стадій у загальній схемі виробництва цукру:  
**A** Сатурація; **B** Дефекація; **B** Дифузія; **Г** Випарювання.
9. Наведіть приклади застосування глюкози й сахарози.



1. Пригадайте (§ 7, рубрика «Скарбничка досвіду») склад препарату «Регідрон», який використовують у медицині для лікування й профілактики теплових уражень, пов'язаних з порушенням водного балансу (інтенсивне потовиділення, пронос у дітей). Спрогнозуйте та опишіть зміни, які відбудуться, якщо до водного розчину цього препарату додати: а) водний розчин аргентум(I) нітрату; б) свіжодобутий купрум(II) гідроксид. Під керівництвом учителя перевірте свої міркування експериментально. За результатами дослідження підготуйте презентацію.
2. Підготуйте презентацію із загальною назвою «Користь і шкода». Об'єкт дослідження виберіть самостійно з-поміж наведених: «Глюкоза», «Сахароза».

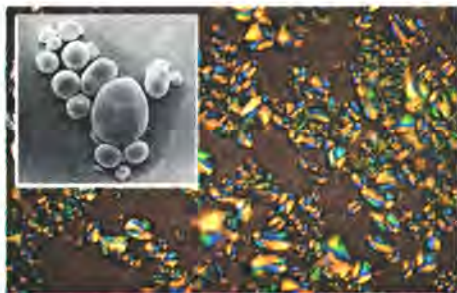
## § 33. Крохмаль і целюлоза

**Після опрацювання § 33 ви зможете:**

наводити приклади застосування крохмалю й целюлози, складати їхні молекулярні формули; характеризувати склад, структуру, фізичні та хімічні властивості крохмалю й целюлози; ілюструвати властивості крохмалю й целюлози рівняннями хімічних реакцій; визначати дослідним шляхом крохмаль; встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями та біологічними функціями і застосуванням крохмалю й целюлози; обґрунтовувати застосування крохмалю й целюлози їхніми властивостями та роль у живому організмі; висловлювати судження щодо значення крохмалю й целюлози в суспільному господарстві, побуті, охороні здоров'я тощо.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природознавства, хімії, біології та основ здоров'я:**

які існують типи поживних речовин; яке функціональне значення для організму вуглеводів; що таке полімер та його елементарна структурна ланка; у чому полягає суть процесу фотосинтезу; як діють ферменти слини на крохмаль; яка роль печінки і підшлункової залози в травленні; від чого залежать енергетичні потреби організму; які вимоги до харчування, питного режиму під час інтенсивного фізичного тренування підлітків; як пов'язані харчування і здоров'я; які особливості догляду за зубами і порожниною рота в підлітків.



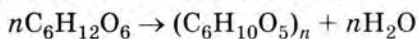
**Мал. 33.1.** Завдяки збільшувальним приладам і цифровим технологіям можна побачити зерна крохмалю, зокрема й у поляризованому світлі

• **Крохмаль** ви споживаєте чи не щодня: хліб і картопля, каші й макаронні вироби, піріжки, тістечка, киселі, майонез, кетчупи... Усі ці страви містять унікальний біополімер, структурною ланкою якого є залишок глюкози. Молекулярна формула крохмалю  $(-C_6H_{10}O_5-)_n$ . Його макромолекули неоднакові за розміром. Кількість структурних ланок  $n$  у полімерному ланцюзі крохмалю становить від кількох сотень до кількох тисяч. До того ж молекули крохмалю мають як лінійну,



так і розгалужену структуру. Цим пояснюють зернистість цієї сполуки (мал. 33.1).

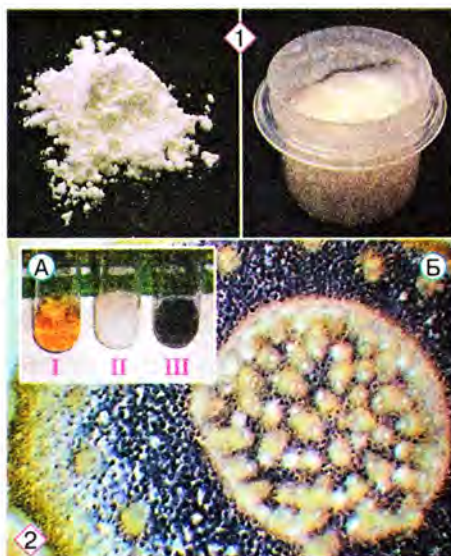
Крохмаль – продукт фотосинтезу в зелених рослинах з участю хлорофілу – зеленого пігменту рослин. Утворена під час фотосинтезу глюкоза є «сировиною», з якої рослини в кілька стадій продукують крохмаль – високомолекулярну сполуку:



Крохмаль накопичується переважно в насінні, цибулинах, бульбах, кореневищах, листках і стеблах. Наприклад, у бульбах картоплі масова частка крохмалю сягає 24 %, у насінні пшениці – 64 %, рису – 75 %, кукурудзи – 70 %.

• **Фізичні властивості крохмалю та якісна реакція** на цю сполуку (мал. 33.2) добре відомі вам з повсякденного життя та курсів природознавства й біології.

Аби пригадати ці відомості, виконайте лабораторні досліді.



**Мал. 33.2.** 1. Білий порошок крохмалю не має смаку й запаху. У гарячій воді він набрякає, утворюючи клейстер. 2. Якісна реакція на крохмаль, побачена неозброєним оком (А) і під мікроскопом (Б): І. Спиртовий розчин йоду. ІІ. Крохмальний клейстер. ІІІ. Поява синього забарвлення – ознака взаємодії крохмалю з йодом

## ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДИ

*Пригадайте й неухильно виконуйте  
ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ  
З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ*

**№ 12, 13. Відношення крохмалю до води (розчинність, утворення клейстеру). Взаємодія крохмалю з йодом**

### Завдання

Дослідіть найважливіші фізичні властивості крохмалю та якісну реакцію на цей полісахарид.

**Обладнання:** штатив з пробірками, пробіркотримач, нагрівний прилад, скляна лопатка, паперова серветка. **Реактиви:** крохмаль, спиртовий розчин йоду.

### Інструкція

Ознайомтеся з кольором крохмалю, його характерним хрускотом під час розтирання між пальцями. У пробірку з водою об'ємом 1 мл помістіть скляну лопаточку крохмалю. Вміст пробірки збовтайте. *Чи розчинився крохмаль у воді?*

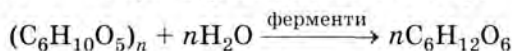
Підігрійте в іншій пробірці воду об'ємом 5 мл і, перемішуючи, вилийте в гарячу воду вміст першої пробірки. Спостерігайте утворення крохмального клейстеру.

**Увага!** Для розчинення в гарячій воді не слід нагрівати отриману в попередньому досліді суміш крохмалю з водою, оскільки щільний шар крохмального осаду на дні пробірки спричиняє перегрівання скла. Тож пробірка може тріснути.

У пробірку з крохмальним клейстером додайте краплю спиртового розчину йоду. *Що спостерігаєте?*

За допомогою якісної реакції можна виявити крохмаль у багатьох харчових продуктах і не лише в них. Тому варто докладніше з'ясувати, на яких властивостях крохмалю ґрунтується його широке використання.

• **Гідроліз крохмалю** – реакція, перебіг якої в живих організмах має непересічне значення. У насінні, що проростає, та розпуклих бруньках відбуваються процеси мобілізації запасних речовин. Приміром, крохмаль під дією ферментів перетворюється на глюкозу:



Картопля, наприклад, за температури 1–2 °С набуває солодкого смаку. Причиною є те, що за низької температури в бульбах пришвидшується гідроліз крохмалю й пригнічується процес дихання. Тому в картоплинах накопичується глюкоза й інші моносахариди – про це свідчить поява незвичного солодкого смаку.

У тваринних організмах крохмаль, який надходить з їжею, також зазнає гідролізу. Однак перетравлювання крохмалю сирих продуктів ускладнене тим, що його зерна перебувають усередині рослинних клітин із міцними стінками. У гарячій воді, як ви пересвідчилися на досліді, крохмаль набрякає, клітинні стінки розриваються. Далі відбувається процес гідролізу під впливом травних ферментів.

Гідроліз крохмалю використовують у виробництві багатьох харчових продуктів – м'яси, глюкози, хлібобулочних виробів, етилового спирту тощо.

*Часткового гідролізу* з утворенням менш складних полісахаридів – декстринів – крохмаль зазнає під час прасування накрохмаленої білизни й у процесі випікання борошняних виробів.



### Цікаво?

Причина блиску та «хрусткості» накрохмаленої й випасуваної білизни та рум'яних булочок одна й та сама. Декстрини – клейкі речовини – за високої температури утворюють тонку щільну плівку.

### Пізнавально!

Декстрини, добуті частковим гідролізом крохмалю, використовують у складі клеїв для паперу, шпалер тощо.

Останнім часом широкого застосування набули так звані модифіковані крохмалі. Їх одержують шляхом хімічної обробки природного крохмалю, біосинтезом тощо. Унаслідок зміни складу й структури полімерні молекули набувають нових властивостей, які й зумовлюють застосування модифікованих крохмалів у харчовій, паперовій промисловості, під час бурильних робіт та очищення побутових і промислових стоків.



На основі модифікованого крохмалю виготовляють харчові продукти для дітей, хворих на фенілкетонурию. З пресованого крохмалю навіть виготовляють одноразовий посуд. Введення модифікованих крохмалів у склад пластмас створює умови для їхнього біоруйнування у довкіллі.

Існують природні полісахариди, які, на відміну від крохмалю, не перетравлюються в організмі людини й багатьох тварин, а отже, не засвоюються.

• **Целюлоза** (клітковина) – найвідоміший, найрозповсюдженіший і чи не найважливіший поміж полісахаридів. Це основний компонент і будівельний матеріал клітинних стінок рослин (мал. 33.3) і деяких мікроорганізмів.



Мал. 33.3. Целюлоза в природі.

1. Бавовник. 2. Льон. 3. Деревина



### Завдання

Поясніть, до яких наслідків може призвести неконтрольоване вирубування лісів задля забезпечення сировиною целюлозно-паперової та деревообробної промисловості.

Гортаючи сторінки підручника, ви торкаєтеся матеріалу, виготовленого на основі целюлози. У вашому гардеробі обов'язково є бавовняний або льняний одяг (*назвіть його переваги над виробами із синтетичних волокон*). Скатертини, серветки, рушники, білизна, меблі, медичні перев'язувальні засоби, висівковий хліб... Не злічити об'єктів домашнього вжитку, які містять волокна целюлози.

Хімічний склад целюлози описує молекулярна формула  $(-C_6H_{10}O_5-)_n$  (*порівняйте з молекулярною формулою крохмалю*). Молекули целюлози побудовані з тих самих мономерних ланок, що й крохмаль, однак сполучені ці ланки в інший спосіб. Докладно про це ви зможете дізнатися у старшій школі, обравши відповідний профіль навчання. Наразі ж констатуємо – зміна будови істотно впливає на властивості целюлози порівняно з крохмалем. Целюлоза – біла волокниста речовина. Кількість *структурних ланок n* у полімерному ланцюзі цієї високомолекулярної сполуки може сягати від кількох сотень до 10–14 тисяч. Молекули целюлози мають *лінійну* структуру. Текстильні волокна целюлози 20 мм завдовжки, а ті, з яких виготовляють папір і картон не довші за 3 мм.

Хоча в організмі людини целюлоза (клітковина) не перетравлюється, її споживання у складі круп, овочів, висівкового хлібу – необхідна умова здорового харчування (*поясніть, чому*).

Целюлоза не розчиняється у воді й не набухає у ній. Горіння целюлози – екзотермічна реакція зі значним тепловим ефектом, тому деревину, соломку тощо здавна використовували як паливо.

Гідроліз целюлози під дією катіонів Гідрогену використовують для добування глюкози, яку переробляють на етанол (його називають гідролізним спиртом).





## Завдання

Запишіть рівняння реакції гідролізу целюлози.

Термічним розкладанням целюлози без доступу повітря добувають багато оксигеновмісних речовин.

Згодом ви дізнаєтеся, на яких хімічних реакціях ґрунтується переробка целюлози на папір, ацетатний шовк, віскозу, лаки, емалі, целофан, бездимний порошок, фотоплівку, мийні засоби тощо. Принаймні на етикетках багатьох споживчих товарів ви знайдете назви речовин – похідних целюлози.



## Цікаво?

Фахівці з Університету штату Техас у США вивели штам ціанобактерій, які продукують целюлозу, використовуючи як джерело енергії сонячне світло. Добуту целюлозу переробляють на етанол й інші види біопалива. За словами дослідників, ці бактерії можуть бути вирощені без використання сільськогосподарських земель, за допомогою солоної води, яка непридатна для споживання людьми або поливу зернових культур.

## Корисно! Пізнавально!

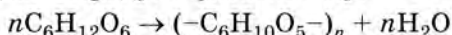
Добування целюлози *біосинтезом* належить до новітніх технологій. Біосинтез інших речовин відомий досить давно. Зокрема, біосинтез поза організмами широко застосовують як спосіб (іноді єдино можливий) промислового виробництва біологічно важливих речовин – вітамінів, деяких гормонів, антибіотиків, амінокислот, білків тощо. Про амінокислоти, білки, нуклеїнові кислоти та особливості їхнього біосинтезу ви дізнаєтеся з наступних параграфів.



## Стисло про головне

Крохмаль – біополімер, структурною ланкою якого є залишок глюкози. Молекулярна формула крохмалю  $(-C_6H_{10}O_5-)_n$ . Макромолекули неоднакові за розміром, мають як лінійну, так і розгалужену структуру. Ступінь полімеризації – від кількох сотень до кількох тисяч.

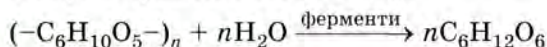
Крохмаль – кінцевий продукт фотосинтезу:



Найбагатші на крохмаль – бульби картоплі, насіння кукурудзи, рису, пшениці.

Крохмаль – білий хрусткий порошок без запаху й смаку, не розчиняється в холодній воді, у гарячій набрякає, утворюючи клейстер. Унаслідок дії спиртового розчину йоду на крохмаль з'являється синє забарвлення. Тобто спиртовий розчин йоду – реактив на крохмаль, і навпаки.

Крохмаль під дією ферментів або внаслідок кип'ятіння з кислотою зазнає гідролізу й перетворюється на глюкозу:





Гідроліз крохмалю використовують у виробництві багатьох харчових продуктів. Можливий і частковий гідроліз крохмалю з утворенням менш складних полісахаридів – декстринів, які використовують у складі клеїв для паперу, шпалер тощо.

Модифіковані крохмалі одержують за допомогою хімічної обробки природного крохмалю та біосинтезу. Унаслідок зміни складу й структури полімерні молекули набувають нових властивостей, які й зумовлюють широке застосування модифікованих крохмалів.

Целюлоза (клітковина) – основний компонент і будівельний матеріал клітинних стінок рослин і деяких мікроорганізмів. Сировина для добування целюлози – бавовник, льон, деревина.

Молекулярна формула целюлози така сама, як і в крохмалю, однак структурні ланки в полімерному ланцюзі сполучені в інший спосіб. Ступінь полімеризації – від кількох сотень до 10–14 тисяч, молекули мають лінійну структуру. Целюлоза – біла волокниста речовина, не розчиняється у воді й не набрякає в ній.

Горіння целюлози – екзотермічна реакція зі значним тепловим ефектом.

Гідроліз целюлози під дією катіонів Гідрогену використовують для добування глюкози:  $(-C_6H_{10}O_5-)_n + nH_2O \xrightarrow{H^+} nC_6H_{12}O_6$ . Термічним розкладанням целюлози без доступу повітря добувають багато оксигеновмісних речовин. Целюлозу переробляють на папір, ацетатний шовк, віскозу, лаки, емалі, целофан, бездимний порошок, фотоплівку, мийні засоби тощо.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Порівняйте хімічний склад, будову й властивості крохмалю й целюлози.
2. Наведіть приклади рослин, багатих на крохмаль.
3. Поясніть, з якої сировини виготовляють: а) вату; б) папір.
4. Поясніть, чому: а) якщо довго жувати шматочок хліба, ви відчуваєте солодкий смак; б) борошністий смак насіння під час проростання змінюється на солодкуватий.
5. Запропонуйте кілька варіантів того, як розрізнити порошки крейди та крохмалю, використовуючи речовини повсякденного вжитку.
6. Наведіть приклади застосування крохмалю й целюлози.
7. Дев'ятикласниці Олена та Оксана посперечалися. Олена стверджувала, що треба обов'язково крохмалити постільну білизну – адже після прасування вона набуває привабливого вигляду. Оксана заперечувала – гігієнічні властивості такої білизни незадовільні. А яка ваша думка? Долучіться до дискусії й обґрунтуйте свою позицію.
8. У промисловості гідроліз крохмалю здійснюють нагріванням з розбавленою сульфатною кислотою. Висловіть припущення, для чого після закінчення гідролізу до розчину добавляють надлишок крейди, підтвердьте свої міркування рівнянням реакції.
9. Топінамбур (земляна груша) не містить крохмалю, хоча страви з нього зовні й на смак нагадують картопляні. Запропонуйте, як хімічним шляхом розрізнити варені бульбу й топінамбур.
10. Поясніть, чому слід ретельно очищати зуби від залишків їжі, яка містить цукор і крохмаль.

1. Виготовте в домашніх умовах крохмаль.

*Інструкція.* Кілька картоплин ретельно помийте, почистіть і натріть на тертушці або подрібніть в електром'ясорубці чи блендері, аби звільнити зерна крохмалю від клітинних оболонок. Утворену суміш ретельно перемішайте з подвійним об'ємом води й процідіть крізь тонке сито або марлю. Крохмальні зерна у вигляді «крохмального молока» відокремлюються від клітинних оболонок та інших речовин. Залишок на ситі або в марлі багаторазово промийте водою.

З «крохмального молока» за годину відстоюється крохмаль. Декантуйте, тобто обережно злийте з осаду, суспензію крохмалю. Добутий крохмаль двічі

промийте чистою водою, щоразу перемішуючи. Домішки, які залишаються в крохмалі, темніють на повітрі й надають продукту непривабливого вигляду, тож промивати треба ретельно.

Нарешті відокремте крохмаль від води (декантацією або фільтруванням) і висушіть на повітрі. Перевірте його на хрускіт, розтираючи між пальцями, виготовте крохмальний клейстер та випробуйте розчином йоду.



Мал 33.4

2. Проаналізуйте зміст етикеток споживчих товарів аби з'ясувати, які з них містять целюлозу або її похідні й створіть колекцію (віртуальну або реальну) «Як моя родина використовує целюлозу та продукти її переробки».
  3. Роздивіться дослід, зображений на малюнку 33.4. Порадьтеся з учителем, проведіть цей експеримент і поясніть його результати.
- За результатами досліджень підготуйте презентації.

## § 34. Амінооцтова кислота (гліцин)

Після опрацювання § 34 ви зможете:

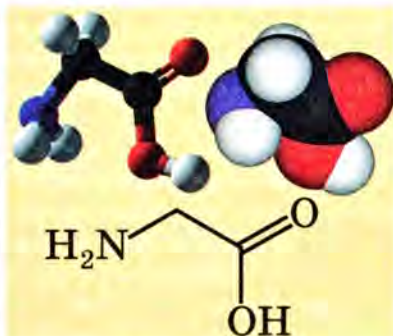
називати функціональну аміногрупу; наводити приклади застосування амінооцтової кислоти; складати молекулярну та структурну формули цієї сполуки; характеризувати склад, структуру, фізичні та хімічні властивості амінооцтової кислоти; ілюструвати властивість амінооцтової кислоти утворювати пептиди рівняннями хімічних реакцій; розрізняти за функціональними ознаками амінокислоти; обґрунтовувати застосування амінооцтової кислоти її властивостями та роль у живому організмі.

**На шляху до успіху пригадаємо з курсів хімії, біології, основ здоров'я:** звідки походять назви «гліцерин», «глюкоза», «колоїдний»; які елементи є органогенами; яка молекулярна та структурна формули оцтової кислоти; яка функціональна група карбонових кислот; як скласти повну структурну формулу речовини за її спрощеною структурною формулою; які властивості речовин з йонними кристалічними ґратками; які властивості виявляють кислоти й основи; що таке амфотерність.

• **Чому гліцин?** Вивчаючи полісахариди (які?), ви дізналися, що чи не найважливішою їхньою властивістю є гідроліз. У 1820 р. французький хімік Анрі Браконно здійснював кислотний гідроліз хрящів і сухожилів.



Він тривалий час кип'ятив їх у водному розчині кислоти. Після завершення процесу науковець нейтралізував надлишок катіонів Гідрогену в розчині й відфільтрував його. Через брак часу Браконно лише за місяць повернувся до дослідження вмісту колби. У ній він виявив *безбарвні зернисті кристали із солодким смаком*. Нову речовину хімік назвав глікоколом, що означає «клейовий цукор» (грец. γλυκύς – «солодкий», а κόλλα – «клей»). Пізніше цю сполуку почали називати *гліцином*. 1838 р. *якісний склад* гліцину дослідив голландський хімік Г. Мульдер. Він виявив у цій речовині *Нітроген*, тож її не можна було віднести до вуглеводів. Шість років потому Е. Хорсфорд, співробітник Ю. Лібіха, визначив *кількісний склад* гліцину, тобто його *молекулярну формулу*.



**Мал. 34.1.** Кулестержнева й масштабна моделі амінооцтової кислоти та спрощений запис її структурної формули

• **Молекулярна формула** гліцину  $C_2H_5O_2N$ . До складу його молекули, окрім атомів Карбону, Гідрогену й Оксигену, входять атоми Нітрогену. Тому ця речовина належить до *нітрогеновмісних* органічних сполук. Однак молекулярна формула не відображає послідовності сполучення атомів у молекулі та їхнє взаєморозташування в просторі. Розгляньмо, як побудована молекула цієї сполуки.

• **Структурна формула** гліцину досить проста (мал. 34.1). Її легко вивести зі структурної формули оцтової кислоти (мал. 29.1), замістивши один з атомів Гідрогену в алкільній групі  $-CH_3$  на *аміногрупу*, формула якої  $-NH_2$ . Тож, розглянувши малюнок 34.1, легко відповісти на запитання **«Чому саме амінооцтова?»** (у сучасній науковій хімічній літературі вам траплятиметься й інша назва цієї речовини – **аміноетанова кислота**).

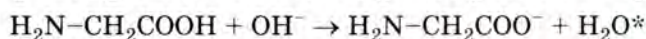
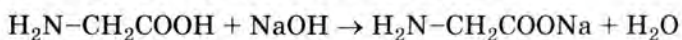


### Завдання

За спрощеною структурною формулою амінооцтової кислоти запишіть її повну структурну формулу (за потреби зверніться до § 19).

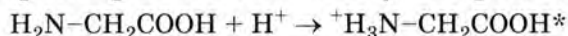
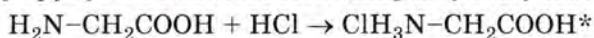
• **Фізичні властивості** амінооцтової кислоти ми вже частково описали (*назвіть їх*), розглядаючи історію відкриття цієї сполуки. Додавимо, що гліцин малорозчинний в етанолі, за температури  $233^\circ C$  плавиться й розкладається.

• **Функціональні аміно- та карбоксильна групи** за хімічною природою протилежні. Карбоксильна група – кислотна, аміногрупа – основна. Тому амінооцтова кислота – *амфотерна* органічна сполука, бо виявляє властивості як карбонових кислот, так і основ. Приміром, її реакції з лугами відбуваються за участю карбоксильної групи:





Ви, звичайно, звернули увагу на подібність властивостей амінооцтової та оцтової кислот. Адже обидві речовини містять одну й ту саму функціональну групу. З кислотами гліцин реагує за участю аміногрупи:



Функціональні групи в молекулі амінооцтової кислоти взаємодіють між собою з утворенням так званої *внутрішньої солі*:  ${}^+\text{H}_3\text{N}-\text{CH}_2\text{COO}^-$ . (Хімічні рівняння та формули, позначені \*, подано для ознайомлення, а не запам'ятовування.) Амінооцтова кислота (так само, як і інші амінокислоти) існує як у розчині, так й у кристалічному стані саме у формі внутрішньої солі. Оскільки солі – йонні сполуки, стає зрозумілим, чому гліцин має порівняно високу температуру плавлення, а його водний розчин проводить електричний струм.

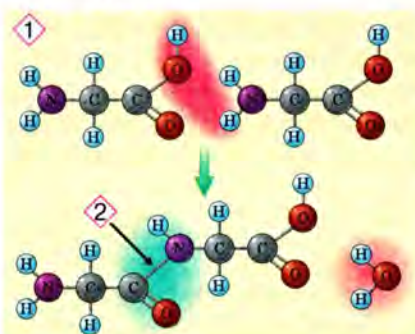
Взаємодія аміно- і карбоксильної груп можлива не лише в одній молекулі, а й між функціональними групами, які належать різним молекулам. Ця реакція дуже важлива, її продукти – основа життя на нашій планеті, тож розгляньмо цей процес докладніше.

• **Утворення пептидів** схематично зображено на малюнках 34.2 і 34.3. Унаслідок реакції між двома молекулами амінооцтової кислоти утворюється дипептид і молекула води.

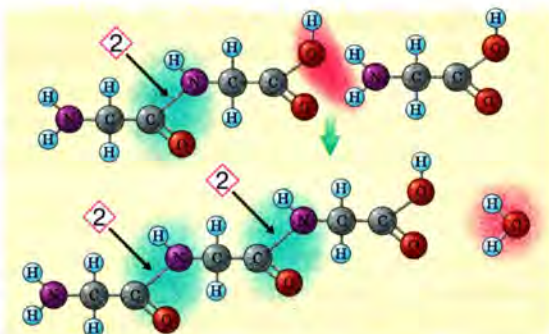
В утвореному дипептиді, так само як у молекулі амінооцтової кислоти, є аміно- і карбоксильна групи. Це означає, що можлива подальша взаємодія з молекулами амінокислоти – поліпептидний ланцюг ростиме.

Фрагменти молекул амінокислот, що утворюють пептидний ланцюг, називають *амінокислотними залишками*, а зв'язок  $\text{CO}-\text{NH}$  – *пептидним зв'язком*. За допомогою пептидного зв'язку з амінокислотних залишків побудовані молекули білків. Про ці речовини ви докладніше дізнаєтеся з наступного параграфу та на уроках біології.

• **Застосування амінооцтової кислоти** зумовлене комплексом її властивостей. Гліцин використовують в органічному синтезі. Ця речовина – попередник багатьох біологічно активних сполук складної будови. Тож під час розвитку й росту організму його потреба в гліцині істотно збільшується.



**Мал. 34.2.** 1. Унаслідок реакції між двома молекулами амінооцтової кислоти утворюється дипептид і молекула води. 2. Пептидний зв'язок



**Мал. 34.3.** 1. Унаслідок реакції між дипептидом і молекулою амінооцтової кислоти утворюється трипептид і молекула води. 2. Пептидний зв'язок

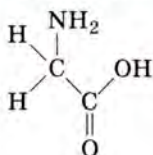


Амінооцтова кислота необхідна для нормального функціонування центральної нервової системи. Вона входить до складу лікарських препаратів, які призначають недужим, аби зменшити психоемоційне напруження, поліпшити настрій, зняти стрес, нормалізувати сон, захистити від токсичної дії психотропних препаратів тощо. Однак слід пам'ятати, що передозування гліцину спричиняє зворотний ефект. Тому, доцільність уживання амінооцтової кислоти, як і будь-яких інших медичних препаратів, визначає лікар.



### Стисло про головне

Молекулярна формула амінооцтової кислоти  $C_2H_5O_2N$ .



Її структурна формула

Амінооцтова кислота – безбарвні, солодкі на смак, розчинні у воді й малорозчинні в етанолі кристали. За температури  $233^\circ\text{C}$  вона плавиться й розкладається.

Карбоксильна група – кислотна, аміногрупа – основна. Амінооцтова кислота – амфотерна органічна сполука, бо виявляє властивості як карбонових кислот, так і основ. Її реакції з лугами відбуваються за участю карбоксильної групи, а з кислотами – за участю аміногрупи.

Функціональні групи в молекулі амінооцтової кислоти взаємодіють між собою з утворенням внутрішньої солі. Це зумовлює порівняно високу температуру плавлення й електропровідність водного розчину гліцину.

Взаємодія аміно- і карбоксильної груп можлива не лише в одній молекулі, а й між функціональними групами, які належать різним молекулам. Унаслідок цього утворюються пептиди.

Фрагменти молекул амінокислот, що утворюють пептидний ланцюг, називають амінокислотними залишками, а зв'язок  $\text{CO}-\text{NH}$  – пептидним зв'язком. За допомогою пептидного зв'язку з амінокислотних залишків побудовані молекули білків.

Застосування амінооцтової кислоти зумовлене комплексом її властивостей. Вона необхідна для нормального функціонування центральної нервової системи. Доцільність уживання амінооцтової кислоти, як і будь-яких інших ліків, визначає лікар.



### Застосуйте свої знання й уміння

- Виберіть аміногрупу:  
**A** –  $\text{CO}-\text{NH}-$ ; **Б** –  $\text{COOH}$ ; **В** –  $\text{OH}$ ; **Г** –  $\text{NH}_2$ .
- Наведіть приклади застосування амінооцтової кислоти.
- Виберіть молекулярну формулу амінооцтової кислоти й запишіть її структурну формулу:  
**A**  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; **Б**  $\text{NH}_2\text{COOH}$ ; **В**  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ; **Г**  $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ .

- Поясніть, чому амінооцтова кислота – амфотерна сполука.
- Виберіть функціональні групи, за рахунок взаємодії між якими утворюється пептидний зв'язок:  
**А** – CO – NH –; **Б** – COOH; **В** – OH; **Г** – NH<sub>2</sub>.
- Виберіть функціональну групу, яка зумовлює основні властивості амінооцтової кислоти:  
**А** – CO – NH –; **Б** – COOH; **В** – OH; **Г** – NH<sub>2</sub>.
- Виберіть функціональну групу, яка зумовлює реакцію амінооцтової кислоти з калій гідроксидом:  
**А** – CO – NH –; **Б** – COOH; **В** – OH; **Г** – NH<sub>2</sub>.
- Запишіть рівняння реакції між двома молекулами амінооцтової кислоти.
- Запишіть рівняння реакції між двома дипептидами амінооцтової кислоти.



### Скарбничка досвіду

Дізнайтеся, використовуючи різноманітні джерела інформації:

- для чого застосовують харчову добавку Е 640 та чи дозволено її використання в Україні;
- чи виявлено гліцин за межами Землі і яке це має значення.

За результатами досліджень підготуйте презентації.

## § 35. Білки

**Після опрацювання § 35 ви зможете:**

*характеризувати склад, структуру, фізичні та хімічні властивості білків, їхню первинну, вторинну, третинну й четвертинну структуру; визначати білки дослідним шляхом; обґрунтовувати застосування білків їхніми властивостями, роль у живому організмі; встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями та біологічними функціями і застосуванням білків; висловлювати судження щодо значення білків у суспільному господарстві, побуті, охороні здоров'я тощо.*

**На шляху до успіху пригадаємо з курсів хімії, біології, основ здоров'я:**  
*що таке гідроліз; як утворюються поліпептиди; чим відрізняється теорія від гіпотези, аналіз – від синтезу; що таке біосинтез; що таке ферменти; у чому відмінність між оборотними і необоротними процесами; як утворюється водневий зв'язок і яке значення він має; що таке гідратна оболонка; чим зумовлені хімічні й термічні опіки і якої першої допомоги вони потребують; як пов'язані харчування і здоров'я; які вимоги до харчування підлітків.*

• **Чому білки?** Назва «білки» походить від відомого з давніх-давен яєчного білка (лат. *albumen*), який унаслідок нагрівання перетворюється на білу нерозчинну масу. Згідно з описами Плінія Старшого, уже в Стародавньому Римі яєчний білок застосовували як лікувальний засіб. Однак справжня історія білкових речовин розпочалася тоді, коли з'явилися перші відомості про хімічні властивості білків. Найважливіша з-поміж них – здатність до *гідролізу*.

• **Гідроліз білків** – реакція, за допомогою якої з них було добуто *амінокислоти*. Ви звичайно, пам'ятаєте, що саме в такий спосіб відкрито й



найпростішу з них – амінооцтову. Унаслідок гідролізу руйнуються пептидні зв'язки між амінокислотними залишками. Тобто реакція гідролізу білків обернена до реакції їхнього утворення з амінокислот.

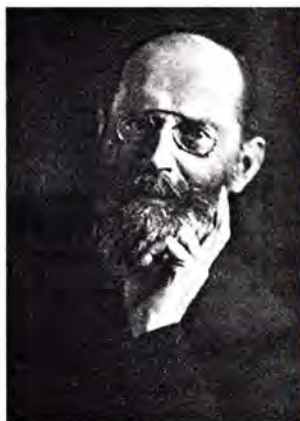
Виявлення амінокислот у продуктах гідролізу білків мало вирішальне значення для розуміння хімічної природи білкових біополімерів.

• **Склад і будову білків** науковці намагалися визначити чи не з XVII ст. Крок за кроком просувалися вони до мети – створення *теорії* будови білка. Зокрема, думку про амінокислотний склад білків висловлював І. Я. Горбачевський (мал. 35.1). Він одним з перших виділив у чистому вигляді амінокислоти і показав, що вони є «будівельними цеглинками» білків.

Зрештою в 1902 р. Е. Фішер (мал. 35.2) сформулював *пептидну гіпотезу*, згідно з якою білки побудовані з амінокислотних залишків, з'єднаних пептидними зв'язками. Він висловив припущення, що амінокислоти, які утворюються внаслідок гідролізу білків, є для них найпростішим «будівельним матеріалом». Науковець експериментально довів, що амінокислоти сполучаються між собою в результаті взаємодії карбоксильних і аміногруп з виділенням води та утворенням *поліпептидів*. Він започаткував синтез поліпептидів

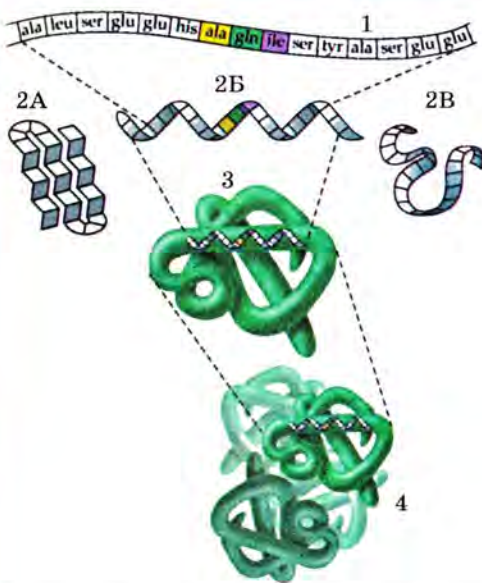


**Мал. 35.1.** Горбачевський Іван (Ян) Якович (1854–1942) – видатний український хімік, біохімік, гігієніст та епідеміолог, громадсько-політичний діяч. Академік АН УРСР. Синтезував і дослідив сечову кислоту, добув її штучно і встановив роль сечової кислоти в живих організмах. Одним з перших висловив думку про амінокислотний склад білків. Праці з гігієни, епідеміології та судової медицини. Удосконалив українські хімічну та медичну термінології. Видав українською та чеською мовами підручники з хімії



**Мал. 35.2.** Фішер Еміль Герман (1852–1919) – німецький хімік-органік, творець наукової школи, основоположник хімії природних сполук, іноземний член-кореспондент й іноземний почесний член Петербурзької АН. Запровадив номенклатуру, створив раціональну класифікацію і здійснив синтез багатьох вуглеводів. Відкрив специфічність дії ферментів, ґрунтовно досліджував хімію білків. Лауреат Нобелівської премії (1902)





**Мал. 35.3.** Рівні організації білкової молекули: первинна (1), вторинна (2), третинна (3) й четвертинна (4) структури. За для зручності амінокислотні залишки у поліпептидному ланцюзі позначають однією або трьома латинськими літерами, наприклад, залишок амінооцтової кислоти позначають G або Gly (пояснить, чому)

Карбону, як, наприклад, у гліцині) утворюються поліпептидні ланцюги найрізноманітнішого складу й будови.

Кількість амінокислотних залишків у молекулах окремих білків різна. Приміром, в інсуліні їх 51, у міоглобіні – близько 140. Тому й відносна молекулярна маса білків коливається в дуже широких межах. Наприклад, в інсуліні вона становить близько 6500, а в білка вірусу грипу – 320 000 000.

**Первинна структура** – послідовність амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюзі. Виявлено, що певна комбінація амінокислот зумовлює специфічні функції білка в організмі. Тож за первинною структурою можна передбачити функції невідомого білка. Або, навпаки, синтезувати білкову речовину з потрібними функціями. Первинна структура білка виникає внаслідок утворення пептидних зв'язків між амінокислотними залишками.

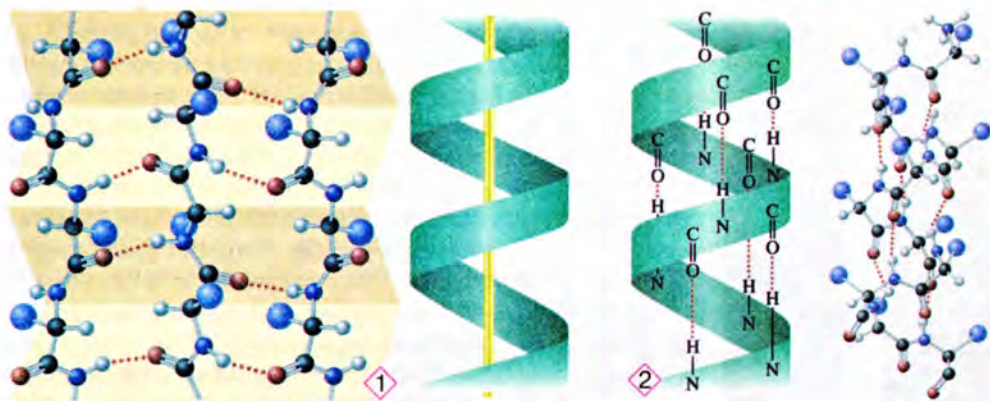
**Вторинна структура** – місцеве впорядкування фрагмента поліпептидного ланцюга внаслідок утворення водневих зв'язків (мал. 35.4). Якщо полярні групи фрагментів первинної структури віддалені одна від одної, утворюються складчасті шари (мал. 35.3, 2А; 35.4,1) з кількох зигзагуватих поліпептидних ланцюгів. Якщо ж полярні групи фрагментів первинної структури розташовані близько, утворюється так звана  $\alpha$ -спіраль (мал. 35.3,2.Б; 35.4,2), один виток якої містить чотири амінокислотні залишки.

і одержав білкову речовину з відносною молекулярною масою 1213 – першу синтетичну сполуку, подібну до найпростіших білків. Отже, *пептидну гіпотезу* було повністю підтверджено аналізом білків і синтезом їх з амінокислот. Таким чином, подальше вивчення будови білків дістало міцне *теоретичне* підґрунтя.

• **Рівні організації білкової молекули** – її первинна, вторинна, третинна й четвертинна структури (мал. 35.3). Цю класифікацію запропонував у 1952 р. датський біохімік К.У. Ліндерштрем-Ланг. Вона актуальна й дотепер, оскільки відбиває реальні стадії формування просторової будови білків. Тому розгляньмо її докладніше.

У живих організмах амінокислотний склад білків визначається генетичним кодом. З двадцяти  $\alpha$ -амінокислот (у їхніх молекулах карбоксильна й аміногрупа сполучені з одним і тим самим атомом





Мал. 35.4. Вторинна структура білка зумовлена виникненням водневих зв'язків

Уперше таку структуру виявив Лайнус Полінг (мал. 35.5) під час вивчення методом рентгеноструктурного аналізу головного білка волосся й вовни –  $\alpha$ -кератину. Її назвали  $\alpha$ -структурою, або  $\alpha$ -спіраллю. Також можливе утворення клубка біополімеру іншої форми (мал. 35.3, 2В).

**Третинна структура** – просторова будова поліпептидного ланцюга, зумовлена взаємним розташуванням елементів вторинної структури. Третинна структура стабілізована насамперед ковалентними зв'язками, які виникають унаслідок взаємодії між функціональними групами різної хімічної природи. Неабияку роль у виникненні й підтриманні третинної структури відіграють електростатичні сили притягання й відштовхування та водневі зв'язки.

**Четвертинна структура** зумовлена взаємним розташуванням кількох поліпептидних ланцюгів у складі єдиного білкового комплексу (мал. 35.3,4). Гемоглобін – перший білок, в якого було виявлено четвертинну структуру.



Мал. 35.5. Полінг (Паулінг) Лайнус Карл (1901–1994). Американський фізик і хімік. Основні праці присвячені теорії хімічного зв'язку та дослідженню структури молекул. Сформулював концепцію вторинної структури білка – теорію  $\alpha$ -спіралі. Лауреат Нобелівської премії з хімії (1954) та Нобелівської премії Миру (1963)



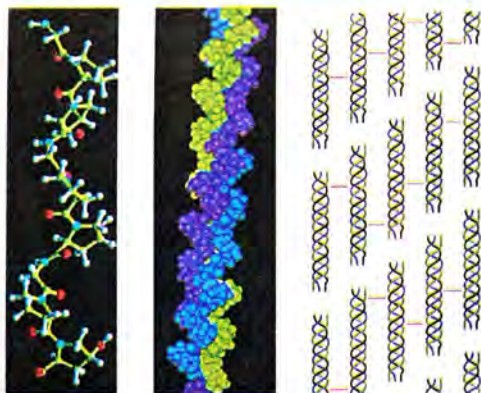
### Цікаво?

Четвертинна структура гемоглобіну складається з чотирьох макромолекул. Вони утворюють надмолекулярну структуру сферичної форми. Її функція – транспортування кисню в живих організмах.

### Пізнавально!

• **Чи розчинні білки?** Це залежить від їхньої будови: саме просторова структура білка визначає його властивості й біологічні функції.





**Мал. 35.6.** Колаген – фібрилярний білок, який зумовлює пружність шкіри

У молекулах *глобулярних* білків поліпептидні ланцюги згорнуті в щільні кулясті структури – *глобули*. До глобулярних білків належать ферменти, антитіла, деякі гормони тощо. Чимало глобулярних білків – водорозчинні, зокрема альбуміни, – прості глобулярні білки, які містяться в яєчному білку, сироватці крові, молоці й насінні рослин.

Білки, що входять до складу покривних тканин і утворень, – *фібрилярні* (мал. 35.6). Вони погано розчинні або нерозчинні у воді. Це білки м'язових тканин, шкірних

покровів, волосся, рогових покровів, вовни й пір'я тощо.

• **Осадження білків** відбувається під впливом різноманітних органічних і неорганічних речовин – етанолу, солей, концентрованих кислот. Аби пересвідчитися в цьому, виконаймо досліди.

У пробірки з водним розчином альбуміну додано насичені водні розчини солей лужних і лужноземельних елементів, наприклад натрій хлориду й магній сульфату. Внаслідок цього руйнується гідратна оболонка частинок білка й утворюється осад, який знову можна розчинити у воді. Важливо, що за такого осадження й розчинення властивості білків відновлюються, вони не втрачають, наприклад, ферментативної активності. У такий спосіб очищають білки, одержують їх у кристалічному вигляді.

Органічні розчинники, наприклад етанол, також спричиняють дегідратацію білкових макромолекул, руйнують їхні водні оболонки. Осадження білків спиртом *оборотне*, якщо процес відбувався без нагрівання й вплив реагенту був короткочасним. Тривалий контакт білка зі спиртом призводить до *необоротного* осадження – *денатурації*.

• **Денатурація білка** пов'язана з глибокими внутрішньомолекулярними змінами його будови, руйнуванням четвертинної, третинної і вторинної структур. Це призводить до втрати білком розчинності, біологічної активності тощо. Деякі чинники, які зумовлюють денатурацію білків, наведені в таблиці 35.1.

Таблиця 35.1

Чинники, які зумовлюють денатурацію білків	
Хімічні	Фізичні
Концентровані кислоти й луги Сполуки важких металічних елементів Органічні розчинники Отрути рослинного й тваринного походження Сечовина у високих концентраціях	Високі температури Ультрафіолетове опромінення Рентгенівське й радіоактивне опромінення Механічний вплив (наприклад, вібрація)



Приміром, денатурація білків відбувається у сильнокислому середовищі шлунка. Це сприяє ферментативному розщепленню білків під час перетравлювання їжі. Хімічні опіки шкіри й слизових оболонок також зумовлені денатурацією білків під впливом їдких речовин. Термічні опіки – приклад денатурації білків за високої температури.

Денатурацію білків застосовують для лікування отруєння сполуками важких металічних елементів: Купруму, Плюмбуму тощо. Хворому дають молоко або сирі яйця. Токсичні сполуки денатурують білки молока або яєць й поглинаються їхньою поверхнею.

• **Чи оборотна денатурація?** У пробірці (*in vitro*) денатурація, найчастіше – необоротний процес. Якщо ж денатурований білок помістити в умови, близькі до природних, то він може відновити свої властивості, але дуже повільно (таке явище властиве не всім білкам).

• **Кольорові реакції білків** застосовують для виявлення цих сполук поміж інших органічних речовин. Виконайте лабораторний дослід, аби пересвідчитися в цьому.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД

*Пригадайте й неухильно виконуйте  
ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ  
З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ*

### № 14. Кольорові реакції білків

#### Завдання

Виконайте ксантопротеїнову й біуретову (мал. 35.7) реакції, опишіть ознаки їхнього перебігу.

**Обладнання:** штатив з пробірками або пластина із заглибинами, пробіркотримач. **Реактиви:** розчини нітратної кислоти, купрум(II) сульфату, натрій гідроксиду, яєчного білка.

#### Інструкція

**Дослід 1.** Взаємодія розчину білка з нітратною кислотою (ксантопротеїнова реакція).

У пробірку внесіть по 5 крапель розчинів білка та нітратної кислоти. Нагрійте добутий білий осад до появи жовтого забарвлення.

**Дослід 2.** Взаємодія розчину білка з купрум(II) гідроксидом (біуретова реакція).


У пробірку (або заглибину пластини) внесіть 5 крапель розчину білка, додайте 2 краплі розчину купрум(II) сульфату. Далі добавляйте розчин натрій гідроксиду до утворення фіолетового розчину.



**Мал. 35.7.** Біуретова реакція характерна для групи атомів, які утворюють пептидний зв'язок

$$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$$
 Біуретова проба: негативна (1) і позитивна (2)





• **Біологічна роль амінокислот і білків** дуже важлива. Білки – невід’ємні складові всіх живих організмів. Вони беруть участь чи не в кожному внутрішньому процесі клітини. Білки – важлива частина харчування людини і тварин, оскільки їхні організми не можуть синтезувати всі необхідні амінокислоти й частина з них надходить із білковою їжею. Під час травлення ферменти руйнують спожиті білки до амінокислот, які організм використовує для біосинтезу властивих йому білків або для одержання енергії. Чимало біологічно активних сполук – речовини білкової природи.

Докладно функції білків і значення амінокислот у життєдіяльності організмів ви вивчатимете на уроках біології.



### Стисло про головне

Білки – високомолекулярні органічні сполуки, які складаються зі сполучених у ланцюг амінокислотних залишків. Унаслідок гідролізу руйнуються пептидні зв’язки між амінокислотними залишками. Реакція гідролізу білків обернена до реакції їхнього утворення з амінокислот.

Рівні організації білкової молекули – її первинна, вторинна, третинна й четвертинна структури. Первинна структура – послідовність амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюзі. Первинна структура білка виникає внаслідок утворення пептидних зв’язків між амінокислотними залишками. Вторинна структура – місцеве впорядкування фрагмента поліпептидного ланцюга внаслідок утворення водневих зв’язків. Третинна структура – просторова будова поліпептидного ланцюга, зумовлена взаємним розташуванням елементів вторинної структури. Третинна структура стабілізована насамперед ковалентними зв’язками, які виникають унаслідок взаємодії між функціональними групами різної хімічної природи. Четвертинна структура зумовлена взаємним розташуванням кількох поліпептидних ланцюгів у складі єдиного білкового.

Просторова структура білка визначає його властивості й біологічні функції. Глобулярні білки здебільшого розчинні, фібрилярні – ні.

Осадження білків солями Натрію, Магнію – оборотний процес. Осадження білків спиртом оборотне, якщо процес відбувався без нагрівання й вплив реагенту був короткочасним. Тривалий контакт білка зі спиртом призводить до необоротного осадження, денатурації. Денатурація білка пов’язана з глибокими внутрішньомолекулярними змінами його будови, руйнуванням четвертинної, третинної й вторинної структур. У пробірці (*in vitro*) денатурація найчастіше – необоротний процес. Якщо ж денатурований білок помістити в умови, близькі до природних, то він може відновити свої властивості, але дуже повільно (таке явище властиве не всім білкам).

Кольорові реакції білків (ксантопротеїнову й біуретову) застосовують для виявлення цих сполук поміж інших органічних речовин.

Біологічна роль амінокислот і білків дуже важлива. Білки – необхідні складові всіх живих організмів, вони беруть участь у кожному внутрішньому процесі клітини. Під час травлення ферменти руйнують спожиті білки до амінокислот, які організм використовує для біосинтезу властивих йому білків або для одержання енергії. Чимало біологічно активних сполук – речовини білкової природи.



**Цікаво?**

В Україні до культу родючості з давніх часів належить звичай розмальовувати курячі або декоративні яйця – писанки. Писанка багата символічними образами. Кожний регіон України має свої особливості у визначенні кольорів та орнаментів, тобто свою власну символіку. У християнську добу всі ці символічні мотиви пов'язувалися з Великоднем.

**Пізнавально!****Застосуйте свої знання й уміння**

1. Назвіть відомі вам біополімери.
2. Поясніть суть реакції гідролізу білків та її значення.
3. Схарактеризуйте структурні рівні організації молекули білка.
4. Поясніть, чому альбумін розчиняється у воді, а колаген – ні.
5. Наведіть приклади денатурації білків і поясніть суть цього процесу.
6. З огляду на вивчене поясніть згубну дію алкоголю та радіоактивного опромінення на здоров'я.
7. Поясніть, чому інколи молоко під час кип'ятіння зсідается. Звідки в молоці з'являються речовини, які зумовлюють це явище?
8. Поміркуйте, чому досвідчені господарині для одержання смачного бульйону м'ясо кладуть у холодну воду, а для приготування смачного м'яса – в окріп. Здійсніть експериментальну перевірку власних міркувань, опишіть методику проведення експерименту й спостереження. Чи підтвердилися ваші гіпотези щодо причин такого підходу до приготування страв?
9. Поясніть, для чого у лабораторіях медичних закладів під час аналізу сечі здійснюють біуретову реакцію.
10. Схарактеризуйте значення білків у суспільному господарстві, побуті, охороні здоров'я тощо.

**Скарбничка досвіду**

1. В одноразовий пластиковий стакан налейте молоко об'ємом 50 мл, розбавте його вдвічі водою і додайте столовий оцет об'ємом 1 мл (замість оцту можна використати розчин лимонної кислоти або сік цитрини). Трохи нагрійте цю суміш. Опишіть спостереження. Запропонуйте спосіб попередньої перевірки молока на наявність речовин, які спричиняють його згортання. Поясніть, для чого недобросовісні продавці в місцях стихійної торгівлі добавляють у молоко питну соду, антибіотики. Спрогнозуйте наслідки споживання порівняно дешевого молока, яке не пройшло санітарного контролю. Оцініть доцільність покупок у місцях стихійної торгівлі.
2. Приготуйте два однакові клаптики накрохмаленої сухої марлі завбільшки з долоню, блюдце з розбавленим розчином йоду, склянку з водою, сірники (без головки) з намотаними на кінцях жмутиками вати (або так звані ватні палички промислового виробництва). Добре змочіть слиною вату на одному сірнику і посередині клаптя накрохмаленої марлі напишіть літеру. Затисніть марлю між долонями й тримайте так 2–3 хв, а потім змочіть роз-

чином йоду. Спостерігайте, як забарвлюється клаптик марлі. Повторіть ці дії, але замість слини змочіть вату на другому сірнику водою. Опишіть спостереження, порівняйте і поясніть результати дослідів.

3. Під керівництвом учителя дослідіть, чи відбувається біуретова реакція з:
- а) натуральним м'ясним бульйоном;
  - б) бульйонами з бульйонних кубиків різних виробників;
  - в) овочевим відваром.
- Зробіть висновок про вміст білка в досліджуваних об'єктах.
- За результатами досліджень підготуйте презентацію.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

### Розв'язування експериментальних задач

Під час виконання роботи ви застосуєте набуті знання про властивості органічних сполук та якісні реакції, за допомогою яких їх визначають, вдосконалисте вміння складати план експерименту й проводити його, робити висновки, розв'язувати експериментальні задачі.

**Увага!** Для ліпшого спостереження використовуйте чорно-білий екран. Якщо досліди виконуєте в пробірках, беріть по 5 крапель розчинів реагентів. Якщо дослід виконуєте в лунках пластини, то досить узяти по 2–3 краплі розчинів реагуючих речовин.

Будьте особливо обережні під час роботи з їдкими й отруйними речовинами та скляним хімічним посудом!



Вам видано штатив з пробірками або пластину для крапельного аналізу, скляні палички, піпетки, чорно-білий екран.

Реактиви, потрібні для роботи, доберіть самостійно з-поміж тих, які вам видасть учитель.

#### Завдання.

Виконайте досліди. Опишіть і поясніть спостереження, складіть (там, де це можливо) рівняння реакцій, запишіть їх у повній і (де це можливо) скороченій йонній формах.

1. Проробіть якісну реакцію на: а) гліцерин; б) глюкозу; в) крохмаль.
2. Виконайте ксантопротеїнову реакцію.



3. Виконайте біуретову реакцію.
4. Добудьте двома способами: а) магній ацетат; б) кальцій ацетат; в) натрій ацетат.
5. Проведіть реакцію нейтралізації за участю оцтової кислоти.
6. Доведіть експериментально, що оцтова кислота сильніша за карбонатну.
7. Доведіть експериментально, що: а) зразок препарату «Регідрон» містить глюкозу; б) у білому хлібі та картоплі є крохмаль; в) лікарський препарат «Розчин Люголя» містить йод.
8. Розрізніть хімічним шляхом: а) шматочки картоплі і топінамбуру (він не містить крохмалю); б) розчини крохмального клейстеру й альбуміну; в) порошки крохмалю та крейди.

## § 36. Нуклеїнові кислоти

**Після опрацювання § 36 ви зможете:**

описувати у загальному вигляді склад і будову нуклеїнових кислот; обґрунтовувати роль нуклеїнових кислот у живому організмі; висловлювати судження щодо значення нуклеїнових кислот у суспільному господарстві, побуті, охороні здоров'я тощо.

**На шляху до успіху пригадаємо:**

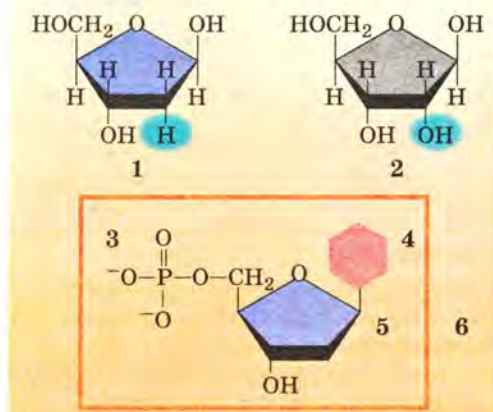
який склад ортофосфатної кислоти та її кислотного залишку; що таке моносахариди; яка роль білків у живих організмах.

• **Чому нуклеїнові?** Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) і рибонуклеїнова кислота (РНК) – речовини, які зберігають усю інформацію про окремий живий організм та ознаки, що визначають його ріст і розвиток, а також спадкові ознаки, передані наступному поколінню. Їхні молекули є в ядрах клітин усіх рослинних і тваринних організмів, звідси й походить назва (лат. *nucleus* – ядро). ДНК у 1869 р. відкрив Й. Мішер (мал. 36.1). Спочатку він назвав нову речовину *нуклеїном*, а коли виявив у неї кислотні властивості – *нуклеїновою кислотою*. Розгляньмо ці сполуки докладніше.

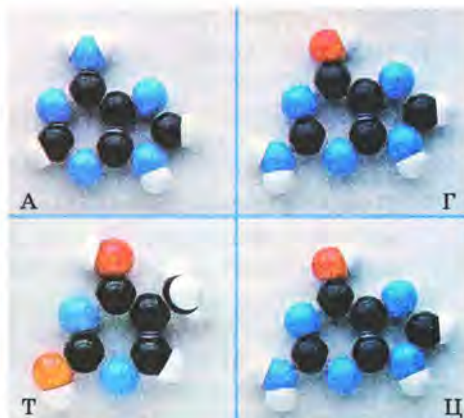
• **Склад і будова ДНК і РНК** мають низку спільних ознак. Полімерний ланцюг нуклеїнових кислот складається з фрагментів – *нуклеотидів*. До складу нуклеотиду (мал. 36.2.6) входять залишки *ортофосфатної кислоти*  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , *моносахаридів* – *рибози* або *дезоксирибози* та *азотистих основ* (мал. 36.3). У молекулі дезоксирибози (мал. 36.2.1) на відміну від рибози (мал. 36.2.2) замість гідроксильної групи – атом Гідрогену.



**Мал. 36.1.** Мішер Йоганн Фрідріх (1844–1895) – швейцарський лікар, першовідкривач ДНК. Виділив (1868) з ядер лейкоцитів, добутих з гною, речовину, яку назвав нуклеїном. Здійснив елементарний хімічний аналіз нуклеїну зі сперматозоїдів лосося й виявив його кислотні властивості (1874). Увів термін «нуклеїнові кислоти»



**Мал. 36.2.** 1. Дезоксирибоза.  
2. Рибоза. До складу нуклеотиду (6) входять залишки ортофосфатної кислоти (3), азотистої основи (4), дезоксирибози (5)



**Мал. 36.3.** Масштабні моделі азотистих основ. Залишки аденіну, гуаніну, тиміну, цитозину найчастіше трапляються у структурі ДНК. У РНК на місці залишку тиміну розташований залишок урацилу, в якому замість метильної групи –  $\text{CH}_3$  міститься атом Гідрогену

Ідея гідролізного розщеплення нуклеїнових кислот належить І.Я. Горбачевському (мал. 35.1). Значення його досліджень можна повною мірою оцінити лише тепер, коли ґрунтовне всеохоплююче вивчення подвійної спіралі життя впритул наблизило людство до розкриття таємниць механізму відтворення і втілення генетичної інформації на молекулярному рівні. Полімерний ланцюг ДНК має досить складну будову. Нуклеотиди у ньому сполучені між собою ковалентними зв'язками у довгі полінуклеотидні структури. Здебільшого ДНК живих організмів складається з двох полінуклеотидних ланцюгів. Вони закручені один навколо одного у вигляді подвійної спіралі, стабілізованої водневими зв'язками. Водневі зв'язки виникають між парами азотистих основ, які належать різним ланцюгам і наче «доповнюють» одна одну, утворюючи так звані *комплементарні пари* (від лат. *complementum* – доповнення). У цих парах залишок аденіну завжди сполучений водневим зв'язком із залишком тиміну, а залишок цитозину – із залишком гуаніну: А – Т і Г – Ц (мал. 36.3).

У природі спіраль ДНК, найчастіше, закручена вправо.



### Цікаво?

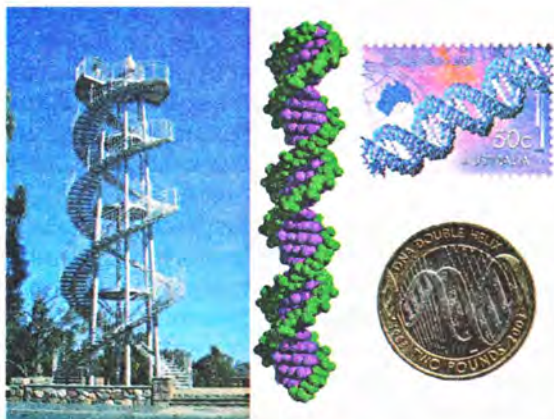
Зображення спіралі ДНК відтворені в архітектурних спорудах, прикрашають марки й монети (мал. 36.4).

### Пізнавально!

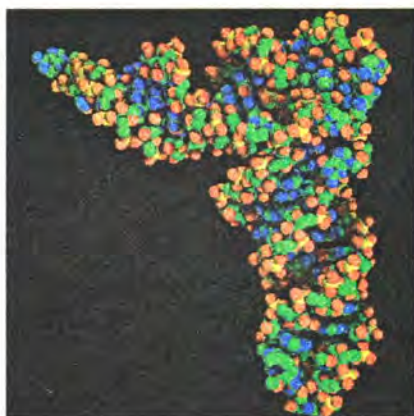
Між ДНК і РНК є три основні відмінності:

- ДНК містить залишок дезоксирибози, РНК – рибози.
- ДНК містить залишок тиміну, РНК – урацилу.





Мал. 36.4



Мал. 36.5. Модель РНК

• ДНК існує у формі подвійної спіралі, що складається з двох окремих молекул. Молекули РНК (мал. 36.5) у середньому набагато коротші й переважно одноланцюгові.

• **Біологічна роль нуклеїнових кислот** надзвичайно важлива. Адже одна з головних їхніх функцій – участь у синтезі білків. У процесі життєдіяльності білки постійно витрачаються і тому вони мають регулярно відтворюватися за участю нуклеїнових кислот. Увесь синтез білкової молекули, що містить сотні амінокислотних залишків, триває в живому організмі близько однієї хвилини.

Основне завдання молекул ДНК – зберігати інформацію про білки й надавати її в той момент, коли починається їхній синтез. Цим зумовлена підвищена хімічна стійкість ДНК порівняно з РНК. Природа подбала про те, аби зберегти основну інформацію недоторканною. Докладніше про це ви дізнаєтеся на уроках біології.

Перші дослідження нуклеїнових кислот було проведено в другій половині XIX ст., у середині XX ст. стало зрозумілим, що в ДНК зашифрована вся інформація про живий організм. Виявлення структури подвійної спіралі ДНК було визнане найбільшим науковим досягненням минулого століття (мал. 36.6).



Мал. 36.6. Структуру подвійної спіралі ДНК запропонували Френсіс Крік (1) і Джеймс Уотсон (2) у 1953 р., ґрунтуючися на рентгеноструктурних даних, здобутих Морисом Уїлкінсом (3). Ця робота науковців відзначена Нобелівською премією з фізіології та медицини (1962)



У середині 70-х років ХХ ст. з'явилися методики розшифрування детальної структури нуклеїнових кислот і розроблено способи їх спрямованого синтезу. Й дотепер ця галузь науки стрімко розвивається задля забезпечення потреб людства в новітніх матеріалах і технологіях. Клонування, генетично модифіковані організми, ідентифікація особи чи встановлення батьківства за допомогою ДНК – ці явища вже перейшли з розряду сенсаційних до буденних подій.

Нові й нові повідомлення ЗМІ свідчать про перспективність досліджень, пов'язаних з ДНК: «Нанотехнології одержали новий потужний інструмент дослідження й прототипування наноструктур – можливість за допомогою ланцюгів ДНК направити самозбирання наночастинок золота у тривимірну структуру. Відкриття буде використано у наноелектроніці, фотоніці тощо», «Науковці перетворили бактерії у нанофабрики – вони змусили їх за допомогою вірусу виробляти наноструктури з ДНК, що може привести до розвитку нового напрямку в нанотехнології».

Однак варто пам'ятати й про етичні проблеми, які виникають під час проведення таких досліджень й використання їхніх результатів, аби не набути досвіду примноження скорботи через примноження знання.



### Стисло про головне

Дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) і рибонуклеїнова кислота (РНК) – речовини, які зберігають усю інформацію про окремий живий організм та ознаки, що визначають його ріст і розвиток, а також спадкові ознаки, передані наступному поколінню. Їхні молекули є в ядрах клітин усіх рослинних і тваринних організмів.

Склад і будова ДНК і РНК мають низку спільних ознак. Ці сполуки – біополімери, макромолекули яких складаються з нуклеотидів.

До складу нуклеотида входять залишки ортофосфатної кислоти  $H_3PO_4$ , моносахаридів – рибози або дезоксирибози та азотистих основ.

Нуклеотиди у полімерному ланцюзі ДНК сполучені між собою ковалентними зв'язками. Здебільшого ДНК живих організмів складається з двох полінуклеотидних ланцюгів. Вони закручені один навколо одного у вигляді подвійної спіралі, стабілізованої водневими зв'язками, що виникають між парами азотистих основ. У природі спіраль ДНК здебільшого закручена вправо.

Виявлення структури подвійної спіралі ДНК було визнане найбільшим науковим досягненням минулого століття.

Між ДНК і РНК є три основні відмінності:

- ДНК містить залишок дезоксирибози, РНК – рибози.
- ДНК містить залишок тиміну, РНК – урацилу.
- ДНК існує у формі подвійної спіралі, що складається з двох окремих молекул. Молекули РНК у середньому набагато коротші й переважно одноланцюгові.

Одна з головних функцій нуклеїнових кислот – участь у синтезі білків.

Й дотепер галузь науки, пов'язана з дослідженням нуклеїнових кислот, стрімко розвивається задля забезпечення потреб людства у новітніх матеріалах і технологіях. Варто пам'ятати про етичні проблеми, які виникають під час проведення таких досліджень й використання їхніх результатів.



**Застосуйте свої знання й уміння**

1. Опишіть у загальному вигляді склад і будову ДНК.
2. Оцініть правильність застосування терміна «полінуклеотиди» стосовно нуклеїнових кислот. Обґрунтуйте свою думку.
3. Порівняйте склад і будову ДНК і РНК.
4. Обґрунтуйте роль нуклеїнових кислот у живому організмі.
5. Поясніть, яке значення мають нуклеїнові кислоти для живих організмів, розвитку науки й технологій.
6. Наведіть приклади етичних проблем, які виникають у зв'язку з дослідженнями нуклеїнових кислот.

**Скарбничка досвіду**

1. «ДНК надихає митців». Доберіть ілюстрації на підтвердження цієї тези й створіть віртуальну виставку творів.
2. Дізнайтеся, використовуючи різноманітні джерела інформації, про новітні матеріали й технології, пов'язані з нуклеїновими кислотами. За результатами досліджень підготуйте презентації.

## § 37. Природні й синтетичні органічні сполуки. Значення продуктів органічної хімії

**Після опрацювання § 37 ви зможете:**

*розрізняти природні й синтетичні речовини; обґрунтовувати вплив продуктів синтетичної хімії на навколишнє середовище за їх неправильного використання; висловлювати судження щодо значення органічних речовин у суспільному господарстві, побуті, охороні здоров'я тощо; дотримуватися правил безпечного поводження з продуктами органічної хімії.*

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природознавства, біології, хімії:**

*які органічні речовини ви вивчали і як їх одержують; що зумовило стрімкий розвиток синтетичної органічної хімії; які були перші синтези органічних сполук; для чого використовують дріжджові гриби; чим небезпечні транс-жири, які правила безпечного поводження з побутовими хімікатами і горючими газами.*

• **Природні й синтетичні органічні сполуки** – невід'ємна складова нашого життя. Вони всюди – у їжі й одязі, косметичних засобах і будівельних матеріалах, спортивному й туристському спорядженні, в автомобілях і літаках, комп'ютерах і лікувальних препаратах, засобах захисту рослин і мобільних телефонах... Цей список практично нескінченний – адже щодня *(пригадайте, про це йшлося в § 18)* науковці в лабораторіях синтезують або видобувають з природних об'єктів усе нові й нові органічні речовини, досліджують їх.

**Завдання**

Наведіть кілька прикладів природних і синтетичних органічних сполук, відомих вам з повсякденного життя.

• За якою ознакою численні органічні сполуки класифікують на **природні й синтетичні**? Насамперед за джерелами їхнього видобування. Цю класифікацію спрощено відображає схема.



З природних джерел органічні речовини виділяють переважно в готовому вигляді або завдяки переробці природної сировини. Наприклад, вивчаючи вуглеводні, ви дізналися, що метан і його гомологи видобувають з природного газу, нафти, кам'яного вугілля. Тому ці речовини можна класифікувати як *природні* органічні сполуки. Натомість етилен і ацетилен через високу реакційну здатність у природі майже не трапляються. Тому в лабораторних умовах і промисловості їх *синтезують* з інших речовин.

• **Органічний синтез** – розділ хімії, що вивчає різні способи, методи, засоби визначення, апаратуру тощо для одержання органічних сполук і матеріалів, а також сам процес їхнього одержання в лабораторних умовах чи промисловості.

За допомогою органічного синтезу добувають безліч різноманітних органічних речовин. Ця галузь хімії почала стрімко розвиватися лише з розвитком капіталістичного виробництва, аби задовольнити зростаючий попит на пальне, мастила, барвники тощо. Вагомий внесок у розвиток синтетичної органічної хімії зробили й українські науковці: П.П. Алексєєв, О.В. Багатський, М.А. Валяшко, А.І. Кипріянов, О.В. Кірсанов, С.М. Реформатський, В.П. Яворський та ін.



### Завдання

Поміркуйте й висловіть припущення, для добування яких речовин доцільно використовувати органічний синтез.

Які переваги органічного синтезу? Насамперед це спосіб добування сполук з унікальними властивостями, які не трапляються в природі. Найпростіший приклад такої речовини з-поміж вивчених вами цього року – поліетилен, без якого важко уявити сучасне життя.





Мал. 37.1. Лауреати Нобелівської премії з хімії за 2008 рік: Осаму Сімомура (1), Мартін Чалфі (2) й Роджер Цянь (3)



### Завдання

Пригадайте, які екологічні проблеми зумовлені тим, що поліетилен – синтетична органічна речовина.

Органічним синтезом добувають барвники, лікарські препарати, каучуки, гуму та інші полімерні матеріали. До того ж органічний синтез сприяє зменшенню використання цінної харчової сировини для технічних потреб.

• **Природні органічні сполуки** та реакції за їхньою участю – основа життєво важливих процесів, які вивчає біологічна хімія і молекулярна біологія. Дослідження у цьому напрямі дають змогу глибше осягнути сутність явищ живої природи.

Тому, незважаючи на успіхи синтетичної органічної хімії, природна сировина була і залишається безцінним джерелом речовин з фантастичними властивостями. Приміром, Нобелівську премію з хімії в 2008 р. одержали науковці (мал. 37.1), які з морських медуз рода *Aequorea* виділили й досліджили білок GFP. Зелений флуоресцентний білок дав змогу спостерігати чимало прихованих процесів і структур, наприклад ріст і характер зв'язків нейронів, поширення ракових клітин в організмах лабораторних тварин тощо.



### Цікаво?

Світлого кота на ймення Містер Зелені гени виведено в Одьубонівському центрі дослідження зникаючих видів у Новому Орлеані (США). Якщо в темряві спрямувати на нього ультрафіолетові промені, котячі очі, ясна та язик світитимуться зеленим. Зелене світіння – це лише маркер, який сигналізує, що потрібний ген потрапив до генетичного апарату кота й працює там. Для цього використовують білок GFP. Його з'єднують з іншим геном і за світінням визначають, де і як досліджуваний ген працює. Генетичні апарати людини й кота дуже схожі, тому на цих тваринах можна вивчати багато генетичних хвороб людини.

**Корисно! Пізнавально!**





Мал. 37.2

Природні органічні сполуки вирізняються розмаїттям фізичних і хімічних властивостей. Поміж них трапляються порівняно прості за складом леткі рідини, приміром мурашина кислота. Чимало є твердих кристалічних сполук, які істотно різняться температурою плавлення й розчинністю. Наприклад, температура плавлення ментолу, який виділяють з м'ятної олії, не перевищує 50 °С. Природні високомолекулярні сполуки найчастіше аморфні, як-от крохмаль. Знання про фізичні й хімічні властивості сполук необхідні під час їхнього добування з природної сировини. Аби виділити потрібну речовину й очистити її від домішок, хіміку-експериментатору треба виявити багато винахідливості, вибрати раціональні прийоми роботи. Досліджуючи новий продукт, доводиться щоразу шукати ліпші умови одержання індивідуальної речовини.

• **Природні чи синтетичні? І природні, і синтетичні!** Перші синтези органічних сполук дали підстави О.М. Бутлерову наголосити на можливості добування синтезом будь-якої органічної речовини. Реалії сьогодення перевершили найоптимістичніші прогнози. Чи не для кожної природної органічної речовини існують синтетичні аналоги, наприклад: жири, білки, вуглеводи, вітаміни, гормони тощо.

Синтетичне волокно капрон за своєю хімічною природою подібне до шерсті й шовку. Синтетичні каучуки й гума – аналоги природного каучуку (мал. 37.2), втім за низкою споживчих властивостей перевершують його. Синтетичні лікарські препарати виявляють швидший і потужніший терапевтичний ефект порівняно з природними прототипами.

Розвиток біотехнології створив умови для добування життєво важливих органічних речовин з вуглеводневої сировини. Приміром, кормові білки за допомогою дріжджів можна синтезувати з вуглеводнів нафти. На уроках біології ви докладніше дізнаєтеся про застосування методів *генної інженерії* для синтезу біологічно активних сполук білкової природи – інсуліну, інтерферону. Синтетична органічна хімія, на здобутках якої ґрунтуються дослідження *хімії живого*, стає мистецтвом в усіх значеннях цього слова.



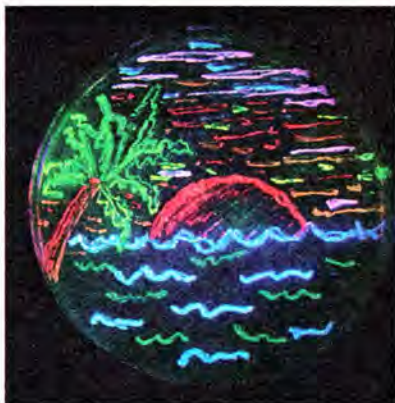
### Цікаво?

Пейзаж із заходом сонця у Сан-Дієго «написали» колонії бактерій, висаджені у поживне середовище у чашці Петри. У різних колоніях синтезуються флуоресцентні білки різного кольору, одержані на основі зеленого флуоресцентного білка медузи *Aequorea*. Художник – Натан Шейнер, співробітник лабораторії Роджера Цяня, фотограф – Піл Штейнбах (мал. 37.3).



• **Використання продуктів синтетичної органічної хімії** пов'язане з неабиякими ризиками. Про деякі з них уже йшлося у попередніх параграфах. Прикладом, розвиток злочинної підпільної індустрії синтетичних наркотичних речовин сприяє стрімкому збільшенню наркоманії, особливо поміж молоді.

Тепер важко спрогнозувати й неупереджено оцінити найближчі й віддалені наслідки збагачення раціону людини й сільськогосподарських тварин найрізноманітнішими харчовими добавками. Проблема негативного впливу на довкілля промислових і побутових відходів, які містять синтетичні органічні сполуки, залишається чи не найактуальнішою.



Мал. 37.3

• **Чи безпечні природні органічні речовини?** Судіть самі: сьомий том багатотомного видання «Шкідливі хімічні речовини» має назву «Природні органічні сполуки». Не вдаючись до подробиць, зауважимо, що найсильніші природні отрути мають органічне походження. Водночас вони є об'єктом пильної уваги хіміків-органіків – адже шляхом органічного синтезу отруйні сполуки можна перетворити на дотепер не відомі лікувальні засоби.

• **Дотримання правил безпечного поводження з продуктами органічної хімії** – природного чи синтетичного походження – умова збереження здоров'я (а, трапляється, і життя) кожної окремої людини. Почніть з азів – візьміть за правило уважно вивчати зміст етикеток споживчих товарів та інструкцій з їхнього використання. Неухильно виконуйте правила користування побутовими хімікатами і горючими газами!

Ви легко зможете продовжити цей перелік порад – адже багато про що дізналися на уроках з основ здоров'я.



### Стисло про головне

Природні й синтетичні органічні речовини – невід'ємна складова нашого життя. Численні органічні сполуки класифікують на природні й синтетичні, насамперед за джерелами їхнього видобування.

З природних джерел органічні речовини виділяють переважно в готовому вигляді або шляхом переробки природної сировини.

Органічний синтез – розділ хімії, що вивчає різні способи, методики, засоби визначення, апаратуру тощо для одержання органічних сполук і матеріалів, а також сам процес їхнього одержання в лабораторних умовах чи промисловості.

Шляхом органічного синтезу добувають безліч різноманітних органічних речовин. Насамперед це спосіб добування сполук з унікальними властивостями, які не трапляються у природі. Використання органічного синтезу сприяє зменшенню витрат цінної харчової сировини для технічних потреб.

Природні органічні сполуки та реакції за їхньою участю – основа життєво важливих процесів, які вивчає біологічна хімія і молекулярна біологія. Дослідження у цьому напрямі дають змогу глибше осягнути сутність явищ живої природи.

Чи не для кожної природної органічної речовини існують синтетичні аналоги. Розвиток біотехнології створив умови для добування життєво важливих органічних речовин з вуглеводневої сировини.

Використання продуктів синтетичної органічної хімії не лише забезпечує людству комфортне існування, а й пов'язане з неабиякими ризиками. Дотримання правил безпечного поводження з продуктами органічної хімії – природного чи синтетичного походження – умова збереження здоров'я (а, трапляється, і життя) кожної окремої людини.



### **Застосуйте свої знання й уміння**

1. Класифікуйте органічні речовини на природні й синтетичні: пропан, поліетилен, сахароза, целюлоза, гума, гемоглобін, героїн.
2. Поясніть, для чого треба знати властивості природних органічних речовин.
3. Опишіть, як треба використовувати синтетичні мийні засоби, аби не завдати шкоди здоров'ю та довкіллю.
4. Доведіть необхідність уважного ознайомлення з маркуванням споживчих товарів та інструкціями до них.
5. Дізнайтеся, що означають літери PE, PS, PP на денцях одноразового пластикового посуду та як правильно використовувати його.
6. Кожний номер журналу «Природні органічні сполуки та їхні синтетичні аналоги» містить близько 250 рефератів, анотацій та бібліографічних описів. Поясніть, про що це свідчить.
7. Проблематикою вітчизняного періодичного видання «Журнал органічної та фармацевтичної хімії» є, зокрема, синтез аналогів природних сполук. Обґрунтуйте актуальність цього напрямку наукових досліджень.



### **Скарбничка досвіду**

1. Застосуйте знання англійської, аби пояснити, чому зелений флуоресцентний білок назвали GFP.
2. Нобелівську премію в галузі хімії присуджують щорічно. Дізнайтеся, використовуючи різноманітні джерела інформації, за яке відкриття вона була присвоєна цього року.





## Тема 4

# УЗАГАЛЬНЕННЯ ЗНАНЬ З ХІМІЇ

## § 38. Місце хімії серед наук про природу. Роль хімічних знань у пізнанні природи

Після опрацювання § 38 ви зможете:

оцінити роль хімічних знань у пізнанні природи та їхнє значення як складової загальної культури людини.

**На шляху до успіху пригадаємо з курсів природознавства, фізики, хімії, біології:**

що вивчають ці науки, які існують методи пізнання природи.

• **Місце хімії серед наук про природу** зумовлене предметом її вивчення й тісними зв'язками з іншими науками. Опановуючи в основній школі ази цієї дивовижної науки, ви неодноразово пересвідчувалися: **хімія вивчає склад, властивості й перетворення речовин, а також явища, які супроводжують ці перетворення.**

Ви вже маєте елементарні уявлення про *будову атома, типи хімічних зв'язків, окисно-відновні реакції*, тому усвідомлюєте обґрунтованість визначення: **хімія – наука про перетворення речовин, зумовлені зміною електронного оточення атомних ядер.**

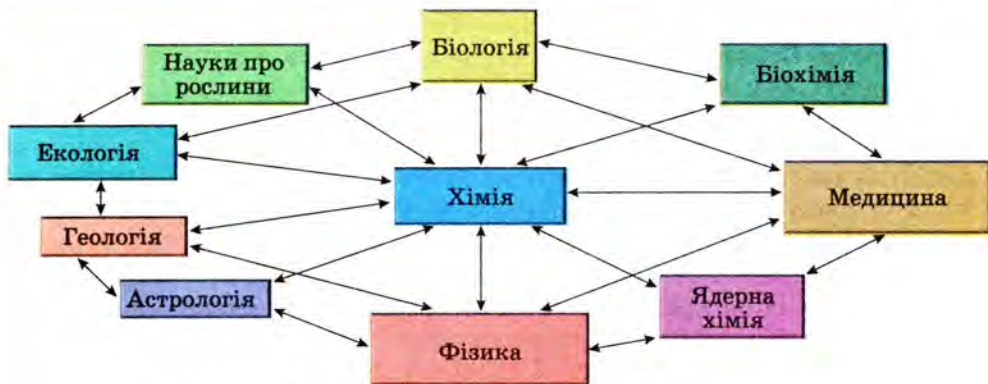
• **Як пов'язана хімія з іншими науками?** Забезпечуючи їх речовинами, матеріалами та сучасними технологіями, хімія водночас використовує здобутки математики, фізики, біології, екології для власного подальшого розвитку. Тож *хімія є центральною, фундаментальною наукою* (мал. 38.1).



### Завдання

На малюнку 38.1 наведено приклади зв'язків між природничими науками. Поясніть, якими ще зв'язками варто було б доповнити схему.





**Мал. 38.1.** Місце хімії серед наук про природу

Проте жодну природничу науку – фізику, хімію, біологію, геологію тощо наразі не можна назвати лідером. Система наукових знань про природу й система методів кожної з наук перебувають у процесі безперервного взаємозбагачення. Особливо яскраво це виявляється в наш час.

Дедалі більше стираються межі між хімією й іншими *природничими* науками. На межі досліджень фізичних і хімічних явищ виникли *фізична хімія* та *хімічна фізика*. *Біохімія* – біологічна хімія – вивчає хімічний склад і структуру сполук, які містяться в живих організмах. Вона досліджує шляхи й способи регуляції перетворень речовин, енергетику процесів, які відбуваються в клітині й в організмі. *Геохімія* – наука про поширеність і міграцію хімічних елементів на Землі.

Межі між хімією й суміжними науками ніколи не були чіткими, адже природа, яку вони вивчають, єдина у своєму розмаїтті. Тому не дивина, що часом Нобелівські премії з хімії одержували фізики, а хіміки здобували цю почесну нагороду за дослідження в галузі молекулярної біології.

Чи тільки з природничими й точними науками пов'язана хімія? Яке її значення у пізнанні природи й формуванні наукової картини світу?

• **Роль хімічних знань у пізнанні природи** важко переоцінити. Сучасна хімія представлена безліччю різних напрямів розвитку знань про природу, речовини й способи їх перетворення. Однак вона не є простою сумою знань про речовини, накопиченою завдяки копіткій праці багатьох поколінь науковців-хіміків. Сучасна хімія – *високовпорядкована система знань*, що стрімко й цілеспрямовано розвивається у взаємодії із системами знань інших наук.

Ідеї, методи, специфічні знання хімії мають непересічне значення у становленні фундаментальних знань про мікроструктурні частинки речовини – *атоми, молекули, йони* тощо та їхні функції. З'ясовано *закономірності перебігу численних хімічних реакцій* – від найпростіших до найскладніших, пов'язаних з процесами в живих організмах. Визначення *структури й функцій* макромолекул біологічно активних речовин і систем *біосинтезу* ґрунтується на хімічному аналізі й синтезі.

Спостерігаючи досліди, виконувані вчителем, самостійно здійснюючи хімічні перетворення, ви пересвідчилися: *хімічний експеримент* – ефективний метод одержання знань, засіб перетворення їх у переконання, невичерпне джерело розвитку наукового світогляду.



Моделювання хімічних структур і процесів – важливий спосіб пізнання природи. Використання комп'ютерних технологій істотно розширило можливості його використання в хімії.

Вагомий внесок зробили хіміки в розвиток високих технологій – *генної інженерії, нанохімії, фемтохімії*, яка вивчає процеси, що відбуваються за час, зрівняний з періодом коливання атомів. Ці здобутки є водночас і продуктом *пізнання природи за допомогою хімії*, й засобом подальшого поступу в цьому напрямі.

• **Хімія як елемент загальнолюдської культури** одвіку мала виражену гуманітарну спрямованість. Окремі теоретичні положення хімічних знань становили певну частину *натурфілософії*, що витлумачувала явища природи в їхній цілісності. Тож хімія, так само як фізика, біологія, астрономія, географія й інші природничі науки, – *засіб формування світогляду*.

Пригадаймо, яке значення для пізнання природи мало відкриття Д.І. Менделєєвим *нового закону природи*. Замість розрізнених, не пов'язаних між собою речовин перед наукою постала єдина струнка система, що об'єднала в єдине ціле всі елементи Всесвіту. На основі *періодичного закону* були розвинуті найважливіші хімічні поняття, встановлено чіткий взаємозв'язок між ними. Відкриття періодичного закону мало величезне значення для розвитку хімії та пізнання таємниць природи.

Показово, що творець *періодичного закону* і *періодичної системи хімічних елементів* Д.І. Менделєєв (мал. 38.2) уважав науку й мистецтво двома взаємодоповнюючими підходами до гармонійного пізнання світу. Про це йшлося в його статті «Перед картиною А.І. Куїнджі» (1880, газета «Голос»).

У ній Менделєєв обґрунтував збіг у часі виникнення пейзажу як жанру і розквіт природничих наук. Неможливо поза природою пізнати людину – її частину. Тому пейзажний живопис і природознавство розвивалися синхронно. У кінці статті Менделєєв пророкував, що найближчим часом відбудеться значний поступ і у природознавстві, і у жанрі пейзажу. Його передбачення блискуче підтвердилися: відкриття *явища*



**Мал. 38.2.** 1. «Портрет Д.І. Менделєєва у традиційному одязі докторів Единбурзького університету» (І.Ю. Репін). 2. Пейзаж «Місячна ніч на Дніпрі» (А.І. Куїнджі)





**Мал. 38.3.** Ломоносов Михайло Васильович (1711–1765) – російський учений-енциклопедист. Засновник Московського університету. Розробляв атомістичну теорію, відкрив закон збереження маси. Талановитий поет і художник-мозаїст, автор творів «Слово про користь хімії», «Лист про користь скла», мозаїчного панно «Полтавська битва»



**Мал. 38.4.** Оствальд Вільгельм Фрідріх (1853–1932). Основні наукові праці присвячені розвитку теорії електролітичної дисоціації. Виявив зв'язок електропровідності розчинів кислот зі ступенем їхньої електролітичної дисоціації (1884); запропонував спосіб визначення основності кислот за електропровідністю їхніх розчинів; установив закон розбавлення Оствальда; запропонував розглядати реакції аналітичної хімії як взаємодії між йонами (1894). Вивчав також питання хімічної кінетики й каталізу

радіоактивності, нових хімічних елементів, моделювання будови атома тощо збіглися з розквітом таланта І.І. Левітана та художників-імпресіоністів.

Розвитку творчого потенціалу та інтуїції, які необхідні для розв'язання наукових завдань, сприяє прилучення до мистецтва – живопису, музики, літератури тощо. Підтвердженням цього є численні приклади з життя видатних хіміків, фізиків, математиків, біологів, які захоплювалися літературою та мистецтвом настільки, що хобі перетворювалось на другу професію.

М.В. Ломоносов, відомий вам насамперед як один з відкривачів *закону збереження маси та енергії*, виявив себе як талановитий поет і художник-мозаїст (мал. 38.3). О.П. Бородин, автор опери «Князь Ігор», тривалий час очолював кафедру хімії у Військово-медичній академії й зробив вагомий внесок у розвиток *хімічного синтезу*.

Марселен Бертло професійно займався не лише хімією, а й політикою. Лауреат Нобелівської премії з хімії В. Оствальд (мал. 38.4) уважав свій внесок у кольорознавство та колористику важливішим за здобутки в галузі хімії.

Наслідуючи Менделєєва, сучасні хіміки власним прикладом доводять: фанатично віддані хімії науковці водночас вирізняються широтою своїх поглядів і відкритим ставленням до навколишніх подій. Пояснення просте: усе наше сучасне матеріальне оточення – продукція *промислового хімічного синтезу*. Однак не синтезом єдиним... Порятунком людства від глобальних криз сьогодення й запобігання їм у майбутньому – у розвитку високої духовності. Мистецтво підносить будь-яку людину, сприяє



зростанню творчих сил науковців (і не лише їх) у професійній діяльності. Троянди й виноград для справжнього природодослідника – не лише сировина для видобутку запашної олії та глюкози, а насамперед джерело натхнення на тернистій стежині наукового пошуку.



### Стисло про головне

Місце хімії серед наук про природу зумовлене предметом її вивчення й тісними зв'язками з іншими науками. Забезпечуючи їх речовинами, матеріалами та сучасними технологіями, хімія водночас використовує здобутки математики, фізики, біології, екології для власного подальшого розвитку. Тож хімія є центральною, фундаментальною наукою.

Жодну природничу науку наразі не можна назвати лідером. Система наукових знань про природу й система методів кожної з наук перебувають у процесі безперервного взаємозбагачення. Сучасна хімія – високо-впорядкована система знань, що стрімко й цілеспрямовано розвивається у взаємодії із системами знань інших наук.

Хімічний експеримент – ефективний метод одержання знань, засіб перетворення їх у переконання, невичерпне джерело розвитку наукового світогляду.

Моделювання хімічних структур і процесів – важливий спосіб пізнання природи.

Вагомий внесок зробили хіміки в розвиток високих технологій.

Хімія, так само як й інші природничі науки, – засіб формування світогляду.

Розвитку творчого потенціалу та інтуїції, які необхідні для розв'язання наукових завдань, сприяє прилучення до мистецтва – живопису, музики, літератури тощо. Порятунком людства від глобальних криз сьогодення й запобігання їм у майбутньому – у розвитку високої духовності.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Схарактеризуйте місце хімії серед наук про природу.
2. Поясніть, як пов'язана хімія з іншими науками.
3. Оцініть роль хімічних знань у пізнанні природи.
4. Поясніть, чому хімія є елементом загальнолюдської культури.
5. Важливим завданням виховання Михайло Ломоносов уважав залучення дітей і юнацтва до праці. Наука, праця й освіта, на його думку, – головні джерела добробуту («Слово про користь хімії»). Чи згодні ви з науковцем? Аргументуйте свою думку конкретними прикладами.




### Скарбничка досвіду

Дізнайтеся, використовуючи різноманітні джерела інформації, про:

- а) хіміків, які здобули Нобелівську премію з інших галузей науки, та навпаки;
- б) хобі видатних хіміків.

За результатами дослідження підготуйте презентацію.





## § 39. Значення хімічних процесів у природі

Після опрацювання § 39 ви зможете:

характеризувати хімічну суть і значення процесів горіння, дихання, фотосинтезу; оцінювати вплив хімічних сполук на довкілля; встановлювати зв'язок між фізичними, хімічними та біологічними явищами.

**На шляху до успіху пригадаємо з вивчених курсів природничих наук:** які хімічні, фізичні й біологічні явища відбуваються під час горіння, дихання, фотосинтезу; у який спосіб відбувається колообіг Оксигену й Карбону в природі; як впливають хімічні сполуки на довкілля; чим небезпечні парниковий ефект, кислотні дощі, руйнування озонового шару й забруднення довкілля, зокрема радіонуклідами.

• **Значення хімічних процесів у природі** неможливо досягнути повною мірою без розуміння змісту двох найважливіших понять хімії – *речовина* і *хімічна реакція*. Адже природні й синтетичні органічні та неорганічні речовини – будівельний матеріал, з якого створено навколишній дивосвіт у його величч і мінливому розмаїтті. Щосекунди і навіть за менші проміжки часу (див. *фемтохімія*, § 38) відбувається безліч *хімічних реакцій*, унаслідок яких одні речовини *перетворюються* на інші.

Хімічну природу мають і надзвичайно важливі процеси, які істотно впливають на властивості навколишнього світу й способи і форми співіснування живого та неживого на планеті Земля – це *горіння, дихання, фотосинтез*. Пригадайте, про них йшлося на уроках природознавства, фізики, хімії, біології, географії тощо. З їхнім перебігом тісно пов'язані *біогеохімічні процеси*, характерні для *біосфери* й зумовлені діяльністю організмів.

• **Велика французька революція в хімії** – саме так характеризують науковці утвердження в хімії *кисневої теорії горіння* А.Л. Лавуазьє (мал. 21.1). Вона відкрила шлях до правильного розуміння всіх окиснювальних процесів за участю кисню – горіння, дихання, гниття.



### Цікаво?

Лавуазьє Антуан Лоран (1743–1794) – французький хімік. Член Паризької АН. Праці вченого сприяли перетворенню хімії в науку, яка ґрунтується на точних вимірюваннях. Експериментально обґрунтував основний закон хімії – закон збереження маси речовин; визначив склад повітря; вперше правильно пояснював явище горіння як процес сполучення речовин з киснем, довів, що процес дихання подібний до процесу горіння. Праці сприяли спростуванню гіпотези флогістону, що панувала в тогочасній хімії.

### Пізнавально!

Ж.Б. Дюма (мал. 23.9), відзначаючи заслуги Дж. Прістлі (мал. 39.1) як першовідкривача кисню, зауважував, що завдяки цим процесам й змінюється поверхня земної кулі.

Киснева теорія стала сполучним містком між живою і неживою природою. І дотепер, за образним висловом Лавуазьє, «...бродіння, гниття й





**Мал. 39.1.** Прістлі Джо-зеф (1733–1804) – англійський хімік, філософ, член Лондонського королівського товариства. Його праці стосуються хімії газів. Відкрив кисень («дефлогістоване повітря»), нагріваючи оксиди Меркурію(II) або Плюмбуму(II). Проводив експерименти з повітрям, забрудненим різними газами. Показав, що «повітря, зіпсоване горінням або диханням», стає придатним для дихання під дією зелених частин рослин, що при цьому утворюється кисень. Послідовник теорії флогістону



**Мал. 39.2.** Лібіх Юстус (1803–1873) – німецький хімік, президент Баварської АН. Відкрив (спільно з Ф. Велером) явище ізомерії, розробив методику аналізу та встановив склад багатьох органічних речовин. Висунув хімічну теорію бродіння і гниття. Запропонував поділ харчових продуктів на жири, білки та вуглеводи, розробив деякі види дитячого харчування. Один із засновників агрохімії. Докорінно перебудував систему викладання хімії, ввів лабораторні заняття й самостійні дослідження студентів



**Мал. 39.3.** Бусенго Жан Батист (1802–1887) – французький науковець, один із засновників агрохімії, член Паризької АН. Першим почав вивчати колообіг речовин у природі. Довів, що всі рослини (крім бобових) мають потребу в ґрунтовому Нітрогені, а вуглекислий газ повітря є джерелом Карбону для зелених рослин. Вивчав газообмін у рослин і тварин, вплив нітратів і фосфатів на розвиток рослин. Засновник вегетаційного методу в галузі фізіології рослин і агрономії. Автор численних статей і праць з агрохімії

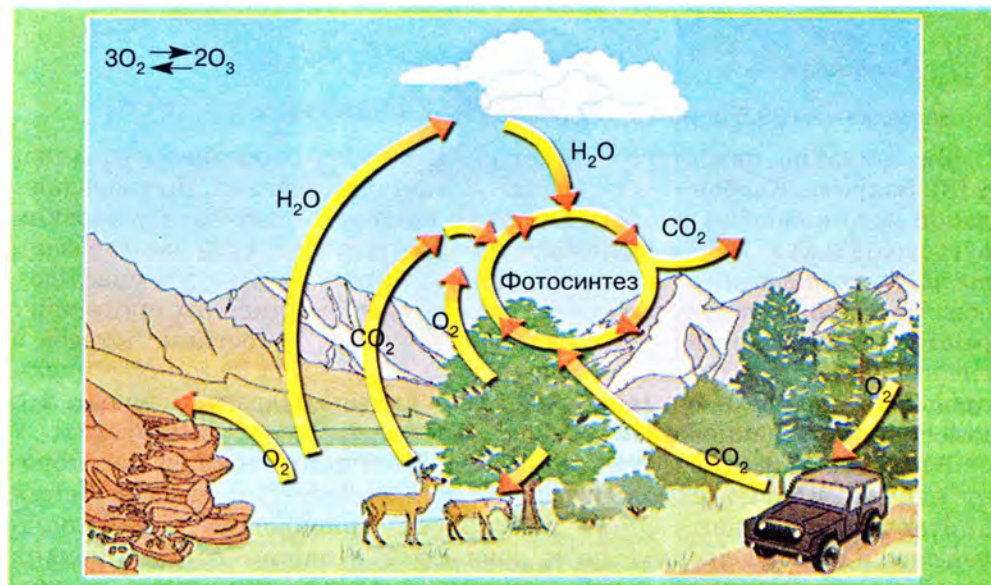
горіння постійно повертають атмосфері й мінеральному царству ті елементи, які рослини й тварини з нього запозичили». Власне, Лавуазьє впритул наблизився до поняття біогеохімічних циклів хімічних елементів у біосфері. Ю. Лібіх (мал. 39.2), застосувавши ці уявлення до сільського господарства, заклав таким чином наукові основи *агрохімії*.

Вагомий внесок у розвиток уявлень про колообіг елементів у природі та обмін речовин у тваринних і рослинних організмах зробив Ж.Б. Бусенго (мал. 39.3) – засновник першої у світі агрохімічної станції.

• **Колообіги Оксигену й Карбону** – планетарні процеси, важливими ланками яких є *горіння, дихання, фотосинтез*. Спрощено колообіг Оксигену в природі можна описати як процес утворення кисню в результаті *фотосинтезу* рослин і споживання його під час *дихання*, у реакціях *окиснення й горіння*. Колообіг Оксигену пов'язує атмосферу й гідросферу із землею корою. Ключові ланки колообігу Оксигену (мал. 39.4) такі:

- утворення кисню з води і вуглекислого газу під час фотосинтезу в зелених рослинах;
- утворення кисню внаслідок розкладання водяної пари у верхніх шарах атмосфери під впливом ультрафіолетових променів Сонця;

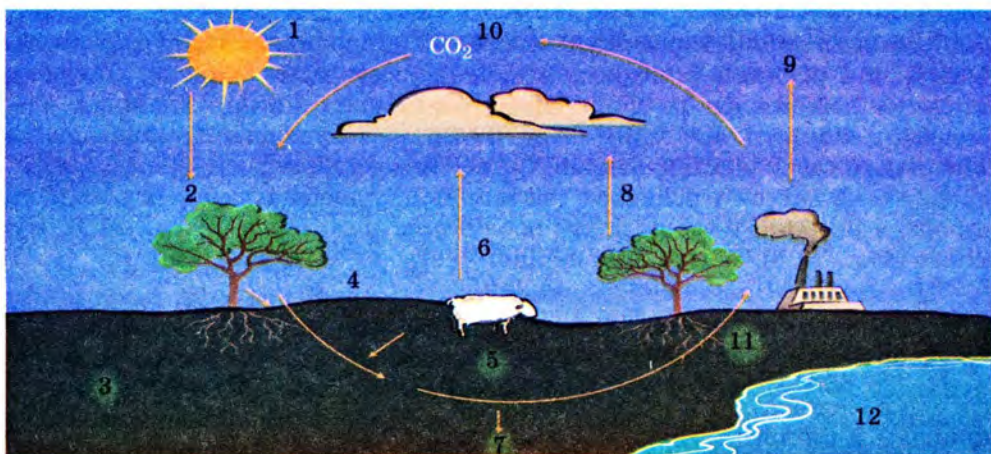




**Мал. 39.4.** Колообіг Оксигену

- взаємоперетворення кисню й озону;
- споживання кисню для дихання, реакцій окиснення органічних і неорганічних речовин та інших хімічних перетворень, одними з продуктів яких є вода і вуглекислий газ;
- використання утворених води і вуглекислого газу у новому циклі обігу Оксигену.

З колообігом Оксигену нерозривно пов'язаний колообіг Карбону (мал. 39.5).



**Мал. 39.5.** Колообіг Карбону у природі: 1. Сонячне світло. 2. Фотосинтез. 3. Гниття. 4. Органічні речовини рослинного походження. 5. Тваринні рештки і продукти гниття. 6. Дихання тварин. 7. Ґрунти і торф. 8. Дихання рослин. 9. Транспортні й промислові викиди. 10. Цикл карбон(IV) оксиду. 11. Кореневе дихання. 12. Карбоновмісні речовини океану





## Завдання

За малюнком 39.5 опишіть колообіг Карбону в природі.

Ви, звичайно, пам'ятаєте, що обидва ці елементи є органогенами (див. § 18). Зокрема, Карбон – складова усіх органічних речовин. До численних ланок його колообігу входять і горіння викопного палива, і утворення вуглеводів (яких?) з неорганічних речовин (назвіть їх) під час фотосинтезу, і перетворення за участю жирів, білків, вуглеводів унаслідок обмінних процесів в живих організмах та гниття відмерлих органічних решток. Одна з характерних рис усього живого – постійна потреба в енергії. Організми одержують енергію за допомогою дихання – низки процесів, у ході яких органічні речовини складної будови окиснюються з утворенням вуглекислого газу й води.

Ви вже знаєте (див. § 14), що окиснення й відновлення – дві сторони єдиного окисно-відновного процесу. У масштабах планети Земля окиснення внаслідок горіння та дихання «зрівноважується» відновленням під час фотосинтезу. «Дрова горять, тварини горять, людина горить, а тим часом не згорає. Спляють ліси, а рослинність не знищується; зникають покоління, а людство живе. Якби все тільки горіло, то на поверхні Землі давно не було б ні рослин, ні тварин, лишилися б тільки вуглекислота та вода. Тепер тільки ми спроможні цілком оцінити значення процесів, що відбуваються в хлорофіловій зернині під впливом світла», – так оцінив значення фотосинтезу К.А. Тимірязев (мал. 39.6).

• **Стосунки Людини й Природи** – це стосунки частини й цілого. Вони мають складний характер і потребують ретельного й повного вивчення. Людство як частина природи може існувати тільки в постійній взаємодії з нею, одержуючи все необхідне для життя.

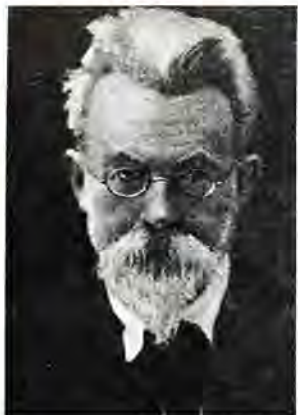
Наразі вплив діяльності людини на біосферу набув глобальних масштабів. Унаслідок цього істотно змінюється колообіг хімічних елементів і речовин. Створення синтетичних матеріалів, синтез штучних радіонуклідів зумовили появу нових токсичних джерел забруднення довкілля, що, зрештою, спричиняє неабияку загрозу для існування життя на Землі.

Успіхи людства в споживанні природних ресурсів залежать від пізнання законів природи й умілого їхнього використання. З огляду на це безцінного значення набуває науковий доробок видатного українського науковця В. І. Вернадського (мал. 39.7). Його геніальні ідеї щодо геологічної вічності життя, планетарної ролі людини й людства залишаються акту-



**Мал. 39.6.** Климент Аркадьевич Тимірязев (1843–1920) – російський природодослідник, чл.-кор. Петербурзької АН (з 1890), основоположник школи фізіологів рослин. Основна наукова заслуга полягає в експериментальному й теоретичному розробленні проблеми фотосинтезу рослин





**Мал. 39.7.** Вернадський Володимир Іванович (1863–1945) – видатний український природодослідник, мислитель і суспільний діяч. Основоположник комплексу сучасних наук про Землю. Творець багатьох наукових шкіл. Перший президент АН України. Ідеї Вернадського відіграли значну роль у становленні сучасної наукової картини світу. Розробив цілісне вчення про біосферу, живу речовину й еволюцію біосфери в ноосферу, у якій людський розум і діяльність, наукова думка стають визначальними чинниками розвитку, потужною силою, зрівняною за своїм впливом на природу з геологічними процесами. Вчення Вернадського про стосунки природи й суспільства вплинуло на формування сучасної екологічної свідомості

альними донині. Вони спонукають кожного з нас перейнятися проблемою місця й ролі людини у природі й суспільстві, замислитися над одвічним питанням: хто ми є й чого хочемо досягнути для себе й своїх нащадків.

Поміркуйте над цим і ви – адже перехід до старшої школи передбачає і вибір професії, і життєвої стежини. Чи пов'яжете своє життя з хімією або іншими природничими науками – вирішувати вам. Не виключено, що вивчення матеріалу наступного (і останнього) параграфу допоможе вам досягнути непересічну роль хімії в житті суспільства та зробити правильний вибір.



### Стисло про головне

Значення хімічних процесів у природі неможливо досягнути повною мірою без розуміння змісту двох найважливіших понять хімії – «речовина» і «хімічна реакція». Горіння, дихання, фотосинтез мають хімічну природу і є важливими ланками планетарних процесів – колообігів Оксигену й Карбону.

Спрощено колообіг Оксигену в природі можна описати як процес утворення кисню в результаті фотосинтезу рослин і споживання його під час дихання, у реакціях окиснення й горіння. Колообіг Оксигену пов'язує атмосферу й гідросферу із землею корою.

Карбон – складова усіх органічних речовин, його колообіг пов'язаний з колообігом Оксигену. Горіння викопного палива, утворення глюкози і крохмалю з вуглекислого газу й води під час фотосинтезу, обмінні процеси в живих організмах, гниття відмерлих органічних решток – ланки колообігу Карбону.

Дихання – низка процесів, у ході яких органічні речовини складної будови окиснюються з утворенням вуглекислого газу й води.

Окиснення й відновлення – дві сторони єдиного окисно-відновного процесу. У масштабах планети Земля окиснення внаслідок горіння та дихання «зрівноважується» відновленням під час фотосинтезу.

Створення синтетичних матеріалів, синтез штучних радіонуклідів зумовили появу нових токсичних джерел забруднення довкілля, що, зрештою, спричиняє неабияку загрозу для існування життя на Землі.

Успіхи людства в споживанні природних ресурсів залежать від пізнання законів природи й умілого їхнього використання.





### Застосуйте свої знання й уміння

1. Схарактеризуйте хімічну суть і значення процесів горіння, дихання, фотосинтезу.
2. Оцініть вплив хімічних сполук на довкілля, наведіть конкретні приклади такого впливу.
3. На прикладі колообігів Оксигену й Карбону поясніть зв'язок між фізичними, хімічними й біологічними явищами.
4. Наведіть приклади соціально відповідальної поведінки пересічної людини, небайдужої до проблем довкілля.



### Скарбничка досвіду

Виберіть одну з проблем, згадуваних у § 39, яка найбільше вас зацікавила. Використовуючи різноманітні джерела інформації, підготуйте повідомлення та його презентацію.



## § 40. Роль хімії в житті суспільства

Після опрацювання § 40 ви зможете:

назвати імена видатних вітчизняних і зарубіжних науковців-хіміків та найважливіші хімічні виробництва в Україні; оцінити роль хімічних знань у суспільному виробництві.

**На шляху до успіху пригадаємо з курсів хімії, географії, історії:**

які видатні вітчизняні й зарубіжні науковці-хіміки впроваджували у виробництво досягнення хімічної науки; як розвивалося промислове виробництво у різні історичні епохи у різних країнах; які основні етапи становлення й розвитку хімічної науки; які виробництва входять до хімічного комплексу України.

• **Роль хімії в житті суспільства** можна вичерпно схарактеризувати одним реченням: на засіданні Виконкому ЮНЕСКО, що відбулося у квітні 2008 р., одноголосно прийнято резолюцію про підтримку пропозиції IUPAC щодо проголошення 2011 р. Міжнародним роком хімії.

Того ж року міне століття від присудження Нобелівської премії з хімії Марії Склодовській-Кюрі (мал. 40.1). Це дасть змогу особливо відзначити внесок жінок у розвиток хімічної науки.

У резолюції наголошено на провідній ролі хімії у розв'язанні найважливіших проблем сучасності: збереженні систем підтримки життя на планеті, забезпеченні людства чистою водою, продовольством і енергією, зм'якшенні наслідків кліматичних змін.

Організація Об'єднаних Націй, яка проголосила 2005–2014 роки десятиріччям просвіти задля сталого розвитку, має намір упродовж Міжнародного року хімії продемонструвати важливість хімічних знань для всіх галузей сучасного життя, привернути увагу громадянського суспільства до глобальних проблем зміни клімату, замислитися над відповідальністю науки за проблеми економічного зростання.





**Мал. 40. 1.** Склодовська-Кюрі Марія (1867–1934) – французький фізик і хімік, одна із творців учення про радіоактивність. За походженням – полька, з 1891 р. мешкала у Франції. Виявила радіоактивність Торію (1898). Разом із чоловіком – П. Кюрі – відкрила (1898) Полоній і Радій. Ввела термін «радіоактивність». Нобелівська премія з фізики за дослідження радіоактивності (1903, разом з П. Кюрі й А. А. Беккерелем). Добула (1910, разом з А. Деберном) радій, досліджувала його властивості (Нобелівська премія з хімії, 1911). Розробила методи радіоактивних вимірів, уперше застосувала радіоактивне випромінювання в медицині

• Це й не дивно. Адже **розвиток хімічної технології й хімічного виробництва** завжди ґрунтувався на соціальному замовленні. Саме тому у прадавні часи виникла металургія золота, срібла, свинцю, міді та її сплавів, а згодом – заліза. Кераміка й скло, мінеральні пігменти й органічні барвники, технології випарювання, екстракції й фарбування, виробництво солі й поташу, папірусного паперу, мила, їдкою калі, нашатиру мали задовольняти потреби тогочасного людства у матеріалах і технологіях.

У ранньому Середньовіччі виробляли цукор, спирт, листове скло. Розквіт живопису по склу був би неможливим без здобутків хімії. Хімічна техніка пізнього європейського Середньовіччя включала в себе виплавку заліза через переробний чавун, виготовлення пороху, одержання сильних кислот, селітри, купоросів і галунів, кольорової емалі й скла. Промислове миловаріння, добування ефірних олій, удосконалення металургії міді – характерні для епохи європейського Відродження.

Хімічна промисловість початку Нового часу пов'язана із розвитком склоробства, миловаріння, текстильної промисловості й виробництва соди. Зростання виробництва сульфатної кислоти було зумовлене потребами у барвнику індиго (саме ним згодом фарбували перші джинси). Вибілювання хлором, виробництво «білильного вапна», коксу для металургії, гасу для освітлення – без них прогрес був би неможливим.

Дослідження складу, властивостей і можливостей застосування кам'яновугільної смоли стали підґрунтям для розвитку промисловості органічних барвників. Потреба у вибухових речовинах зумовила створення динамітів і бездимних порохів. Розвиток будівництва потребував розширення виробництва цементів. З появою двигунів внутрішнього згоряння виникла потреба у розв'язанні проблеми моторного палива й мастил.

Хімічна промисловість ХХ ст. мала задовольняти потреби у вибухових речовинах і добривах. Тому й був започаткований промисловий синтез амоніаку. Збільшення густоти населення, поширення епідемічних захворювань стали стимулом для розвитку фармацевтичної промисловості. Розвиток електротехніки, потреба в електроізоляційних матеріалах стимулювали розвиток виробництва полімерних матеріалів. Корозія металів потребувала створення хімічних засобів і методів боротьби з нею. Проблему нестачі природних матеріалів було розв'язано через синтез каучуку й виробництво пластмас. Розвиток товарного



сільського господарства потребував мінеральних добрив, засобів боротьби із сільськогосподарськими шкідниками. Для минулого століття характерний прямий зв'язок хімічної науки й промисловості та випередження хімічною наукою запитів практики.

• **Найважливіші хімічні виробництва в Україні**, наведені на схемі (мал. 40.2), ви вже вивчали цього року на уроках географії. Тож мали нагоду пересвідчитися: в нашій країні існує потужний комплекс хімічних виробництв. Він є однією з найважливіших виробничих галузей, оскільки забезпечує глибоку комплексну переробку природних ресурсів, задовольняє потребу у традиційних і новітніх хімічних матеріалах.



### Завдання

Скористайтеся атласом з економічної географії України, аби визначити розташування найважливіших підприємств хімічної промисловості України.


• **Формування позитивних образів хімічної промисловості й науковця-хіміка** – одне із завдань, розв'язанню якого має сприяти проголошення 2011 року Міжнародним роком хімії. То чим завинили перед суспільством хімічна промисловість й хіміки, що у ХХІ ст. виникла потреба у їхній «реабілітації»? Ви самі можете відповісти на це запитання, пригадавши екологічні проблеми (*наведіть приклади*), пов'язані з розвитком промисловості й сільського господарства в цілому й хімічної промисловості зокрема.

• **Куди наразі торують нам шлях сучасна хімічна наука й хімічна технологія?** У благополучне стає майбутнє чи навпростець до екологічної



Мал. 40.2. Хімічні виробництва в Україні





катастрофи всесвітнього масштабу? Матеріальна природа нашого світу базується на хімії. У сучасному техногенному суспільстві неможливо обійтися без продукції хімічної промисловості, як неможливо собі уявити без неї ані сьогодення, ані майбуття. Усе залежить від того, як саме ми використовуватимемо здобутки хімічної науки й технологій, чи зможемо мінімізувати їхній вплив на довкілля.

Суспільству в цілому й кожному з нас особисто треба усвідомити, наскільки важливим є подальший розвиток хімії для зростання добробуту людей, для боротьби із бідністю й хворобами, для підтримки екологічного балансу на планеті Земля та підвищення якості життя людей.

Не менш важливим є те, що такі зміни у свідомості сприятимуть залученню до опанування хімічних й суміжних спеціальностей нового покоління талановитої молоді. Адже наукові хімічні центри чекають на молодих, незаангажованих, допитливих, цілеспрямованих і наполегливих дослідників.

• **Хто з видатних хіміків минулого й сьогодення є взірцем** для науковців-початківців? Можна навести чимало прикладів зарубіжних і вітчизняних учених, чиє віддане служіння науці й людству вражає й викликає щире захоплення. До цієї плеяди належать М.В. Ломоносов, Д.І. Менделєєв, М. Склодовська-Кюрі, О.М. Бутлеров тощо. Під час роботи з підручником вам траплялося чимало інших прізвищ славних лицарів хімії, її вірних синів і доньок. Не можна оминати увагою видатних українських хіміків минулого – М.А. Бунге, В.І. Вернадського, І.Я. Горбачевського, Л.В. Писаржевського, А.І. Кипріанова, О.В. Кірсанова, А.М. Голуба та ін. Їхню справу гідно продовжують сучасні вчені у провідних університетах і науково-дослідних інститутах АН України.

Проте підручника, а тим паче одного його параграфа, замало, аби назвати усіх достойників, які зробили безцінний внесок у скарбницю хімічних знань. Зауважимо лишень, що багатьом з них були властиві не тільки природна допитливість і потяг до знань. Вони стали справжніми модернізаторами у своїй професійній сфері. На думку сучасних соціологів, такому типу людей притаманні громадська активність, підприємницький хист, працелюбність, життєва енергія, відчуття поточного моменту та економічної кон'юнктури. Масштабність мислення, прагнення освіти, сприйняття культури, мистецтва, професіоналізм, розмаїтість інтересів і захоплень – ці особисті риси варто розвивати в собі людині будь-якої професії. Замисліться над цим, аби під час сходження на новий освітній щабель (ним стане для вас старша школа) правильно обрати життєвий шлях.

*Хай щастить вам, юнаки та юнки!*



### Стисло про головне

Хімія відіграє провідну роль у розв'язанні найважливіших проблем сучасності, як-от: збереження систем підтримки життя на планеті, забезпечення людства чистою водою, продовольством і енергією, зм'якшення наслідків кліматичних змін.

Розвиток хімічної технології й хімічного виробництва завжди ґрунтувався на соціальному замовленні. Для минулого століття характерний



прямий зв'язок хімічної науки й промисловості та випередження хімічною наукою запитів практики.

В Україні існує потужний комплекс хімічних виробництв.

У сучасному техногенному суспільстві неможливо обійтися без продукції хімічної промисловості, як неможливо собі уявити без неї ані сьогодення, ані майбуття. Усе залежить від того, як саме використовувати здобутки хімічної науки й технологій.

Наукові хімічні центри чекають на молодих, незаангажованих, допитливих, цілеспрямованих і наполегливих дослідників.

Приклад відданого служіння науці й людству багатьох зарубіжних і вітчизняних учених вражає й викликає щире захоплення.

Аби стати успішною людиною, варто розвивати в собі природну допитливість і потяг до знань, масштабність мислення, прагнення освіти, сприйняття культури, мистецтва, професіоналізм, розмаїтість інтересів і захоплення.



### Застосуйте свої знання й уміння

1. Назвіть імена видатних вітчизняних і зарубіжних науковців-хіміків.
2. Назвіть кілька виробничих галузей хімічної промисловості України та продукцію, яку вони виробляють, та підготуйте стисле інформаційне повідомлення про одне з хімічних виробництв України. За потреби зверніться до підручника географії та інших джерел інформації.
3. Наведіть приклади найважливіших хімічних виробництв, розташованих у вашому місті чи регіоні.
4. Оцініть роль хімічних знань у суспільному виробництві.
5. Висловіть припущення, чому у XXI ст. почали стрімко розвиватися біо- і нанотехнології.
6. Ореста розповіла однокласницям, що чула про існування так званої зеленої хімії. Ті не йняли їй віри й кепкували: «А білої хімії часом не існує?» Хто з них має рацію? Зверніться до різноманітних джерел інформації, аби аргументувати свою думку.
7. Наталя й Андрій посперечалися. Наталя вирішила обрати професію хіміка. Андрій стверджував, що хімія – царина діяльності для справжніх чоловіків і жінкам там не місце. А як вважаєте ви? Уявіть себе у ролі кожного з підлітків і наведіть аргументи, аби обстояти позицію кожного з них.



### Скарбничка досвіду

1. Підготуйте презентацію «Хімія: користь і шкода».
2. Уявіть себе учасником телевізійного проекту «Хімік століття». Вам доручено представляти одного з видатних науковців. Оберіть з-поміж зарубіжних і вітчизняних хіміків того, хто, на вашу думку, заслуговує на це звання. Підготуйте презентацію його наукового доробку та характеристики як особистості, аби переконати однокласників у правильності вашого вибору. Сформулюйте три найвагоміші аргументи на підтвердження своєї позиції.

## ПІДСУМКИ

Цього навчального року скарбничка вашого досвіду істотно поповнилась новими уявленнями, знаннями, вміннями, переконаннями. Ви розширили й поглибили знання про світ речовин, щоразу пересвідчуючись у залежності властивостей речовин від їхнього складу та будови. Застосували набуті раніше вміння використовувати періодичну систему як важливе джерело інформації про хімічні елементи та їхні сполуки. Ви удосконалили вміння сприймати та обробляти інформацію, оцінювати її. Виконання завдань різного формату, зокрема тестових, робота з алгоритмічними приписами, табличними даними, графіками, діаграмами сприяла формуванню ваших навчальних компетентностей.

Ваш особистий шлях до успіху був нелегким, ви переживали і злети і падіння. Ваші зусилля не були марними: крок за кроком ви наближалися до мети. Тож настав час оцінити здобутки. **Перевірте, чи можете ви:**

**назвати** елементи-органогени, найважливіші органічні сполуки, перші 10 членів гомологічного ряду метану, загальну формулу цього ряду, функціональні гідроксильну, карбоксильну та аміногрупи; імена видатних вітчизняних і зарубіжних учених-хіміків; найважливіші хімічні виробництва в Україні;

**навести приклади** колоїдних та істинних розчинів, суспензій, емульсій, електролітів і неелектролітів, сильних і слабких електролітів, кристалогідратів, основних типів хімічних реакцій, застосування органічних та природних і синтетичних сполук у різних галузях та у повсякденному житті;

**описати** загальну схему виробництва цукру;

**схарактеризувати** процеси окиснення та відновлення; склад, структуру, фізичні та хімічні властивості метану, етилену, ацетилену, етанолу, гліцерину, оцтової та амінооцтової кислот, жирів, вуглеводів, білків; первинну, вторинну, третинну й четвертинну структури білків; моделювання як метод хімічної науки; хімічну суть і значення процесів горіння, дихання, фотосинтезу;

**ілюструвати** властивості речовин рівняннями хімічних реакцій;

**скласти** рівняння електролітичної дисоціації лугів, кислот, солей; рівняння реакцій обміну в повній та скороченій йонній формах, нескладних окисно-відновних реакцій на основі електронного балансу, термохімічні рівняння; молекулярні, електронні та структурні формули метану та його гомологів, етилену, ацетилену; молекулярні та структурні формули метанолу, етанолу, гліцерину, оцтової та амінооцтової кислот, тристеарину; молекулярні формули глюкози, сахарози, крохмалю, целюлози;

**зібрати** моделі молекул вуглеводнів;

**розрізнити** компоненти розчину, насичені й ненасичені розчини, катіони й аніони; реакції сполучення, заміщення, обміну, розкладу; окисно-відновні реакції та реакції без зміни ступеня окиснення, екзо- та ендотермічні, оборотні й необоротні реакції; природні й синтетичні речовини; за функціональними ознаками – насичені, ненасичені вуглеводні, спирти, карбонові й амінокислоти;



**встановити** відмінність між електролітами й неелектролітами, сильними і слабкими електролітами;

**порівняти** органічні й неорганічні речовини, насичені й ненасичені вуглеводні;

**класифікувати** процеси окиснення та відновлення; реакції за різними ознаками;

**пояснити** суть процесів розчинення та електролітичної дисоціації, вплив різних чинників на розчинення, утворення водневого зв'язку; електронні та структурні формули органічних сполук, суть гомології;

**обчислити** масову частку і масу розчиненої речовини в розчині;

**розв'язати** розрахункові задачі вивчених типів на прикладі органічних сполук;

**визначити дослідним шляхом** вуглеводні, гліцерин, оцтову кислоту, глюкозу, крохмаль, білки (кольорові реакції);

**виготовити** розчин з певною масовою часткою розчиненої речовини;

**дотримуватися** правил безпечного поводження з продуктами органічної хімії;

**обґрунтувати** значення розчинів у природі та житті людини; застосування органічних речовин їхніми властивостями, роль органічних сполук у живому організмі; згубну дію алкоголю на здоров'я; вплив продуктів синтетичної хімії на навколишнє середовище за їх неправильного використання;

**встановити** причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями та біологічними функціями і застосуванням органічних речовин, зв'язок між фізичними, хімічними та біологічними явищами;

**зробити висновки** про вплив різних чинників на швидкість хімічних реакцій;

**висловити судження** щодо значення органічних речовин у суспільному господарстві, побуті, охороні здоров'я тощо;

**оцінити** значення реакцій різних типів, вплив хімічних сполук на довкілля, роль хімічних знань у пізнанні природи, у суспільному виробництві та як складової загальної культури людини.

Якщо так, щиро вітаю, компетентні дев'ятикласники! Рівень вашої загальноосвітньої підготовки з хімії відповідає державним вимогам.

Не засмучуйтесь, якщо виявили у своїх знаннях й уміння прогалини. Ліквідувати їх допоможе наполеглива робота з підручником.

**Зичу успіху!**

## А

**Абревіатура** (від італ. *abbreviatura*, від лат. *brevis* – стислий) – складноскорочене слово, утворене з початкових складів або з перших літер слів словосполучення.

**Адсорбція** (від лат. *ad* – на і *sorbeo* – поглинаю) – поглинання газів, пари або рідин поверхневим шаром твердого тіла (адсорбенту) або рідини. Застосовують для осушки газів, очищення органічних рідин і води, уловлювання коштовних або шкідливих відходів виробництва.

**Алгоритм** (від *algorithmi* – латинської форми написання імені великого математика IX ст. Аль Хорезмі, який сформулював правила виконання арифметичних дій) – точний набір інструкцій, які описують послідовність дій виконавця для досягнення результату, розв'язування завдання.

**Алгоритмічний** – прикм. до алгоритм.

**Альтернатива** (від франц. *Alternative*, від лат. *alter* – один з двох) – необхідність вибору між двома або кількома можливостями, що виключають одна одну.

**Альтернативний** – той, що містить альтернативу.

**Анаеробний процес** (від грец. *an* – заперечувальна частка й *aer* – повітря) – процес, здатний відбуватися без доступу й використання кисню.

**Аналог** (від грец. *analogia* – відповідність, подібність) – те, в чому виявляється схожість, подібність до іншого предмета або явища.

**Анод** (від грец. *anodos* – підйом, сходження і *ana* – згору та *hodos* – шлях) – позитивно заряджений електрод.

**Антифриз** (від грец. *anti*... – проти і англ. *freeze* – замерзати) – рідини, що замерзають за низьких температур, застосовувані для охолодження двигунів внутрішнього згорання й різних установок, що працюють за температур, нижче від 0 °C.

**Аргумент** (від лат. *argumentum*) – судження (або сукупність суджень), яке наводять на підтвердження істинності іншого судження.

**Ареометр** (від грец. *araiys* – слабкий, тут – рідкий і *metreo* – вимірюю) – прилад для визначення густини й питомої ваги рідини.

**Асоціація** (пізньолат. *associatio* – сполучення) – сполучення, з'єднання чого-небудь в одне ціле.

## Б

**Бактерицидний** (від бактерії й лат. *caedo* – вбиваю) – такий, що вбиває бактерії; антисептичний.

**Бензен** – безбарвна горюча рідина із своєрідним запахом, яку добувають з продуктів сухої перегонки кам'яного вугілля або з нафти.

**Біогеохімія** – наука про хімічний склад живих організмів та їхню роль у нагромадженні і міграції хімічних елементів у земній корі.

**Біосфера** (від грец. *bios* – життя і *sphaira* – куля) – оболонка Землі, яку заселяють живі організми.

## Г

**Гали** (від лат. *galla* – чорнильний горішок) – нарости на різних частинах рослин, утворені рослинними або тваринними паразитами.

**Гелі** (від лат. *gelo* – застигаю) – дисперсні системи з рідким або газуватим дисперсійним середовищем, які мають деякі властивості твердих тіл: здатність зберігати форму, міцність, пружність, пластичність. Ці властивості гелів зумовлені існуванням у них структурної сітки (каркаса), утвореної частинками дисперсної фази, які зв'язані між собою молекулярними силами різної природи.

**Генна інженерія** – комплекс технічних прийомів перенесення в структуру клітини живої істоти деяких видів генетичної інформації, якої попередньо там не було.



**Гетерогенний** (від грец. *heterós* – інший і *ὅμος* – рівний, однаковий і *γενός* – рід, походження) – складений з різних за походженням і складом частин; неоднорідний.

**Гігроскопічний** (від грец. *hygrós* – вологий і *skopeo* – спостерігаю) – здатний легко вбирати в себе вологу.

**Гідроліз** (від грец. *hydor* – вода і *lysis* – розкладання, розпад) – реакція обмінного розкладу між різними сполуками і водою.

**Гідрофобний** (від грец. *hydor* – вода і *phóbos* – боязнь, страх) – той, що має властивість не змочуватися (не просочуватися) водою або розчинятися у воді (про матеріали).

**Гіпер-** (від грец. *hyper* – над, понад) – префікс, який означає надмірну норму (напр., гіпертонія, гіпербаричний).

**Гіпертекст** – комп'ютерна текстова система, що пов'язує між собою різні електронні документи і дає змогу користувачам переходити з одного на інший. Слово у тексті цієї системи може бути посиланням на інший текст, що викликається на екран унаслідок вибору (напр., активації курсором) цього слова.

**Гіпертекстовий** – прикм. до гіпертекст.

**Гіпотеза** (від грец. *hypothesis* – підстава, припущення) – можливе судження про закономірні (причинні) зв'язки явищ; форма розвитку науки.

**Гомогенний** (від давньогрец. *ὁμογενής* – одного походження, роду і *ὅμος* – рівний, однаковий і *γενός* – рід, походження) – однорідний за складом, походженням, властивостями.

## Д

**Дезодоратор** (від лат. *de...* – префікс, що означає видалення, знищення і *odoratio* – запах) – речовина і прилад для дезодорації. Дезодоратор повітря – пристрій для штучного усунення з повітря або маскуванню газів і пари.

**Денатурація спирту** (від лат. *de...* – префікс, що означає видалення, знищення і *natura* – природні властивості) – додавання до етилового спирту отруйних речовин, денатурантів.

**Дефекація** (лат. *defaecatio* – очищення) – очищення сирого бурякового соку вапняним молоком.

**Дигери** (від англ. *digger*, дослівно – копач) – люди, які захоплюються дослідженням штучних підземних споруджень.

**Дискусія** (від лат. *discussio* – розгляд, дослідження) – обговорення будь-якого спірного питання, проблеми на зборах, у пресі, у бесіді тощо.

**Дисоціація** (від лат. *dissociatio* – розділення, роз'єднання) – розклад молекул і кристалів на простіші молекули, атоми, атомні групи або йони.

**Дисперсійна фаза** – безперервна фаза (тіло), в об'ємі якої розподілена інша (дисперсна) фаза у вигляді дрібних твердих частинок, крапельок рідини або пухирців газу.

**Дисперсія** (від лат. *dispersio* – розсіювання) – залежність показника заломлення світла від довжини хвилі. Дисперсія звуку – залежність фазової швидкості гармонічних звукових хвиль від частоти. Дисперсія світла – розсіювання, розходження світла під час проходження крізь прозоре призматичне тіло.

**Дисперсна фаза** – одна з фаз у дисперсній системі, яка розподілена у формі дрібних частинок (кристаликів, крапель) в іншій фазі дисперсного середовища.

**Діелектрична проникність** – величина, що показує, у скільки разів взаємодія між зарядами в однорідному середовищі менша, ніж у вакуумі. Відносна діелектрична проникність повітря й більшості інших газів близька до одиниці. Для більшості твердих або рідких діелектриків відносна діелектрична проникність становить від 2 до 8. Діелектрична проникність води досить висока – близько 80.

## Е

**Екзо** (від грец. *exo* – поза, зовні) – частина складних слів, що означає зовнішній, сторонній, і вказує на зв'язок із зовнішнім середовищем.

**Експеримент** (від лат. *experimentum* – проба, дослід) – метод пізнання, за допомогою якого в контрольованих і керованих умовах досліджують явища природи й суспільства.

**Експериментальні задачі** – вид самостійної роботи, в якій учитель лише дає завдання, а вибір шляху розв'язання й виконання експерименту учні визначають самостійно. Це потребує від них не тільки активного застосування теоретичних знань, а й уміння виконувати відповідні досліди. Експериментальні задачі не містять інструкцій, а тільки умови. Розробити план розв'язання й здійснити його учні мають самотужки.

**Екстракція** (від пізньолат. *extractio* – вилучення) – 1. Вилучення з водного розчину розчиненої речовини розчинником, який не змішується з водою, але в якому вони розчиняються краще, ніж у воді. 2. Вимивання компонентів із твердих сумішей обробкою їх розчинниками чи розчинами.

**Електрод** (від грец. *elektron* – бурштин і *hodos* – шлях) – провідник електрики, яким підводять електричний струм до рідин і газів, а також полюс гальванічного елемента й акумулятора.

**Електроліз** (від грец. *elektron* – бурштин і *lysis* – розкладання, розпад) – процеси електрохімічного окиснення-відновлення, що відбуваються на занурених в електроліт електродах унаслідок проходження електричного струму. **Емпіричний** (від грец. *empeiria* – досвід) – той, що ґрунтується на досвіді, практиці.

**Емульгатор** – речовина, що сприяє утворенню емульсій і підвищує їхню стійкість. Харчові емульгатори – харчові добавки, які використовують для створення харчових продуктів потрібної консистенції – емульсій.

**Емульсія** (від лат. *emulsus* – видосений) – суміш двох незмішуваних рідин, з яких одна розподілена в іншій у вигляді дрібних краплинок.

**Ендо** (від грец. *endon* – усередині) – частина складних слів, що означає внутрішній, усередині.

**Ерудиція** (від лат. *eruditio* – ученість, пізнання) – глибокі всебічні пізнання, широка поінформованість.

**Ефект Тіндаля** – виникнення світного конуса на темному тлі під час розсіювання світла в мутному середовищі з розмірами частинок, на порядок менших за довжину хвилі світла.

### З

**Закон** – необхідне, істотне, стійке, повторюване відношення між явищами в природі й суспільстві. Пізнання закону становить завдання науки.

**Закономірність** – повторюваний, істотний зв'язок явищ.

**Золь** (від нім. *Sol* – колоїдний розчин) – найдрібніші частинки якої-небудь речовини у рідинному, твердому чи газуватому середовищі.

### І

**Інгібітор** (від лат. *inhibeo* – зупиняю, стримую) – 1. Речовина, яка уповільнює перебіг хімічних реакцій аж до повного їхнього припинення. 2. Речовина, яка пригнічує активність ферментів.

**Індикатор** (від пізньолат. *indicator* – вказівник) – речовина, що після введення до розчину змінює свій колір або колір розчину й таким чином дає змогу визначити його хімічну природу.

**Інсулін** (від лат. *insula* – острів) – гормон підшлункової залози і мозку, що регулює вуглеводний обмін в організмі; застосовують для лікування діабету й шизофренії.

**Інтерферон** (від лат. *inter* – взаємно, між собою і *ferio* – вражаю) – захисний білок, що утворюється в клітинах ссавців, птахів, мікроорганізмів під час контакту їх з вірусами; медичний препарат, що виготовляється з такого білка.

**ІЮПАК** (англ. і фр. *IUPAC*) – Міжнародний союз теоретичної (чистої) і прикладної хімії (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) – організація, яка координує дослідження, що потребують міжнародного узгодження, контролю й стандартизації, рекомендує (затверджує) хімічну термінологію, назви елементів тощо.

**In vitro** – у хімічному посуді, дослівно (лат.) – «у склі».

### Ї

**Їдке калі** – тривіальна назва калій гідроскиду.

### К

**Каталізатор** (від грец. *katalysis* – руйнування) – речовина, що впливає на збудження або зміну швидкості хіміч-



ної реакції, але кількість і хімічний склад її під час цього не змінюються.

**Катод** (від грец. *kathodes* – рух донизу, від *kata* – донизу і *hodos* – шлях, рух; термін запропонував англійський фізик М. Фарадей у 1834 р.) – негативно заряджений електрод.

**Класифікація** (від лат. *classis* – розряд, клас і ...*фікація*) – система розподілу предметів, явищ або понять на класи, групи тощо за спільними ознаками, властивостями.

**Колоїди** (від грец. *kolla* – клей й *eidos* – вигляд) – те саме, що колоїдно-дисперсні системи.

**Колоїдний розчин** – проміжний стан між суспензією і розчином найдрібніших, але більших, ніж молекули, частинок у рідині.

**Колоїдні системи** – колоїдно-дисперсні системи, колоїди, традиційні назви високодисперсних (мікрогетерогенних) систем. Частинки дисперсної фази в колоїдній системі, колоїдні частинки, зазвичай мають розмір від  $10^{-7}$  до  $10^{-5}$  см.

**Компетентний** (від лат. *competa* – домагаюся; відповідаю, підходжу) – той, який володіє компетенцією або компетентністю, спроможний.

**Компетенція** (від лат. *competa* – домагаюся; відповідаю, підходжу) – 1. Коло повноважень, наданих законом, уставом або іншим актом конкретному органу або посадовій особі. 2. Знання, досвід у тій або іншій галузі.

**Комунікація** (від лат. *communicatio* – роблю загальним, зв'язую, спілкуюся) – 1. Шлях повідомлення, зв'язок одного місця з іншим. 2. Спілкування, передача інформації від людини до людини – специфічна форма взаємодії людей у процесах їхньої пізнавально-трудої діяльності, що здійснюється переважно за допомогою мови (рідше за допомогою ін. знакових систем). Комунікацією називають також сигнальні способи спілкування тварин.

**Константа** (від лат. *constans* – постійний, сталий) – 1. Стала величина в низці тих, які змінюються. 2. Елементарний іменованний об'єкт.

**Кріотерапія** (від грец. *kryos* – холод, мороз, лід та *therapeia* – турбота, догляд, лікування) – лікування холодом.

**Кутикула** (від лат. *cuticula* – шкірка) – у рослин – тонка безструктурна плівка, що вкриває покривну тканину листків і стебел.

## Л

**Легенда** (від лат. *legenda*, досл. – те, що варто прочитати) карти, діаграми – зведення умовних знаків і пояснень до них.

## М

**Макро...** (від грец. *makros* – великий, довгий) – частина складних слів, що вказує на великі розміри або величину чогось.

**Метод** (від грец. *methodos* – шлях дослідження, теорія, навчання) – спосіб досягнення якої-небудь мети, розв'язання конкретного завдання; сукупність прийомів або операцій практичного або теоретичного освоєння (пізнання) дійсності.

**Мікро...** (від грец. *mikros* – малий, маленький) – 1. Складова частина складних слів, що вказує на малі розміри або малу величину чогось. 2. Префікс для утворення найменувань часткових одиниць, за розміром рівних одній мільйонній частці вихідних одиниць.

**Модель** (від лат. *modulus* – міра, зразок) – у широкому змісті – будь-який образ, аналог (уявний або умовний): зображення, опис, схема, креслення, графік, план, карта тощо) якого-небудь об'єкта, процесу або явища («оригіналу» моделі), використовуваний як його «заступник», «представник».

**Моделювання** – дослідження явищ, процесів або систем об'єктів шляхом побудови й вивчення їхніх моделей; використання моделей для визначення або уточнення характеристик і раціоналізації способів побудови нових об'єктів.

**Механізм** (від грец. *mechane* – машина) – сукупність станів і процесів, з яких складається певне фізичне, хімічне та ін. явище.

**Міцела** (новолат. *micella*, зменшувальне від лат. *mica* – крихта, крупинка) – окрема частинка дисперсної фази золю.

## Н

**Нано-** (від грец. *nanos* – карлик) – префікс для утворення найменування одиниці, рівної одній мільярдній частині вихідних одиниць. Позначення: н, п. Приклад: 1 нм = 0,000 000 001 м.

**Нанотехнологія** – технологія об'єктів, розміри яких порядку 1 нм (атоми, молекули). Нанотехнологія включає складання молекул з атомів, нові методи запису й зчитування інформації, місцеву стимуляцію хімічних реакцій на молекулярному рівні тощо.

**Нанотрубки** карбонові – видовжені циліндричні структури діаметром від одного до декількох десятків нанометрів і завдовжки до декількох сантиметрів, складаються з однієї або декількох згорнутих у трубку гексагональних графітових площин (графенів) і закінчуються зазвичай напівсферичною головкою.

## О

**On-line** – неавтономний режим роботи, коли у комп'ютера встановлено підключення до мережі (наприклад, Інтернету).

**Опал** (від лат. *opalus*, грец. *opallios*, від санскр. *упала* – дорогоцінний камінь) – прозорий склоподібний камінь різного забарвлення, деякі різновиди якого вважають коштовними.

**Опалесценція** (від лат. *opalus*, грец. *opallios*, від санскр. *упала* – дорогоцінний камінь, і лат. *escent* – суфікс, що означає слабку дію) – явище розсіювання світла мутним середовищем, зумовлене його оптичною неоднорідністю.

## П

**Парафін** (від лат. *parum affinis* – мало дотичний) – безбарвна воскоподібна легкоплавка речовина, нерозчинна у воді, що її отримують у процесі перегонки нафти.

**Парафінотерапія** – застосування розплавленого парафіну для різноманітних лікувальних і косметичних процедур.

**Парниковий ефект** – нагрівання внутрішніх шарів атмосфери. Парниковий ефект підвищує середню температуру планети, зм'якшує розходження між

денними й нічними температурами. Посилення парникового ефекту може призвести до глобальних змін клімату Землі.

**Пектинові речовини** (від грец. *pektos* – зсідлий, замерзлий) – полісахариди, наявні в усіх наземних рослинах (особливо багато в плодах) і в деяких водоростях. Сприяють підтримці в тканинах тургора, підвищують посухостійкість рослин, стійкість овочів і плодів під час зберігання. Пектини одержують з яблучних вичавок, жома цукрового буряка тощо, використовують у харчовій і фармацевтичній промисловості як желуючі речовини.

**Пігменти** (від лат. *pigmentum* – фарба) – в хімії – барвники, які застосовують у вигляді тонких порошоків для фарбування пластмас, гуми, хімічних волокон, виготовлення фарб.

**Поташ** – тривіальна назва калій карбонату.

**Презентація** (від англ. *presentation*) – 1. Спосіб наочного подання інформації з використанням аудіовізуальних засобів. Зазвичай презентація містить у собі текст, ілюстрації до нього й витримана в єдиному графічному стилі. Використання інформаційних технологій розширює форми і методи подання матеріалу. 2. Захід, проведений з метою поширення деякої інформації й/або демонстрації деяких товарів, послуг тощо.

**Простагландини** (від новолат. *glandula prostatica* – передміхурова залоза) – назва гормоноподібних речовин, які синтезуються майже в усіх тканинах організму, включаючи стінки кровоносних судин. Вони беруть участь у регуляції кров'яного тиску, скороченнях матки й низці інших фізіологічних процесів.

## С

**Сатурація** (від лат. *saturatio* – насичення) (тех.) – 1. Насичення рідини газом. 2. Видалення надлишку кальцій гідроксиду (вапна) із соку цукрового буряка після очищення його вапном.

**Саше** (від франц. *sachet*) – дослівно – мішечок.

**Символ** (від грец. *symbolon* – знак, розпізнавальна прикмета) – 1. У науці



те саме, що знак. 2. У мистецтві – характеристика художнього образу з погляду його осмисленості, вираження ним якоїсь художньої ідеї. Зміст символу невіддільний від його образної структури й вирізняється невичерпною багатозначністю.

**Система** (від грец. *systema* – ціле, складене з частин) – сукупність елементів, що перебувають у відносинах і зв'язках один з одним, утворюють певну цілісність, єдність.

**Супер-** (від лат. *super* – зверху, над) – префікс, який означає розташований зверху, головний.

**Супермолекули** – відносно молекул є те саме, що молекули відносно атомів.

**Спелеологія** (від грец. *spelaiion* – печера й *logos* – слово, вчення) – галузь знання, що вивчає будову, розвиток і походження природних печер, умови їх утворення, особливості їхньої гідрографії, тваринний і рослинний світ печер тощо; обстеження печер з науковою і спортивно-туристичною метою.

**Специфічний** (від середньовічн. лат. *specificus* – особливий) – 1. Характерний тільки для кого-, чого-небудь, властивий винятково комусь, чомусь; своєрідний, особливий. 2. Який має особливі властивості, будову, склад.

**Спостереження** – цілеспрямоване сприйняття, зумовлене завданням діяльності. Головна умова наукового спостереження – об'єктивність, тобто можливість контролю за допомогою або повторного спостереження, або застосування інших методів дослідження (напр., експерименту).

**Стабілізатор** (від лат. *stabilis* – стійкий, сталий) – речовина, що затримує зміну властивостей іншої речовини, дисперсної системи тощо (стабілізатори піни, пластмас).

**Сталий** (стійкий) **розвиток** (англ. *sustainable development*) – загальна концепція стосовно необхідності встановлення балансу між задоволенням сучасних потреб і захистом інтересів майбутніх поколінь, включно з їхньою потребою в безпечному і здоровому довкіллі.

**Ступінь дисперсності** – визначається розміром частинок дисперсної фази.

**Сурогат** (від лат. *surrogatus* – замість чогось) – заміник натурального продукту, який має лише деякі його властивості.

**Суспензія** (пізньолат. *suspensio*, дослівно – підвішування, від лат. *suspendo* – підвішую) – 1. Суміш рідини або газу з твердими частинками, які перебувають у завислому стані; змучення. 2. Рідка лікарська форма, що утворюється внаслідок змішування нерозчинних речовин з водою, оліями, гліцерином тощо.

## Т

**Теорія** (від грец. *theoria* – дослідження) – 1. Логічне узагальнення досвіду, суспільної практики, яке ґрунтується на глибокому проникненні в суть досліджуваного явища та розкриває його закономірності. 2. Учення про певну сукупність явищ, галузь знань, створене на підставі такого узагальнення. 3. Сукупність узагальнених положень, які становлять певну науку чи розділ науки.

**Термічний** (від грец. *thermos* – гарячий) – пов'язаний з теплотою, з використанням теплової енергії; тепловий.

**Технологія** (від грец. *techne* – мистецтво, майстерність, умінь) – 1. Сукупність методів обробки, виготовлення, зміни стану, властивостей, форми сировини, матеріалу або напівфабрикату, здійснюваних у процесі виробництва продукції. 2. Наукова дисципліна, яка вивчає закономірності технологічних процесів.

**Трансгенні продукти** (генетично модифіковані) – одержують із рослин, у клітини яких вмонтовано гени, не дані їм від природи.

**Тривіальний** (від лат. *trivium* – досл. – трьохпуття) – позбавлений новизни, не оригінальний. Занадто звичайний, простий.

## У

**Ультра...** (від лат. *ultra* – понад, за межами, по той бік) – частина складних слів, яка означає за межами (за кількісними або якісними показниками), граничний.

**Ультрамiкроскоп** (вiд лат. *ultra*, грец. *mikros* – маленький i *skopeco* – дивлюся) – оптичний прилад для виявлення частинок настiльки малих розмiрiв (до 2 нм), що їх не можна спостерiгати у звичайнi мiкроскопи. В ультрамiкроскопi спостерiгають не самi частинки, а бiльшi за розмiрами плями дифракцiї свiтла на них. Розмiри й форму частинок за допомогою ультрамiкроскопа встановити не можна, однак можна визначити їхню концентрацiю та обчислити середнiй розмiр. Застосовують у дослiдженнях дисперсних систем, для контролю чистоти повітря й води тощо.

**Ультрамiкроскопiя** (вiд лат. *ultra*, грец. *mikros* – маленький i *skopeco* – дивлюся) – оптичний метод спостереження й аналізу колоїдних частинок у рiдкiй або газевiй фазi за допомогою ультрамiкроскопiв.

**Утилізація** (вiд лат. *utilis* – корисний) – уживання з користю, напр. утилізація вiдходiв.

## Ф

**Фаза** (вiд грец. *phasis* – поява) – однорiдна частина якої-небудь неоднорiдної фiзико-хiмiчної системи.

**Феромони** (вiд грец. *phero* – несу, *hortao* – приводжу до дiї, збуджую) – бiологiчно активнi речовини, якi тварини видiляють у навколишнє середовище, специфiчно впливають на поведiнку або фiзiологiчний стан iнших осiб того самого виду.

**Фітогормони** (вiд грец. *phyton* – рослина i *hortao* – рухаю, спонукаю) – гормони рослин, сполуки, що утворюються в рослинах у малих кiлькостях i стимулюють у них процеси росту або формотворнi процеси.

**Флуоресценція** (вiд назви мiнералу флюориту, у якого вперше була виявлена Ф., i лат. *-escent* – суфiкс, що означає слабку дiю) – один iз двох видiв люмiнесценцiї; явище короткочасного свiтiння деяких речовин пiсля припинення освiтлювання їх, опромiнювання рентгенiвським промiнням тощо.

**Формат** (вiд лат. *formo* – надаю форму) – 1. У системах обробки iнформацiї – структура iнформацiйного об'єкта, що пiддається обробцi, зберiганню, передачi. 2. Тематика, коло питань, що висвiтлюються в теле-, радiопередачi, рубрицi газети тощо.

**Фундаментальний** (вiд лат. *fundamentum*) – ґрунтовний, позитивний, солiдний, головний.

## Х

**Хаос** (грец. *chaos*), у грецькiй мiфологiї – безмежна первiсна маса, з якої утворювалося згодом усе iснуюче. У переносному значеннi – безладдя, плутанина.

## Ц

**Центрифуга** (вiд лат. *centrum* – центр i *fuga* – втеча) – апарат для подiлу в рiдкому середовищi компонентiв неоднорiдної сумiшi на складовi частини рiзної густини, ґрунтується на впливi вiдцентрової сили. Рiдину заливають у спецiальнi контейнери, якi обертаються з великою швидкiстю навколо центральної осi.

## Ю

**ЮНЕСКО** – Органiзацiя Об'єднаних Нацiй з питань освiти, науки i культури.



# ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

## А

Азотисті основи 239  
Активацийний енергетичний бар'єр 116  
Алкани 147  
Аміногрупа 227  
Амінооцтова кислота 226  
Аніон 62  
Ареометр 54  
Ацетилен 176

## Б

Білки 230  
Білок GFP 245  
Біогаз 107, 136  
Біосинтез 196, 197, 224  
Біотехнологія 160  
Біохімія 250  
Біуретова реакція 235  
Болотний газ 136  
Броунівський рух 21  
Бутан 150

## В

Вазелінова олія 159  
Винний спирт 165, 169  
Виноградний цукор (глюкоза) 215  
Відновлення 102  
Відновник 102  
Внутрішня енергія 111  
Внутрішня сіль 228  
Водневий зв'язок 30  
Вторинна структура білка 232  
Вуглеводи 214  
Вуглеводні 148

## Г

Газові гідрати 136  
Гексан 150  
Гель 24, 26  
Генетичний ряд 11, 12  
Генна інженерія 246  
Геохімія 250  
Гептан 150  
Гетерогенність 20  
Гідратація 36, 37  
Гідратовані молекули 33  
Гідратовані йони 34  
Гідроліз білків 230  
Гідроліз жирів 207  
Гліцерин 182

Гліцерол 182  
Гліцин 226  
Глобулярні білки 234  
Глюкоза 215  
Гомолог 147, 148  
Гомологічний ряд 148  
Гомологічна різниця 148

## Д

Дезоксирибоза 239  
Дезоксирибонуклеїнова кислота 239  
Декан 150  
Декстрини 222  
Денатурація 234  
Деревний спирт 192  
Дефекація 219  
Дипептид 228  
Диполь 29  
Дисперсійна фаза 19  
Дисперсна система 19  
Дисперсний стан 19  
Дисперсна фаза 19  
Дифузія 33, 218  
Дихлорометан 138  
Діелектрична проникність 30

## Е

Екзотермічна реакція 112  
Ендотермічна реакція 112  
Електроліт 63  
Електролітична дисоціація 64  
Електронегативність 17  
Електронний баланс 103  
Елементарна структурна ланка 171  
Емульсія 21, 26  
Енергетичний ефект хімічної реакції 110, 111  
Енергія активації 115  
Естер 199  
Етан 150  
Етанова кислота 195  
Етанол 182  
Етилен 163  
Етиловий спирт 165, 169  
Етен 163  
Етилацетат 199  
Етиловий естер оцтової кислоти 199  
Етин 176

## Ж

Жири 204

### З

Закон об'ємних відношень газів 143  
Знакові моделі 130, 131  
Золь 23, 26

### І

Індиго 260  
Індикатори 5, 6, 9  
IUPAC (ІЮПАК) 259

### Й

Йон 62  
Йонізація 63  
Йонний зв'язок 14, 17  
Йонні реакції 80  
Йонні рівняння 80, 81

### К

Калориметр 111  
Карамелізація 217  
Карбоксильна група 196  
Карбонільна група 196  
Карбонові кислоти 195  
Катіон 62  
Кислоти 5, 6, 67  
Киснева теорія горіння 254  
Клейстер крохмальний 221  
Ковалентний зв'язок 14, 16  
Колоїдна система 23  
Колообіг Карбону 256  
Колообіг Оксигену 256  
Комплементарні пари 240  
Коричневий цукор 218  
Кофеїн 132, 133  
Кристалізаційна вода 35  
Кристалічні ґратки 17  
Кристалогідрати 35  
Крохмаль 220  
Ксантопротеїнова реакція 235  
Кулестержневі моделі 131

### Л

Луги 8, 10, 70  
Льодяна оцтова кислота 196

### М

Макрорівень 33  
Маргарин 210  
Масова частка розчиненої речовини 46  
Масштабні моделі 131  
Матеріальні моделі 131  
Метан 134, 150  
Метанол 182  
Мила 205  
Міжнародний рік хімії 261  
Мікрорівень 33  
Міцела 23

Модель 130  
Модифіковані крохмалі 222  
Молочнокисле бродіння 216  
Мономер 171

### Н

Насичений розчин 42  
Насичені жири 210  
Ненасичені жири 210  
Неелектроліт 63  
Необоротні реакції 120  
Нонан 150  
Нуклеотид 239  
Нуклеїнова кислота 239

### О

Оборотні реакції 120  
ω-Кислоти 210  
Окиснення 102  
Окисник 102  
Оксиди 5, 6  
Октан 150  
Олеїнова кислота 204  
Олії 209  
Основи 5, 6, 8  
Оцтова кислота 195  
Оцтовокислі бактерії 196

### П

Паливний елемент 191  
Пальмітинова кислота 204  
Парафіноterapia 159  
Пентан 150  
Пептиди 228  
Пептидна гіпотеза 232  
Пептидний зв'язок 228  
Первинна структура білка 232  
Пересичений розчин 43  
Піна 22  
Піротехнічна суміш 106  
Показник рН 71  
Поліетилен 171  
Полімер 171  
Полімеризація 171  
Природні науки 250  
Природні органічні сполуки 244  
Пропан 150

### Р

Реакція заміщення 93  
Реакція естерифікації 199  
Реакція нейтралізації 82  
Реакція обміну 93  
Реакція оксно-відновна 102  
Реакція сполучення 93  
Реакція розкладу 93  
Рибоза 239



Рибонуклеїнова кислота 239–241  
Рівняння електролітичної дисоціації 67  
Розчин 22, 28  
Розчинність 39

## С

Сатурація 219  
Сильні електроліти 76  
Слабкі електроліти 76  
Сольова грілка 43  
Солі 5, 72  
Спиртове бродіння 216  
Стеаринова кислота 204  
Структурні формули 132  
Ступінь дисоціації 74, 75  
Ступінь окиснення 100  
Суспензія 21, 26  
Сфера реакції 83

## Т

Теобромін 132  
Тепловий ефект хімічної реакції 110  
Тетрахлорометан 138, 139  
Термітний процес 113  
Термопластичний 172  
Термохімічне рівняння 112  
Транс-жири 210  
Третинна структура білка 233  
Трихлорометан 138

## У

Ультрамікроскопія 25  
Ультрацентрифуга 23  
Урацил 240

## Ф

Фібрилярні білки 234  
Фізична хімія 250  
Фітогормон 168  
Фосген 139  
Фотосинтез 215, 221

## Х

Хімічна грілка 115  
Хімічна фізика 250  
Хімічний експеримент 250  
Хімічний зв'язок 14  
Хлорометан 138  
Хлороформ 138, 139

## Ц

Целюлоза 223

## Ч

Четвертинна структура білка 233

## Ю

ЮНЕСКО 259

## Я

Якісні реакції на ацетилен 179  
Якісні реакції на білки 235  
Якісна реакція на гліцерин 188  
Якісна реакція на глюкозу 216  
Якісна реакція на крохмаль 221  
Якісні реакції на етилен 167

Розчинність кислот, основ

йони	катиони									
аніони	H <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>
OH <sup>-</sup>	–	P	P	P	P	–	P	M	H	M
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
F <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	M	H	H	M
Cl <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	H	P	P	P	P
Br <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	H	P	P	P	P
I <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	H	P	P	P	P
S <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	H	–	–	–	P
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	M	M	M	M	H
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	M	H	M	P	H
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	M	M	H	M	H
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	H	P	P	P	P	H	H	M	–	H
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	P	H	P	P	P	H	H	H	M	H
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	H	H	M	P	M
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
P – розчинні					M – малорозчинні					



і солей у воді (20 °C)

катиони												
Mn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Cu <sup>+</sup>	Hg <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Bi <sup>3+</sup>
Н	Н	Н	—	—	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Р	Р	Р	Р	Р	Р	—	Р	Р	Р	Р	Р	Р
М	Н	—	Н	М	Н	Р	М	М	Р	Р	Р	Н
Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	—
Р	Р	—	Н	М	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	—
Р	—	—	Н	—	Н	М	Р	Р	Р	Р	—	—
Н	Н	—	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—	—	Н
Н	—	Н	Н	—	Н	Н	М	М	—	—	—	Н
Р	Р	Р	М	—	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Н	—	—	Н	Н	Н	—	—	Н	—	—	—	Н
Н	—	—	—	—	Н	—	Н	Н	—	—	—	Н
Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н
Н	Н	—	—	—	Н	—	Н	—	—	—	—	Н
Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Н — нерозчинні						— — розкладаються водою або не існують						

# ЗМІСТ

Вітаю вас, дев'ятикласники!	3
<b>Повторення основних питань курсу хімії 8 класу</b>	
§ 1. Склад і властивості основних класів неорганічних сполук	5
§ 2. Хімічний зв'язок і будова речовин	13
<b>Тема 1. РОЗЧИНИ</b>	19
§ 3. Поняття про дисперсні системи	19
§ 4. Розчин і його компоненти. Вода як розчинник, будова молекули води. Поняття про водневий зв'язок	28
§ 5. Фізико-хімічна суть процесу розчинення. Поняття про кристалогідрати та теплові явища, що супроводжують розчинення речовин	32
§ 6. Розчинність, її залежність від різних чинників. Насичені й ненасичені розчини	39
§ 7. Кількісний склад розчину. Масова частка розчиненої речовини	46
§ 8. Виготовлення розчину. Значення розчинів у природі та житті людини	52
<i>Практична робота 1. Виготовлення розчину солі з певною масовою часткою розчиненої речовини</i>	58
§ 9. Електроліти та неелектроліти. Електролітична дисоціація	60
§ 10. Електролітична дисоціація кислот, основ, солей у водних розчинах	67
§ 11. Ступінь дисоціації. Сильні й слабкі електроліти	74
§ 12. Реакції обміну у розчинах електролітів, умови їх перебігу. Йонні рівняння	80
<i>Практична робота 2. Реакції йонного обміну в розчинах електролітів</i>	89
<i>Практична робота 3. Розв'язування експериментальних задач</i>	90
<b>Тема 2. ХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ</b>	92
§ 13. Класифікація хімічних реакцій за різними ознаками	92
§ 14. Окисно-відновні реакції	100
§ 15. Класифікація хімічних реакцій за тепловим ефектом. Термохімічне рівняння	110
§ 16. Швидкість хімічної реакції, залежність швидкості реакції від різних чинників	115
§ 17. Оборотні й необоротні реакції	120
<b>Тема 3. НАЙВАЖЛИВІШІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ</b>	123
§ 18. Спільні й відмінні ознаки органічних і неорганічних сполук. Особливості будови атома Карбону в основному й збудженому станах. Утворення ковалентних зв'язків між атомами Карбону	123
§ 19. Моделі молекул. Значення моделювання в хімії. Структурні формули органічних речовин	130
§ 20. Метан	134
§ 21. Відношення об'ємів газів у хімічних реакціях	142
§ 22. Гомологи метану. Молекулярні та структурні формули, назви	147
§ 23. Фізичні й хімічні властивості та застосування гомологів метану	156
§ 24. Етилен	163



§ 25. Поняття про полімери. Застосування поліетилену .....	171
§ 26. Ацетилен .....	176
§ 27. Метанол, етанол, гліцерин .....	182
§ 28. Застосування метанолу, етанолу та гліцерину. Отруйність спиртів, їхня згубна дія на організм людини .....	190
§ 29. Оцтова кислота .....	195
<i>Практична робота 4. Властивості оцтової кислоти</i> .....	203
§ 30. Поняття про вищі карбонові кислоти. Жири .....	204
§ 31. Жири: властивості, значення, застосування .....	209
§ 32. Поняття про вуглеводи. Глюкоза і сахароза .....	214
§ 33. Крохмаль і целюлоза .....	220
§ 34. Амінооцтова кислота (гліцин) .....	226
§ 35. Білки .....	230
<i>Практична робота 5. Розв'язування експериментальних задач</i> .....	238
§ 36. Нуклеїнові кислоти .....	239
§ 37. Природні й синтетичні органічні сполуки. Значення продуктів органічної хімії .....	243
<b>Тема 4. УЗАГАЛЬНЕННЯ ЗНАНЬ З ХІМІЇ</b> .....	249
§ 38. Місце хімії серед наук про природу. Роль хімічних знань у пізнанні природи .....	249
§ 39. Значення хімічних процесів у природі .....	254
§ 40. Роль хімії в житті суспільства .....	259
<i>Підсумки</i> .....	264
<i>Тлумачний словник термінів і понять</i> .....	266
<i>Предметний покажчик</i> .....	273
<i>Додаток. Розчинність кислот, основ і солей у воді (20 °C)</i> .....	276