

П. П. Попель, Л. С. Крикля

# ХІМІЯ

Підручник

9 клас

Вода  
Розчини

Хімічні реакції

Найважливіші  
органічні сполуки

[www.testosvit.com](http://www.testosvit.com)

**Рекомендовано Міністерством освіти і науки України**

(Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.02.2009 р. № 56)

Підручник підготовлено за програмою з хімії для 7—11 класів загальноосвітніх навчальних закладів. У ньому розглянуто матеріал із розділів «Вода. Розчини», «Хімічні реакції», «Найважливіші органічні сполуки». Містить практичні роботи, лабораторні дослідження, запитання, вправи, задачі, завдання для позакласного і домашнього експерименту, додатковий матеріал для допитливих, а також словничок хімічних термінів і предметний покажчик.

Експерти, які рекомендували підручник до видання:

доктор хімічних наук, професор кафедри органічної хімії  
Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського  
*О. Є. Земляков*;

кандидат педагогічних наук, завідувач кафедри теорії та  
методики, доцент Дніпропетровського ОШПО *Л. М. Зламанюк*;

доктор хімічних наук, професор Інституту хімії поверхні  
ім. О. О. Чуйка НАН України, член-кореспондент НАН України  
*М. Т. Картель*;

кандидат хімічних наук, учитель Донецького ліцею «Колеж»  
*І. Ю. Старовойтова*;

завідувач НМК хімії Кіровоградського ОШПО  
ім. В. Сухомлинського *В. П. Шевчук*;

кандидат педагогічних наук, завідувач лабораторії дидактики  
Інституту педагогіки АПН України *В. І. Кизенко*

Відповідальні за підготовку підручника до видання:

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

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

# Дорогі дев'ятикласники!

На уроках хімії у 8 класі ви дізналися багато нового і цікавого про хімічні елементи та різні речовини. Вам стало відомо, що в хімії порції речовин оцінюють за тим, скільки в них міститься частинок — атомів, молекул, йонів. Читаючи підручник і виконуючи досліди, ви вивчили властивості і способи добування найважливіших неорганічних сполук — оксидів, основ, кислот, солей.

Тепер ви знаєте, як було відкрито періодичний закон — основний закон хімії, який встановлює залежність хімічного характеру елементів, властивостей їхніх простих і складних речовин від заряду ядер атомів.

Усі речовини існують завдяки тому, що атоми, молекули, йони здатні сполучатися одне з одним. Таку взаємодію частинок називають хімічним зв'язком. Знаючи будову речовини, можна прогнозувати її властивості.

У 9 класі продовжуватиметься ваше ознайомлення з основами хімії. Ви довідаєтесь про процеси, які відбуваються у водних розчинах різних речовин, про типи хімічних реакцій і особливості їх перебігу, а в другому семестрі — про найважливіші органічні сполуки, у тому числі й ті, що містяться в рослинах, тваринах і організмі людини.

Як і раніше, ви виконуватимете різні досліди на уроках хімії, а також у позаурочний час і вдома, отримавши дозвіл батьків.

При здійсненні хімічного експерименту дуже важливо занотувати всі дії та спостереження. Намагайтесь завжди знайти пояснення побаченому під час дослідів і робити відповідні висновки.

Нагадуємо, що до практичних робіт слід готуватися заздалегідь і досить ретельно. Варіант практичної роботи, завдання і досліди, які вам належить виконати, укаже вчитель.

У 9 класі ви також маєте дотримуватися правил роботи і техніки безпеки під час виконання хімічних дослідів.

Цей підручник допоможе вам вивчати хімію. На початку кожного параграфа вказано, яке значення має викладений навчальний матеріал, а в кінці — сформульовано висновки. Текст, що відмічено зліва вертикальною кольоровою лінією, призначений для учнів, які бажають поглибити свої знання з хімії. Додаткову інформацію і цікаві факти вміщено на полях. Основні означення

виділено кольором, а нові терміни, важливі твердження і слова з логічним наголосом — курсивом. Текст до лабораторних дослідів і практичних робіт подано на кольоровому тлі.

Після кожного параграфу наведено завдання, вправи і задачі різних типів; вони розміщені переважно за зростанням складності. У кінці підручника містяться відповіді до деяких задач і вправ, словничок основних термінів, а також предметний покажчик. Він допоможе швидко знайти сторінку підручника, на якій ідеться про певний термін, речовину, явище тощо. Крім того, для учнів, які цікавляться хімією, подано список відповідної літератури і назви інтернет-сайтів.

Вдумлива робота з підручником допоможе вам глибше усвідомити зв'язки між складом, будовою і властивостями речовин, навчитися прогнозувати й пояснювати хімічні перетворення.

Хімію вивчають для того, щоб розуміти, як побудований світ, за якими законами він розвивається, щоб використовувати різні речовини, не завдаючи шкоди собі й довкіллю.

Бажаємо вам успіхів у вивченні хімії.

*Автори*

# 1 розділ

## Вода. Розчини

Кожний із вас, почувши слово «розчин», напевно, уявить прозору рідину — безбарвну чи кольорову, а також згадає про воду, яка є складовою багатьох розчинів.

Чому вода розчиняє ту чи іншу речовину? Чи існує зв'язок між здатністю речовини розчинятися та її будовою? Що відбувається при утворенні розчину? Відповіді на ці та інші запитання ви знайдете, уважно прочитавши параграфи першого розділу підручника. Дізнаєтесь і про те, які частинки наявні в розчинах, зрозумієте суть хімічних реакцій між розчиненими речовинами. Крім того, ви навчитесь готувати розчини і здійснювати відповідні розрахунки.

---

# 1 Вода

---

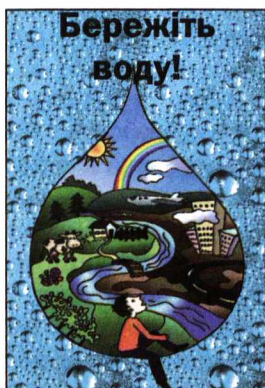
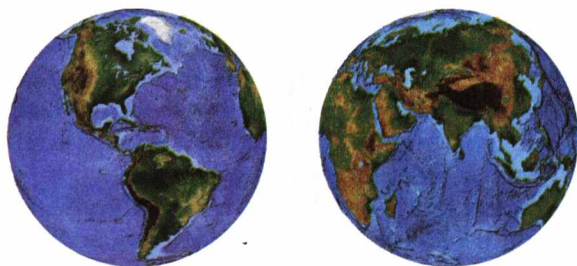
**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- дізнатися про поширеність води у природі;
- з'ясувати будову молекули води;
- зрозуміти суть водневого зв'язку.

**Поширеність у природі.** Вода — найпоширеніша сполука на нашій планеті. Вона вкриває понад  $2/3$  поверхні Землі (мал. 1).

Приблизно 97 % усієї води — це вода морів і океанів. Така вода містить багато розчинених

**Мал. 1.**  
Вода на поверхні  
Землі



**Мал. 2.**  
Вода — наше  
багатство

речовин. На прісну воду припадає 3 %. Майже вся вона сконцентрована у снігах і льодах Антарктиди, Арктики, регіонах із вічною мерзлотою. Річки й озера містять лише 0,03 % всієї води, наявної на планеті. Саме цю воду використовує людина для своїх потреб. Тому охорона водних ресурсів планети є одним із важливих завдань, що стоять перед людством (мал. 2).

Вода в незначній кількості міститься в атмосфері, причому — у трьох агрегатних станах: газуватому (водяна пара зумовлює вологість повітря), рідкому і твердому (туман, хмари). Випадаючи на земну поверхню, атмосферні опади (дощ, сніг) захоплюють із собою пил, деякі розчинені гази і в такий спосіб очищують повітря.

Вода міститься і в твердій оболонці планети — літосфері, причому як у вільному стані (підземні води), так і в «хімічно зв'язаному» — у складі різних природних сполук і мінералів.

Масова частка води в живих організмах становить від 50 до 99 % (в організмі дорослої людини її приблизно 65 % за масою).

*Природна вода завжди містить домішки. Досить чисту воду добувають перегонкою. Її називають дистильованою і використовують у наукових дослідженнях, деяких виробництвах, для виготовлення ліків.*

Будова молекули. Хімічна формула води  $H_2O$  відома кожному із вас. Це — молекулярна

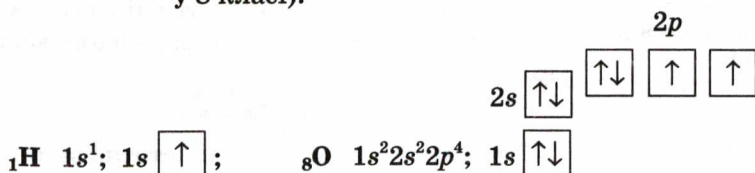
речовина. Електронна і графічна формули молекули води



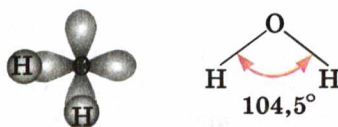
вказують на те, що два атоми Гідрогену сполучені з атомом Оксигену простими ковалентними зв'язками.

► Який зв'язок називають ковалентним? Яка особливість електронної будови атома «дозволяє» йому утворювати такий зв'язок з іншим атомом?

Звернемо увагу на будову атомів Гідрогену та Оксигену (їхні електронні формули ви складали у 8 класі):

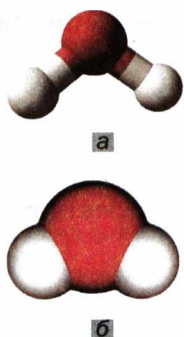


Кожний зв'язок у молекулі води утворений  $s$ -електроном атома Гідрогену і одним  $p$ -електроном атома Оксигену. Два  $p$ -електрони атома Оксигену, які беруть участь у цих зв'язках, є неспареними й перебувають у різних орбіталях. Оскільки  $p$ -орбіталі зорієнтовані перпендикулярно одна до одної, молекула води має кутову будову<sup>1</sup>. Щоправда, кут між прямими, що з'єднують центри атомів Гідрогену й Оксигену, становить не  $90^\circ$ , а  $104,5^\circ$ :



На малюнку 3 зображено дві моделі молекули води. У кулестержневій моделі стержні імітують прості ковалентні зв'язки між атомами, а в

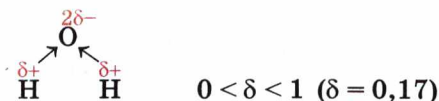
<sup>1</sup> Таке пояснення будови молекули води є спрощеним.



**Мал. 3.**  
**Моделі**  
**молекули води:**  
**а** — куле-  
**стержнева;**  
**б** — масштабна.  
**Білі кульки** —  
**атоми Гідрогену,**  
**червоні** —  
**атоми Оксигену**

масштабній моделі витримано співвідношення розмірів атомів і молекули.

Оскільки Оксиген електронегативніший за Гідроген, то спільні електронні пари зміщені від двох атомів Гідрогену до атома Оксигену. Зв'язки O—H є полярними. На атомі Оксигену зосереджений невеликий негативний заряд, а на кожному з двох атомів Гідрогену — позитивний:



Отже, молекула води з боку атома Оксигену заряджена негативно, а з протилежного боку, де розміщені атоми Гідрогену, — позитивно. Таку молекулу називають полярною; вона є диполем<sup>1</sup>, тобто має два різнойменно заряджені полюси. Її умовно зображають еліпсом зі вписаними знаками «+» і «-» без зазначення величин зарядів:



Полярність молекули води істотно впливає на властивості цієї речовини.

**Водневий зв'язок.** Молекули-диполі води можуть притягуватися одна до одної, а саме, атом  $\delta^+$  Н однієї молекули — до атома  $\delta^-$  О іншої.

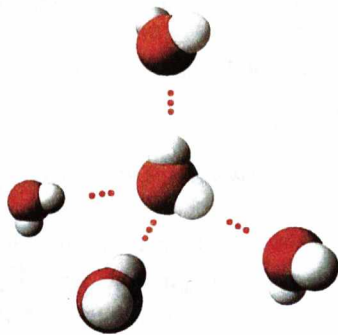
## Електростатичну взаємодію між молекулами за участю атомів Гідрогену називають водневим зв'язком.

Водневий зв'язок прийнято позначати трьома крапками: H ··· O. Цей зв'язок значно слабший за ковалентний. Обов'язкова умова його утворення — наявність у молекулі атома Гідрогену, сполученого з атомом найбільш електронегативного елемента (Флуору, Оксигену, Нітрогену).

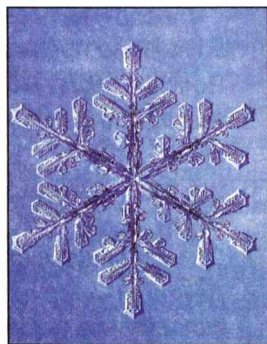
Водневі зв'язки існують і в рідкій воді, й у льоду. Кожна молекула H<sub>2</sub>O сполучена водневими зв'язками з чотирма іншими (мал. 4). Цим зумовлена характерна форма сніжинок (мал. 5).

<sup>1</sup> Термін походить від грецького префікса di(s) — двічі і слова polos — полюс.





**Мал. 4.**  
Водневі зв'язки між молекулами води у льоду



**Мал. 5.**  
Сніжинка

У рідкій воді частина водневих зв'язків руйнується, але водночас утворюються нові зв'язки.

## ВИСНОВКИ

Вода — одна із найпоширеніших у природі сполук. Її молекула містить ковалентні полярні зв'язки O—H, має кутову форму і є полярною. На кожному атомі Гідрогену молекули води зосереджений невеликий позитивний заряд, а на атомі Оксигену — невеликий негативний заряд.

Молекули води притягуються одна до одної внаслідок електростатичної взаємодії між атомами Гідрогену та Оксигену різних молекул. Таку взаємодію називають водневим зв'язком.



1. Чому в природі немає чистої води? Які домішки можуть бути в ній?
2. Як має діяти кожна людина в побуті, на відпочинку, щоб гасло «Бережіть воду!» втілювалося в життя?
3. Підготуйте за матеріалами з Інтернету невелике повідомлення на одну із таких тем:
  - а) забезпеченість прісною водою різних регіонів України;
  - б) джерела забруднення природної води;

- в) вода у народній творчості (прислів'я, приказки тощо);  
г) цікаве про воду.

4. Поясніть, чому молекула води має кутову форму.
5. Які відмінності між кулестержневою і масштабною моделями молекули?
6. Що таке водневі зв'язки? Чому вони утворюються між молекулами води?
7. Обчисліть кількість атомів Гідрогену й атомів Оксигену в 1 мг води.
8. Дейтерій — природний нуклід Гідрогену. Ядро атома цього нукліда складається з одного протона й одного нейтрона. Знайдіть масову частку Дейтерію у важкій воді  $D_2O$ .
9. Обчисліть масу молекули води  $H_2O$  у грамах.

---

## 2 Властивості води

---

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- з'ясувати і пояснити фізичні властивості води;
- пригадати, з якими речовинами реагує вода.

**Фізичні властивості.** Кожному відомо, що чиста вода — безбарвна рідина без смаку і запаху, яка замерзає при температурі  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , а закипає при  $100\text{ }^\circ\text{C}$  (за тиску 760 мм рт. ст.). Вода має густину  $1,00\text{ г/см}^3$  (при  $4\text{ }^\circ\text{C}$ ), незначну теплопровідність, майже не проводить електричний струм.

*Температури плавлення льоду і кипіння води значно вищі, ніж, наприклад, метану  $CH_4$  — подібної за складом сполуки, молекула якої має майже таку саму масу, що й молекула  $H_2O$ . Причина — наявність водневих зв'язків між молекулами води<sup>1</sup>. Щоб зруйнувати ці зв'язки, потрібно витратити енергію, тобто нагріти речовину.*

---

<sup>1</sup> Водневі зв'язки між молекулами метану  $CH_4$  не утворюються, оскільки ковалентний зв'язок C–H майже неполярний. Тому за звичайних умов метан є газом. Він перетворюється на рідину при охолодженні до  $-164\text{ }^\circ\text{C}$  (за нормального тиску).



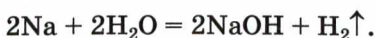
**Мал. 6.**  
У річці, вкритій кригою, життя триває

Лід трохи легший за воду; його густина становить  $0,92 \text{ г/см}^3$ . (Інші речовини у твердому стані мають більшу густину, ніж у рідкому.) Усі молекули в льоду сполучені водневими зв'язками (§ 1). Ця речовина має ажурну структуру з багатьма порожнинами. При плавленні льоду деякі водневі зв'язки розриваються, і молекули, що вивільнилися, заповнюють порожнини. Унаслідок цього речовина «уцілюється».

Лід не тоне у воді, і взимку водойми зазвичай не промерзають до дна. Це рятує рибу, інших мешканців річок і озер від загибелі (мал. 6).

**Хімічні властивості.** Вода виявляє достатню хімічну активність. Вона реагує з багатьма речовинами — і простими, і складними.

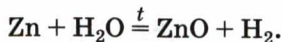
**Реакції з простими речовинами.** Вам відомо, що вода взаємодіє з найактивнішими металами — лужними (мал. 7) і лужноземельними. Продуктами кожної реакції є основа (луг) і водень:



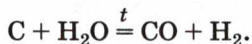
При нагріванні вода реагує з магнієм.

► Напишіть рівняння реакції магнію з водою.

З водою взаємодіють і деякі менш активні метали, але за досить високої температури (реагентом є водяна пара). При цьому замість гідроксидів металічних елементів утворюються оксиди:



Вода реагує і з деякими неметалами. Взаємодією водяної пари з розжареним вугіллям добувають суміш газів, яку використовують як паливо:



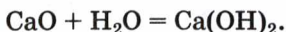
**Реакції зі складними речовинами.** Серед сполук, із якими реагує вода, — чимало оксидів і солей.

Вода взаємодіє з деякими основними оксидами і майже з усіма кислотними. Такі



**Мал. 7.**  
Реакція натрію з водою

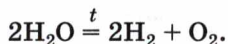
хімічні перетворення ви вивчали у 8 класі. Усі вони належать до реакцій сполучення. Кислотні оксиди при взаємодії з водою утворюють відповідні оксигеновмісні кислоти, а оксиди лужних і лужноземельних елементів — основи (луги):



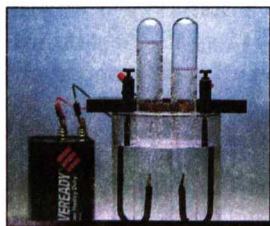
Із відомих вам кислотних оксидів у реакцію з водою не вступає лише один; його формула —  $\text{SiO}_2$ . Інертними щодо води є всі амфотерні оксиди і багато основних оксидів.

Вода реагує із деякими солями. Частину цих хімічних перетворень, які належать до реакцій сполучення, розглянемо в наступному параграфі.

**Розклад води.** Вода — термічно стійка речовина. Її молекули починають руйнуватися за дуже високої температури. При  $2500^\circ\text{C}$  розкладається приблизно 11 % усіх молекул, а при  $1000^\circ\text{C}$  — лише 0,03 %. Продуктами розкладу води є водень і кисень:



Воду можна розкласти і за допомогою електричного струму.



**Мал. 8.**  
Розклад води постійним електричним струмом

- Зваживши на рівняння реакції розкладу води, вкажіть, у якій пробірці на малюнку 8 накопичується водень, а в якій — кисень.

## ВИСНОВКИ

Вода за звичайних умов — безбарвна рідина, яка не має запаху, кипить при  $100^\circ\text{C}$ , замерзає при  $0^\circ\text{C}$  і має густину  $1,00\text{ г/см}^3$ . Лід трохи легший за воду.

Вода взаємодіє з лужними і лужноземельними металами, оксидами лужних і лужноземельних елементів, кислотними оксидами. При дуже високій температурі або дії постійного електричного струму вода розкладається на водень і кисень.



10. Охарактеризуйте фізичні властивості води.
11. Допишіть схеми реакцій і перетворіть їх на хімічні рівняння:
- а)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ;                      в)  $\text{I}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ;  
б)  $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ;                      г)  $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ .
- Укажіть серед реагентів кислотні та оснóвні оксиди, а серед продуктів реакцій — кислоти та основи.
12. Які з наведених оксидів реагують з водою:  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ? Відповідь обґрунтуйте.
13. Напишіть рівняння реакцій оксидів з водою, під час яких утворюються такі сполуки:
- а) стронцій гідроксид  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ;                      в) перхлоратна кислота  $\text{HClO}_4$ ;  
б) селенатна кислота  $\text{H}_2\text{SeO}_4$ ;                      г) лантан гідроксид  $\text{La}(\text{OH})_3$ .
14. Чи відбуваються реакції між водою і такими речовинами: літій, золотом, киснем, барій оксидом, нікель(II) оксидом, фосфор(V) оксидом, аргентум хлоридом? Складіть рівняння тих реакцій, які можливі.
15. Які об'єми водню і кисню утворюються за нормальних умов при повному розкладі 1 л води постійним електричним струмом?
16. Чи достатньо для гасіння певної маси негашеного вапна взяти таку саму масу води? (Вважайте, що негашене вапно є кальцій оксидом без домішок.) Відповідь поясніть.

## 3

## Кристалогідрати

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- з'ясувати, які сполуки називають кристалогідратами;
- розв'язувати задачі, в яких ідеться про кристалогідрати.

Вода вступає в реакції сполучення з деякими солями. При цьому утворюються речовини (також — солі), які крім відповідних катіонів і аніонів містять молекули води.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 1

### Реакція купрум(II) сульфату з водою

У маленьку порцелянову чашку помістіть трохи порошку купрум(II) сульфату (сполука білого кольору) і додайте кілька крапель води. Що спостерігаєте?

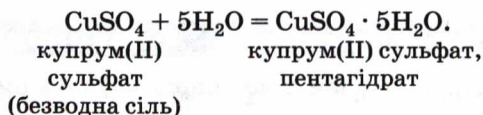
Добавляйте до сполуки воду (невеликими порціями) при перемішуванні до її повного розчинення.

Поставте порцелянову чашку на кільце лабораторного штатива, запаліть спиртівку та обережно випарюйте з розчину воду до появи дрібних блакитних кристалів<sup>1</sup>.

У цьому досліді купрум(II) сульфат перетворюється на нову речовину. Її хімічна формула —  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (читається: купрум-ес-о-чотири-на-п'ять-аш-два-о). Тривіальна назва сполуки — мідний купорос<sup>2</sup>, а хімічна — купрум(II) сульфат, пентагідрат. У назвах таких речовин до слова «гідрат» додають префікс, що походить від грецької назви числа: моно- (1), ди- (2), три- (3), тетра- (4), пента- (5), гекса- (6), гепта- (7), окта- (8), нона- (9)<sup>3</sup>, дека- (10) і т. д. Крапка в хімічній формулі означає, що мідний купорос — це сполука купрум(II) сульфату і води, а не суміш цих речовин чи водний розчин купрум(II) сульфату. У сполуці на кожен пару йонів —  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  — припадає 5 молекул води.

Рівняння реакції утворення мідного купоросу:

Кристалогідрат  
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$



**Кристалічні речовини, що містять у своєму складі молекули води, називають кристалогідратами.**

<sup>1</sup> Випарювання можна здійснити на предметному склі. Необхідно нанести на нього 2—3 краплі розчину і тримати скло над полум'ям.

<sup>2</sup> Сполуку використовують у сільському господарстві для боротьби зі шкідниками і хворобами рослин.

<sup>3</sup> Цей префікс походить від латинської назви числа.



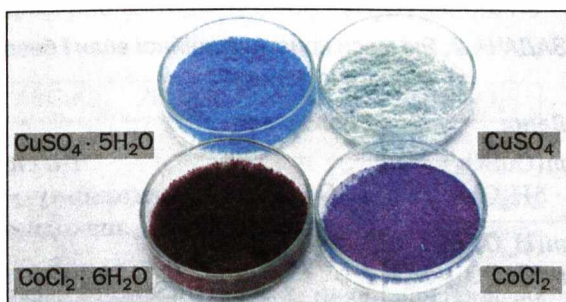
**Мал. 9.**  
Природні кристали гіпсу

Відомо багато кристалогідратів. Серед них — гіпс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (мал. 9), залізний купорос  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , гірка сіль  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , кристалічна сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

► Дайте хімічні назви цим кристалогідратам.

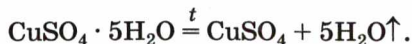
Воду, яка входить до складу кристалогідратів, називають *кристалізаційною*.

Часто кристалогідрати і відповідні безводні сполуки мають різне забарвлення (мал. 10).



**Мал. 10.**  
Деякі кристалогідрати і безводні солі

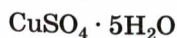
При нагріванні кристалогідрати розкладаються із виділенням води:



**Розв'язування задач.** При використанні кристалогідратів нерідко виникає потреба в різних розрахунках.

**ЗАДАЧА 1.** Знайти масову частку води в мідному купоросі.

Дано:



$w(\text{H}_2\text{O})$  — ?

Розв'язання

1-й спосіб

1. Обчислюємо молярну масу мідного купоросу:

$$\begin{aligned} M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) &= M(\text{CuSO}_4) + 5M(\text{H}_2\text{O}) = \\ &= 160 + 5 \cdot 18 = 160 + 90 = 250 \text{ (г/моль)}. \end{aligned}$$

2. Складаємо пропорцію і знаходимо масову частку води в кристалогідраті:

$$\begin{aligned} 250 \text{ г (маса 1 моль кристалогідрату)} &\text{— } 1 \text{ (або } 100\% \text{)}, \\ 90 \text{ г (маса 5 моль води)} &\text{— } x; \end{aligned}$$

$$x = w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{90 \cdot 1}{250} = 0,36$$

$$(\text{або } x = w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{90 \cdot 100 \%}{250} = 36 \%).$$

2-й спосіб

- Обчислюємо молярну масу мідного купоросу:  
 $M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = M(\text{CuSO}_4) + 5M(\text{H}_2\text{O}) =$   
 $= 160 + 5 \cdot 18 = 160 + 90 = 250 \text{ (г/моль)}.$
- Знаходимо масову частку води в кристалогідраті за відповідною формулою:  
 $w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{5M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{90}{250} = 0,36, \text{ або } 36 \%.$

Відповідь:  $w(\text{H}_2\text{O}) = 0,36, \text{ або } 36 \%$ .

**ЗАДАЧА 2.** Які маси кристалізаційної води і безводної солі містяться у 25 г мідного купоросу?

Дано:

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 25 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) - ?$$

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

Розв'язання

1-й спосіб

- Обчисливши молярну масу мідного купоросу (див. задачу 1), знаходимо масу кристалізаційної води:  
у 250 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  міститься 90 г  $\text{H}_2\text{O}$ ,  
у 25 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  —  $x$  г  $\text{H}_2\text{O}$ ;  
 $x = m(\text{H}_2\text{O}) = 9 \text{ г}.$
- Розраховуємо масу безводної солі:  
 $m(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) - m(\text{H}_2\text{O}) = 25 - 9 = 16 \text{ (г)}.$

2-й спосіб

- Обчислюємо кількість речовини кристалогідрату:  
 $n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} =$   
 $= \frac{25}{250} = 0,1 \text{ (моль)}.$
- Знаходимо кількість речовини кристалізаційної води в 0,1 моль кристалогідрату:  
 $n(\text{H}_2\text{O}) = 5 \cdot n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 5 \cdot 0,1 = 0,5 \text{ (моль)}.$
- Розраховуємо масу кристалізаційної води:  
 $m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 0,5 \cdot 18 = 9 \text{ (г)}.$
- Обчислюємо масу безводної солі:  
 $m(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) - m(\text{H}_2\text{O}) = 25 - 9 =$   
 $= 16 \text{ (г)}.$

Відповідь:  $m(\text{H}_2\text{O}) = 9 \text{ г}; m(\text{CuSO}_4) = 16 \text{ г}.$



**Кристалічні речовини, що містять у своєму складі молекули води, називають кристалогідратами. При нагріванні вони розкладаються на безводні сполуки і воду.**



17. Що таке кристалогідрат? Наведіть приклади таких сполук.
18. Запишіть формулу кристалогідрату, формульна одиниця якого складається з одного йона  $\text{Be}^{2+}$ , двох іонів  $\text{Cl}^-$  і чотирьох молекул води. Назвіть цей кристалогідрат.
19. Виконайте обчислення для кристалогідрату  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  і заповніть таблицю:

$M(\text{CuCl}_2)$	$2M(\text{H}_2\text{O})$	$M(\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$	$w(\text{CuCl}_2)$	$w(\text{H}_2\text{O})$

20. Яка маса барій гідроксиду міститься в його кристалогідраті масою 6,3 г? Візьміть до уваги, що у складі формульної одиниці кристалогідрату — вісім молекул води.
21. Обчисліть приблизне співвідношення мас води і безводної сполуки в кристалогідраті  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ .
22. Кристалічна сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  при нагріванні розкладається на кальциновану соду  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і воду, що виділяється у вигляді пари. Яка маса кристалічної соди розклалася, якщо маса твердої речовини в результаті реакції зменшилася на 9 г?
23. Масова частка води в кристалогідраті  $\text{ZnSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  становить 43,9%. Виведіть формулу цієї сполуки.
24. Визначте лужний елемент, який утворює сполуку  $\text{MOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ , якщо масова частка Гідрогену в цьому кристалогідраті становить 7,14%.

## 4 Розчини. Утворення розчину

Матеріал параграфу допоможе вам:

- зрозуміти, що відбувається при утворенні розчину;

- пояснювати теплові ефекти, що спостерігаються під час розчинення різних речовин;
- з'ясувати, які розчини називають колоїдними.

**Суміші речовин.** Що спільного у повітря, морської води, нафти, граніту, молока, ювелірного сплаву, зубної пасту? Це — суміші речовин.

Вам відомо, що суміші бувають однорідними та неоднорідними.

У неоднорідній суміші можна побачити часточки, крапельки окремих речовин, пухирці газів неозброєним оком або через мікроскоп. Деякі суміші цього типу мають загальні назви. Неоднорідну суміш рідини й газу називають *піною*. Вона утворюється, наприклад, коли у склянку наливають із пляшки газований напій. Добре струшену суміш двох рідин, які не розчиняються одна в одній, називають *емульсією*. Прикладом емульсії є молоко; його головні компоненти — вода і рідкі жири. Якщо перемішати рідину із нерозчинною в ній добре подрібненою твердою речовиною, отримуємо *суспензію*. Суспензіями є суміші води з порошком крейди, борошном, деякі лікарські препарати.

**Розчини.** Однорідні суміші відрізняються від неоднорідних тим, що в них рівномірно розподілені найдрібніші частинки речовин — атоми, молекули, йони. Ці частинки не можна виявити навіть за допомогою потужного мікроскопа.

## Однорідні суміші речовин називають *розчинами*.

Мабуть, кожний із вас вважає, що розчин — це рідина. Однак крім рідких розчинів існують тверді й газуваті (мал. 11).

Розчин містить щонайменше дві речовини. Це — його компоненти. Один із них називають *розчинником*, інші — *розчиненими речовинами*. За розчинник приймають речовину, яка перебуває в такому самому агрегатному стані, що й розчин.

- ▶ Назвіть розчинник і розчинену речовину в таких однорідних сумішах: а) водний розчин цукру; б) хлоридна кислота.

[www.testosvit.com](http://www.testosvit.com)



**Мал. 11.**  
Розчини  
(однорідні  
суміші):  
а — водний  
розчин  $\text{FeCl}_3$ ;  
б — повітря;  
в — сплав міді  
й алюмінію

Якщо агрегатний стан усіх речовин, що утворили розчин, однаковий, то розчинником вважають речовину, маса якої найбільша. Існує традиція щодо розчинів, які містять воду, саме її називати розчинником.

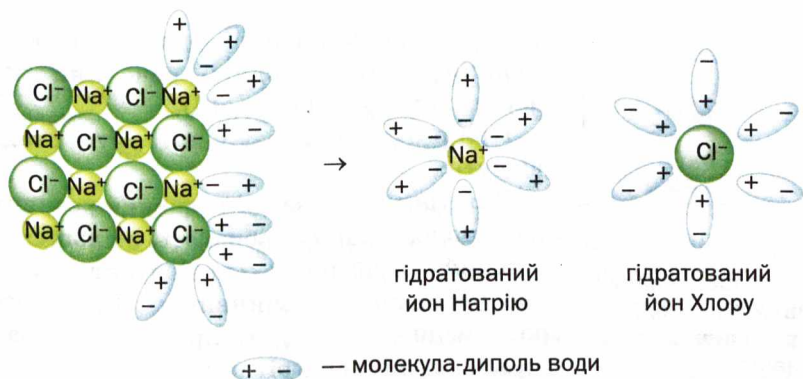
Вода розчиняє багато речовин; це — найкращий розчинник.

Розрізняють *концентровані* та *розбавлені розчини*. У розбавленому розчині міститься значно більше розчинника, ніж розчиненої речовини, а в концентрованому — навпаки.

Властивості розчину відрізняються від властивостей його компонентів. Наприклад, водний розчин солі замерзає при температурі, трохи нижчій від  $0^\circ\text{C}$ , закипає при температурі, що перевищує  $100^\circ\text{C}$ , і, на відміну від води і кристалів натрій хлориду, добре проводить електричний струм.

**Утворення розчину.** Процес утворення розчину є складним; крім фізичних явищ він часто включає й хімічні.

Розглянемо, як відбувається розчинення у воді *йонної речовини*. При потраплянні кристала такої речовини у воду до кожного йона, розміщеного на його поверхні, притягуються молекули води своїми протилежно зарядженими частинами (мал. 12).



**Мал. 12.**  
Розчинення йонного кристала у воді

Якщо сили такої взаємодії переважають сили притягання між катіонами й аніонами у кристалі, йони поступово відокремлюються один від одного й переходять у воду. Кристал розчиняється. У розчині, що утворився, містяться йони розчиненої речовини, сполучені з молекулами води. Такі частинки називають *гідратованими*<sup>1</sup>.

► Зобразіть у зошиті гідратовані катіон Барію і гідроксид-іон.

Утворення гідратованих йонів зумовлює існування кристалогідратів.

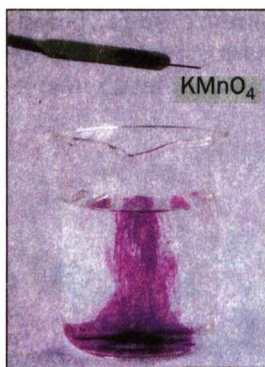
Розчинення *молекулярних речовин* у воді може відбуватися по-різному. Якщо, наприклад, молекули кисню, спирту, цукру, потрапляючи у воду, не зазнають змін, то молекули хлороводню, сульфатної кислоти розпадаються на йони (§ 8). А розчинення вуглекислого газу у воді супроводжується хімічною реакцією — утворенням карбонатної кислоти. Щоправда, з водою реагує лише незначна частина карбон(IV) оксиду.

Процес утворення водного розчину можна поділити на три стадії:

1. Взаємодія частинок речовини і молекул води.
2. Відокремлення частинок речовини (молекул, йонів) одна від одної під впливом молекул води.
3. Дифузія речовини і води, тобто проникнення частинок однієї речовини між частинками іншої (мал. 13).

При розчиненні газу у воді друга стадія відсутня.

Для того щоб тверда речовина розчинялася швидше, її подрібнюють, збільшуючи у такий спосіб поверхню контакту частинок речовини з розчинником. Крім того, розчинення здійснюють при перемішуванні, а іноді й при нагріванні.



**Мал. 13.**  
Дифузія забарвлених йонів  $MnO_4^-$  у воді при розчиненні калій перманганату

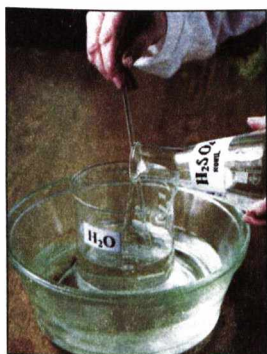
<sup>1</sup> Розчинення натрій хлориду у воді можна проілюструвати схемою  $NaCl + (m + n)H_2O = Na^+ \cdot mH_2O + Cl^- \cdot nH_2O$ .

**Тепловий ефект при розчиненні.** Утворення розчину супроводжується виділенням або поглинанням теплоти.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 2

### Тепловий ефект при розчиненні речовини

У пробірку помістіть приблизно 1/2 чайної ложки натрій нітрату і додайте 5 мл води. Вміст пробірки перемішуйте скляною паличкою для прискорення процесу розчинення. Доторкніться рукою до дна пробірки. Що відчуваєте?



**Мал. 14.** Правильне приготування розбавленого розчину сульфатної кислоти

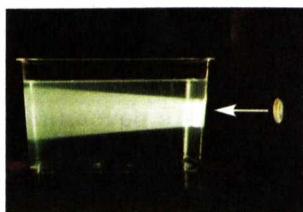
Виникнення теплового ефекту під час розчинення можна пояснити так. Взаємодія частинок речовини і молекул води (перша стадія розчинення) відбувається з виділенням теплоти, а роз'єднання молекул або йонів речовини (друга стадія розчинення) — з поглинанням теплоти. Якщо на першій стадії розчинення виділяється більше теплоти, ніж поглинається на другій, то спостерігаємо розігрівання розчину. А якщо навпаки — розчин охолоджується.

Змішавши спирт або сульфатну кислоту з водою, ми зафіксуємо розігрівання розчину (у другому випадку — досить сильне). Причина полягає в тому, що на другій стадії розчинення цих речовин поглинається мало теплоти, бо взаємодія між молекулами спирту або кислоти є досить слабкою.

*Існує правило приготування розбавленого розчину сульфатної кислоти із концентрованою. Концентрований розчин доливають у воду (мал. 14), причому повільно, невеликими порціями, постійно перемішуючи й охолоджуючи посудину водопровідною водою. Якщо ж добавляти воду в концентровану кислоту, то утворюваний розчин може навіть закипіти, а бризки кислоти — потрапити на шкіру й спричинити сильний опік.*

Іноді при утворенні розчину виявити тепловий ефект не вдається (наприклад, при розчиненні кухонної солі у воді). Насправді він є, але незначний.

**Коліодні розчини.** Водні розчини крохмалю і натрій хлориду зовні нічим не відрізняються один від одного, вони безбарвні й прозорі. Однак якщо на кожний розчин спрямувати промінь світла, то його «шлях» можна побачити лише в розчині крохмалю (мал. 15). Світло розсіюють дуже великі молекули цієї речовини; кожна із них містить тисячі сполучених атомів<sup>1</sup>. Подібне явище спостерігається при проходженні сонячних променів крізь туман (мал. 16) або запилене повітря. У першому випадку світло відбивають дрібні краплинки води, у другому — часточки пилу.



**Мал. 15.**  
Проходження променя  
світла крізь розчин  
крохмалю



**Мал. 16.**  
Сонячні промені  
у лісі

Розчини, що містять великі частинки розчинених речовин, скупчення багатьох атомів чи молекул, називають *коліодними*, а ті, в яких перебувають найдрібніші частинки речовин (окремі атоми, молекули, йони), — *істинними*.

Розміри частинок розчинених речовин у коліодних розчинах становлять від 1 до 100 нм (1 нм =  $10^{-9}$  м), тоді як в істинних розчинах не перевищують 1 нм.

Коліодні розчини досить стійкі; частинки розчинених речовин у них довгий час не осідають. Одна із причин цього — наявність на їхній поверхні однойменних зарядів (частинки від-

### Цікаво знати

Розмір молекули води — 0,25 нм.

<sup>1</sup> Про крохмаль ітиметься у § 31.

птовхуються одна від одної і не «злипаються»). Викликати осадження частинок можна нагріванням колоїдного розчину або розчиненням у ньому будь-якої солі (наприклад, натрій хлориду).

Колоїдні розчини дуже поширені в живій природі. Ними є кров, плазма крові, міжклітинні рідини, соки рослин тощо.

Загальна наукова назва неоднорідних сумішей і колоїдних розчинів — *дисперсні системи*.

**Значення розчинів.** Різні речовини, розчиняючись у воді річок, морів, океанів, «подорожують» планетою, потрапляють на земну поверхню, беруть участь у хімічних реакціях з утворенням мінералів, компонентів ґрунту. Розчини надходять у рослини через коріння і листя, а в організми тварин і людини — разом із харчовими продуктами, постачаючи необхідні речовини.

Хімічні реакції в живих організмах відбуваються лише у водних розчинах (переважно колоїдних). У процесах травлення беруть участь слина, шлунковий сік, жовч. Разом із сечею, пітом із організму виводяться продукти життєдіяльності, а іноді — й токсичні речовини.

Вода, яку ми п'ємо, насправді є дуже розбавленим розчином. У ній розчинені надзвичайно малі кількості різних речовин<sup>1</sup>, які надають воді ледь відчутного смаку. За наявності у природній воді деяких речовин і йонів вона може мати лікувальні властивості, відновлювати сольовий баланс в організмі. Рідкі ліки є переважно водними розчинами.

Живі істоти дихають киснем, що входить до складу повітря. А повітря — це природний газовий розчин. Якби ми дихали чистим киснем, то процеси окиснення в організмі відбувалися б дуже інтенсивно, а цього наш організм не витримав би.

Без розчинів не можуть працювати металургійні та хімічні заводи, підприємства легкої й харчової промисловості, побутового обслуговування, медичні установи.

---

<sup>1</sup> Пити лише чисту (дистильовану) воду не можна, оскільки організм не отримуватиме в достатній кількості необхідних елементів і з нього будуть «вимиватися» потрібні речовини.

Суміші речовин бувають однорідними й неоднорідними. В однорідних сумішах рівномірно розподілені атоми, молекули або йони речовин.

При утворенні розчину відбуваються фізичні й хімічні явища. Хімічні явища зумовлені взаємодією частинок розчиненої речовини і розчинника.

Процес розчинення супроводжується виділенням або поглинанням теплоти.

Колоїдні розчини відрізняються від звичайних (істинних) тим, що містять дуже великі молекули або скупчення частинок розчиненої речовини.



25. У п'ять склянок налили невеликі порції води. У першу склянку добавили трохи глини, у другу — спирту, у третю — фруктового сиропу, в четверту — гасу і в п'яту — питної соди. Кожну суміш добре перемішали. У яких склянках утворилися розчини?
26. На будівництві готують так званий цементний розчин. Його компонентами є цемент, пісок і вода. Чи правильна назва цієї суміші з наукового погляду? Чому?
27. Яку речовину слід назвати розчинником, якщо розчин утворюють:
  - а) розплавлені метали — мідь масою 3 г і золото масою 7 г;
  - б) вода об'ємом 1 л і хлороводень (газ) об'ємом 300 л;
  - в) спирт масою 10 г і ацетон масою 25 г;
  - г) вода масою 8 г і сульфатна кислота масою 92 г?
 Відповіді поясніть.
28. Чи можна стверджувати, що соки полуниці, чорної смородини є розчинами і містять кілька розчинених речовин?
29. Розчин, що складається зі 100 г спирту і 10 г води, один учень назвав концентрованим, а інший — розбавленим. Хто, на ваш погляд, правий? Чому?
30. Назвіть частинки, які містяться у водному розчині кухонної солі.
31. Опишіть явища, що відбуваються при розчиненні речовини у воді.
32. У двох склянках без етикеток містяться вода і розчин кухонної солі. Як експериментально розрізнити ці рідини без застосування інших речовин або розчинів?
33. Поясніть, у чому різниця між розчиненням цукру у воді та цинку в хлоридній кислоті.



34. У якому випадку при розчиненні речовини відбувається: а) виділення теплоти; б) поглинання теплоти? Чи має залежати тепловий ефект розчинення речовини від її агрегатного стану? Відповідь поясніть.
35. Які розчини називають колоїдними? Чим вони відрізняються від істинних розчинів?

ЕКСПЕРИМЕНТУЄМО ВДОМА

### Тепловий ефект при розчиненні речовини у воді

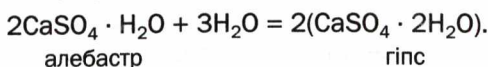
Насипте у пластмасовий стаканчик чайну ложку кальцинованої соди. Долийте до речовини приблизно 10 мл води й одразу перемішуйте суміш дерев'яною або пластмасовою паличкою протягом 15—20 секунд. Взявши стаканчик у долоню, визначте, підвищується чи знижується температура суміші під час розчинення сполуки.

Аналогічний експеримент проведіть із аміачною селітрою (мінеральне добриво).

### Тепловий ефект при утворенні кристалогідрату

Насипте у пластмасовий стаканчик 2—3 чайні ложки алебастру. Додайте 2 чайні ложки води й одразу добре перемішайте суміш дерев'яною або пластмасовою паличкою. Нагрівається чи охолоджується суміш речовин?

Зазначимо, що під час експерименту відбувається перетворення одного кристалогідрату на інший:



# 5

## Розчинність речовин

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- зрозуміти, що таке розчинність речовини;
- з'ясувати, від яких чинників залежить розчинність речовин у воді.

**Розчинність.** Характеризуючи фізичні властивості будь-якої речовини, зазвичай вказу-

ють, чи розчиняється вона у воді, спирті, інших розчинниках.

**Властивість речовини утворювати з іншою речовиною розчин називають розчинністю.**

Сульфатна і нітратна кислоти, етиловий спирт, ацетон змішуються з водою в будь-яких співвідношеннях з утворенням розчинів. Ці речовини мають необмежену розчинність у воді. Однак для багатьох інших речовин існує межа розчинення.

### ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 3 Виявлення обмеженої розчинності речовини у воді

Налийте у пробірку 2 мл води і розчиняйте в ній калій нітрат невеликими порціями при перемішуванні скляною паличкою. Кожну порцію речовини добавляйте після повного розчинення попередньої. Зафіксуйте момент, коли розчинення солі припиняється.

Залиште пробірку із сумішшю речовин для наступного досліді.



**Мал. 17.**  
Насичений розчин  
калій бромату  
 $\text{KBrO}_3$  у воді

Розчин, у якому за даних умов речовина більше не розчиняється, називають *насиченим* (мал. 17), а той, у якому ще можна розчинити певну порцію речовини, — *ненасиченим*.

► Для яких розчинних речовин не існує насичених розчинів?

Розчинність більшості речовин можна оцінити кількісно. Для цього вказують максимальну масу речовини, яка може розчинитися у 100 г розчинника за певної температури<sup>1</sup>. Відповідну фізичну величину прийнято позначати літерою *S* (від латинського слова *solvere* — розчиняти).

<sup>1</sup> Для газу звичайно вказують його максимальний об'єм, який розчиняється у 100 г або 1 л розчинника за певних температури й тиску.

Відомості про розчинність багатьох сполук у воді можна взяти із таблиці, розміщеної на форзаці II.

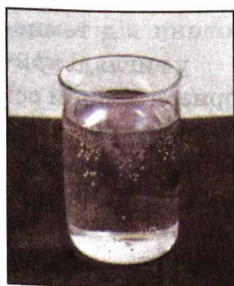
*Речовин, абсолютно нерозчинних у воді, не існує. Якщо у срібну посудину налити води, то надзвичайно мала, непомітна кількість металу із часом розчиниться. Отримана «срібна» вода має антимікробні властивості й, на відміну від звичайної, може зберігатися протягом необмеженого часу.*

Здатність речовини розчинятися у воді залежить від будови речовини, тобто від типу частинок, з яких вона складається, а також від зовнішніх умов — температури, тиску.

**Залежність розчинності речовин від їхньої будови.** Більшість йонних речовин добре розчиняється у воді. Таку властивість мають і речовини, які подібно до води складаються з полярних молекул. Речовини з неполярними молекулами, наприклад азот  $N_2$ , метан  $CH_4$ , мають незначну розчинність у воді або нерозчинні в ній. Із часів алхіміків існує правило: *подібне розчиняється в подібному*. Це правило використовують і нині, хоча воно має винятки.

**Залежність розчинності речовин від температури.** Вплив температури на розчинність речовини здебільшого визначається її агрегатним станом.

Якщо у склянку налити холодної водопровідної води й залишити її в теплому місці, то через деякий час на стінках посудини з'являться пухирці повітря, яке було розчинене у воді (мал. 18). У теплій воді розчинність газів менша, і «зайве» повітря виділяється з неї.



**Мал. 18.**  
Виділення пухирців розчиненого повітря із нагрітої водопровідної води

## **Розчинність газів у воді з підвищенням температури зменшується.**

Визначимо за допомогою експерименту, як впливає температура на розчинність твердої речовини у воді.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 4

### Вплив температури на розчинність твердої речовини

Обережно нагрівайте пробірку із сумішшю калій нітрату і його насиченого розчину (ця суміш залишилася після лабораторного досліду № 3). Вміст пробірки періодично перемішуйте. Що спостерігаєте?

Зробіть висновок щодо впливу температури на розчинність калій нітрату у воді.

**Розчинність більшості твердих речовин у воді з підвищенням температури зростає.**

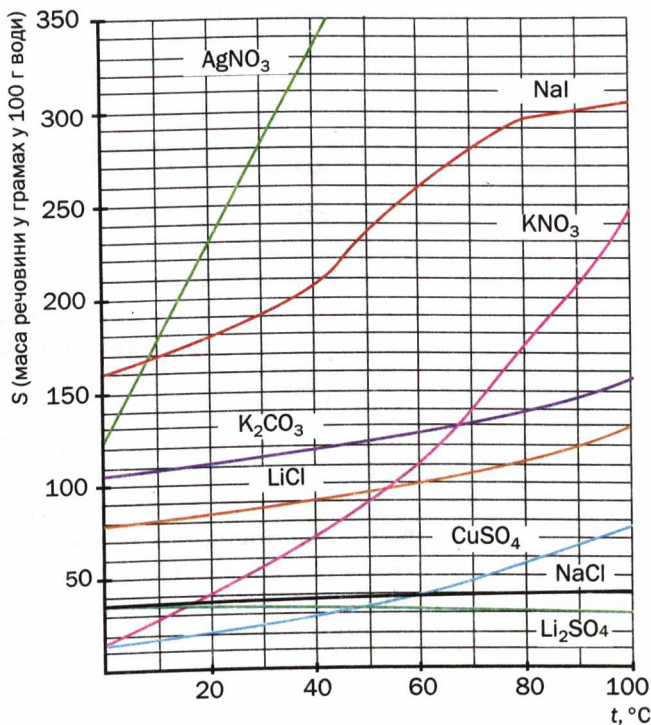
Деякі сполуки, зокрема кальцій гідроксид  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , кальцій сульфат  $\text{CaSO}_4$ , літій сульфат  $\text{Li}_2\text{SO}_4$ , при нагріванні зменшують свою розчинність у воді.

Залежність розчинності речовини від температури часто подають графічно — у вигляді *кривої розчинності* (мал. 19). На горизонтальній осі такого графіка позначають температуру, а на вертикальній — розчинність, тобто максимальну масу речовини, яка розчиняється за певної температури у 100 г води.

Точки на кривій розчинності відповідають складу насичених розчинів, а ділянка під кривою — ненасиченим розчинам.

- ▶ Чи узгоджується результат лабораторного досліду № 4 із характером кривої розчинності для калій нітрату?
- ▶ Скориставшись малюнком 19, визначте розчинність калій нітрату при температурі  $60^\circ\text{C}$ .

**Залежність розчинності газів від тиску.** Якщо відкрити пляшку з газованим напоєм, то вуглекислий газ, який був розчинений у рідині за підвищеного тиску, швидко з неї виділятиметься; рідина спінюється. Причина в тому, що роз-

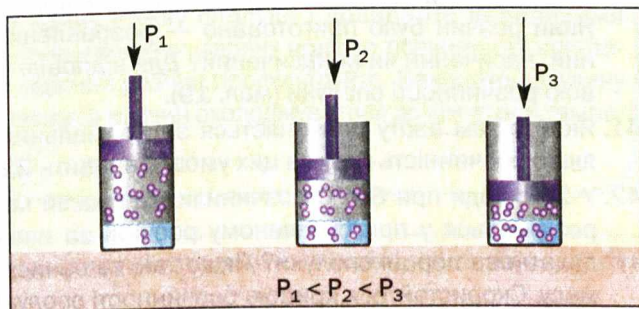


**Мал. 19.**  
Криві розчинності деяких солей у воді

чин потрапляє в умови звичайного тиску, за якого розчинність газу менша.

### Розчинність газів у воді з підвищенням тиску збільшується.

Розчинність більшості газів у воді прямо пропорційна тиску; відповідний графік є прямою лінією. Якщо тиск збільшити в декілька разів, то розчинність газу у воді збільшиться в стільки ж разів (мал. 20).



**Мал. 20.**  
Вплив тиску на розчинність газу у воді

На розчинність у воді твердих і рідких речовин тиск не впливає.

## ВИСНОВКИ

Бластивість речовини утворювати з іншою речовиною розчин називають розчинністю.

Більшість речовин має обмежену розчинність у воді. Її виражають максимальною масою речовини, яка може розчинитися за певної температури (для газів — ще й за певного тиску) у 100 г води. Розчин, у якому міститься максимально можлива кількість розчиненої речовини, називають насиченим.

Розчинність більшості твердих речовин у воді з підвищенням температури зростає, а від тиску не залежить. Гази збільшують розчинність у воді зі зниженням температури й підвищенням тиску.



36. Що таке розчинність речовини? Від яких чинників залежить розчинність речовин у воді?
37. Після поступового добавляння у воду кількох порцій солі утворилася неоднорідна суміш. Що являє собою рідина над кристалами солі? Як перетворити цю суміш на однорідну, тобто на розчин?
38. Запропонуйте експеримент, за допомогою якого можна розрізнити насичений і ненасичений розчини натрій хлориду.
39. Визначте розчинність літій хлориду при температурі 40 °С, скориставшись кривою розчинності сполуки (мал. 19).
40. У 10 мл води при 20 °С розчинили 20 г аргентум нітрату  $\text{AgNO}_3$ . Який розчин було приготовано — розбавлений чи концентрований, насичений чи ненасичений? Для відповіді скористайтеся кривою розчинності сполуки (мал. 19).
41. Який об'єм азоту розчиняється за нормальних умов в 1 л води, якщо розчинність газу за цих умов становить 2,8 мг у 100 г води?
42. У 20 г води при 80 °С розчинили 22 г калій карбонату  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Чи розчиниться у приготовленому розчині за вказаної температури додаткова порція сполуки? Якщо так, то обчисліть її максимальну масу. Скористайтеся кривою розчинності сполуки (мал. 19).

43. За кривою розчинності (мал. 19) визначте:
- мінімальну масу води, у якій розчиниться калій нітрат  $\text{KNO}_3$  масою 20 г при  $70^\circ\text{C}$ ;
  - максимальну масу калій нітрату, яку можна розчинити у 80 г води при  $50^\circ\text{C}$ .
44. Яка маса натрій йодиду виділиться зі 100 г насиченого при  $70^\circ\text{C}$  розчину сполуки після охолодження його до  $10^\circ\text{C}$ ? Скористайтеся кривою розчинності натрій йодиду (мал. 19).
45. Побудуйте в зошиті криву розчинності для калій хлориду за такими даними:

$t, ^\circ\text{C}$	0	20	40	60	80
S (маса $\text{KCl}$ у грамах / 100 г води)	27,6	34,0	40,0	45,5	51,1

Складіть умову задачі з використанням кривої розчинності сполуки.

ЕКСПЕРИМЕНТУЄМО ВДОМА

### Порівняння розчинності речовин у воді

Насипте в невелику склянку повну чайну ложку цукру, а в іншу склянку — стільки ж солі. (Будемо вважати, що чайна ложка містить однакові маси цих речовин.) Добавляйте по черзі в кожну склянку по столовій ложці води, перемішуючи суміші.

Яка речовина розчинилася першою? Що краще розчиняється у воді — цукор чи сіль?

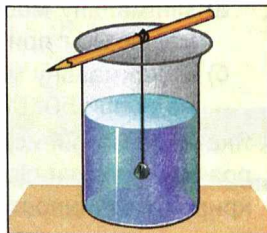
ПОЗАУРОЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

### Вирощування кристалів мідного купоросу<sup>1</sup>

Приготуйте насичений розчин мідного купоросу. Для цього насипте у скляну посудину чайну ложку сполуки і доливайте невеликими порціями, постійно перемішуючи, гарячу воду до розчинення кристалів. У разі потреби гарячий розчин профільтруйте. Накрийте посудину аркушем паперу і залиште розчин охолоджуватися до кімнатної температури.

<sup>1</sup> Можна також вирощувати кристали алюмокалієвого галуни  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

Наступного дня ви побачите на дні посудини кристали; над ними буде насичений розчин. Дістаньте пластмасовим пінцетом кристал правильної форми, без дефектів, і покладіть його на папір. Злийте насичений розчин із кристалів, що залишилися, в іншу посудину та обережно покладіть на її дно відібраний кристал. Його можна підвісити на тонкій нитці (мал. 21). Посудину нічим не накривайте і залиште на кілька днів.



**Мал. 21.**  
Вирощування кристала мідного купоросу з насиченого розчину сполуки

Вода поступово випаровуватиметься із насиченого розчину, на дні посудини утворюються нові кристали речовини й виросте той, який помістили в розчин. Видаляючи дрібні кристали й перевертаючи відібраний на різні грані для рівномірного росту (робіть це з інтервалом у кілька днів), можна виростити красивий кристал завбільшки в кілька сантиметрів. Час від часу доливайте в посудину нові порції холодного насиченого розчину сполуки.



**Мал. 22.**  
Друзи кристалів солей

Якщо дрібні кристали з посудини не видаляти, то утворюються друзи — групи кристалів, що зрослися один з одним (мал. 22).

## 6

### Кількісний склад розчину. Масова частка розчиненої речовини

Матеріал параграфу допоможе вам:

- з'ясувати, що таке масова частка розчиненої речовини;
- навчитися обчислювати масову частку розчиненої речовини.

Людина використовує в житті багато розчинів. Серед них — спиртовий розчин йоду, водні  
[www.testosvit.com](http://www.testosvit.com)



розчини аміаку і гідроген пероксиду, столовий оцет і оцтова есенція (мал. 23). Зверніть увагу на етикетки, наклеєні на пляшках із цими розчинами. Ви помітите поряд із назвою розчиненої речовини цифру і знак відсотка (%). Це — значення масової частки розчиненої речовини в розчині. Воно відповідає масі речовини (у грамах), яка міститься у 100 г розчину.



**Мал. 23.**  
Водні розчини,  
які  
використовують  
у побуті

Столовий оцет є водним розчином оцтової кислоти. Згідно з етикеткою на пляшці<sup>1</sup>, у кожних 100 г оцту міститься 9 г оцтової кислоти. Маса води у 100 г оцту становить  $100 \text{ г} - 9 \text{ г} = 91 \text{ г}$ .

- Назвіть масу розчиненої речовини і масу води, які містяться в 100 г кожного з розчинів, наведених на малюнку 23.

На позначення масової частки розчиненої речовини у розчині, як і масової частки елемента у сполуці, використовують латинську літеру *w* («дубль-ве»).

Вам відомо, що масову частку виражають не тільки у відсотках, а й додатним числом, меншим за одиницю.

Формула для обчислення масової частки розчиненої речовини в розчині:

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

де  $m(\text{р. р.})$  — маса розчиненої речовини,  $m(\text{р-ну})$  — маса розчину,  $m(\text{р-ка})$  — маса розчинника.

<sup>1</sup> Якщо розчинником є вода, то на етикетках зазвичай не вказують словосполучення «водний розчин».

## Масова частка розчиненої речовини у розчині — це відношення маси речовини до маси розчину.

**Розв'язування задач.** У повсякденному житті (наприклад, для консервування) нерідко виникає потреба приготувати водний розчин із певною масовою часткою розчиненої речовини. Для цього зазвичай використовують речовину і воду. Іноді розбавляють водою концентрований розчин речовини, зокрема оцтову есенцію. У будь-якому разі перед приготуванням розчину здійснюють необхідні розрахунки.

Розглянемо, як розв'язують задачі на обчислення масової частки розчиненої речовини в розчині, а також задачі, в яких використовують цю величину. Один зі способів їх розв'язання ґрунтується на складанні пропорції, інший передбачає розрахунок за відповідною математичною формулою.

**ЗАДАЧА 1.** У 144 г води розчинили 6 г луґу. Розрахувати масову частку луґу в розчині.

Дано:

$$m(\text{води}) = 144 \text{ г}$$

$$m(\text{луґу}) = 6 \text{ г}$$

$$w(\text{луґу}) = ?$$

Розв'язання

*1-й спосіб*

1. Знаходимо масу розчину:

$$\begin{aligned} m(\text{р-ну}) &= m(\text{води}) + m(\text{луґу}) = \\ &= 144 \text{ г} + 6 \text{ г} = 150 \text{ г}. \end{aligned}$$

2. Визначаємо масу луґу, яка міститься в 100 г розчину. Для цього складаємо пропорцію й розв'язуємо її:

у 150 г розчину міститься 6 г луґу,  
у 100 г розчину —  $x$  г луґу;

$$x = m(\text{луґу}) = \frac{6 \text{ г} \cdot 100 \text{ г}}{150 \text{ г}} = 4 \text{ г}.$$

Звідси  $w(\text{луґу}) = 4 \%$ , або  $0,04$ .

*2-й спосіб*

Обчислюємо масову частку луґу в розчині за відповідною формулою:

$$w(\text{луґу}) = \frac{m(\text{луґу})}{m(\text{луґу}) + m(\text{води})} = \frac{6 \text{ г}}{(6 + 144) \text{ г}} = 0,04,$$

або  $0,04 \cdot 100 \% = 4 \%$ .

**Відповідь:**  $w(\text{луґу}) = 0,04$ , або  $4 \%$ .

[www.testosvit.com](http://www.testosvit.com)

**ЗАДАЧА 2.** Які маси солі та води потрібно взяти для приготування 400 г розчину солі з масовою часткою розчиненої речовини 0,2?

**Дано:**

$$m(\text{р-ну}) = 400 \text{ г}$$

$$w(\text{солі}) = 0,2$$

$$m(\text{солі}) = ?$$

$$m(\text{води}) = ?$$

**Розв'язання**

1. Обчислюємо масу солі, скориставшись формулою для масової частки розчиненої речовини:

$$w(\text{солі}) = \frac{m(\text{солі})}{m(\text{р-ну})};$$

$$m(\text{солі}) = w(\text{солі}) \cdot m(\text{р-ну}) =$$

$$= 0,2 \cdot 400 \text{ г} = 80 \text{ г}.$$

2. Знаходимо масу води:

$$m(\text{води}) = m(\text{р-ну}) - m(\text{солі}) =$$

$$= 400 \text{ г} - 80 \text{ г} = 320 \text{ г}.$$

**Відповідь:**  $m(\text{солі}) = 80 \text{ г}$ ;  $m(\text{води}) = 320 \text{ г}$ .

**ЗАДАЧА 3.** До 200 г водного розчину цукру з масовою часткою розчиненої речовини 10 % добавили 50 г води. Обчислити масову частку цукру в розчині, який утворився.

**Дано:**

$$m(\text{р-ну}) = 200 \text{ г}$$

$$w(\text{цукру}) = 10 \%,$$

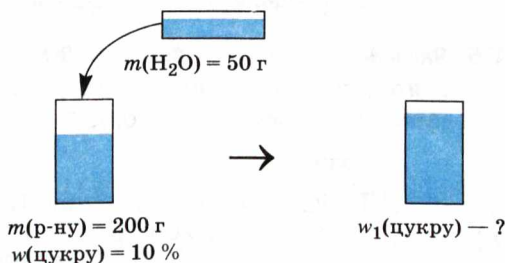
або 0,1

$$m(\text{води}) = 50 \text{ г}$$

$$w_1(\text{цукру}) = ?$$

**Розв'язання**

Умову задачі проілюструємо малюнком:



1. Обчислюємо масу цукру в 200 г розчину:

$$m(\text{цукру}) = w(\text{цукру}) \cdot m(\text{р-ну}) =$$

$$= 0,1 \cdot 200 \text{ г} = 20 \text{ г}.$$

2. Знаходимо масу утвореного розчину:

$$m(\text{утв. р-ну}) = m(\text{р-ну}) + m(\text{води}) =$$

$$= 200 \text{ г} + 50 \text{ г} = 250 \text{ г}.$$

3. Розраховуємо масову частку цукру в утвореному розчині за відповідною формулою:

$$w_1(\text{цукру}) = \frac{m(\text{цукру})}{m(\text{утв. р-ну})} = \frac{20 \text{ г}}{250 \text{ г}} = 0,08,$$

або  $0,08 \cdot 100 \% = 8 \%$ .

**Відповідь:**  $w_1(\text{цукру}) = 0,08$ , або 8 %.

**ЗАДАЧА 4.** Який об'єм води потрібно додати до 45 г оцтової есенції (розчин із масовою часткою оцтової кислоти 80 %), щоб приготувати 9 %-й розчин оцтової кислоти?

**Дано:**

$$m(80\% \text{-го р-ну}) = 45 \text{ г}$$

$$w(\text{к-ти}) = 80\%$$

$$w_1(\text{к-ти}) = 9\%$$

$V(\text{води}) = ?$

**Розв'язання**

1. Розраховуємо масу оцтової кислоти в 45 г оцтової есенції:

$$m(\text{к-ти}) = w(\text{к-ти}) \cdot m(\text{р-ну}) = 0,8 \cdot 45 \text{ г} = 36 \text{ г.}$$

2. Обчислюємо масу 9 %-го розчину, в якому міститиметься 36 г кислоти:

у 100 г розчину міститься 9 г кислоти,  
у  $x$  г розчину — 36 г кислоти;

$$x = m(9\% \text{-го р-ну}) = \frac{36 \text{ г} \cdot 100\%}{9\%} = 400 \text{ г.}$$

3. Розраховуємо масу води, яку потрібно додати до оцтової есенції:

$$m(\text{води}) = m(9\% \text{-го р-ну}) - m(80\% \text{-го р-ну}) = 400 \text{ г} - 45 \text{ г} = 355 \text{ г.}$$

4. Знаходимо об'єм води:

$$V(\text{води}) = \frac{m(\text{води})}{\rho(\text{води})} = \frac{355 \text{ г}}{1 \text{ г/мл}} = 355 \text{ мл.}$$

**Відповідь:**  $V(\text{води}) = 355 \text{ мл.}$

**ЗАДАЧА 5.** Які маси мідного купоросу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  і води необхідно взяти для приготування 200 г розчину з масовою часткою купрум(II) сульфату  $\text{CuSO}_4$  0,05?

**Дано:**

$$m(\text{р-ну}) = 200 \text{ г}$$

$$w(\text{CuSO}_4) = 0,05$$

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

$$m(\text{води}) = ?$$

**Розв'язання**

1. Знаходимо масу купрум(II) сульфату, що міститиметься в 200 г розчину:

$$m(\text{CuSO}_4) = w(\text{CuSO}_4) \cdot m(\text{р-ну}) = 0,05 \cdot 200 \text{ г} = 10 \text{ г.}$$

2. Обчислюємо масу мідного купоросу, в якій міститься 10 г  $\text{CuSO}_4$ :

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль};$$

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

160 г  $\text{CuSO}_4$  містяться у 250 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  
10 г  $\text{CuSO}_4$  — в  $x$  г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ;

$$x = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{10 \text{ г} \cdot 250 \text{ г}}{160 \text{ г}} = 15,6 \text{ г.}$$

3. Розраховуємо масу води:

$$m(\text{води}) = m(\text{р-ну}) - m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г} - 15,6 \text{ г} = 184,4 \text{ г.}$$

**Відповідь:**  $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 15,6 \text{ г}$ ;  $m(\text{води}) = 184,4 \text{ г}$ .

[www.testosvit.com](http://www.testosvit.com)

Склад розчину, утвореного двома рідинами, часто подають у вигляді співвідношення їхніх об'ємів. У хімічній лабораторії на пляшках із розчинами кислот можна побачити написи «1 : 2», «1 : 4». Вони свідчать про те, що розчини виготовлено змішуванням одного об'єму кислоти із двома або чотирма об'ємами води.

## ВИСНОВКИ

Кількісний склад розчину характеризують масовою часткою розчиненої речовини.

Масова частка розчиненої речовини є відношенням маси речовини до маси розчину. Значення масової частки, виражене у відсотках, чисельно дорівнює масі розчиненої речовини (у грамах), яка міститься в 100 г розчину.

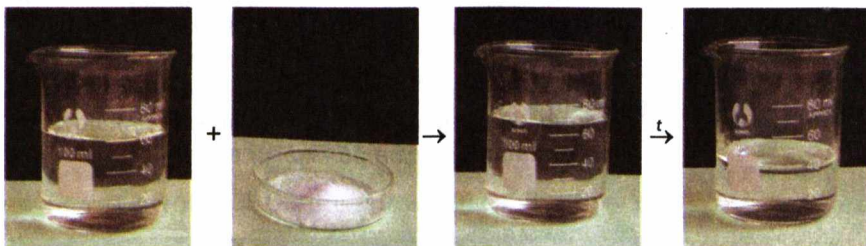


46. Як ви розумієте термін «кількісний склад розчину»?
47. Що таке масова частка розчиненої речовини? Чи має розмірність ця величина?
48. Яка маса речовини міститься у 300 г її розчину з масовою часткою речовини 0,02? (Усно.)
49. Порцію цукру масою 50 г розчинили у 200 г води. Обчисліть масову частку цукру у приготовленому розчині. (Усно.)
50. Зробіть (усно) відповідні розрахунки й заповніть таблицю:

$m(\text{р-ну}), \text{г}$	$m(\text{р. р.}), \text{г}$	$m(\text{води}), \text{г}$	$w(\text{р. р.}), \%$
400	8		
500		460	

51. У якій масі води треба розчинити 6 г калій нітрату, щоб приготувати розчин із масовою часткою розчиненої речовини 0,05?
52. Розчин натрій хлориду із масовою часткою солі 0,9 % (так званий фізіологічний розчин) використовують у медицині. Яку масу солі та який об'єм дистильованої води потрібно взяти для приготування 2 кг такого розчину?
53. До 200 г розчину солі з її масовою часткою 0,2 спочатку долили 30 мл води, а потім розчинили ще 20 г солі. Обчисліть масову частку солі в розчині, який утворився.

54. Складіть умову задачі згідно з малюнками і розв'яжіть її.



Вода  
( $V = 60$  мл)

Натрій хлорид  
( $m = 10$  г)

Розчин 1

Розчин 2  
( $m = 40$  г)

55. Яка маса натрій гідроксиду міститься у 20 мл розчину із масовою часткою лугу 32 %, якщо густина розчину становить  $1,25$  г/см<sup>3</sup>?
56. Кристалогідрат  $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  масою 16 г розчинили у 94 г води. Обчисліть масову частку літій сульфату  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  у приготовленому розчині.
57. За кривою розчинності купрум(II) сульфату (мал. 19) визначте масову частку сполуки в її насиченому розчині при  $60^\circ\text{C}$ .

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

### Приготування водного розчину солі з певною масовою часткою розчиненої речовини

#### ВАРІАНТ I

**Завдання.** Приготувати 40 г водного розчину калій хлориду з масовою часткою солі 0,05.

#### ВАРІАНТ II

**Завдання.** Приготувати із 2 г натрій нітрату водний розчин з масовою часткою солі 4 %.

Перед виконанням роботи зробіть необхідні розрахунки. Їх результати разом із вихідними даними занесіть до таблиці.

Зважте на терезах необхідну масу солі (мал. 24) й помістіть її в хімічну склянку (колбу).

Наберіть у мірний циліндр розрахований об'єм води і вилийте в посудину із сіллю. Перемішуйте суміш до повного розчинення солі. За необхідності розчин профільтруйте.



**Мал. 24**  
Порція солі, зважена на електронних терезах

Варіант	$m(\text{р-ну}), \text{г}$	$m(\text{солі}), \text{г}$	$m(\text{води}), \text{г}$	$V(\text{води}), \text{мл}$	$n(\text{солі})$

Для приготування водного розчину солі необхідно взяти:  
 $m(\text{солі}) = \dots \text{г}, \quad V(\text{води}) = \dots \text{мл}$



58. Як із 5 г мідного купоросу приготувати водний розчин з масовою часткою купрум(II) сульфату 8 %?
59. Учень, виконуючи варіант I практичної роботи, замість 40 г розчину з масовою часткою калій хлориду 0,05 приготував таку саму масу 4 %-го розчину. Яку масу солі потрібно додати в цей розчин, щоб її масова частка дорівнювала 0,05?
60. Учень, виконуючи варіант II практичної роботи, замість 4 %-го розчину приготував із 2 г натрій нітрату розчин із масовою часткою солі 0,05. Як йому виправити помилку, використавши приготовлений розчин?

## 7 Електроліти та неелектроліти

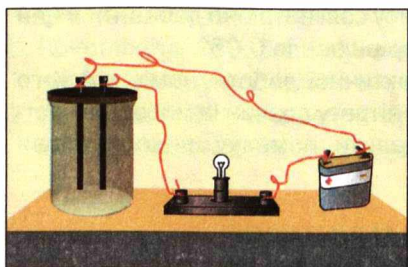
**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- зрозуміти, чому розчини і розплави деяких речовин проводять електричний струм;
- дізнатися про те, як можна виявити йони в розчині.

Загальновідомо, що метали проводять електричний струм. Така їхня властивість зумовлена наявністю в металах електронів, які не утримуються «своїми» атомами і вільно переміщуються в речовині. Якщо з'єднати металеву дротину або пластину з батареєю (акумулятором), то ці електрони починають рухатись до позитивно зарядженого полюса батареї. У речовині виникає електричний струм.

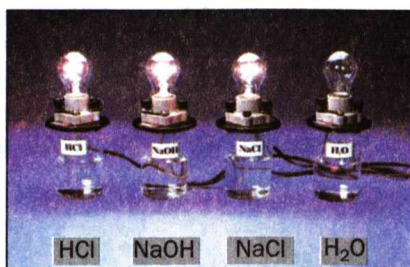
Солі, основи, основні та амфотерні оксиди містять заряджені частинки іншого типу — йони. З'ясуємо за допомогою експерименту, чи здатні речовини йонної будови проводити електричний струм.

Перед проведенням дослідів зберемо прилад, який складається зі склянки, двох електродів<sup>1</sup>, лампочки і батарейки (мал. 25). Будемо занурювати електроди у тверді речовини, їхні розплави, водні розчини. Виявимо, що лампочка горить лише тоді, коли електроди перебувають у рідині — розплаві або розчині йонної речовини (мал. 26).



**Мал. 25.**

Прилад для дослідження електропровідності речовин, розчинів, розплавів



**Мал. 26.**

Виявлення здатності водних розчинів і води проводити електричний струм

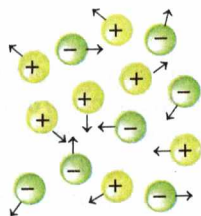
Пояснимо результати дослідів.

У твердій речовині йони сполучені один з одним. Тому речовина не проводить електричного струму. У рідині (розплаві, розчині) йони рухаються хаотично (мал. 27). Якщо в неї занурити електроди, з'єднані із джерелом постійного струму, рух йонів стає направленим. Позитивно заряджені йони (катіони) прямуватимуть до негативно зарядженого електрода (катода), а негативно заряджені (аніони) — до позитивно зарядженого електрода (анода) (мал. 28).

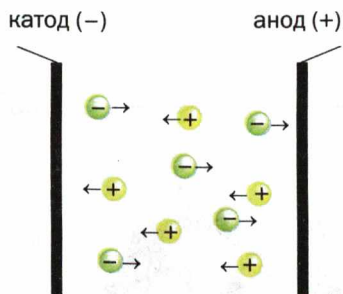
Електропровідними є не лише розплави і водні розчини йонних речовин, а й водні розчи-

<sup>1</sup> Електродом може слугувати стержень або пластина із електропровідного матеріалу — металу або графіту.





**Мал. 27.**  
Хаотичний рух йонів у розплаві або розчині йонної сполуки



**Мал. 28.**  
Направлений рух йонів до електродів у розплаві або розчині йонної сполуки

ни деяких молекулярних речовин — кислот. Причина полягає в тому, що під час розчинення кислоти у воді частина її молекул руйнується з утворенням йонів. Цей процес розглядатимемо в наступному параграфі.

**Сполуки, водні розчини і розплави яких проводять електричний струм, називають електrolітами<sup>1</sup>.**

**Електроліти**  
(у водному розчині):  
солі, луги,  
кислоти

**Електроліти**  
(у розплавленому стані):  
солі, луги,  
йонні оксиди

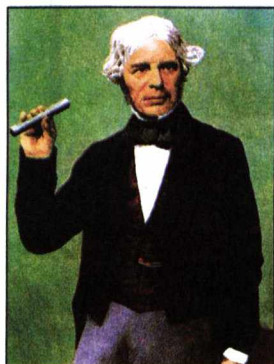
Загальна назва речовин, розчини і розплави яких не проводять струму, — *неелектrolіти*. До них належать багато молекулярних речовин, а також усі речовини атомної будови.

Значний внесок у дослідження електропровідності водних розчинів зробив на початку XIX ст. англійський учений Майкл Фарадей.

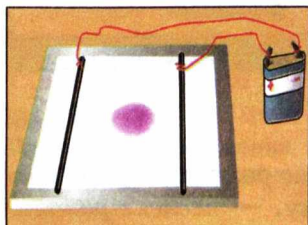
Те, що йони у розчині рухаються до електродів, з'єднаних із батарейкою, можна довести за допомогою експерименту. Аркуш фільтрувального паперу кладуть на скляну або полімерну пластину і змочують безбарвним розчином електроліту (наприклад, натрій хлориду). Потім у центр аркуша наносять кілька крапель розчину солі, що містить забарвлені катіони (купрум(II) сульфат  $\text{CuSO}_4$ , нікель(II) сульфат  $\text{NiSO}_4$ , ферум(III) хлорид  $\text{FeCl}_3$ ) або аніони

<sup>1</sup> Термін походить від грецького слова *lytos* — той, що розкладається.

**Майкл Фарадей**  
(1791—1867)



Видатний англійський фізик і хімік, член Лондонського королівського товариства (Англійської академії наук), почесний член Петербурзької академії наук. Відкрив закони, що встановлюють залежність між кількістю електрики і масами речовин, які розкладаються або утворюються за дії електричного струму (1833—1834). Удосконалив спосіб скраплення газів і добув у рідкому стані хлор, сірководень, аміак, карбон(IV) оксид, нітроген(IV) оксид. Одним із перших розпочав вивчати реакції, які відбуваються за наявності каталізаторів. Здійснив фундаментальні дослідження з електрики, магнетизму, зробив чимало відкриттів у фізиці. Не мав вищої освіти.



**Мал. 29.**

Дослід із виявлення руху забарвлених йонів у розчині до електродів

(калій перманганат  $\text{KMnO}_4$ , калій дихромат  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). На папір по обидва боки від центру кладуть два електроди і з'єднують їх дротинками з батарейкою (мал. 29). Кольорова пляма починає зміщуватися до одного з електродів.

► До якого електрода — позитивно чи негативно зарядженого — рухатимуться катіони  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , аніони  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ?

## ВИСНОВКИ

Сполуки, водні розчини і розплави яких проводять електричний струм, називають електролітами. До електролітів належать усі йонні речовини — луги, солі, основні й амфотерні оксиди, а також частина молекулярних речовин — кислоти (вони проводять струм лише у водному розчині). Інші речовини є неелектролітами.



61. Які речовини проводять електричний струм у твердому стані? Назвіть частинки, що зумовлюють електропровідність цих речовин.
62. Які речовини називають електролітами? Наведіть кілька прикладів.
63. Поясніть, чому водний розчин натрій хлориду проводить електричний струм.
64. Назвіть класи сполук, що є електролітами:  
а) лише у водних розчинах;  
б) у водних розчинах і рідкому (розплавленому) стані.
65. Водопровідна вода, на відміну від дистильованої, проводить електричний струм. Як це пояснити?
66. Електропровідність якої води вища — морської чи річкової? Чому?
67. У переліку речовин укажіть ті, що проводять електричний струм у рідкому (розплавленому) стані: барій оксид, сірка, хлороводень, магній хлорид, калій гідроксид, сульфур(VI) оксид. Поясніть свій вибір.
68. Обчисліть сумарну кількість йонів: а) в 11,7 г натрій хлориду; б) у 20,4 г алюмінію оксиду; в) у 41 г кальцій нітрату.

## 8

## Електролітична дисоціація

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- довідатися, який процес називають електролітичною дисоціацією;
- зрозуміти, як утворюються йони у розчинах кислот;
- дізнатися про ступінчасту дисоціацію кислот;
- з'ясувати причину зміни забарвлення індикаторів у водних розчинах кислот і лугів.

Здатність розчинів чи розплавів деяких речовин проводити електричний струм зумовлена наявністю йонів у цих рідинах.

**Розпад речовини на йони під час її розчинення або плавлення називають електролітичною дисоціацією<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> Термін походить від латинського слова *dissociatio* — роз'єднання.

Теорію електролітичної дисоціації речовин у розчинах створив шведський учений Сванте-Август Арреніус у 1887 р.

Ви вже знаєте, що речовини, які розпадаються у розчині чи розплаві на йони, називають електролітами. Серед них є сполуки йонної та молекулярної будови.

**Електролітична дисоціація йонних речовин.** Про суть процесу розчинення йонної речовини у воді йшлося в § 4. Молекули води завдяки електростатичній взаємодії з йонами, розміщеними на поверхні кристалів, поступово вилучають їх із речовини (мал. 12). Кристали руйнуються, речовина розчиняється. Залишаючись сполученими з молекулами води, катіони й аніони електроліту разом із іншими молекулами води утворюють розчин.

Електролітичну дисоціацію речовини, як і хімічну реакцію, можна відобразити за допомогою хімічного рівняння. Запишемо рівняння електролітичної дисоціації натрій хлориду й алюміній сульфату у водному розчині:



Водні розчини солей містять йони, з яких складаються ці речовини.

**Солі — електроліти, які дисоціюють у водних розчинах або розплавах на катіони металічних елементів та аніони кислотних залишків.**

У водних розчинах лугів містяться катіони металічних елементів і гідроксид-іони  $\text{OH}^-$ . Рівняння електролітичної дисоціації калій гідроксиду і барій гідроксиду мають вигляд:



**Основи — електроліти, які дисоціюють у водних розчинах або розплавах з утворенням аніонів одного типу — гідроксид-іонів  $\text{OH}^-$ .**



Видатний шведський учений, академік Королівської академії наук Швеції, почесний член Петербурзької академії, академії наук СРСР і багатьох інших країн. Один із засновників фізичної хімії. Зробив вагомий внесок у дослідження розчинів і хімічних реакцій. Автор теорії електролітичної дисоціації (1887), за створення якої вченому було присуджено Нобелівську премію (1903). Пояснив залежність швидкості реакції від температури, сформулювавши уявлення про «активні молекули» (1889). Математичну формулу цієї залежності названо рівнянням Арреніуса. Автор багатьох наукових праць із хімії, біології, геології, фізики.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 5

### Виявлення гідроксид-іонів у розчинах лугів за допомогою індикатора

У двох пробірках містяться розбавлені розчини натрій гідроксиду і барій гідроксиду. Нанесіть за допомогою піпетки або скляної палички краплю розчину із кожної пробірки на універсальний індикаторний папірець<sup>1</sup>. Що спостерігаєте? Зробіть відповідний висновок.

Наявність гідроксид-іонів у водних розчинах лугів зумовлює спільні хімічні властивості цих сполук. Так, луги однаково діють на певний індикатор: фенолфталеїн забарвлюється в малиновий колір, метилоранж — у жовтий, лакмус — у синій, універсальний індикатор — у синьо-зелений. Отже, за допомогою індикатора можна виявити у водному розчині лугу йони  $\text{OH}^-$ , але не саму речовину.

Нерозчинні основи на індикатори не діють.

У хімії часто використовують словосполучення «лужне середовище». Воно вказує на те, що в розчині наявні гідроксид-іони.

<sup>1</sup> Учитель може запропонувати інший індикатор.

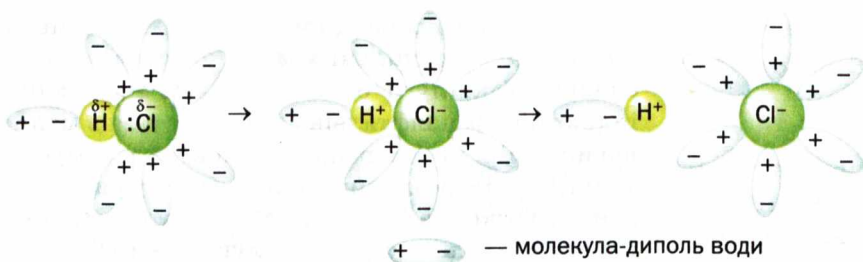
**Цікаво знати**  
Заряд на атомі Гідрогену в молекулі HCl становить +0,2, а на атомі Хлору -0,2.

**Електролітична дисоціація молекулярних речовин.** В електролітах молекулярної будови — кислотах — йони відсутні. Вони утворюються лише під час розчинення речовин у воді.

Розглянемо, як відбувається цей процес у водному розчині хлороводню HCl — хлоридній кислоті.

У молекулі HCl існує полярний ковалентний зв'язок. Спільна електронна пара зміщена до більш електронегативного атома Хлору (H :Cl). На атомі Хлору зосереджується невеликий негативний заряд ( $\delta^-$ ), а на атомі Гідрогену — позитивний заряд ( $\delta^+$ ). Отже, молекула хлороводню є диполем:  $\overset{\delta^+}{\text{H}}-\overset{\delta^-}{\text{Cl}}$ .

Під час розчинення хлороводню молекули HCl і H<sub>2</sub>O притягуються одна до одної своїми протилежно зарядженими частинами (мал. 30). Унаслідок цього ковалентні зв'язки в багатьох молекулах HCl розриваються, і вони розпадаються, але не на атоми, а на йони. Спільна електронна пара, що була зміщена до атома Хлору, під час руйнування молекули HCl переходить у його «власність»; атом Хлору перетворюється на йон Cl<sup>-</sup>. Атом Гідрогену втрачає свій єдиний електрон і стає йоном H<sup>+</sup>. Утворені йони залишаються оточеними молекулами води, тобто гідратованими.

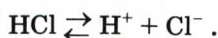


**Мал. 30.**

Утворення йонів із молекули HCl у водному розчині

Деякі йони H<sup>+</sup> і Cl<sup>-</sup> внаслідок взаємного електростатичного притягання знову сполучаються в молекули. Тому рівняння електролітичної

дисоціації хлороводню у водному розчині має такий вигляд<sup>1</sup>:



Знак оборотності  $\rightleftharpoons$  свідчить про одночасний перебіг двох процесів — прямого (зліва направо) і зворотного (справа наліво). Ці процеси за незмінних концентрації розчину і температури відбуваються з однаковою швидкістю. Тому кількість молекул і йонів у розчині з часом не змінюється.

У хлоридній кислоті та водних розчинах інших кислот крім молекул води містяться катіони Гідрогену  $\text{H}^+$ , аніони кислотних залишків, а також молекули кислот.

**Кислоти — електроліти, які дисоціюють у водних розчинах з утворенням катіонів одного типу — йонів Гідрогену  $\text{H}^+$ .**

Наявність йонів  $\text{H}^+$  у водних розчинах зумовлює спільні хімічні властивості кислот, наприклад однакову дію на індикатор.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 6

### Виявлення катіонів Гідрогену в розчинах кислот за допомогою індикатора

У двох пробірках містяться розбавлені хлоридна та сульфатна кислоти. Нанесіть за допомогою піпетки або скляної палички краплю розчину із кожної пробірки на універсальний індикаторний папірець<sup>2</sup>. Що спостерігаєте? Зробіть відповідний висновок.

Отже, за допомогою індикатора можна виявити у водному розчині йони  $\text{H}^+$ , але не певну кислоту.

Нерозчинні кислоти не діють на індикатори.

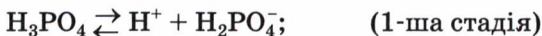
<sup>1</sup> Участь води в процесі електролітичної дисоціації можна проілюструвати такою схемою:



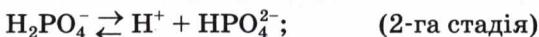
<sup>2</sup> Учитель може запропонувати інший індикатор.

Вираз «кисле середовище» означає, що розчин містить катіони Гідрогену.

Дисоціація багатоосновних кислот має ступінчастий характер; вона відбувається в кілька стадій. Розглянемо цей процес на прикладі трьохосновної ортофосфатної кислоти  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Молекула цієї кислоти містить три атоми Гідрогену. Спочатку від молекули відокремлюється один із них, перетворюючись на йон  $\text{H}^+$ :



потім, уже від йона  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , — другий:



і, нарешті, — третій (від йона  $\text{HPO}_4^{2-}$ ):



Зверніть увагу: заряд йона в лівій частині другого (або третього) рівняння дорівнює сумі зарядів йонів у правій частині.

На кожній стадії дисоціює лише частина молекул або йонів. Водний розчин ортофосфатної кислоти крім молекул води містить молекули  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , катіони Гідрогену і різну кількість аніонів трьох видів.

► У скільки стадій відбувається процес дисоціації сульфатної кислоти? Напишіть відповідні рівняння.

Луги та солі, на відміну від кислот, дисоціюють не ступінчасто  $[\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{BaOH}^+ + \text{OH}^-; \text{BaOH}^+ \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + \text{OH}^-]$ , а в одну стадію і повністю:



У розчин переходять йони, з яких складаються ці сполуки.

**Назви йонів.** Назва кожного йона складається із двох слів.

Майже всі катіони є простими (одноатомними)<sup>1</sup>. Їх утворюють металічні елементи, а також Гідроген. Перше слово у назві катіона — «йон» (або «катіон»), а друге — назва елемента в родовому відмінку:

<sup>1</sup> Існують і складні катіони, наприклад йон амонію  $\text{NH}_4^+$ .



$\text{Na}^+$  — йон Натрію;  
 $\text{H}^+$  — катіон Гідрогену<sup>1</sup>;  
 $\text{Fe}^{3+}$  — йон Феруму(III).

Аніони бувають простими і складними. Прості аніони утворюють лише неметалічні елементи. Один із варіантів складання назви простого аніона — такий самий, що й для катіона:

$\text{Cl}^-$  — йон Хлору;  $\text{H}^-$  — аніон Гідрогену.

В іншому варіанті перше слово назви аніона складається з кореня назви елемента і суфікса «ид» чи «ід»; друге слово «іон» пишуть після дефіса:

$\text{Cl}^-$  — хлорид-іон;  $\text{H}^-$  — гідрид-іон;  
 $\text{O}^{2-}$  — оксид-іон;  $\text{S}^{2-}$  — сульфід-іон.

Назви складних (багатоатомних) аніонів походять від хімічних назв відповідних кислот:

$\text{SO}_3^{2-}$  — сульфит-іон;  
 $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  — дигідрогенортофосфат-іон.

Назва аніона  $\text{OH}^-$  — гідроксид-іон.

## ВИСНОВКИ

Розпад речовини на йони під час її розчинення або плавлення називають електролітичною дисоціацією. У разі розчинення йонної речовини (лугу, солі) цей процес полягає у переході йонів із речовини у розчин. Електролітична дисоціація молекулярної речовини (кислоти) відбувається внаслідок розпаду молекул на йони.

Солі дисоціюють на катіони металічних елементів і аніони кислотних залишків, основи — з утворенням гідроксид-іонів, а кислоти — з утворенням катіонів Гідрогену.

Не всі молекули кислоти розпадаються у розчині на йони. Електролітична дисоціація багатосновних кислот відбувається у кілька стадій.

Індикатори виявляють у розчині йони  $\text{OH}^-$  і  $\text{H}^+$ , а не конкретну речовину — луг чи кислоту.

<sup>1</sup> Назва «йон Гідрогену» неоднозначна, бо Гідроген — єдиний елемент, що утворює і катіон, і аніон. З іншого боку, назва «йон Натрію» відповідає катіону, бо Натрій як металічний елемент аніонів не утворює.



69. Дайте означення солі, лугу і кислоти як електролітів.
70. Чи можуть бути електролітами прості речовини? Відповідь аргументуйте.
71. Складіть формулу солі та запишіть рівняння її електролітичної дисоціації, якщо в розчині сполуки містяться йони: а)  $K^+$  та  $CO_3^{2-}$ ; б)  $Fe^{3+}$  та  $NO_3^-$ ; в)  $Mg^{2+}$  та  $Cl^-$ .
72. Запишіть рівняння електролітичної дисоціації у водному розчині сполук із такими формулами:  $LiOH$ ,  $HNO_3$ ,  $CuSO_4$ ,  $Na_2S$ ,  $K_3PO_4$ . Назвіть йони, які утворюються при дисоціації кожної сполуки.
73. Яка кислота дисоціює ступінчасто —  $HBr$ ,  $H_2S$  чи  $HNO_2$ ? Напишіть рівняння її електролітичної дисоціації.
74. Чому, на вашу думку, кальцій хлорид дисоціює в одну стадію і повністю ( $CaCl_2 = Ca^{2+} + 2Cl^-$ ), а не ступінчасто — у дві стадії?
75. Обчисліть кількість катіонів і кількість аніонів у розчині, що містить 2,9 г калій сульфату.
76. В 1 л води деякого джерела міститься 60 мг йонів  $Ca^{2+}$  та 36 мг йонів  $Mg^{2+}$ . Зіставте кількості цих йонів (спробуйте це зробити на підставі усних обчислень) і виберіть правильну відповідь:  
а) йонів  $Ca^{2+}$  та  $Mg^{2+}$  — однакова кількість;  
б) йонів  $Ca^{2+}$  більше, ніж йонів  $Mg^{2+}$ ;  
в) йонів  $Mg^{2+}$  більше, ніж йонів  $Ca^{2+}$ .
77. Газ хлороводень об'ємом 560 мл (н. у.) розчинили у 100 мл води. Припустивши, що сполука дисоціює повністю, знайдіть масові частки йонів у розчині.
78. У 800 г води розчинили 1 моль натрій сульфату і 2 моль натрій гідроксиду. Обчисліть масову частку кожного йона в розчині.

## 9

### Ступінь електролітичної дисоціації. Вода як електроліт

Матеріал параграфу допоможе вам:

- з'ясувати, що називають ступенем електролітичної дисоціації;
- зрозуміти, як відбувається електролітична дисоціація води.

**Ступінь електролітичної дисоціації.** Йонні речовини дисоціюють у водному розчині повністю, а молекулярні — частково. У другому випадку для кількісної характеристики цього процесу використовують величину, яку називають *ступенем електролітичної дисоціації*. (Для спрощення друге слово у назві терміна далі не вказуватимемо.)

**Ступінь дисоціації — це відношення кількості молекул електроліту, які розпалися на йони, до загальної кількості його молекул перед дисоціацією.**

Ступінь дисоціації позначають грецькою літерою  $\alpha$  (альфа). Цю фізичну величину виражають часткою від одиниці або у відсотках:

$$\alpha = \frac{N(\text{дис.})}{N(\text{заг.})}, \quad \alpha = \frac{N(\text{дис.})}{N(\text{заг.})} \cdot 100 \%$$

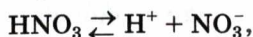
У наведених формулах  $N(\text{дис.})$  — кількість молекул електроліту, що розпалися на йони;  $N(\text{заг.})$  — кількість молекул електроліту до дисоціації.

Інтервали значень ступеня дисоціації:

$$0 < \alpha < 1, \quad \text{або} \quad 0 \% < \alpha < 100 \%$$

► Чому дорівнює ступінь дисоціації фторидної кислоти у розчині, якщо із кожних восьми молекул HF одна розпалася на йони?

У наведених вище формулах кількість молекул, які продисоціювали, можна замінити на кількість катіонів або аніонів, що утворилися. Урахувавши, наприклад, що кожна молекула нітратної кислоти при дисоціації дає один йон  $\text{H}^+$  і один йон  $\text{NO}_3^-$



отримуємо:

$$\alpha(\text{HNO}_3) = \frac{N(\text{дис.})}{N(\text{заг.})} = \frac{N(\text{H}^+)}{N(\text{заг.})} = \frac{N(\text{NO}_3^-)}{N(\text{заг.})}$$

У вираз для ступеня дисоціації можна записати і кількість речовини електроліту — ту, яка

продисоціювала (в чисельнику), і загальну, тобто до дисоціації (у знаменнику):

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

► Обґрунтуйте цю формулу.

**ЗАДАЧА.** У розчині кислоти  $\text{HA}$  на кожну пару йонів  $\text{H}^+$  і  $\text{A}^-$  припадає чотири молекули сполуки. Обчислити ступінь дисоціації кислоти.

Дано:

$$N(\text{H}^+) = N(\text{A}^-) = 1$$

$$N(\text{HA}) = 4$$

$$\alpha(\text{HA}) = ?$$

Розв'язання

Пара йонів ( $\text{H}^+$  і  $\text{A}^-$ ) утворилася з однієї молекули кислоти:



Отже, до дисоціації молекул  $\text{HA}$  було  $4 + 1 = 5$ . Обчислюємо ступінь дисоціації кислоти:

$$\alpha(\text{HA}) = \frac{N(\text{дис.})}{N(\text{заг.})} = \frac{1}{5} = 0,2,$$

$$\text{або } 0,2 \cdot 100 \% = 20 \%.$$

**Відповідь:**  $\alpha(\text{HA}) = 0,2$ , або 20 %.

**Слабкі та сильні електроліти.** Якщо значення ступеня дисоціації дорівнює, наприклад, 0,01 чи 0,001 (1 % чи 0,1 %), то сполука незначною мірою розпадається на йони в розчині. Її називають *слабким електролітом*. Якщо ж значення  $\alpha$  наближається до одиниці, або до 100 % (становить, наприклад, 90 % чи 99 %), то сполука майже повністю дисоціює. Це — *сильний електроліт*.

Вам відомо, що йонні речовини — луги і солі — містяться в розчинах лише у вигляді відповідних йонів. Для цих сполук  $\alpha = 1$  (100 %), і всі вони належать до сильних електролітів.

Щодо кислот (молекулярних речовин), то деякі з них розпадаються в розчинах на йони майже повністю, а інші — незначною мірою. Перші називають *сильними кислотами*, другі — *слабкими*. Існують і *кислоти середньої сили*.

Наводимо приклади найважливіших кислот кожного типу; їхні формули записано в порядку зменшення ступеня дисоціації сполук у розчинах (див. також форзац II):



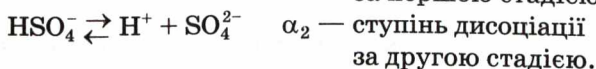
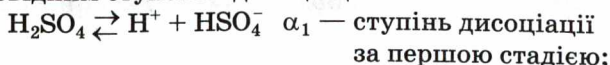
сильні кислоти

кислоти середньої сили

слабкі кислоти

У 8 класі ми назвали сильними кислотами ті, які активно реагують із багатьма речовинами. Тепер ви знаєте, що в розчинах таких кислот міститься найбільше катіонів Гідрогену. Отже, *хімічна активність кислоти залежить від кількості йонів  $\text{H}^+$  у її розчині.*

У попередньому параграфі було зазначено, що багатоосновні кислоти дисоціюють у кілька стадій. Кожну стадію можна охарактеризувати відповідним ступенем дисоціації:

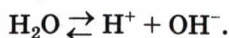


Кислота дисоціює за першою стадією повніше, ніж за другою:  $\alpha_1 > \alpha_2$ . Це зумовлено двома причинами:

- йону  $\text{H}^+$  легше відокремитися від електронейтральної частинки — молекули  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (перша стадія дисоціації), ніж від протилежно зарядженої — йона  $\text{HSO}_4^-$  (друга стадія);
- двозарядний йон  $\text{SO}_4^{2-}$  міцніше сполучається з катіоном  $\text{H}^+$  (це зменшує дисоціацію за другою стадією), ніж однозарядний йон  $\text{HSO}_4^-$ .

**Вода як електроліт.** Результати дослідів свідчать про те, що чиста вода (наприклад, дистильована, у якій немає розчинених електролітів) має надзвичайно низьку електропровідність. Це зумовлено наявністю у воді дуже малої кількості йонів  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$ . Такі йони утворюються внаслідок розривання одного з полярних ковалентних зв'язків у молекулі  $\text{H}_2\text{O}$  (§ 1).

Отже, вода — дуже слабкий електроліт. Вона дисоціює згідно з рівнянням:



Учені з'ясували, що при температурі  $25^\circ\text{C}$  лише одна молекула води із кожних 555 мільйонів молекул розпадається на йони. Ступінь електролітичної дисоціації води становить:

$$\alpha(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1}{555\,000\,000} \approx 1,8 \cdot 10^{-9}, \text{ або } 1,8 \cdot 10^{-7} \%.$$

Ступінь дисоціації — це відношення кількості молекул електроліту, які розпалися на йони, до загальної кількості його молекул. Ступінь дисоціації також виражають у відсотках.

Якщо електроліт розпадається на йони незначною мірою, його називають слабким, а якщо повністю або майже повністю — сильним. Серед кислот є електроліти всіх типів, а луги і солі належать до сильних електролітів, оскільки складаються з йонів.

Вода — дуже слабкий електроліт.



79. Що таке ступінь електролітичної дисоціації? На які групи поділяють електроліти залежно від значень цієї фізичної величини?
80. Серед наведених слів і словосполучення виберіть те, яке пропущено в реченні «Речовини, що складаються з йонів, виявляють властивості ... електролітів»:
  - а) сильних;
  - б) слабких;
  - в) як сильних, так і слабких.
81. Серед наведених слів і словосполучень виберіть те, яким треба закінчити речення «Речовини, що виявляють у водних розчинах властивості сильних електролітів, складаються з ... »:
  - а) йонів;
  - б) молекул;
  - в) йонів, а іноді — з молекул;
  - г) молекул, а іноді — з йонів.
82. Запишіть різні математичні вирази для розрахунку ступеня дисоціації хлоридної кислоти.
83. Обчисліть ступінь дисоціації кислоти  $\text{HA}$ , якщо відомо, що в її розчині із кожних 20 молекул не розпалися на йони 13 молекул.
84. Розчин нітритної кислоти  $\text{HNO}_2$  містить стільки молекул кислоти, скільки й усіх йонів. Який ступінь дисоціації сполуки?
85. Ступінь дисоціації ціанідної кислоти  $\text{HCN}$  у розчині становить 0,2 %. Скільки молекул кислоти, що не зазнали дисоціації, припадає в розчині на одну пару йонів  $\text{H}^+$  і  $\text{CN}^-$ ?

86. Яких частинок розчиненої речовини у водному розчині сульфатної кислоти найбільше, а яких — найменше: молекул  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , йонів  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HSO}_4^-$ ,  $\text{H}^+$ ? Відповідь пояснить.
87. Обчисліть кількості йонів  $\text{H}^+$  і йонів  $\text{OH}^-$  у краплі води об'ємом 0,1 мл.
88. Обчисліть масові частки йонів  $\text{H}^+$  і йонів  $\text{OH}^-$  у воді.

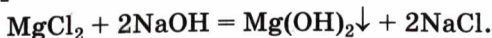
## 10 Йонно-молекулярні рівняння. Реакції обміну між електролітами у розчині

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати, які хімічні рівняння називають йонно-молекулярними;
- складати йонно-молекулярні рівняння;
- передбачати можливість реакції обміну.

**Йонно-молекулярні рівняння.** Рівняння реакцій за участю розчинів електролітів — лугів, кислот, солей, які ви склали у 8 класі, не передають суті хімічних перетворень, оскільки в них записано формули речовин, а не формули йонів.

Що ж відбувається насправді при взаємодії електролітів у розчині? З'ясуємо це, розглянувши реакцію між розчинами магній хлориду  $\text{MgCl}_2$  і натрій гідроксиду  $\text{NaOH}$ :



Розчин вихідної солі містить катіони Магнію та аніони Хлору



а розчин луку — катіони Натрію і гідроксид-іони:



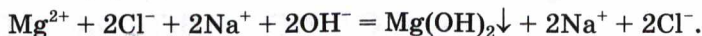
Під час реакції йони  $\text{Mg}^{2+}$  і  $\text{OH}^-$ , сполучаючись, утворюють осад малорозчинної основи  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , а йони  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$  залишаються у розчині.

Змінимо наведене вище хімічне рівняння, беручи до уваги стан (дисоційований, недисоційований) кожного реагенту і продукту. Замість

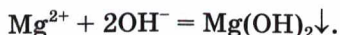
формул обох реагентів записуємо формули йонів, які були в розчинах сполук до реакції, разом із відповідними коефіцієнтами (враховуємо індекс 2 у формулі солі Магнію та коефіцієнт 2 перед формулою лугу):



У правій частині рівняння залишаємо формулу  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , а замість формули натрій хлориду записуємо формули відповідних йонів з урахуванням коефіцієнта 2, який був у попередньому рівнянні:



В обох частинах нового рівняння є однакові йони —  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$ , причому кожний — в однаковій кількості. Вилучивши їх, отримуємо запис, який називають *йонно-молекулярним рівнянням*<sup>1</sup>:



## Йонно-молекулярне рівняння — це рівняння, яке містить формули речовин і формули йонів.

Йонно-молекулярне рівняння вказує на те, що саме відбувається під час хімічного перетворення, які частинки взаємодіють у розчині і які утворюються. Складаючи таке рівняння, кожну речовину подають у тій формі (дисоційованій, недисоційованій), яка переважає в реакційній суміші чи є в ній єдино можливою.

При складанні йонно-молекулярного рівняння дотримуються такої послідовності дій:

1. Записують «звичайне» хімічне рівняння (його називають молекулярним<sup>2</sup>).
2. За таблицею розчинності визначають, які реагенти і продукти реакції розчиняються у воді, а які не розчиняються.
3. З'ясовують, які реагенти і продукти реакції є сильними електролітами, а які — слабкими електролітами або неелектролітами.

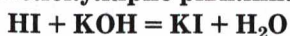
<sup>1</sup> Іноді використовують скорочений термін — «йонне рівняння».

<sup>2</sup> Така назва є умовною, оскільки молекул основ і солей не існує; це — йонні речовини.



4. У молекулярному рівнянні формули розчинних сильних електролітів замінюють на формули відповідних йонів, урахувавши при цьому індекси та коефіцієнти. Спочатку записують катіони, потім — аніони.

**Молекулярне рівняння**



**Йонно-молекулярне рівняння**



5. Із обох частин отриманого рівняння вилучають однакові йони (у разі їх наявності) в однакових кількостях.

6. Якщо всі коефіцієнти виявляться кратними, їх ділять на відповідне число.

► Складіть йонно-молекулярне рівняння реакції між барій нітратом і натрій карбонатом у розчині.

Тепер розглянемо, як виконують завдання зворотного типу. Складемо молекулярне рівняння, яке відповідає йонно-молекулярному



У лівій частині рівняння записано лише формули йонів. Отже, сполуки, які взаємодіють, мають бути сильними й розчинними електролітами.

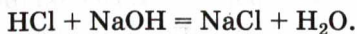
Йони  $\text{H}^+$  утворюються в розчині при дисоціації сильної кислоти (наприклад,  $\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ ), а йони  $\text{OH}^-$  — при дисоціації лугу (наприклад,  $\text{NaOH} = \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ ). Обравши реагентами хлоридну кислоту і натрій гідроксид, допишемо в ліву частину йонно-молекулярного рівняння йони  $\text{Cl}^-$  і  $\text{Na}^+$ :



Йони  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$  сполучаються в молекули слабого електроліту — води, а йони  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$  залишаються в розчині. Допишемо їх у праву частину рівняння:



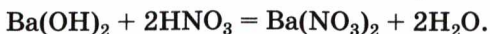
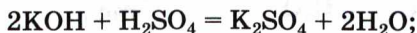
«З'єднавши» йони у формули відповідних сполук, отримуємо молекулярне рівняння:



Отже, для того щоб скласти молекулярне рівняння за даним йонно-молекулярним рівнян-

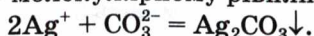
ням, необхідно замінити кожний йон на формулу відповідного сильного й розчинного електроліту, а потім дописати формули інших реагентів (продуктів) — розчинних сильних електролітів.

Зрозуміло, що йонно-молекулярному рівнянню  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$  відповідають кілька молекулярних рівнянь, бо реагентами можуть бути інші луги та сильні кислоти. Серед цих рівнянь є й такі:



Зазначимо, що пара реагентів  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$  не задовольняє умови завдання. Хоча барій гідроксид і сульфатна кислота — сильні й розчинні електроліти, однак при їх взаємодії утворюється нерозчинна сіль  $\text{BaSO}_4$ , формула якої мала бути у правій частині йонно-молекулярного рівняння.

► Складіть молекулярне рівняння, яке відповідає йонно-молекулярному рівнянню



**Реакції обміну між електролітами у розчині.** Розглянуті в параграфі реакції належать до реакцій обміну. У них сполуки обмінюються своїми складовими — йонами.

### Цікаво знати

Деякі солі можуть взаємодіяти одна з одною і в розплавленому стані

Не всі реакції обміну є можливими. У 8 класі ви дізналися, що реакція такого типу відбувається, якщо її продукт є малорозчинним, нерозчинним (він виділяється у вигляді осаду), газом або слабкою кислотою. Тепер додамо, що реакція відбувається і тоді, коли утворюється слабкий електроліт, у тому числі й вода.

Отже, для з'ясування можливості реакції обміну потрібно мати відомості про розчинність і силу електролітів. Нагадуємо, що ряд кислот за їхньою здатністю до дисоціації вміщено на форзаці II. Необхідно також знати, що фторидна кислота HF, хлоридна HCl, йодидна HI, сульфідна  $\text{H}_2\text{S}$ , нітратна  $\text{HNO}_3$  — легкі кислоти, а карбонатна  $\text{H}_2\text{CO}_3$  і сульфідна  $\text{H}_2\text{SO}_3$  — нестійкі.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 7

### Реакція обміну з утворенням осаду

У пробірку налийте 1—2 мл розчину ферум(III) хлориду і додайте такий самий об'єм розчину натрій гідроксиду. Що спостерігаєте?

Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 8

### Реакція обміну з виділенням газу

У пробірку налийте 1—2 мл розчину натрій карбонату і додавайте до нього невеликими порціями розбавлену нітратну кислоту. Що відбувається?

Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 9

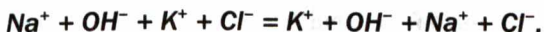
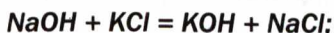
### Реакція обміну з утворенням води

У пробірку налийте 1 мл розчину натрій гідроксиду, додайте 1 краплю розчину фенолфталеїну і додавайте невеликими порціями за допомогою піпетки розбавлену нітратну кислоту, доки не зникне забарвлення індикатора. Вміст пробірки періодично перемішуйте скляною паличкою або струшуванням.

Поясніть результати спостережень. Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння.

Зверніть увагу на йонно-молекулярні рівняння, наведені в параграфі й складені вами після виконання дослідів. Кожне з них вказує на те, що під час реакції обміну кількість йонів у розчині зменшується.

*Розглянемо випадок, коли реакція обміну між електролітами не відбувається. Якщо злити, наприклад, розчини натрій гідроксиду (луг) і калій хлориду (сіль), то жодних змін або зовнішніх ефектів не помітимо. Розчин залишиться безбарвним; із нього не виділятимуться ні осад, ні газ. Склавши йонно-молекулярне рівняння, виявимо, що його ліва і права частини однакові:*



**Добутий розчин містить усі йони, які були в розчинах натрій гідроксиду і калій хлориду. Отже, реакція між цими сполуками не відбувається.**

Викладений вище матеріал стосується реакцій обміну, у яких обидва реагенти — розчинні й сильні електроліти. Якщо ж вихідна сіль є нерозчинною або вихідна кислота — слабкою, то висновки про можливість реакції роблять після проведення відповідного хімічного експерименту.

## ВИСНОВКИ

**Суть реакції, яка відбувається між електролітами у розчині, передає йонно-молекулярне рівняння; воно містить формули речовин і формули йонів.**

**Йонно-молекулярне рівняння складають, подаючи сильні розчинні електроліти в дисоційованій формі, тобто записуючи формули відповідних йонів, а решту речовин — у недисоційованій формі.**

**Реакція обміну між електролітами у розчині відбувається тоді, коли серед її можливих продуктів є нерозчинна або малорозчинна сполука, газ чи слабкий електроліт.**

**Під час реакції обміну кількість йонів у розчині зменшується.**



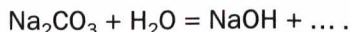
89. Чим відрізняється йонно-молекулярне рівняння від молекулярного?
90. У яких випадках реакція обміну відбувається?
91. Які йони не можуть одночасно перебувати у водному розчині:
- |  |   |
|--|---|
| а) $\text{SO}_4^{2-}$ і $\text{Cl}^-$ ;    | г) $\text{Na}^+$ і $\text{Ba}^{2+}$ ;   |
| б) $\text{Ca}^{2+}$ і $\text{PO}_4^{3-}$ ; | г) $\text{Pb}^{2+}$ і $\text{NO}_3^-$ ? |
| в) $\text{Al}^{3+}$ і $\text{OH}^-$ ;      |   |
92. Укажіть сполуки, з якими взаємодіє у водному розчині ферум(II) сульфат:
- |                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| а) хлоридна кислота; | г) барій нітрат;       |
| б) калій гідроксид;  | г) карбонатна кислота. |
| в) натрій сульфід;   |                        |

93. Складіть йонно-молекулярні рівняння реакцій, що відповідають таким молекулярним рівнянням:
- $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ;
  - $\text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow$ ;
  - $2\text{KOH} + \text{CO}_2 = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
  - $\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{NiCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .
94. Складіть молекулярні рівняння, що відповідають таким йонно-молекулярним рівнянням:
- $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}\downarrow$ ;
  - $3\text{Pb}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow$ ;
  - $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$ ;
  - $\text{H}_2\text{S} + 2\text{OH}^- = \text{S}^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ ;
  - $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
  - $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ .
95. Складіть йонно-молекулярні рівняння реакцій, що відбуваються в розчині між такими електролітами:
- ферум(III) нітратом і барій гідроксидом;
  - натрій фторидом і хлоридною кислотою;
  - літій гідроксидом і сульфатною кислотою.
96. Чи можлива реакція у водному розчині між сполуками з такими формулами:
- $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  і  $\text{H}_2\text{S}$ ;
  - $\text{LiOH}$  і  $\text{HBr}$ ;
  - $\text{HCl}$  і  $\text{KNO}_3$ ;
  - $\text{K}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ?
- Відповіді аргументуйте. Напишіть молекулярні і йонно-молекулярні рівняння тих реакцій, які відбуваються.
97. Доберіть по дві пари різних електролітів, які реагують у розчині з утворенням:
- алюміній гідроксиду;
  - силікатної кислоти.
- Зважте на те, що серед силікатів розчинні лише солі Натрію і Калію.  
Напишіть відповідні молекулярні і йонно-молекулярні рівняння.
98. Складіть молекулярні і йонно-молекулярні рівняння реакції між розчинами лугу і солі, в результаті якої утворюються:
- нерозчинна основа і розчинна сіль;
  - луг і нерозчинна сіль;
  - нерозчинна основа і нерозчинна сіль.
99. Допишіть схеми реакцій, складіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння:
- $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \dots \rightarrow \text{HNO}_3 + \dots$ ;
  - $\text{NiCl}_2 + \dots \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2\downarrow + \dots$ ;
  - $\text{K}_2\text{CO}_3 + \dots \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \dots$ ;
  - $\text{KAlO}_2 + \dots \rightarrow \dots + \text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .
100. Допишіть йонно-молекулярні рівняння та складіть відповідні молекулярні рівняння:
- $\text{H}_3\text{PO}_4 + \dots = \text{PO}_4^{3-} + 3\text{H}_2\text{O}$ ;
  - $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \dots = \text{Cr}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$ .

для допитливих

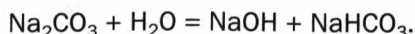
## Гідроліз солей

Якщо у розчин кальцинованої соди, або натрій карбонату  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , додати краплю розчину фенолфталеїну, то він набуває малинового забарвлення. Це вказує на наявність у розчині йонів  $\text{OH}^-$ . Оскільки в солі таких йонів немає, робимо висновок: натрій карбонат взаємодіє з водою і одним із продуктів цієї реакції є натрій гідроксид:

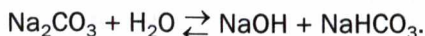


Можна припустити, що другий продукт — карбонатна кислота. Вам відомо, що вона є нестійкою й розкладається з утворенням вуглекислого газу. Однак виділення газу із розчину соди ми не спостерігаємо. Отже, другим продуктом реакції є інша речовина.

Просте зіставлення кількості атомів кожного елемента у формулах двох реагентів і натрій гідроксиду вказує на утворення разом із лугом кислої солі<sup>1</sup>  $\text{NaHCO}_3$ :



Відомо, що з водою реагує лише незначна частина соди. Водночас відбувається зворотна реакція — між сполуками  $\text{NaOH}$  і  $\text{NaHCO}_3$  (її продукти —  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і вода). Зваживши на це, записуємо в хімічному рівнянні знак  $\rightleftharpoons$ :



Розглянута реакція є реакцією обміну. Щоправда, обмін речовин своїми частинками неповний: лише половина йонів Натрію у вихідній солі обмінюється на атоми Гідрогену.

*Реакцію обміну між сіллю і водою називають реакцією гідролізу<sup>2</sup>.*

Установлено, що з водою здатні взаємодіяти солі, утворені слабкими основами або слабкими кислотами (сода утворена слабкою карбонатною кислотою). Середовище розчину солі зумовлює сильний електроліт (у цьому випадку — натрій гідроксид), від якого походить сіль; він утворюється при її гідролізі. Наприклад, розчини солей  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  мають лужне середовище, а розчини солей  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CuSO}_4$  — кисле.

<sup>1</sup> Кисла сіль — продукт неповного заміщення атомів Гідрогену в молекулі кислоти на атоми (точніше — йони) металічного елемента.

<sup>2</sup> Термін походить від грецьких слів *hydōr* — вода і *lysis* — розпад.

Тепер ви зможете пояснити, чому в клітинках таблиці розчинності, які відповідають деяким солям, є позначки #. Кожна із цих солей походить від слабкої основи і слабкої кислоти, тому й зазнає повного гідролізу:



## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

### Реакції йонного обміну в розчинах електролітів

Вам видано розчини магній нітрату, калій карбонату, натрій гідроксиду і розбавлену сульфатну кислоту.

Скориставшись таблицею розчинності та рядом кислот за силою (див. форзац II підручника), з'ясуйте, які реакції відбуватимуться в розчині:

- між двома солями;
- між сіллю і лугом;
- між сіллю і кислотою.

Здійсніть ці реакції, а також реакцію між лугом і кислотою.

Запишіть у клітинках поданої нижче таблиці формули реагентів і одного з продуктів кожної реакції, властивості якого уможливають її перебіг. Після формул продуктів поставте стрілки  $\downarrow$  (якщо під час реакції сполука випадає в осад),  $\uparrow$  (якщо вона виділяється у вигляді газу), позначку «сл.» (якщо речовина — слабкий електроліт).

Реагенти	... (сіть 1)	... (сіть 2)	... (луг)	... (кислота)
... (сіть 1)	—			
... (сіть 2)		—		
... (луг)			—	

Напишіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння реакцій.

Поясніть, чому реакції обміну за участю деяких виданих вам розчинів не відбуваються.



101. Яку реакцію, що в практичній роботі не відбувається, можна здійснити за інших умов? Укажіть ці умови, напишіть хімічне рівняння і дайте назви продуктам реакції.
102. Якими були б результати практичної роботи, якби замість розчину натрій гідроксиду було видано розчин барій гідроксиду? Заповніть відповідну таблицю і складіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

### Розпізнавання неорганічних сполук

Ви отримали для роботи розчин натрій гідроксиду, розбавлену сульфатну кислоту, а також промивалку з водою, штатив із пробірками, скляні палички.

#### ВАРІАНТ I

**Завдання 1.** Розпізнавання твердих сполук.

У трьох довільно пронумерованих пробірках містяться білі порошки калій нітрату, натрій карбонату і кальцій карбонату. Установіть вміст кожної пробірки.

**Завдання 2.** Розпізнавання розчинів сполук.

У трьох довільно пронумерованих пробірках містяться безбарвні розчини натрій хлориду, магній хлориду і цинк сульфату. Установіть вміст кожної пробірки.

#### ВАРІАНТ II

**Завдання 1.** Розпізнавання твердих сполук.

У трьох довільно пронумерованих пробірках містяться білі порошки натрій нітрату, магній карбонату і барій сульфату. Установіть вміст кожної пробірки.

**Завдання 2.** Розпізнавання розчинів сполук.

У трьох довільно пронумерованих пробірках містяться безбарвні розчини калій нітрату, барій хлориду, алюміній нітрату. Установіть вміст кожної пробірки.

Результати досліджень під час виконання завдання 1 запишіть у таблицю:



№ пробірки	Розчинність речовини у воді	Формула реактиву	Спостереження	Висновок (формула речовини)

Рівняння реакції (у молекулярній і йонно-молекулярній формах):

Результати досліджень під час виконання завдання 2 запишіть у таблицю:

№ пробірки	Формула реактиву 1	Спостереження	Формула реактиву 2 або реактиву 1, узятото в надлишку	Спостереження	Висновок (формула речовини)

Рівняння реакцій (у молекулярній і йонно-молекулярній формах):

?

103. Чи можна виконати завдання 1 і 2 обох варіантів, якщо замість розбавленої сульфатної кислоти видано хлоридну кислоту? Відповідь аргументуйте.
104. Чи можна розпізнати сполуки у завданні 1 кожного варіанта за допомогою нагрівання? У разі позитивної відповіді розкажіть, як ви виконаєте ці завдання. Напишіть відповідні рівняння реакцій.

# 2 розділ

## Хімічні реакції

У цьому розділі узагальнено інформацію про відомі вам типи хімічних реакцій. Буде також розглянуто реакції, яких ви ще не вивчали. Звернемо увагу на їхні характерні ознаки й особливості перебігу. Виконуючи вправи, ви набудете нових навичок зі складання хімічних рівнянь.

---

# 11

## Класифікація хімічних реакцій

---

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- з'ясувати, за якими ознаками класифікують хімічні реакції;
- поповнити свої знання про типи хімічних реакцій;
- пригадати, у яких випадках реакції розкладу, заміщення та обміну є можливими;
- дізнатися про оборотні й необоротні реакції.

**Ознаки, за якими класифікують хімічні реакції.** Перетворення одних речовин на інші постійно відбуваються в природі. Без них неможливий розвиток живих організмів. Вивченням хімічних реакцій і добуванням нових речовин займа-

ються учні в дослідницьких лабораторіях. Різноманітні реакції здійснюють інженери і технологи на заводах, учні та студенти під час виконання практичних робіт.

Хімічні реакції можуть відбуватися повільно або миттєво, за звичайних умов або при нагріванні, з додаванням каталізатора чи без нього. Вони можуть супроводжуватися різними зовнішніми ефектами — утворенням осаду або газу, зміною кольору, виділенням теплоти тощо.

Щоб установити порядок у розмаїтті хімічних реакцій, здійснено їх класифікацію. При цьому було враховано певні ознаки й особливості реакцій. Найважливіші з них наведено нижче:

- кількість реагентів і продуктів реакції;
- можливі напрямки перебігу реакції;
- зміна чи збереження ступенів окиснення елементів під час реакції;
- виділення або поглинання теплоти під час реакції.

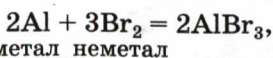
У цьому параграфі узагальнено ваші знання про реакції сполучення, розкладу, заміщення та обміну, а також розглянуто реакції, які можуть відбуватися в різних напрямках. Про інші типи реакцій ітиметься далі.

**Реакції сполучення і розкладу.** У 7 класі ви дізналися про реакції, у кожній з яких кількість реагентів і продуктів неоднакова.

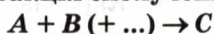
**Реакцію, у якій із кількох речовин утворюється одна, називають реакцією сполучення.**

Вам відомі реакції сполучення, у які вступають

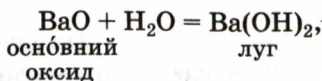
- *дві прості речовини (мал. 31)*

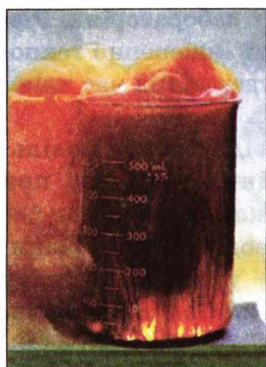


**Реакція сполучення**

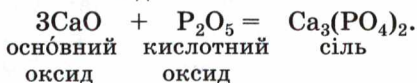
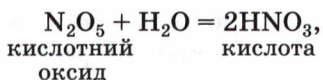


- *два оксиди*





**Мал. 31.**  
Реакція алюмінію  
з бромом



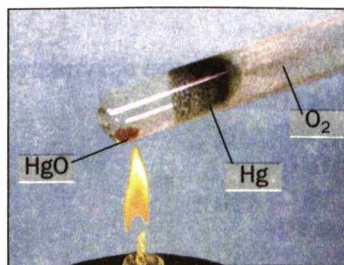
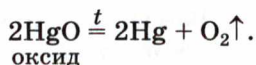
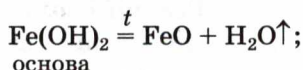
Не всі такі реакції можливі. Наприклад, інертні гази гелій, неон і аргон не взаємодіють із жодною речовиною. Не відбуваються реакції кисню з галогенами, водню з бором і силіцієм. Золото реагує лише з найактивнішими неметалами — галогенами, а також із деякими сполуками. Оксиди вступають у реакції один з одним, якщо відрізняються за хімічними властивостями. Так, основні оксиди взаємодіють із кислотними й амфотерними оксидами.

- Складіть рівняння реакцій між: а) натрієм і воднем; б) оксидами Літію і Сульфуру(VI).

**Реакцію, у якій із однієї речовини утворюється кілька речовин, називають реакцією розкладу.**

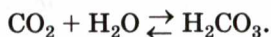
Те, що розкладатися здатні лише складні речовини, — очевидно. Серед них — основи, амфотерні гідроксиди, оксигеновмісні кислоти та їхні солі, деякі оксиди (мал. 32):

**Реакція розкладу**  
 $A \rightarrow B + C (+ \dots)$



**Мал. 32.**  
Розклад меркурій(II) оксиду

Реакції розкладу відбуваються, як правило, при нагріванні. Карбонатна і сульфатна кислоти розкладаються за звичайних умов під час утворення:



Продуктами розкладу основ, оксигеновмісних кислот і більшості

їхніх солей є оксиди. Не розкладаються при нагріванні гідроксиди, карбонати і сульфати Натрію і Калію, а також оксигеновмісні солі, кожна з яких утворена двома нелеткими оксидами (фосфати, силікати, цинкати, алюмінати тощо).

- Складіть рівняння реакцій розкладу: а) цинк карбонату; б) алюміній гідроксиду.

**Реакції заміщення та обміну.** Вивчаючи у 8 класі хімічні перетворення неорганічних сполук, ви дізналися про реакції, у кожній з яких — два реагенти і два продукти.

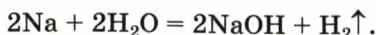
**Реакцію між простою і складною речовинами, в результаті якої утворюються інші проста і складна речовини, називають реакцією заміщення.**

**Реакція заміщення**



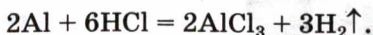
Реакції заміщення за участю металів вам добре відомі.

Лужні та лужноземельні метали реагують з водою:



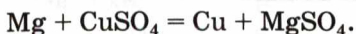
У цій реакції один із двох атомів Гідрогену в кожній молекулі води заміщується на атом (точніше — на йон) металічного елемента.

Майже всі метали реагують із кислотами. Частина цих реакцій відбувається з виділенням водню:



Так взаємодіють із металами хлоридна і розбавлена сульфатна кислоти. Реакція можлива, якщо метал розміщений у ряду активності зліва від водню.

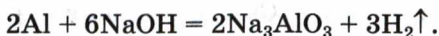
Метали можуть взаємодіяти з розчинами солей. Продуктами цих реакцій є інший метал і нова сіль:



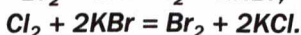
Подібні реакції відбуваються, якщо метал-реагент розміщений у ряду активності зліва від металу-продукту.

- ▶ Напишіть рівняння реакції міді з розчином аргентум нітрату.

Цинк, алюміній (мал. 33), олово, інші активні метали, яким відповідають елементи, що утворюють амфотерні оксиди та гідроксиди, реагують із лугами:



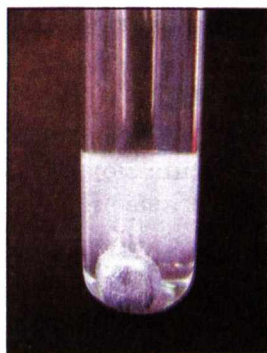
У реакції заміщення можуть вступати й неметали. Наприклад, більш активний галоген витісняє менш активний із водного розчину галогеноводню, тобто безоксигенової кислоти, або солі (галогеніду):



Нагадуємо, що хімічна активність галогенів зростає у групі періодичної системи знизу догори.

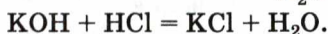
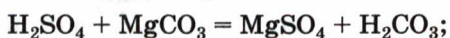
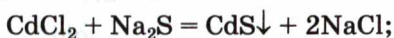
**Реакцію між двома складними речовинами, в результаті якої вони обмінюються своїми складовими (атомами, групами атомів, йонами), називають реакцією обміну.**

Реакція обміну  
 $AB + CD \rightarrow AD + CB$



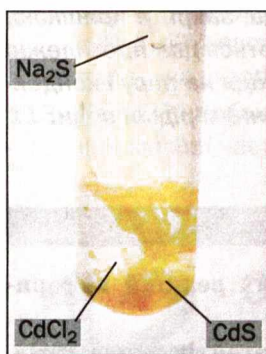
**Мал. 33.**  
 Реакція алюмінію з водним розчином луку

Реакції обміну відбуваються переважно у водному розчині. У них беруть участь електроліти — основи, кислоти, солі. Випадки, коли ці реакції можливі, вам відомі. Це — виділення осаду (мал. 34), утворення газу або слабого електроліту (у тому числі води):



- ▶ Складіть йонно-молекулярні рівняння цих реакцій.

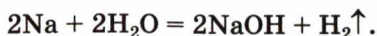
**Оборотні та необоротні реакції.** Чимало хімічних реакцій відбувається лише «в одному напрямку». Їхні продукти за будь-



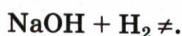
Мал. 34.  
Осадження кадмій сульфід

яких температури й тиску не здатні взаємодіяти з утворенням речовин, які раніше були реагентами. Такі реакції називають *необоротними*.

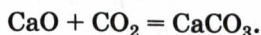
Натрій реагує з водою:



Це — необоротна реакція, оскільки протилежне перетворення неможливе:



Відомі й реакції іншого типу. Кальцій оксид за звичайних умов повільно взаємодіє з вуглекислим газом:



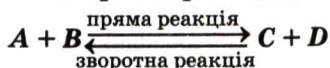
Якщо продукт цієї реакції — кальцій карбонат — сильно нагріти, то він почне розкладатися на кальцій оксид і вуглекислий газ, тобто відбудеться протилежна реакція:



У певному температурному інтервалі можливі як утворення кальцій карбонату, так і його розклад. За цих умов обидві реакції не відбуваються до кінця, і в закритій посудині можна виявити суміш трьох сполук — кальцій оксиду, карбон(IV) оксиду і кальцій карбонату.

**Хімічні реакції, які можуть відбуватися у протилежних напрямках, називають *оборотними*.**

**Оборотна реакція**



Деякі реакції є оборотними за звичайних умов. Серед них — взаємодія вуглекислого і сірчистого газів з водою.

Реакцію, що відбувається між речовинами, записаними в лівій частині хімічного рівняння, називають *прямою*, а протилежну реакцію — *зворотною*. Одночасний перебіг цих реакцій показують у рівнянні за допомогою знака оборотності  $\rightleftharpoons$ :



**Оборотними бувають і фізичні явища. Серед них — зміни агрегатного стану речовини. Якщо**  
[www.testosvit.com](http://www.testosvit.com)

посудина, у якій кипить вода, закрита кришкою, то в ній одночасно відбуваються два протилежні процеси — перетворення води на пару і конденсація водяної пари з утворенням рідкої води.

## ВИСНОВКИ

Для класифікації хімічних реакцій використовують різні ознаки.

Зіставляючи кількості реагентів і продуктів, а також враховуючи, простою чи складною є кожна речовина, розрізняють реакції сполучення, розкладу, заміщення та обміну.

Залежно від напрямку перебігу хімічні реакції поділяють на оборотні (вони можуть відбуватися у прямому і зворотному напрямках) і необоротні (можлива лише пряма реакція).



105. Назвіть ознаки, за якими класифікують хімічні реакції.
106. Дайте означення реакціям сполучення, розкладу, заміщення та обміну.
107. Знайдіть відповідність:
- | Рівняння реакції   | Тип реакції            |
|--|------------------------|
| 1) $2\text{NH}_3 + 3\text{Mg} \xrightarrow{t} \text{Mg}_3\text{N}_2 + 3\text{H}_2$ ;         | а) реакція обміну;     |
| 2) $\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4$ ;                             | б) реакція розкладу;   |
| 3) $4\text{Na}_2\text{SO}_3 \xrightarrow{t} 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{S}$ ; | в) реакція заміщення;  |
| 4) $\text{MgI}_2 + 2\text{KOH} = \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{KI}$ ;            | г) реакція сполучення. |
108. Запишіть рівняння двох реакцій — сполучення і розкладу, під час яких утворюється алюміній оксид.
109. Складіть два молекулярні рівняння реакцій обміну, які відповідають йонно-молекулярному рівнянню  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}\downarrow$ .
110. Напишіть рівняння оборотної реакції утворення аміаку  $\text{NH}_3$  із простих речовин. Укажіть пряму і зворотну реакції.
111. Яка маса солі утворилася при повній нейтралізації магній гідроксидом 800 г розчину нітратної кислоти із масовою часткою кислоти 25,2 %?



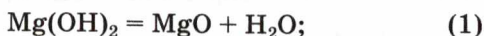
112. Сульфур(VI) оксид при сильному нагріванні розкладається на сульфур(IV) оксид і кисень. Легшою чи важчою за повітря є суміш газів, яка утворюється, й у скільки разів?
113. Кальцій карбонат при нагріванні втратив 11 % своєї маси. Знайдіть масові частки речовин, що містяться у твердому залишку.

## 12 Окисно-відновні реакції

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- з'ясувати, що таке окисно-відновна реакція;
- розрізнати процеси окиснення й відновлення, окисники та відновники;
- зрозуміти значення окисно-відновних реакцій.

**Окисно-відновні реакції.** Порівняємо два хімічні перетворення:

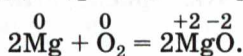
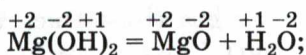


З огляду на кількість реагентів і продуктів у кожній реакції доходимо висновку: реакція (1) є реакцією розкладу, а реакція (2) — реакцією сполучення.

Ці реакції різняться й за іншою ознакою. Звернемо увагу на ступені окиснення елементів у реагентах і продуктах.

- Що називають ступенем окиснення елемента? Визначте ступені окиснення елементів у речовинах, формули яких записано в рівняннях (1) і (2).

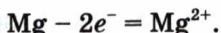
Укажемо ступені окиснення елементів над формулами речовин:



Унаслідок реакції (1) ступені окиснення елементів не змінюються, а реакція (2) приводить до їхньої зміни.

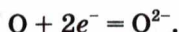
**Реакції, які відбуваються зі зміною ступенів окиснення елементів, називають окисно-відновними реакціями.**

**Процеси окиснення і відновлення.** З'ясуємо походження терміна «окисно-відновна реакція». Характеризуючи реакції за участю кисню у 7 класі, ми стверджували, що речовина, яка взаємодіє з киснем, зазнає окиснення. У реакції (2) такою речовиною є магній. Кожний атом цього металу перетворюється на катіон, втрачаючи 2 електрони:



Елемент Магній підвищує ступінь окиснення від 0 до +2; він *окиснюється*.

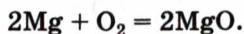
Із магнієм взаємодіє кисень. Кожний атом Оксигену, який входить до складу молекули  $\text{O}_2$ , перетворюється на аніон, приєднуючи 2 електрони:



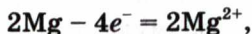
Ступінь окиснення цього елемента знижується від 0 до -2; Оксиген *відновлюється*.

*Окиснення — віддача електронів частинкою речовини, а відновлення — приєднання нею електронів.*

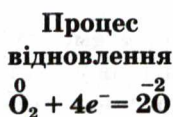
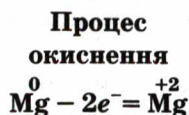
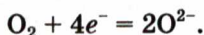
Процеси окиснення й відновлення завжди супроводжують один одного. Електрони не виникають із нічого й не накопичуються в пробірці. Скільки електронів утрачають одні частинки, стільки їх приєднують інші. Переконаємось у цьому на прикладі реакції



Два атоми Магнію втрачають 4 електрони:



а два атоми Оксигену, які містяться в молекулі  $\text{O}_2$ , приєднують 4 електрони:





Український хімік, академік АН СРСР і АН УРСР. Розробив теорію окисно-відновних реакцій, в основі якої — уявлення про перехід електронів від одних частинок до інших (1914). Заклав основи електронної теорії каталізу. Професор Київського політехнічного інституту (1908—1911), катеринославських (нині — дніпропетровські) вищих навчальних закладів — гірничого інституту й університету. Із 1927 р. — директор створеного за його ініціативою Українського інституту фізичної хімії (нині — Інститут фізичної хімії НАН України ім. Л. В. Писаржевського).

Теорію окисно-відновних реакцій, яку було названо електронно-йонною теорією, запропонував у 1914 р. вітчизняний учений Л. В. Писаржевський.

### Окисно-відновна реакція



**Окисники й відновники.** Щодо речовин — учасників окисно-відновної реакції використовують терміни «окисник» і «відновник».

Запам'ятайте: окисник відновлюється (ним у реакції  $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}$  є кисень), він приєднує електрони. А відновник (це — магній) окиснюється, він втрачає електрони.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 10

### Реакція цинку з розчином йоду

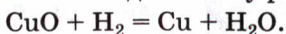
Налийте в пробірку 1 мл води і додайте кілька крапель спиртового розчину йоду (йодної настоянки). Перемішайте рідину і помістіть у неї трохи порошку цинку. Періодично збовтуйте вміст пробірки.

Чи змінюється забарвлення рідини? Чому?

Напишіть відповідне хімічне рівняння. Яка речовина у здійсненій реакції є окисником, а яка — відновником?

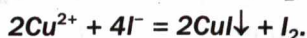
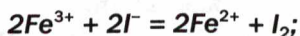
Окисниками й відновниками можуть бути не тільки прості речовини, а й складні.

► Назвіть окисник і відновник у реакції



На підставі викладеного матеріалу зробимо висновок: якщо в реакції бере участь проста речовина, то така реакція завжди є окисно-відновною. Справді, ступінь окиснення елемента в простій речовині дорівнює нулю, а в сполучі (вона утворюється внаслідок реакції) є додатним або від'ємним числом.

У клітинках таблиці розчинності, які відповідають солям  $\text{FeI}_3$  і  $\text{CuI}_2$ , містяться риски. Вони свідчать про те, що цих солей не існує. Йони  $\text{Fe}^{3+}$  і  $\text{I}^-$ , а також  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{I}^-$  вступають між собою в окисно-відновні реакції. Відповідні йонно-молекулярні рівняння:



Катіони металічних елементів є окисниками, а аніон Йоду — відновником.

**Значення окисно-відновних реакцій.** Окисно-відновні реакції постійно відбуваються у природі. На них ґрунтуються такі найважливіші процеси, як дихання і фотосинтез. У цих процесах одним із елементів, які змінюють ступінь окиснення, є Оксиген. У першому процесі його атоми (із них складаються молекули кисню) відновлюються, а в другому (вони містяться в молекулах оксигеновмісних сполук) — окиснюються:



Окисно-відновні реакції використовують у багатьох галузях промисловості. Здійснюючи хімічні перетворення цього типу, із руд до-



**Мал. 35.**  
Корпус судна,  
вкритий іржею

бувають метали. На теплоелектро-станціях спалюють різні види палива, а у двигунах автомобілів згоряють бензин, дизельне пальне, природний газ.

Деякі окисно-відновні реакції відіграють негативну роль. Вони зумовлюють пожежі, ржавіння заліза (мал. 35), псування харчових продуктів тощо.

## ВИСНОВКИ

Реакції, які відбуваються зі зміною ступенів окиснення елементів, називають окисно-відновними. Окиснення — процес віддачі електронів частинками речовини, а відновлення — процес приєднання електронів. Речовину, яка окиснюється, називають відновником, а речовину, яка відновлюється, — окисником. Окисник отримує стільки електронів, скільки їх віддає відновник.

Окисно-відновні реакції відбуваються в природі; їх здійснюють у промисловості, теплоенергетиці, транспортних засобах.



114. Які реакції називають окисно-відновними?

115. Знайдіть відповідність:

Формула речовини

Ступінь окиснення Хлору

1)  $\text{Cl}_2\text{O}$ ;

а) 0;

2)  $\text{FeCl}_2$ ;

б) +2;

3)  $\text{HClO}_4$ ;

в) +1;

4)  $\text{Cl}_2$ ;

г) -1;

д) +7.

116. Що таке окиснення, відновлення, окисник, відновник? Використовуючи ці терміни, прокоментуйте реакцію натрію із хлором.

117. Чому реакції, за допомогою яких із металічних руд добувають метали, є окисно-відновними?



# 13

## Складання рівнянь окисно-відновних реакцій

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- ▶ навчитися добирати коефіцієнти при складанні рівнянь окисно-відновних реакцій.

Перед тим як скласти рівняння окисно-відновної реакції, необхідно записати схему реакції з формулами усіх реагентів і продуктів.

- ▶ Допишіть схеми реакцій: а)  $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \dots$  ; б)  $\text{Al} + \text{HCl} \rightarrow \dots$  . Визначте у кожній реакції окисник і відновник.

Сподіваємося, що ви впорались із цим завданням. Однак при виконанні інших завдань такого типу можуть виникнути певні труднощі. Прогнозування продуктів багатьох окисно-відновних реакцій неможливе без знання характерних ступенів окиснення елементів, хімічних властивостей їхніх сполук, іншої важливої інформації.

У цьому параграфі обмежимося розглядом того, як перетворюють «готові» схеми окисно-відновних реакцій на хімічні рівняння.

Добір коефіцієнтів у схемах таких реакцій можна здійснювати звичайним способом.

- ▶ Перетворіть дві щойно складені вами схеми реакцій на хімічні рівняння.

У багатьох випадках (наприклад, коли взаємодіють або утворюються три речовини) традиційний добір коефіцієнтів потребує чимало часу. Переконайтесь у цьому, спробувавши перетворити схему реакції



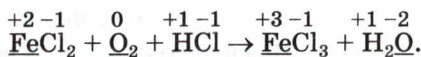
на хімічне рівняння.

Існує універсальний та ефективний метод добору коефіцієнтів у схемах окисно-відновних

реакцій. Його назва — *метод електронного балансу*. Він ґрунтується на тому, що кількість електронів, які втрачаються одними частинками й приєднуються іншими, завжди однакова.

Доберемо коефіцієнти методом електронного балансу в останній схемі окисно-відновної реакції.

Спочатку визначимо ступінь окиснення кожного елемента в реагентах і продуктах реакції й підкреслимо елементи, які змінили свої ступені окиснення:



Як бачимо, Ферум підвищив ступінь окиснення від +2 до +3, виступив відновником і окиснився, а Оксиген знизив ступінь окиснення від 0 до -2, виконав роль окисника і відновився:

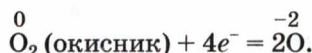
*схема окиснення*

*Феруму*



*схема відновлення*

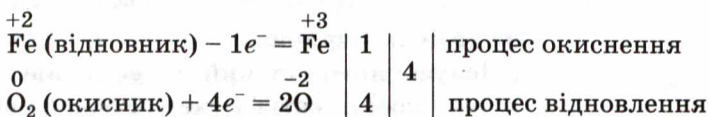
*Оксигену*



Зверніть увагу: у схемі відновлення перед атомом Оксигену поставлено коефіцієнт 2, бо з однієї молекули кисню утворюються два атоми. Указано також, що молекула кисню приєднує 4 електрони, оскільки кожний атом Оксигену в ній приєднує 2 електрони.

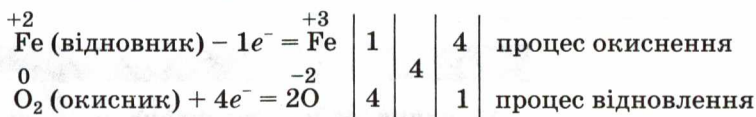
Знаходимо співвідношення частинок окисника і відновника, за якого кількості електронів, що ними приєднуються і втрачаються, будуть однаковими. Для цього визначаємо найменше спільне кратне чисел 1 (один електрон втрачає атом Fe) і 4 (чотири електрони приєднує молекула O<sub>2</sub>); воно дорівнює 4.

Записуємо схему окиснення, під нею — схему відновлення, а після вертикальних ліній — щойно вказані кількості електронів і найменше спільне кратне:



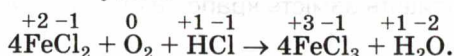


Поділивши число 4 на кількість електронів, які втрачаються (1) і приєднуються (4), отримуємо числа 4 і 1 для схем окиснення і відновлення відповідно. Записуємо їх за третьою вертикальною лінією:

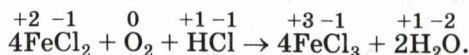


Числа в останньому стовпчику — 4 і 1 — це коефіцієнти в майбутньому рівнянні. Справді, кожен 4 атоми  $\overset{+2}{\text{Fe}}$  втрачають  $1 \cdot 4 = 4$  електрони, і стільки ж електронів отримує кожна молекула  $\overset{0}{\text{O}_2}$ .

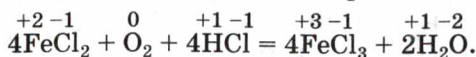
Записуємо коефіцієнти 4 перед формулами сполук Феруму, а коефіцієнта 1 перед формулою кисню не вказуємо:



Далі ставимо коефіцієнт 2 перед формулою води:



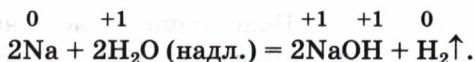
Нарешті, визначаємо коефіцієнт перед формулою хлороводню — сполуки, в якій містяться елементи, що не змінили ступенів окиснення, і замість стрілки записуємо знак рівності:



► Перевірте, чи однакова кількість атомів кожного елемента міститься у лівій і правій частинах складеного рівняння.

Візьміть до уваги такі поради.

1. Знайдені з урахуванням балансу електронів коефіцієнти перед формулами окисника і відновника змінювати не слід; вони є остаточною.
2. У деяких реакціях окиснюється або відновлюється лише частина атомів певного елемента, тому що один із реагентів наявний у надлишку:



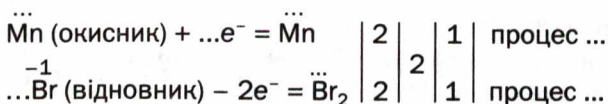
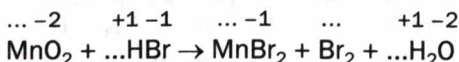
Коефіцієнт перед формулою цієї сполуки добирають останнім.

## ВИСНОВКИ

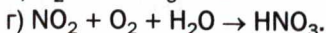
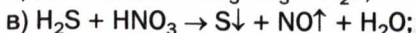
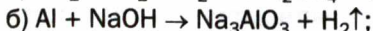
Рівняння окисно-відновних реакцій складають, використовуючи метод електронного балансу. Цей метод ґрунтується на тому, що кількості електронів, які віддають частинки відновника і приєднують частинки окисника, є однаковими.



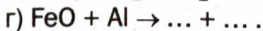
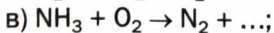
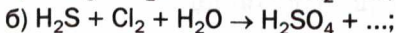
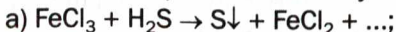
127. Запишіть замість крапок відповідні цифри і слова:



128. Складіть рівняння окисно-відновних реакцій за наведеними схемами, використавши метод електронного балансу:



129. Допишіть схеми реакцій та перетворіть їх на хімічні рівняння за методом електронного балансу:



130. Реакція між ферум(III) оксидом і карбон(II) оксидом може відбуватися з утворенням двох інших оксидів. Укажіть тип реакції й складіть відповідне хімічне рівняння.

131. Яку кількість електронів під час реакції кальцію з киснем:

а) втрачає 1 моль металу;

б) втрачає 1 г металу;

в) приєднує 1 л кисню (н. у.)?

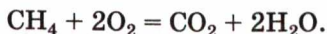
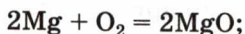
132. Обчисліть масу цинку, яку потрібно взяти для реакції з надлишком хлоридної кислоти, щоб добути воднем відновити 2 г купрум(II) оксиду.

## 14 Тепловий ефект хімічної реакції

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

- з'ясувати, як класифікують реакції за їхнім тепловим ефектом;
- зрозуміти причину теплового ефекту реакції;
- складати термохімічні рівняння;
- здійснювати найпростіші термохімічні обчислення.

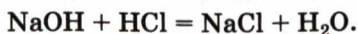
**Екзотермічні та ендотермічні реакції.** Вам відомі реакції, які відбуваються з виділенням значної кількості теплоти. Це — реакції горіння:



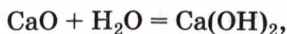
**Мал. 36.**  
Святковий феєрверк

Ще в далекі часи люди обігрівали свої домівки, готували їжу, спалюючи деревину, рослинні залишки, вугілля. Нині сфера застосування реакцій горіння значно розширилася. Їх здійснюють на теплоенергетичних підприємствах, металургійних заводах, у двигунах внутрішнього згоряння, під час запусків ракет і космічних кораблів, при створенні феєрверків (мал. 36) і т. д.

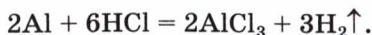
Теплота виділяється не тільки при горінні речовин. Змішайте у пробірці невеликі порції розчинів лугу та сильної кислоти. Доторкнувшись до нижньої частини пробірки, ви відчуєте, що вона стала теплою. Виділення теплоти є наслідком реакції нейтралізації:



Аналогічний ефект спостерігається при гасінні вапна

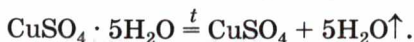
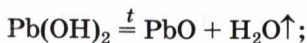


взаємодії металів з кислотами:



Реакції, під час яких теплота виділяється, часто відбуваються мимовільно. Щоправда, у деяких випадках їх треба ініціювати (наприклад, підпалити речовину).

Існують реакції, під час яких теплота поглинається. Серед них — реакції розкладу багатьох сполук (оксидів, гідроксидів, оксигеновмісних солей, кристалогідратів):



Для того щоб такі реакції відбувалися, речовини нагрівають. Якщо нагрівання припинити, то припиняється і хімічне перетворення.

**Реакції, під час яких теплота виділяється, називають екзотермічними<sup>1</sup>, а реакції, під час яких теплота поглинається, — ендотермічними<sup>2</sup>.**

**Тепловий ефект реакції.** Виділення або поглинання теплоти під час хімічної реакції називають тепловим ефектом реакції. З'ясуємо причину його виникнення.

Кожна речовина має власну внутрішню енергію (її позначають латинською літерою *U*). Ця енергія складається з енергій усіх частинок речовини (атомів, молекул, йонів) і енергій хімічних зв'язків між ними<sup>3</sup>. Внутрішню енергію речовини виміряти неможливо.

<sup>1</sup> Термін походить від грецького слова *echo* — ззовні.

<sup>2</sup> Термін походить від грецького слова *endon* — усередині.

<sup>3</sup> Розрив хімічних зв'язків під час реакції вимагає затрати енергії (речовина її поглинає), а їх утворення відбувається з виділенням енергії.

Уявімо, що під час реакції загальна внутрішня енергія реагентів більша за внутрішню енергію продуктів:

$$U(\text{реагентів}) > U(\text{продуктів}).$$

Тоді під час реакції речовини «віддають» частину своєї енергії; відбувається виділення теплоти. Отже, дана реакція є екзотермічною.

Зменшення внутрішньої енергії речовин відобразимо математично, використавши спеціальний знак  $\Delta H$  (читається «дельта-аш»):

$$\Delta H = U(\text{продуктів}) - U(\text{реагентів}) < 0.$$

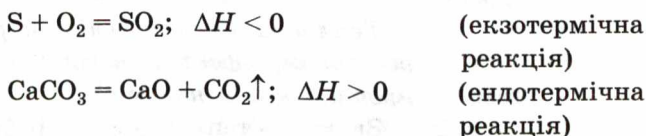
Якщо ж загальна внутрішня енергія реагентів менша за внутрішню енергію продуктів:

$$U(\text{реагентів}) < U(\text{продуктів}),$$

то під час реакції речовини «споживають» енергію і теплота поглинається. Така реакція є ендотермічною. Відповідний математичний вираз:

$$\Delta H = U(\text{продуктів}) - U(\text{реагентів}) > 0.$$

За необхідності тепловий ефект показують разом із хімічним рівнянням:



► Укажіть серед реакцій, наведених на початку параграфа, екзотермічні та ендотермічні. Запишіть у зошит хімічні рівняння, додавши позначення теплових ефектів.

**Екзотермічна реакція**  
 $A + \dots = B + \dots; \Delta H < 0$

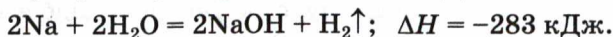
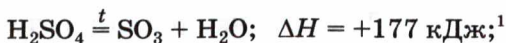
**Ендотермічна реакція**  
 $C + \dots = D + \dots; \Delta H > 0$

Явище виділення (поглинання) теплоти під час реакції узгоджується із принципом збереження енергії: *енергія не виникає з нічого, не зникає безслідно, а лише перетворюється з одного виду на інший.*

**Термохімічне рівняння.** Кількість теплоти, яка виділяється або поглинається внаслідок реакції, можна визначити експериментально, наприклад за допомогою калориметра — пристрою, відомого вам з уроків фізики у 8 класі.

## Хімічне рівняння із записом числового значення теплового ефекту реакції називають *термохімічним рівнянням*.

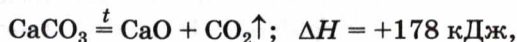
Приклади термохімічних рівнянь:



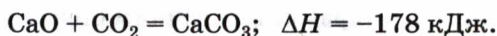
Перше рівняння свідчить про те, що при розкладі 1 моль сульфатної кислоти з утворенням 1 моль сульфур(VI) оксиду та 1 моль води поглинається 177 кДж теплоти.

► Прокоментуйте друге термохімічне рівняння.

Чимало реакцій є оборотними. Так, кальцій карбонат під час нагрівання розкладається на відповідні оксиди (ендотермічна реакція)



а за звичайних умов ця сіль утворюється із оксидів (екзотермічна реакція):



*Тепловий ефект хімічної реакції дорівнює тепловому ефекту зворотної реакції, але має протилежний знак.*

Значення теплових ефектів багатьох хімічних реакцій наведені в довідниках.

**Термохімічні розрахунки.** Розглянемо, як розв'язують задачі на складання і використання термохімічних рівнянь.

**ЗАДАЧА 1.** Під час згоряння 0,5 моль фосфору в надлишку кисню виділилося 373 кДж теплоти. Скласти термохімічне рівняння.

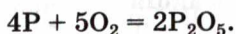
Дано:

$$n(\text{P}) = 0,5 \text{ моль} \\ \Delta H_1 = -373 \text{ кДж}$$

Термохімічне  
рівняння — ?

Розв'язання

1. Складаємо хімічне рівняння:



2. Обчислюємо тепловий ефект реакції.

За умовою задачі при згорянні

0,5 моль фосфору виділяється 373 кДж

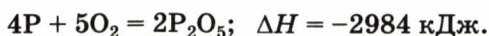
теплоти,

<sup>1</sup> Знака «плюс» перед значенням теплового ефекту не опускають.

за хімічним рівнянням при згорянні  
4 моль фосфору —  $x$  кДж теплоти;

$$x = \frac{4 \text{ моль} \cdot 373 \text{ кДж}}{0,5 \text{ моль}} = 2984 \text{ кДж.}$$

3. Записуємо термохімічне рівняння:



**Відповідь:**  $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5; \Delta H = -2984 \text{ кДж.}$

**ЗАДАЧА 2.** За термохімічним рівнянням  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}; \Delta H = -802 \text{ кДж}$  визначити, яка кількість теплоти виділяється при згорянні 5,6 л метану (об'єм відповідає нормальним умовам).

**Дано:**

$$\Delta H = -802 \text{ кДж}$$

$$V(\text{CH}_4) = 5,6 \text{ л}$$

н. у.

$$\Delta H_1 = ?$$

**Розв'язання**

1. Знаходимо кількість речовини метану:

$$n(\text{CH}_4) = \frac{V(\text{CH}_4)}{V_{\text{м}}} = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,25 \text{ моль.}$$

2. Обчислюємо кількість теплоти  $\Delta H_1$ .

За термохімічним рівнянням при згорянні

1 моль метану виділяється 802 кДж

теплоти,

за умовою задачі при згорянні

0,25 моль метану —  $x$  кДж теплоти;

$$x = \frac{0,25 \text{ моль} \cdot 802 \text{ кДж}}{1 \text{ моль}} = 200,5 \text{ кДж.}$$

$$\Delta H_1 = -200,5 \text{ кДж.}$$

**Відповідь:** при згорянні 5,6 л метану виділяється 200,5 кДж теплоти ( $\Delta H_1 = -200,5 \text{ кДж}$ ).

## ВИСНОВКИ

Усі хімічні перетворення відбуваються із певним тепловим ефектом. Реакції, під час яких виділяється теплота, називають екзотермічними, а реакції, під час яких поглинається теплота, — ендотермічними.

Хімічне рівняння із записом числового значення теплового ефекту реакції називають термохімічним рівнянням.



133. Що ви розумієте під тепловим ефектом хімічної реакції?
134. Як класифікують реакції залежно від їх теплового ефекту?
135. При утворенні 1 моль хлороводню із простих речовин виділяється 92,2 кДж теплоти. Напишіть відповідне термохімічне рівняння.
136. Скориставшись термохімічним рівнянням  $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ ;  $\Delta H = -92,4$  кДж, напишіть термохімічне рівняння реакції розкладу аміаку на прості речовини.
137. Скільки теплоти поглинається при перетворенні 4,2 г азоту на нітроген(II) оксид, яке відбувається згідно з термохімічним рівнянням  $N_2 + O_2 = 2NO$ ;  $\Delta H = +180$  кДж?
138. Який об'єм газу  $N_2O$  (н. у.) розклався на кисень і азот, якщо при цьому виділилося 32,8 кДж теплоти? Термохімічне рівняння реакції утворення нітроген(I) оксиду із простих речовин:  $2N_2 + O_2 = 2N_2O$ ;  $\Delta H = +164$  кДж.
139. Яка маса сірки має прореагувати з киснем, щоб виділилося стільки теплоти, скільки її виділяється під час згоряння 24 г вуглецю? Термохімічні рівняння відповідних реакцій:  $S + O_2 = SO_2$ ;  $\Delta H = -297$  кДж;  $C + O_2 = CO_2$ ;  $\Delta H = -393$  кДж.

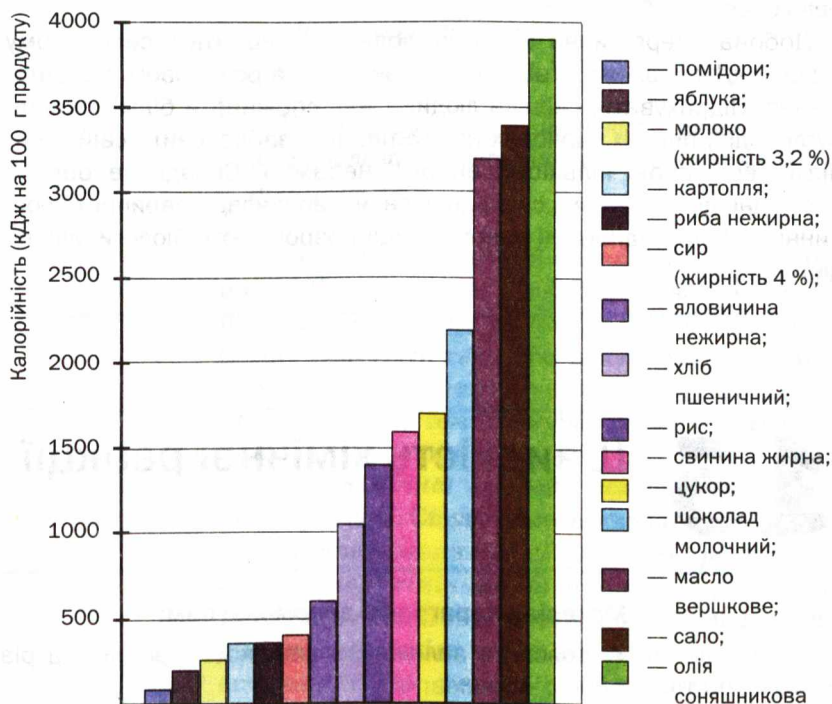
для допитливих

### Калорійність харчових продуктів

Загальновідомо, що їжа є джерелом речовин і елементів, необхідних для життя тварин і людини. Крім того, це — джерело енергії для живих організмів. Реакції в організмі за участю речовин, спожитих із їжею, переважно екзотермічні, тобто відбуваються з виділенням теплоти. Більшість цих перетворень певною мірою нагадує реакції горіння. (Іноді, наприклад, говорять про «згоряння жирів в організмі».) Кількість енергії, що виділяється під час повного окиснення харчового продукту (умовно — його реакції з киснем, у результаті якої утворюються вуглекислий газ, вода, азот, деякі інші речовини), ви-



значає калорійність<sup>1</sup> продукту (мал. 37). Вивільнена теплова енергія потрібна живому організму для здійснення в ньому реакцій, що відбуваються з поглинанням теплоти, а також для підтримання постійної температури тіла.



**Мал. 37.**  
Середня калорійність харчових продуктів

Існують три основні групи поживних речовин у харчових продуктах: **білки, жири та вуглеводи.**

Найважливішими жирами є соняшникова і кукурудзяна олії (рослинні жири), сало, вершкове масло (тваринні жири), а вуглеводами — цукор і крохмаль. Найбільше теплоти виділяється під час окиснення жирів — у середньому 3900 кДж у перерахунку на 100 г жиру. Білки і вуглеводи мають значно нижчу і майже однакову калорійність — при-

<sup>1</sup> Слово походить від назви старої одиниці вимірювання кількості теплоти — калорії (1 калорія = 4,18 Дж).

близно 1700 кДж на 100 г речовини. Якщо олія складається практично із жирів, цукор — чистий вуглевод, то 100-відсоткової білкової їжі не існує. Найбільше білків міститься у м'ясі, рибі, яйцях, сирі, горіхах (10—25 % від маси продукту). Білки — найцінніший «будівельний» матеріал для організму, а вуглеводи й особливо жири важливі як джерела енергії.

Добова енергетична потреба людини становить у середньому 12 000 кДж і залежить від її віку, фізичного та розумового навантаження. Підрахувати, скільки людина має споживати білків, жирів, вуглеводів, певних харчових продуктів, щоб забезпечити свій організм необхідною кількістю енергії, неважко. Складніше обрати необхідне для організму співвідношення, наприклад, тваринних і рослинних жирів. Відповідні рекомендації розробляють біологи, лікарі, дієтологи.

# 15

## Швидкість хімічної реакції

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- пояснити залежність швидкості реакції від різних чинників;
- зрозуміти роль каталізатора в хімічній реакції.

**Швидкість хімічної реакції.** Виконавши чимало лабораторних дослідів, ви переконалися в тому, що одні хімічні реакції відбуваються миттєво (наприклад, реакції обміну з утворенням осаду), інші — досить швидко (горіння речовин), а деякі — повільно (реакції розкладу). Хімічні перетворення мінералів у природних умовах взагалі не вдається помітити, навіть спостерігаючи за речовинами протягом багатьох років.

Кожна реакція має певну швидкість. Знання швидкості реакції, а також чинників, від яких вона залежить, уміння її передбачати та обчислювати необхідні інженерам, технологам для

того, щоб регулювати перебіг реакцій, уповільнювати небажані й прискорювати ті, що потрібно здійснити.

**Швидкість реакції, яка відбувається в однорідній суміші, визначають за зміною кількості речовини реагенту (продукту) в одиниці об'єму суміші за одиницю часу:**

$$v = \frac{\Delta n}{V \cdot \tau}.$$

У цій формулі  $v$  — швидкість реакції,  $\Delta n$  — зміна кількості речовини,  $V$  — об'єм суміші,  $\tau$  — проміжок часу.

**Залежність швидкості реакції від різних чинників.** На швидкість реакції впливають хімічна природа реагуючих речовин, їхні концентрації (якщо реагують гази або розчинені речовини), площа поверхні контакту речовин (у неоднорідних сумішах), температура, іноді — наявність сторонніх речовин.

**Вплив хімічної природи реагентів на швидкість реакції.** Сподіваємося, що ви погодитесь із таким твердженням: *швидкість реакції визначається хімічною активністю реагентів.* Відомо, що метали неоднаково поведуться в хімічних реакціях. Про це свідчить їхній ряд активності. Так, реакції лужних металів з водою відбуваються досить швидко, іноді — з вибухом, а лужноземельні метали взаємодіють із нею повільніше.

► Однаковою чи різною є хімічна активність кислот? Відповідь поясніть.

**Вплив концентрації реагентів на швидкість реакції.** Під концентрацією<sup>1</sup> речовини розуміють її кількісний вміст у розчині. Один із способів вираження концентрації вам відомий; це — масова частка розчиненої речовини.

<sup>1</sup> Слово «концентрація» походить від латинського префікса *con* (відповідає українському префіксу *з-*) і слова *centrum* — зосередження, накопичення.

Для визначення залежності швидкості реакції від концентрації реагенту проведемо дослід.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 11

### Залежність швидкості реакції від концентрації реагенту

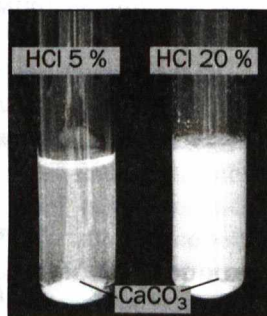
У дві пробірки помістіть по однаковій гранулі цинку. В одну пробірку налейте 2 мл хлоридної кислоти із масовою часткою  $\text{HCl}$  5 %, а в іншу — такий самий об'єм хлоридної кислоти із масовою часткою  $\text{HCl}$  20 %.

Що спостерігаєте? У якій пробірці взаємодія металу з кислотою відбувається швидше?

Пробірку з цинком і більш розбавленою кислотою збережіть для порівняння з результатом наступного дослід.

### Швидкість реакції зі збільшенням концентрації реагенту зростає.

Цю залежність пояснюють так. Збільшення концентрації реагенту означає зростання кількості його частинок (атомів, молекул, йонів) у реакційній суміші. Кількість зіткнень частинок цієї речовини із частинками іншого реагенту збільшується, і швидкість реакції зростає (мал. 38).



**Мал. 38.**  
Реакція кальцій карбонату (мармуру) із хлоридною кислотою

Під час хімічної реакції вихідні речовини витрачаються; їхні концентрації зменшуються. Тому реакція з часом уповільнюється.

**Вплив площі поверхні контакту реагентів на швидкість реакції.** Цей чинник має місце, якщо взаємодія речовин відбувається в неоднорідній суміші.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 12

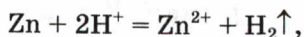
### Залежність швидкості реакції в неоднорідній суміші від площі поверхні контакту реагентів

У пробірку насипте трохи цинкового порошку і налейте 2 мл хлоридної кислоти із масовою часткою  $\text{HCl}$  5 %. Що спостерігаєте?

Порівняйте швидкості реакції кислоти з порошком цинку і з гранулою цього металу (у пробірці з попереднього досліду).

Зробіть висновок про вплив площі поверхні контакту реагентів на швидкість реакції.

Ви побачили, що реакція кислоти з порошком металу відбувається з більшою швидкістю. Пояснимо результат досліду. Згідно з йонно-молекулярним рівнянням



у реакції беруть участь атоми Цинку і катіони Гідрогену. Взаємодіяти з йонами  $\text{H}^+$  можуть лише атоми Цинку, які перебувають на поверхні металу. Загальна площа поверхні усіх часточок цинкового порошку значно перевищує площу поверхні гранули металу. Тому порошок цинку швидше взаємодіє з кислотою.

**Швидкість реакції зі збільшенням площі поверхні контакту реагентів зростає.**

#### *Вплив температури на швидкість реакції.*

Для того щоб прискорити перебіг деяких реакцій, ви нагрівали речовини. Підтвердьте такий вплив температури на хімічні перетворення, провівши ще один дослід.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 13

### Залежність швидкості реакції від температури

У дві пробірки насипте по 0,5 г порошку купрум(II) оксиду і налейте у кожну по 2—3 мл хлоридної кислоти із масовою часткою  $\text{HCl}$  5 %. Вміст пробірок обережно перемішайте. Одну про-

бірку поставте у штатив, а другу нагрійте, але не до кипіння. Після того як осяде залишок оксиду, порівняйте забарвлення розчинів. Чим воно зумовлене?

У якій пробірці реакція відбувається з більшою швидкістю?

### Швидкість реакції з підвищенням температури зростає.

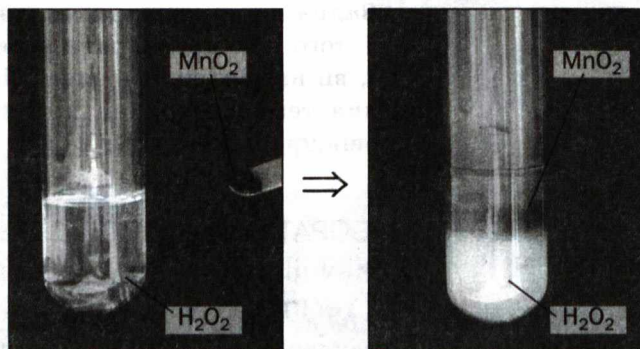
Вплив температури на перебіг реакції можна пояснити так. При нагріванні рідини або газу збільшується швидкість руху молекул, а твердї речовини — інтенсивність коливань частинок у ній. Унаслідок цього кількість зіткнень частинок реагентів зростає, а це призводить до збільшення швидкості реакції.

**Вплив сторонніх речовин на швидкість реакції.** У деяких випадках швидкість реакції або можливість її перебігу залежить від наявності сторонньої речовини.

Відомо, що гідроген пероксид  $\text{H}_2\text{O}_2$  дуже повільно й непомітно розкладається в розбавленому водному розчині<sup>1</sup> згідно з рівнянням



Деякі речовини прискорюють цю реакцію. Якщо до розчину гідроген пероксиду додати порошок манган(IV) оксиду, то відразу починається бурхливе виділення кисню (мал. 39).



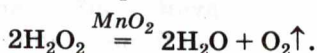
Мал. 39.  
Розклад  
гідроген  
пероксиду  
в розчині

<sup>1</sup> Цей розчин під назвою «перекис водню» можна придбати в аптеці; його використовують як дезінфекційний засіб.

Збільшує швидкість розкладу гідроген пероксиду і купрум(II) сульфат. У цьому можна переконатися, якщо додати кілька крапель блакитного розчину цієї солі до розчину гідроген пероксиду. Ви помітите, що під час інтенсивного виділення кисню забарвлення рідини не змінюється. Отже, сіль не витрачається (як, до речі, і манган(IV) оксид).

**Речовину, яка збільшує швидкість реакції, залишаючись незмінною, називають каталізатором<sup>1</sup>.**

Формулу каталізатора записують у хімічному рівнянні над знаком рівності:



Здавалося б, сполука  $\text{MnO}_2$  або  $\text{CuSO}_4$ , пришвидшуючи розклад гідроген пероксиду, відіграє роль чарівної палички. Насправді каталізатор бере участь у реакції як реагент, але водночас відбувається інша реакція, унаслідок якої він утворюється знову.

**Цікаво знати**  
Існують речовини, які уповільнюють хімічні реакції. Їх називають інгібіторами.

У книжках із хімії можна знайти такий запис:



Він пояснює, як речовини  $A$  і  $B$  взаємодіють з утворенням сполуки  $AB$  за наявності каталізатора  $K$ .

Значення каталізаторів для сучасної промисловості й техніки дуже велике. За участю цих речовин здійснюють майже 90 % усіх хімічних перетворень. Каталізатори використовують у транспортних засобах із двигунами внутрішнього згоряння. Завдяки цим речовинам чадний газ (продукт неповного окиснення бензину), реагуючи з киснем, перетворюється на вуглекислий газ.

**Цікаво знати**  
Речовини, які запобігають псуванню харчових продуктів, називають консервантами.

За участю каталізаторів відбуваються реакції в живих організмах. Ці каталізатори називають ферментами; їх виробляють живі клітини. Відсутність чи нестача якогось ферменту викли-

<sup>1</sup> Термін походить від грецького слова *katalysis* — руйнування.

кає захворювання, іноді досить тяжке. Докладніше про ферменти ви дізнаєтесь на уроках біології в старших класах.

## ВИСНОВКИ

Кожна хімічна реакція відбувається з певною швидкістю.

Швидкість реакції залежить від хімічної природи реагентів, зростає зі збільшенням концентрації реагенту, площі поверхні контакту реагентів і температури.

Речовину, яка збільшує швидкість реакції, беручи у ній участь, але залишаючись після реакції незмінною, називають каталізатором. Каталізатори використовують у промисловості, транспорті. Природні каталізатори регулюють хімічні перетворення в живих організмах.



140. Наведіть приклади хімічних реакцій у природі, які відбуваються:
  - а) надзвичайно повільно;
  - б) із помітною швидкістю.
141. Із якими реакціями, що мають різну швидкість, ви стикаєтесь у повсякденному житті?
142. Від яких чинників залежить швидкість хімічної реакції:
  - а) в однорідній суміші (рідкій, газуватій);
  - б) у неоднорідній суміші?
143. Назвіть чинники, від яких залежить швидкість реакції:
  - а)  $S + O_2 = SO_2$ ;
  - б)  $2NO + O_2 = 2NO_2$ ;
  - в)  $Cu(OH)_2 + H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O$ .
144. Необхідно розкласти при нагріванні певну масу крейди. Напишіть відповідне хімічне рівняння. Які умови потрібно створити, щоб швидкість цієї реакції була максимальною?
145. У якій суміші — однорідній чи неоднорідній — швидкість реакції залежить від площі поверхні контакту реагентів? Відповідь поясніть.
146. Які речовини називають каталізаторами?



147. Окиснення жирів у лабораторних умовах відбувається за температури понад 450 °С, а в організмі людини — за температури тіла. Як це можна пояснити?
148. Відомо, що каталізатором реакції чадного газу з киснем за підвищеної температури є водяна пара. Складіть рівняння реакції між цими газами, а також двох інших реакцій — за участю каталізатора і з його утворенням.

для допитливих

### Про умови зберігання харчових продуктів

Вам відомо, що майже кожний харчовий продукт, особливо той, який перебуває на повітрі за звичайних умов, швидко псується. Причина — взаємодія речовин, що містяться в продукті, одна з одною і з речовинами довкілля — киснем, водою тощо. Таким реакціям бажано запобігати або хоча б уповільнювати їх.

Найпростіший шлях — ізолювати продукти від навколишнього середовища. Для цього їх загортають у папір, полімерну плівку, алюмінієву фольгу, герметично упаковують, а іноді із упаковки ще й відкачують повітря (мал. 40, а).

Вам відомо, що швидкість хімічної реакції залежить від температури. У спеку вже за дві-три години їжа стає непридатною для вживання. Продукти зберігаються значно довше за низької температури, в охолодженому або замороженому стані. Останній спосіб зберігання найчастіше використовують для м'яса, риби (мал. 40, б), деяких фруктів і ягід.

Оскільки швидкість реакцій зростає зі збільшенням поверхні контакту речовин, чимало продуктів брикетують (мал. 40, в).

Більшість реакцій у неоднорідних сумішах відбувається значно повільніше, ніж в однорідних, тобто розчинах. Тому терміни зберігання сухих молочних продуктів і різних концентратів у десятки і сотні разів перевищують терміни для свіжого молока, рідких супів. Борошно і крупи зберігаються тим довше, чим менша їхня вологість.

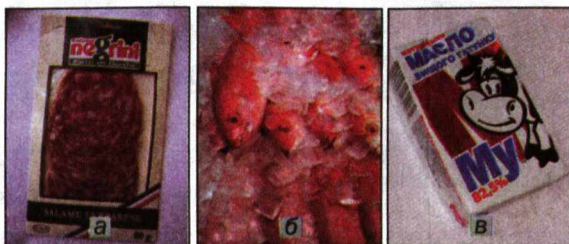
#### Мал. 40.

Способи зберігання харчових продуктів:

а — у вакуумній упаковці;

б — у замороженому стані;

в — у брикетах



# З розділ

## Найважливіші органічні сполуки

Розвиток людства нерозривно пов'язаний з органічними речовинами, їх добуванням і використанням. Ще в давнину люди вміли вилучати олію із насіння соняшника і деяких інших рослин, пізніше навчилися вилучати цукор із тростини і цукрового буряка, крохмаль із картоплі. Вони випікали хліб, варили пиво, виготовляли сир, вино, оцет, несвідомо здійснюючи реакції за участю органічних речовин.

У цьому розділі ви ознайомитеся із найбільш важливими й поширеними органічними сполуками, дізнаєтесь про завдання, які розв'язують учені-хіміки, переконаєтесь у тому, що без багатьох органічних речовин, які добувають на хімічних заводах, неможливо уявити життя сучасної людини.

---

# 16

## Органічні сполуки. Органічна хімія

---

Матеріал параграфу допоможе вам:

- з'ясувати відмінності органічних речовин від неорганічних;

- зрозуміти причини численності органічних сполук;
- дізнатися про практичне значення досягнень у галузі органічної хімії.

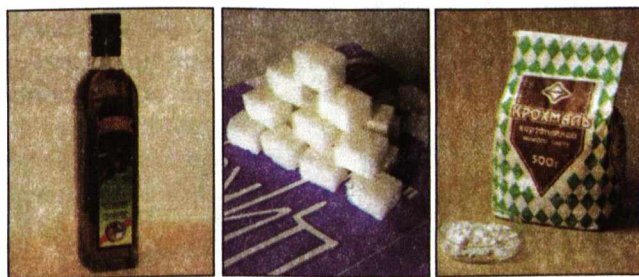
**Органічні речовини.** Із курсу хімії 7 класу ви знаєте, що всі речовини поділяють на органічні й неорганічні (схема 1).

Схема 1



Неорганічні речовини дуже поширені в природі. Вони є складовими мінералів, руд, гірських порід, містяться в повітрі, річках, морях і океанах. Багато сполук цього типу добуто в лабораторіях. Їх утворюють майже всі хімічні елементи.

Інша численна група речовин міститься в рослинах, організмах тварин і людини, а також продуктах їхньої життєдіяльності. Такі речовини назвали органічними. Серед них — білки, жири, цукор, глюкоза, крохмаль, вітаміни, ефірні масла, барвники (мал. 41).



**Мал. 41.**  
Органічні речовини, вилучені із рослин

Нині ми знаємо, що органічні речовини містяться не тільки в живій природі. Вони ста-

новлять основу горючих копалин — нафти, природного газу, вугілля.

## Органічні речовини — це сполуки Карбону<sup>1</sup>.

До складу молекул органічних сполук крім атомів Карбону входять атоми Гідрогену, часто — ще й Оксигену, Нітрогену, іноді — Сульфур, Фосфору. Усі ці елементи називають *елементами-органогенами*.

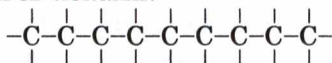
### Елементи-органогени

C  
H  
O  
N  
S  
P

Органічних сполук відомо набагато більше, ніж неорганічних, — понад 20 мільйонів. Їх численність і різноманітність зумовлені здатністю атомів Карбону:

- виявляти досить високу валентність (її значення дорівнює 4);
- сполучатися один з одним простими (C–C) або кратними ковалентними зв'язками — подвійними (C=C), потрійними (C≡C);
- утворювати нерозгалужені, розгалужені і замкнені ланцюги.

Приклад нерозгалуженого ланцюга із атомів Карбону, сполучених простими ковалентними зв'язками:



Майже всі органічні сполуки складаються з молекул і тому мають невисокі температури плавлення й кипіння, деякі є леткими. Не випадково квіти, фрукти, ягоди, овочі, харчові продукти мають різноманітні запахи.

Значна кількість органічних речовин розчиняється у спирті, ацетоні, гасі, бензині, але не розчиняється у воді (мал. 42). Це пояснюється наявністю в їхніх молекулах неполярних або малополярних ковалентних зв'язків.

При нагріванні багато органічних речовин загоряється або розкладається, а деякі — обвуглюються<sup>2</sup> (мал. 43).



**Мал. 42.**  
Олія  
не розчиняється  
у воді

<sup>1</sup> Чадний і вуглекислий гази, карбонатна кислота, її солі належать до неорганічних сполук.

<sup>2</sup> Вугілля, як відомо, складається переважно з атомів Карбону.



**Мал. 43.**  
Обвуглення вати

**Органічна хімія.** Довгий час вважали, що добути органічні речовини в лабораторії за допомогою хімічних реакцій неможливо. Однак у 1828 р. німецький хімік Ф. Велер довів, що це не так. Він уперше добув із неорганічної речовини органічну — сечовину. Відкриття вченого започаткувало новий етап розвитку хімії. Вилучення органічних сполук із природної сировини перестало бути для хіміків головною метою. Нині вчені синтезують усе більше органічних речовин, «невідомих» природі, вивчають їхні властивості, беруть участь у підготовці цих речовин до практичного використання.

**Галузь хімії, предметом якої є вивчення органічних сполук та їх перетворень, називають *органічною хімією*.**

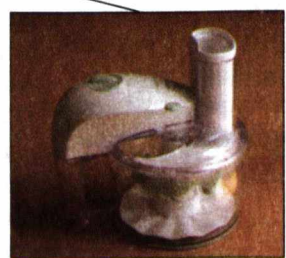
Завдяки досягненням органічної хімії сучасна промисловість випускає нові матеріали, різноманітні полімери і пластмаси, ліки, засоби захисту рослин, інші речовини, які ми використовуємо у нашій діяльності й повсякденному житті (схема 2).

*Схема 2*

### Органічна хімія — людині



ЦЕ ЗРОБЛЕНО З ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН



Дослідження в галузі органічної хімії сприяють розвитку хімічної технології, харчової та легкої промисловості, медицини. Знання можливостей взаємоперетворень органічних речовин допомагають розкривати таємниці, пов'язані з виникненням та існуванням життя на нашій планеті.

Перед ученими, які працюють у галузі органічної хімії, поставлено чимало практичних завдань. Серед них — передбачення методів добування нових органічних сполук, створення на їх основі матеріалів із корисними властивостями, синтетичних тканин і барвників, ефективних ліків, харчових добавок, розроблення різних технологічних процесів тощо.

Досягнення органічної хімії використовують для розв'язання таких важливих екологічних проблем, як очищення водойм (мал. 44), зменшення забруднення повітря викидами промислових підприємств і транспортних засобів, утилізація хімічної зброї, перероблення побутових відходів.



**Мал. 44.**  
Наслідки забруднення  
води нафтою

## ВИСНОВКИ

**Органічні речовини — це сполуки Карбону. До складу їхніх молекул крім атомів Карбону входять атоми Гідрогену, Оксигену, Нітрогену, Сульфору, Фосфору. Ці елементи називають елементами-органогенами.**

**Органічні речовини плавляться й киплять при невисоких температурах, розчиняються в органічних розчинниках. Чимало їх є горючими.**

**Галузь хімії, яка вивчає органічні сполуки та їхні перетворення, називають органічною хімією. Вона значною мірою забезпечує прогрес нашої цивілізації, допомагає у здійсненні заходів з охорони довкілля.**



149. Які сполуки називають органічними? Назвіть елементи-органогени.
150. Чому органічних речовин набагато більше, ніж неорганічних?
151. Серед наведених формул укажіть ті, які належать органічним речовинам: С,  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ .
152. Порівняйте органічні й неорганічні речовини, записавши їхні характерні особливості в таблицю:

	Органічні речовини	Неорганічні речовини
1. Якісний склад		
2. Будова		
3. Фізичні властивості		
...		

153. Зобразіть структурні формули<sup>1</sup> молекул органічних сполук із такими хімічними формулами:  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{O}$ .
154. Назвіть нові матеріали, поява яких пов'язана, на вашу думку, з досягненнями органічної хімії.
155. Обчисліть масові частки елементів: а) у мурашиній кислоті  $\text{HCOOH}$ ; б) у метиловому спирті  $\text{CH}_3\text{OH}$ .
156. Знайдіть хімічну формулу галогеновмісної органічної сполуки із відносною молекулярною масою 121, якщо її молекула містить два атоми Хлору і два атоми іншого галогену. Зобразіть структурну формулу молекули сполуки.

## Вуглеводні

Вуглеводні — сполуки, від яких походять усі органічні речовини. Вони дуже поширені в природі; із них майже повністю складаються нафта і природний газ. Ці корисні копалини і продукти їх переробки використовують як паливо, пальне, сировину у виробництві полімерних матеріалів, засобів захисту рослин, товарів побутової хімії, ліків тощо.

<sup>1</sup> Так називають в органічній хімії графічні формули молекул.

Слово «вуглеводень» походить від старих назв Карбону — «вуглець», Гідрогену — «водень» і таких самих назв відомих вам простих речовин.

## Вуглеводні — сполуки Карбону з Гідрогеном.

Вуглеводні  
 $C_nH_m$

Загальна формула вуглеводнів —  $C_nH_m$ .  
У 9 класі ви вивчатимете насичені й ненасичені вуглеводні.

**Вуглеводні, в молекулах яких атоми Карбону сполучені між собою простими ковалентними зв'язками, називають насиченими, а ті, які мають також подвійні і/або потрійні зв'язки, — ненасиченими.**

Насичені вуглеводні отримали таку назву тому, що кожний атом Карбону в їхніх молекулах використовує свої валентні можливості повною мірою, сполучаючись із максимальною кількістю інших атомів.

---

# 17

## Метан

---

Матеріал параграфу допоможе вам:

- зрозуміти будову молекули метану;
- з'ясувати властивості метану;
- дізнатися про застосування метану.

### Цікаво знати

За твердженнями вчених, метан входить до складу газових оболонок і твердих частин Юпітера і Сатурна.

Найпростішим насиченим вуглеводнем є метан. Формула цієї сполуки —  $CH_4$ .

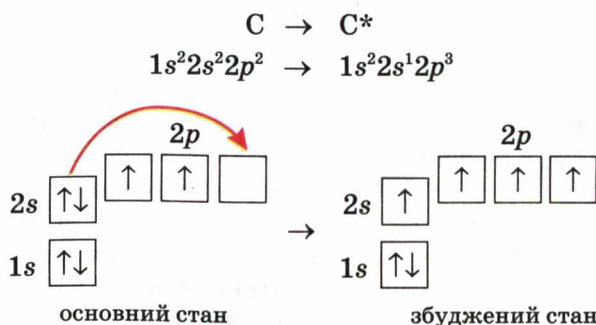
**Поширеність у природі.** Метан — основна складова природного газу. Його об'ємна частка залежно від родовища становить 85—99 %. Він також міститься в нафті, у вугільних покладах. Україна має родовища природного газу; щороку його добувають до 20 млрд м<sup>3</sup>.

У природі метан утворюється під час розкладання решток рослин і тварин за відсутності



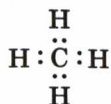
повітря. Він нерідко виділяється з боліт. Тому метан іноді називають болотним газом.

**Будова молекули.** У молекулі метану, як і в молекулах інших органічних сполук, атом Карбону чотиривалентний. Для того щоб виявляти таку валентність, він повинен мати чотири неспарені електрони. Це досягається в результаті збудження атома і переходу одного електрона із  $2s$ -орбіталі у вакантну  $2p$ -орбіталь:

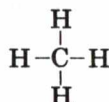


Кожна зовнішня орбіталь збудженого атома Карбону містить один електрон.

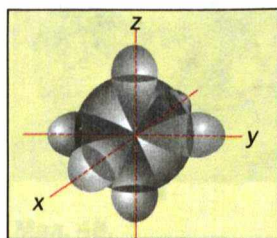
За рахунок чотирьох неспарених електронів атома Карбону і електронів чотирьох атомів Гідрогену в молекулі метану утворюються чотири спільні електронні пари:



електронна  
формула



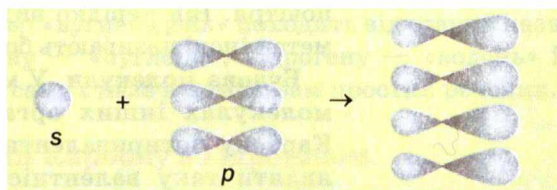
структурна  
формула



**Мал. 45.**  
 $2s$ -орбіталь  
і три  $2p$ -орбіталі  
атома Карбону

Наведені формули не відображають просторової будови молекули метану. Згідно із ними всі атоми в молекулі мають перебувати в одній площині, а кути між сусідніми рисками-зв'язками — дорівнювати  $90^\circ$ . Однак насправді це не так.

При утворенні молекули метану  $2s$ -орбіталь і три  $2p$ -орбіталі атома Карбону (мал. 45) перетворюються на чотири однакові орбіталі, які мають вигляд об'ємних несиметричних вісімок:

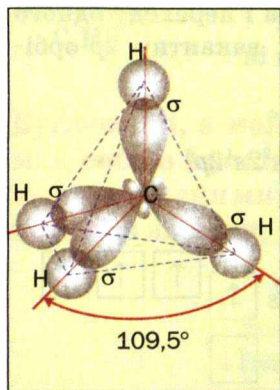


Змінені орбіталі розміщуються у тривимірному просторі і перебувають на однаковій відстані одна від одної під кутами  $109,5^\circ$  (мал. 46).

Більша «пелюстка» кожної нової орбіталі атома Карбону перекривається зі сферичною орбіталлю атома Гідрогену. Так утворюються чотири ковалентні зв'язки С–Н. Перекривання орбіталей атомів Карбону і Гідрогену відбувається по лініях, які з'єднують центри атомів. Такий ковалентний зв'язок називають простим, або  $\sigma$ -зв'язком.

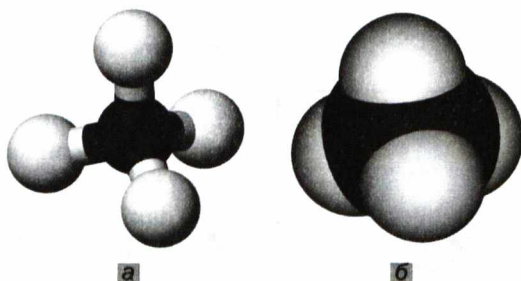
Якщо з'єднати лініями центри всіх атомів Гідрогену, то отримаємо геометричну фігуру — тетраедр<sup>1</sup> (мал. 46). Тому кажуть, що молекула метану має тетраедричну будову.

Модель молекули метану зображено<sup>2</sup> на малюнку 47. (Особливості кулестержневої та масштабної моделей описано в § 1.)



**Мал. 46.**  
Розміщення орбіталей у молекулі метану

**Мал. 47.**  
Моделі молекули метану:  
а — кулестержнева;  
б — масштабна.  
Білі кульки — атоми Гідрогену,  
чорні — атоми Карбону



<sup>1</sup> Слово походить від грецьких слів tetra — чотири і hedra — поверхня. Тетраедр має чотири однакові грані, які є правильними трикутниками.

<sup>2</sup> Існують комп'ютерні програми, за допомогою яких можна «побудувати» модель будь-якої молекули.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 14

### Виготовлення кулестержневої моделі молекули метану

Вам видано набір для складання моделей молекул органічних сполук. Знайдіть у ньому чотири однакові кульки (вони імітуватимуть атоми Гідрогену), одну більшу кульку іншого кольору (атом Карбону) і чотири стержні або трубочки. У кожній кульці є отвори для сполучення зі стержнями або виступи для сполучення із трубочками.

Зберіть кулестержневу модель молекули метану.

Оскільки електронегативності Карбону й Гідрогену різняться мало, то ковалентний зв'язок C–H є неполярним. Однак сама молекула  $\text{CH}_4$  неполярна; її не можна розділити на дві частини, одна з яких мала б позитивний заряд, а друга — негативний. Цим молекула метану відрізняється від полярної молекули води (§ 1).

**Фізичні властивості.** Метан — безбарвний газ, який не має запаху. При охолодженні до температури  $-162^\circ\text{C}$  (за нормального тиску) він перетворюється на рідину. Метан легший за повітря, майже не розчиняється у воді.

**Хімічні властивості.** Метан  $\text{CH}_4$  хімічно пасивний. Він, наприклад, не виявляє кислотних властивостей, як хлороводень  $\text{HCl}$  або сірководень  $\text{H}_2\text{S}$  у водному розчині. Причиною цього є дуже мала полярність зв'язків C–H.

Метан не взаємодіє з водою (за звичайних умов), металами, оксидами, основами, кислотами, солями. Сполука реагує із киснем і галогенами — фтором, хлором, бромом.

**Реакція горіння.** Метан, як і більшість органічних сполук, є горючою речовиною. На повітрі він горить блакитним полум'ям (мал. 48):

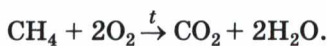


Мал. 48.

Згоряння метану:

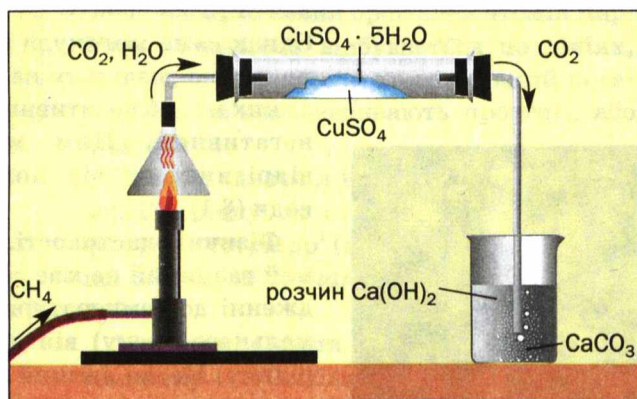
а — у газовому пальнику;

б — у побутовій плиті



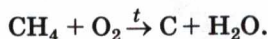
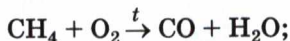
Зверніть увагу: у рівняннях реакцій за участю органічних сполук записують стрілки, а не знаки рівності.

Виявити продукти реакції горіння метану можна за допомогою досліду, зображеного на малюнку 49. Зміна білого кольору безводного купрум(II) сульфату на блакитний свідчить про утворення при горінні метану водяної пари, яка взаємодіє із сіллю (продукт реакції — мідний купорос). Помутніння ж вапняної води спричиняє кальцій карбонат, що утворюється під час реакції вуглекислого газу з розчином кальцій гідроксиду.



**Мал. 49.**  
Виявлення  
продуктів  
горіння  
метану

Якщо повітря (кисню) недостатньо, то при горінні метану може утворюватися чадний газ або навіть вуглець:



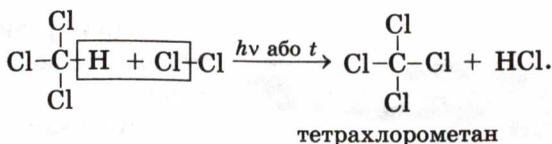
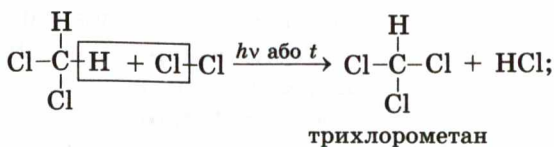
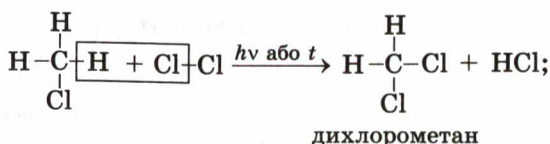
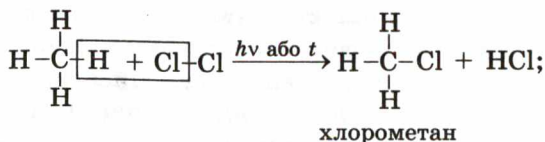
Про нестачу кисню під час горіння метану може свідчити збільшення яскравості полум'я (воно стає жовтим завдяки розжареним дрібним часточкам вуглецю) або поява кіптяви<sup>1</sup> на поверхні предмета (каструлі, чайника), який перебуває в полум'ї.

<sup>1</sup> Кіптява, або сажа, — речовина, яка майже повністю складається з атомів Карбону.

► Перетворіть схеми реакцій горіння метану на хімічні рівняння.

Суміш метану й повітря (або кисню) є вибухонебезпечною. Достатньо іскри, щоб стався вибух. Тому потрібно бути дуже обережним, користуючись природним газом у побуті. Вибухи сумішей метану з повітрям, незважаючи на запобіжні заходи, час від часу трапляються у вугільних шахтах. Вони становлять небезпеку для життя шахтарів.

**Реакції з галогенами.** При освітленні або в темряві (за нагрівання) метан взаємодіє із хлором. Це — реакція заміщення<sup>1</sup>. Вона полягає в послідовному заміщенні атомів Гідрогену в молекулі метану на атоми Хлору:



Реакцію між органічною сполукою і хлором називають *реакцією хлорування*, а її продукти — *хлоропохідними* цієї сполуки.

Хлорування метану можна проілюструвати такою схемою:

<sup>1</sup> Продуктами реакції заміщення в органічній хімії є дві складні речовини, а в неорганічній хімії — складна і проста.



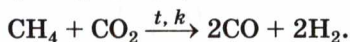
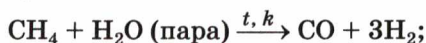
У ній над кожною стрілкою вказано формулу реагенту, а під стрілкою — формулу «другорядного» продукту реакції (у даному випадку — хлороводню). Такий запис послідовних реакцій використовують в органічній хімії досить часто.

Здійснити якусь одну стадію взаємодії метану із хлором не вдається; завжди утворюються відразу кілька хлоропохідних цього вуглеводню.

Реакція метану з бромом відбувається аналогічно. Із фтором метан вибухає, а з йодом за звичайних умов не взаємодіє.

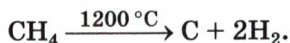
#### *Реакції з водяною парою і вуглекислим газом.*

Метан взаємодіє за високої температури і наявності каталізаторів із водяною парою, а також із вуглекислим газом. Ці реакції мають практичне значення. Їх здійснюють у промисловості для добування карбон(II) оксиду, водню, горючих газових сумішей:



Суміш CO і H<sub>2</sub> називають *синтез-газом*. Із неї на хімічних заводах виробляють рідке пальне, деякі органічні речовини.

**Термічний розклад.** При сильному нагріванні без доступу повітря метан розкладається на прості речовини:



За цією реакцією у промисловості добувають водень і сажу — наповнювач гуми.

**Застосування.** Метан (природний газ) використовують як паливо — у теплоенергетиці, промисловості, побуті. Іноді він слугує паливом в автомобільних двигунах. На транспортних засобах встановлюють балони з природним газом, який міститься в них під високим тиском (мал. 50). Метан також є сировиною для виробництва важливих органічних речовин.



**Мал. 50.**  
Автобус, двигун якого працює на природному газі

**Фізіологічна дія.** Метан при тривалому вдиханні спричиняє отруєння, яке іноді призводить до смерті. Щоб було легко виявляти витікання газу із газопроводу, балона або плити, до нього на газорозподільних станціях додають речовини із дуже неприємним запахом. Користуючись газом у побуті, потрібно частіше провітрювати приміщення.

## ВИСНОВКИ

**Метан  $\text{CH}_4$  — найпростіший насичений вуглеводень. Він є основною складовою природного газу. Молекула сполуки має тетраедричну будову.**

**Метан — безбарвний газ, що не має запаху, нерозчинний у воді. Це — хімічно пасивна сполука, яка взаємодіє з киснем, галогенами, а за високої температури — з водяною парою і вуглекислим газом.**

**Метан (природний газ) використовують як паливо і пальне, а також як сировину в хімічній промисловості.**



157. Чому метан називають вуглеводнем? До якої групи вуглеводнів він належить?
158. Охарактеризуйте будову молекули метану.
159. Чи можна відрізнити метан від водню або хлороводню: а) за фізичними властивостями; б) за допомогою індикатора? Якщо можна, то як саме?
160. Назва якої реакції за участю метану пов'язана із назвою другого реагенту? Наведіть відповідне хімічне рівняння.
161. Допишіть схему послідовного бромовання метану:  $\text{CH}_4 \xrightarrow[-\text{HBr}]{+\text{Br}_2} \dots$   
Що означають записи над і під кожною стрілкою?
162. Під час взаємодії алюміній карбід (сполука Алюмінію з Карбон) і води утворюються метан і алюміній гідроксид. Напишіть відповідне хімічне рівняння.
163. Знайдіть масові частки елементів у метані. (Усно.)

164. Легший чи важчий метан: а) за водень; б) за повітря? У скільки разів?
165. Який об'єм хлору (в перерахунку на нормальні умови) витрачається на повне хлорування 1,5 моль метану?
166. Чи вистачить 20 л повітря для спалювання 1 л метану?

НА ДОЗВІЛЛІ

### Виготовлення масштабної моделі молекули метану<sup>1</sup>

Зліпіть із пластиліну чотири однакові кúльки одного кольору для атомів Гідрогену й одну більшу кúльку іншого кольору для атома Карбону. Із сірників заготуйте чотири палички; ними з'єднуватимете кúльки.

Зробіть на «карбоновій» кúльці чотири рівновіддалені мітки, вставте у ці місця палички й закріпіть на них «гідрогенові» кúльки так, щоб паличок не було видно. «Гідрогенові» кúльки щільно притисніть до «карбонової» до їх невеликого сплюснення. Тим самим ви зімітуєте перекирвання орбіталей атомів Карбону і Гідрогену.

## 18 Гомологи метану (алкани)

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

- з'ясувати, що таке гомологічний ряд сполук і які вуглеводні є гомологами метану;
- називати гомологи метану (алкани);
- складати формули алканів.

**Формули сполук.** У попередньому параграфі йшлося про найпростіший насичений вуглеводень — метан  $\text{CH}_4$ . Виведемо формули насичених вуглеводнів, молекули яких містять два і три атоми Карбону. Спочатку з'єднаємо атоми

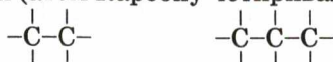
<sup>1</sup> Якщо у шкільному хімічному кабінеті є набір для складання масштабних моделей молекул, учитель може запропонувати зібрати таку модель під час уроку.



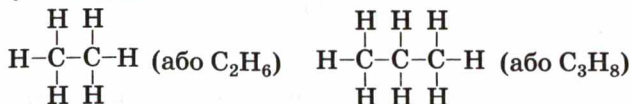
Карбону рисками (як відомо, рискою позначають простий ковалентний зв'язок):



Потім від кожного атома Карбону проведемо стільки додаткових рисок, щоб загалом їх у нього було чотири (атом Карбону чотиривалентний):



Після цього допишемо до кожної риски атом Гідрогену й отримаємо формули відповідних вуглеводнів:



Складені структурні формули молекул можна записати у скороченому вигляді, залишивши риси лише між атомами Карбону:



У такий спосіб можна вивести структурні формули молекул інших вуглеводнів із простими ковалентними зв'язками і відкритим нерозгалуженим ланцюгом із атомів Карбону.

Вуглеводні  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$  належать до *гомологічного ряду* метану.

**Гомологічним рядом називають ряд органічних сполук, молекули яких подібні за будовою і відрізняються за складом на одну або кілька груп атомів  $\text{CH}_2$ .**

Група атомів  $\text{CH}_2$  отримала назву «гомологічна різниця». Сполуки  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$  та багато інших є *гомологами* метану.

**Насичені вуглеводні, молекули яких мають відкритий ланцюг із атомів Карбону, називають алканами.**

Для того щоб скласти хімічну формулу алкану із чотирма атомами Карбону в молекулі, достатньо додати до формули  $\text{C}_3\text{H}_8$  групу атомів  $\text{CH}_2$ . Отримуємо:  $\text{C}_3\text{H}_8\text{CH}_2 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}$ . Цю формулу можна також вивести із формули метану:  $\text{CH}_4(\text{CH}_2)_3 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}$ .

**Алкани**  
 $C_nH_{2n+2}$

Якщо алкан містить  $n$  атомів Карбону в молекулі, то його формула —  $CH_4(CH_2)_{n-1}$ , або  $C_nH_{2n+2}$ . Друга формула є загальною для вуглеводнів цього типу.

**Назви.** Для чотирьох найпростіших за складом алканів існують такі назви: метан, етан, пропан, бутан. Назви решти алканів походять від іншомовних числівників (с. 14), які відповідають кількості атомів Карбону в молекулах сполук (табл. 1). Усі назви алканів мають суфікс *-ан*, такий самий, що і в загальній назві цих вуглеводнів.

Таблиця 1

**Гомологи метану (алкани)**

Назва	Формула	
	хімічна	структурна (скорочена)
Метан	$CH_4$	$CH_4$
Етан	$C_2H_6$	$CH_3-CH_3$
Пропан	$C_3H_8$	$CH_3-CH_2-CH_3$
Бутан	$C_4H_{10}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
Пентан	$C_5H_{12}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Гексан	$C_6H_{14}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Гептан	$C_7H_{16}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Октан	$C_8H_{18}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Нонан	$C_9H_{20}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Декан	$C_{10}H_{22}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

**Будова молекул.** Вам відомо, що молекула метану має форму тетраедра. З'ясуємо просторову будову молекул інших алканів.

**ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 15**

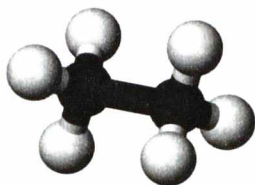
**Виготовлення кулестержневих моделей молекул етану і пропану**

Знайдіть у наборі для складання моделей молекул однакові кúльки з одним отвором або виступом для атомів Гідрогену,

більші кўльки іншого кольору з чотирма отворами або виступами для атомів Карбону, а також стержні або трубочки.

Зберіть моделі молекул етану і пропану.

Яку форму має ланцюг із атомів Карбону у виготовленій моделі молекули пропану?



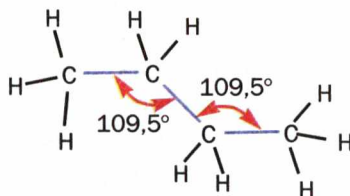
**Мал. 51.**  
Кулестержнева  
модель молекули  
етану

Згідно з моделями молекул етану (мал. 51) і пропану, всі атоми в них розміщені не на площині, а у тривимірному просторі. У молекулах пропану, бутану (мал. 52), інших гомологів метану центри атомів Карбону перебувають на ламаній, зигзагоподібній, лінії. Тому скорочені структурні формули молекул пропану і бутану слід зображати так:



У шкільному курсі хімії для спрощення використовують не зигзагоподібні, а лінійні структурні формули молекул вуглеводнів.

**Мал. 52.**  
Зигзагоподібна  
форма  
карбонowego  
ланцюга  
молекули  
бутану



## ВИСНОВКИ

Насичені вуглеводні з відкритим карбоним ланцюгом у молекулах називають алканами. Їхня загальна формула —  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ .

Ряд органічних сполук, які мають подібні за будовою молекули, що відрізняються за складом на одну або кілька груп атомів  $\text{CH}_2$ , називають гомологічним рядом.

Назви більшості алканів складаються із відповідних іншомовних числівників і суфікса *-ан*.

Молекули пропану і наступних гомологів метану мають зигзагоподібний карбоний ланцюг.

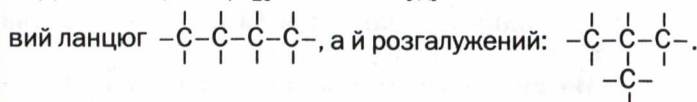


167. Що таке гомологічний ряд? Які сполуки називають гомологами?
168. Серед наведених формул укажіть ті, які належать сполукам гомологічного ряду метану:  $C_3H_6$ ,  $C_5H_{12}$ ,  $C_6H_{12}$ ,  $C_7H_{16}$ .
169. Установіть послідовність алканів за зменшенням кількості атомів Карбону в їхніх молекулах:
- гептан;
  - бутан;
  - гексан;
  - пентан;
  - пропан.
170. Зобразіть електронну формулу молекули: а) етану; б) пропану.
171. Запишіть формулу алкану, молекула якого містить удвічі більше атомів Гідрогену, ніж молекула бутану.
172. Укажіть правильне закінчення речення «Відношення кількості атомів Гідрогену до кількості атомів Карбону в молекулах алканів зі зростанням молярної маси сполук...»:
- зменшується;
  - збільшується;
  - змінюється хаотично.
173. Яка відносна молекулярна маса гомолога метану, молекула якого містить 4 атоми Карбону? (Усно.)
174. У якій сполуці масова частка Карбону найбільша — в етані, пропані чи бутані? Спробуйте дати відповідь, не здійснюючи розрахунків.
175. Обчисліть кількість речовини: а) у 15 г етану; б) у 4,48 л бутану (н. у.). (Усно.)
176. Виведіть формулу вуглеводню гомологічного ряду метану із масовою часткою Карбону 80 %.

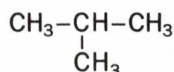
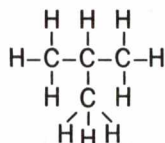
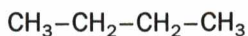
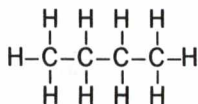
для допитливих

### Ізомерія

Для молекули  $C_4H_{10}$  можна побудувати не тільки «лінійний» карбоновий ланцюг



Відповідні структурні формули та їхні скорочені варіанти мають такий вигляд:



Кожна формула відповідає певній молекулі. Отже, існують два насичені вуглеводні з однаковими хімічними формулами  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , але з молекулами різної будови — нерозгалуженої й розгалуженої.

Сполуки, молекули яких мають однаковий склад, але різну будову, називають ізомерами, а явище існування таких сполук — ізомерією.

Зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулах вуглеводнів кількість ізомерів різко зростає. Для сполук  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$  і  $\text{C}_3\text{H}_8$  ізомерів не існує. Одну й ту саму формулу  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  мають два вуглеводні,  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  — три,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  — п'ять,  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  — дев'ять і т. д.

Явище ізомерії — одна із причин різноманітності й чисельності органічних сполук.

Якщо молекула вуглеводню має нерозгалужену («нормальну») будову, то перед його назвою записують літеру *n* і дефіс. Наприклад, сполуку із формулою  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  називають *n*-бутаном. Ізомер бутану  $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$  має назву «ізобутан».



НА ДОЗВІЛЛІ

### Виготовлення масштабних моделей молекул етану і пропану<sup>1</sup>

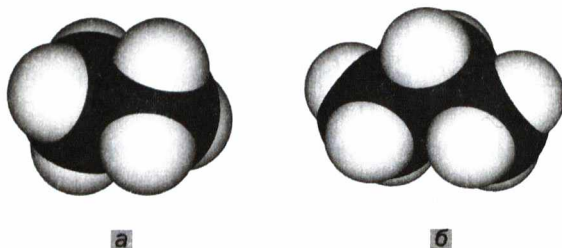
Зліпите із пластиліну однакові к'юльки одного кольору для атомів Гідрогену й однакові більші к'юльки іншого кольору для атомів Карбону. Зробіть палички із сірників для з'єднання к'юльок.

Виготовте масштабні моделі молекул етану і пропану (мал. 53), скориставшись такими порадами:

1) масштабну модель молекули етану краще скласти, зробивши спочатку масштабні моделі двох груп атомів  $\text{CH}_3$ , а потім з'єднати їх паличкою і трохи притиснути «атоми» Карбону один до одного;

<sup>1</sup> Учитель може запропонувати вам зібрати ці моделі під час уроку, скориставшись відповідним набором.

**Мал. 53.**  
Масштабні моделі  
молекул:  
а — етану;  
б — пропану



2) масштабну модель молекули пропану краще зібрати із масштабних моделей двох груп атомів  $\text{CH}_3$  і однієї групи атомів  $\text{CH}_2$ .

## 19 Властивості та застосування алканів

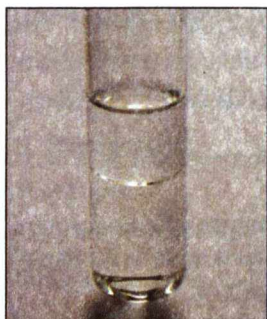
Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати властивості гомологів метану;
- дізнатися про застосування алканів.

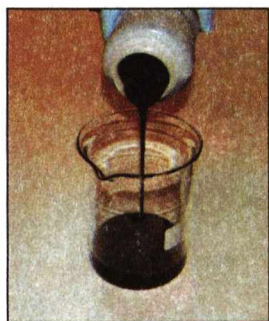
**Фізичні властивості.** Етан, пропан і бутан за звичайних умов (за температури  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ) є газами, наступні дванадцять гомологів метану — рідини (вони мають характерний «бензиновий» запах), а решта — тверді речовини. Температури плавлення і кипіння алканів зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулах зростають.

Гомологи метану — безбарвні речовини. Оскільки їхні молекули практично неполярні, ці сполуки нерозчинні у воді (мал. 54), але добре розчиняються (у багатьох випадках — необмежено) в органічних розчинниках і один в одному.

**Поширеність у природі.** Невеликі кількості етану, пропану і бутану містяться в природному газі, супутному нафтовому газі (він наявний разом із нафтою в її ро-



**Мал. 54.**  
Суміш гексану  
(верхній шар) із водою



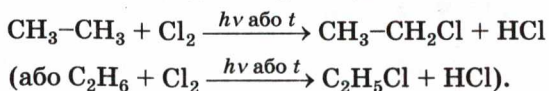
**Мал. 55.**  
Нафта — природне джерело гомологів метану

довищах), а також у газі, що виділяється у вугільних шахтах. До складу нафти (мал. 55) входять переважно рідкі насичені вуглеводні, до бджолиного воску й озокериту (гірський віск) — тверді.

**Хімічні властивості.** Як і метан, усі його гомологи хімічно пасивні. Вони взаємодіють з галогенами, горять.

**Реакції з галогенами.** При освітленні або нагріванні насичені вуглеводні реагують із хлором і бромом. Це — реакції заміщення.

Під час цих реакцій утворюються різноманітні хлоро- або бромпохідні. Приклад першої стадії однієї з реакцій:



При подальшій взаємодії речовин відбувається заміщення інших атомів Гідрогену на атоми Хлору.

Реакції алканів із фтором супроводжуються розривом зв'язків С-С й утворенням карбон фториду  $\text{CF}_4$  і фтороводню  $\text{HF}$ .

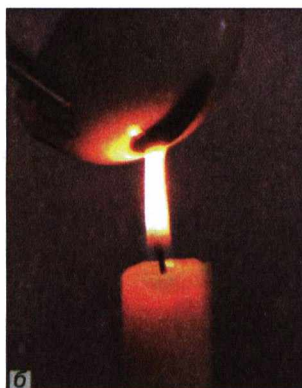
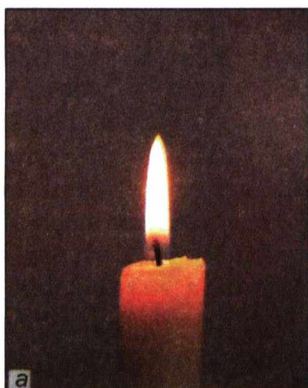
**Реакції з киснем.** Усі гомологи метану, як і інші вуглеводні, при підпалюванні горять з утворенням вуглекислого газу і водяної пари. Зі зростанням молекулярної маси вуглеводню полум'я яскравішає. Парафінова<sup>1</sup> свічка, на відміну від природного газу, горить яскраво-жовтим полум'ям (мал. 56, а). Такий колір зумовлений світінням розжарених часточок сажі — одного із продуктів термічного розкладу вуглеводнів. Ці часточки швидко згорають.

Якщо повітря (кисню) недостатньо, частина атомів Карбону зазнає неповного окиснення й утворюється чадний газ або вуглець. Такі умови можна створити, помістивши в полум'я свічки порцелянову чашку. На її поверхні з'являється кіптява — дуже дрібні часточки сажі (мал. 56, б).

<sup>1</sup> Парафін — суміш твердих вуглеводнів із кількістю атомів Карбону в молекулах від 18 до 35.

**Мал. 56.**

Горіння парафінової свічки:  
а — за звичайних умов;  
б — при нестачі повітря



**Мал. 57.**

Балон із пропан-бутановою сумішшю

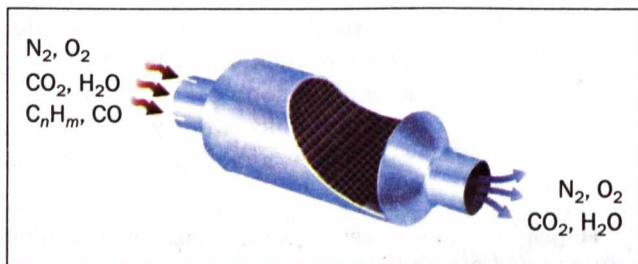
**Застосування.** Етан, пропан і бутан використовують значно менше, ніж метан. Сумішшю зріджених пропану й бутану заповнюють балони різної місткості (мал. 57), які використовують у побуті для газових плит. Якщо вентиль балона відкрити, то з нього виходитиме газ, а не рідина. Пропан-бутанова суміш — один із видів пального у двигунах внутрішнього згорання.

Гомологи метану із кількістю атомів Карбону в молекулах від 6 до 20 є складовими бензину і гасу.

*Неповне згорання автомобільного пального, а також виділення із двигуна чадного газу призводять до істотного забруднення повітря в містах і на автомагістралях. Для зменшення шкідливих викидів до вихлопної труби автомобіля приєднують насадку із каталізатором (мал. 58), який сприяє перетворенню чадного газу та решток пального на вуглекислий газ і водяну пару.*

**Мал. 58.**

Насадка з каталізатором у розрізі





Суміші рідких вуглеводнів — уайт-спірит, петролейний ефір — використовують як розчинники для лаків і фарб. Різноманітного застосування набули вазелін (суміш рідких і твердих насичених вуглеводнів) і парафін.

Гомологи метану є сировиною для виробництва багатьох важливих органічних сполук. Наприклад, із бутану добувають значну кількість оцтової кислоти.

## ВИСНОВКИ

Етан, пропан і бутан за звичайних умов є газами, а насичені вуглеводні із більшими відносними молекулярними масами — рідинами або твердими речовинами. Гомологи метану — безбарвні речовини, нерозчинні у воді, але розчиняються в органічних розчинниках і один в одному.

Етан, пропан, бутан містяться в природному і супутному нафтовому газях. Багато алканів входять до складу нафти.

Гомологи метану є хімічно пасивними. Вони вступають у реакції заміщення з галогенами, горять.

Алкани використовують як паливо, пальне, а також як сировину для виробництва органічних речовин.



177. Як змінюються фізичні властивості алканів зі збільшенням їх відносних молекулярних мас?
178. Допишіть схеми реакцій і перетворіть їх на хімічні рівняння:
  - а)  $C_3H_8 + \dots O_2$  (надлишок)  $\rightarrow \dots$ ;
  - б)  $\dots$  (алкан)  $+ \dots O_2 \rightarrow 5CO_2 + \dots H_2O$ ;
  - в)  $C_3H_8 + Cl_2 \rightarrow \dots$  (перша стадія).
179. Обчисліть густину (за н. у.) і відносну густину за воднем:
  - а) етану;
  - б) пропану.
180. Який об'єм повітря витрачається на спалювання 1 л етану? Вважайте, що об'єми газів відповідають нормальним умовам, а об'ємна частка кисню в повітрі становить 20 %.

181. У балоні міститься 20 кг суміші пропану і бутану з масовою часткою пропану 22 %. Обчисліть об'ємні частки газів у суміші, що виходить із балона.

182. Виведіть формулу алкану з масовою часткою Карбону 84 %.

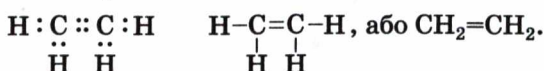
## 20 Етилен

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- зрозуміти будову молекули етилену;
- з'ясувати властивості етилену;
- дізнатися про добування і застосування етилену.

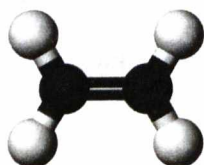
Ви знаєте, що крім насичених вуглеводнів існують ненасичені вуглеводні. У їхніх молекулах атоми Карбону сполучені не тільки простими зв'язками, а й кратними (подвійними, потрійними).

Найпростішим вуглеводнем із подвійним зв'язком у молекулі є *етилен*. Його хімічна формула —  $C_2H_4$ , електронна і структурна формули молекули —

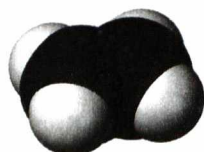


Інша назва цього вуглеводню — *етен*. Вона відрізняється від назви насиченого вуглеводню етану суфіксом (-ен).

**Будова молекули.** Згідно з дослідженнями вчених, усі атоми молекули етилену  $C_2H_4$  перебувають в одній площині, а кути між лініями, що з'єднують центри атомів, становлять по  $120^\circ$  (мал. 59).



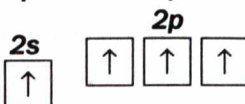
а



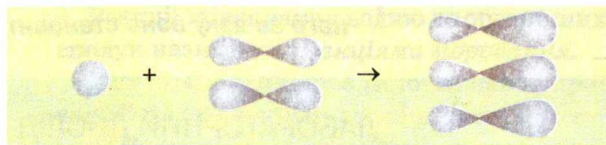
б

**Мал. 59.**  
Моделі молекули етилену:  
а — куле-  
стержнева;  
б — масштабна

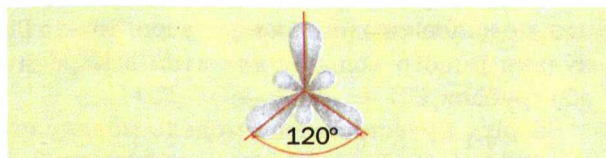
**Як відомо, атом Карбону утворює ковалентні зв'язки за рахунок чотирьох неспарених електронів 2-го енергетичного рівня:**



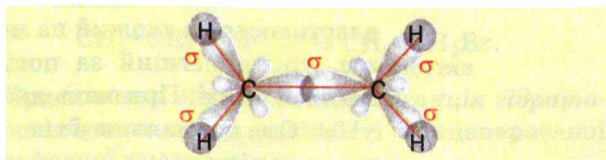
Цей атом сполучений у молекулі етилену з іншим атомом Карбону і двома атомами Гідрогену. Він утворює з ними три  $\sigma$ -зв'язки, у яких беруть участь  $s$ -електрон і два  $p$ -електрони. Орбіталі, в яких перебувають ці електрони, змінюють свою форму і стають однаковими:



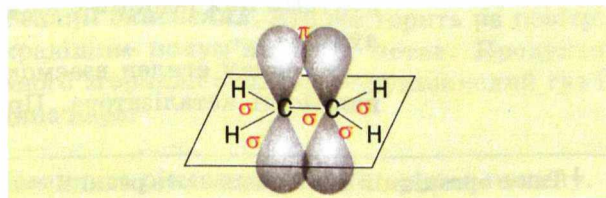
Осі нових орбіталей розміщуються в одній площині, а кути між ними становлять по  $120^\circ$ :

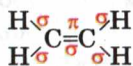


Такі орбіталі кожного атома Карбону перекриваються з аналогічною орбіталлю іншого атома Карбону і сферичними орбіталями двох атомів Гідрогену:



Четвертий неспарений електрон атома Карбону,  $p$ -електрон, утворює з  $p$ -електроном іншого атома Карбону так званий  $\pi$ -зв'язок. Орбіталі цих електронів перпендикулярні до площини, у якій перебувають центри всіх атомів молекули. Вони перекриваються на двох ділянках — над і під цією площиною:





Отже, між атомами Карбону в молекулі етилену існує подвійний зв'язок, який складається із  $\sigma$ - і  $\pi$ -зв'язку.

Наявність  $\pi$ -зв'язку суттєво впливає на характеристики молекули етилену. Цей зв'язок спричиняє зменшення відстані між центрами атомів Карбону до 0,134 нм (у разі простого ковалентного зв'язку вона становить 0,154 нм).

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 16

### Виготовлення кулестержневої моделі молекули етилену

Знайдіть у наборі для складання моделей молекул чотири однакові к'юльки одного кольору для атомів Гідрогену і дві більші к'юльки іншого кольору для атомів Карбону, а також стержні або трубочки.

Зберіть кулестержневу модель молекули етилену. «Атоми» Карбону з'єднайте двома стержнями (трубочками). Візьміть до уваги, що кути між лініями, що з'єднують центри всіх сусідніх атомів у молекулі, становлять по  $120^\circ$ .

**Фізичні властивості.** Етилен за фізичними властивостями схожий на метан. Це безбарвний газ, трохи легший за повітря, слабо розчиняється у воді. При охолодженні до температури  $-104^\circ\text{C}$  за нормального тиску етилен перетворюється на рідину.

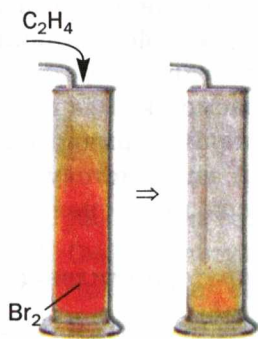
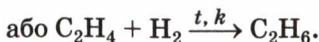
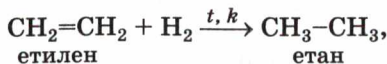
**Хімічні властивості.** Етилен хімічно активніший за метан. Це зумовлено здатністю подвійного зв'язку між атомами Карбону легко руйнуватися й перетворюватися на простий зв'язок.

**Реакції приєднання<sup>1</sup>.** Етилен взаємодіє з простими речовинами — воднем, галогенами і складними — галогеноводнями, водою. Продуктами цих реакцій є насичені органічні сполуки.

Із воднем етилен взаємодіє при нагріванні й наявності каталізатора. При цьому подвійний

<sup>1</sup> Так в органічній хімії називають реакції сполучення.

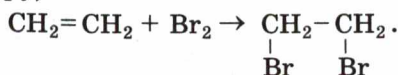
зв'язок у молекулі  $C_2H_4$  перетворюється на простий з одночасним приєднанням атома Гідрогену до кожного атома Карбону:



**Мал. 60.**  
Взаємодія етилену  
із паром броду

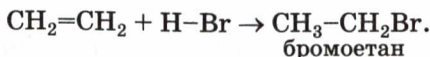
Реакції приєднання водню до органічних сполук називають *реакціями гідрування*.

Взаємодія етилену з галогенами супроводжується різними зовнішніми ефектами. Реагуючи із фтором, етилен спалахує, а суміш хлору з етиленом при освітленні вибухає. Етилен взаємодіє з бромом (мал. 60) і його водним розчином — так званою бромною водою (рідина бурого кольору):

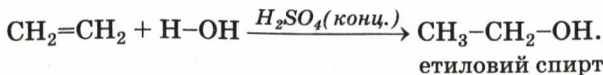


Знебарвлення бромної води при пропусканні в неї етилену дає змогу відрізнити цей газ від метану та інших алканів, які з розчиненим бромом не реагують.

Етилен також взаємодіє із галогеноводнями:



Приєднання етиленом води (*реакція гідратації*) відбувається за наявності концентрованої сульфатної кислоти:



Молекули етилену можуть сполучатися одна з одною; при цьому утворюється відома вам речовина — поліетилен. Цю реакцію, а також властивості її продукту буде розглянуто в наступному параграфі.

**Реакції окиснення.** Етилен горить на повітрі яскравішим полум'ям, ніж метан. Продукти повного згоряння етилену — вуглекислий газ і водяна пара.

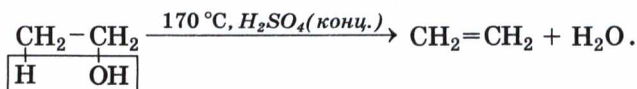
► Напишіть рівняння реакції горіння етилену.

## Цікаво знати

Водний розчин  $\text{KMnO}_4$  з часом псується; у ньому утворюється осад  $\text{MnO}_2$ .

Хіміки, досліджуючи органічні речовини, часто використовують неорганічну сполуку — калій перманганат, формула якої —  $\text{KMnO}_4$ . Ця сполука відома вам як марганцівка. Калій перманганат є окисником. Етилен взаємодіє з водним розчином цієї солі, слугуючи відновником. У результаті окисно-відновної реакції (хімічне рівняння не наводимо) фіолетовий колір розчину калій перманганату зникає. Метан та інші алкани не взаємодіють із цією сполукою. Тому реакцію з калій перманганатом, як і з бромною водою, використовують для виявлення етилену, а також інших ненасичених вуглеводнів.

**Добування етилену.** У лабораторії етилен добувають із етилового спирту:



Реакцію відщеплення води від сполуки називають *реакцією дегідратації*.

**Застосування.** Етилен використовують у великій кількості як сировину для виробництва поліетилену, а також для добування етилового спирту, органічних розчинників, інших важливих речовин. Додавання невеликої кількості етилену в повітря теплиць прискорює досягання овочів і фруктів.

**Фізіологічна дія.** Тривале вдихання повітря, у якому міститься етилен, негативно впливає на нервову систему, призводить до порушення кровообігу.

## ВИСНОВКИ

Етилен (етен)  $\text{C}_2\text{H}_4$  — найпростіший ненасичений вуглеводень із подвійним зв'язком у молекулі. Усі атоми молекули  $\text{C}_2\text{H}_4$  перебувають в одній площині.

Етилен — безбарвний газ, трохи легший за повітря, майже нерозчинний у воді.

Завдяки наявності в молекулі подвійного зв'язку етилен вступає в реакції приєднання, взаємодіючи з воднем, галогенами, галогеноводнями, водою, а також окиснюється калій перманганатом.

Етилен добувають у лабораторії з етилового спирту.

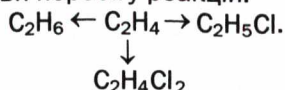
Із етилену виробляють поліетилен, інші важливі органічні сполуки.



183. Які сполуки називають ненасиченими вуглеводнями?  
 184. Охарактеризуйте будову молекули етилену.  
 185. Чому етилен вступає в реакції приєднання?  
 186. Порівняйте етан і етилен за складом, будовою молекул, властивостями і заповніть таблицю:

	Етан	Етилен
Формули молекули: хімічна електронна структурна		
Фізичні властивості		
Хімічні властивості (рівняння реакцій)		

187. Напишіть хімічні рівняння, що відповідають таким перетворенням, і вкажіть умови перебігу реакцій:



188. Обчисліть густину етилену (за н. у.) та його відносну густину за гелієм.  
 189. При повному згорянні 1 моль газуватого вуглеводню утворилося по 2 моль вуглекислого газу і водяної пари. Виведіть формулу вуглеводню.  
 190. Після пропускання 1,12 л суміші метану, етану й етилену у бромну воду, взяту в достатній кількості, залишилось 0,448 л газів. На спалювання цього залишку витрачено 1,232 л кисню. Всі об'єми відповідають однаковим умовам. Знайдіть об'єми газів, які були в початковій суміші.

## Виготовлення масштабної моделі молекули етилену<sup>1</sup>

Зліпіть із пластиліну чотири однакові кульки одного кольору для атомів Гідрогену і дві більші кульки іншого кольору для атомів Карбону. Зробіть палички (із сірників) для з'єднання кульок.

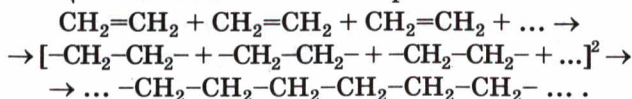
Виготовте масштабну модель молекули етилену. Радимо спочатку зробити дві масштабні моделі груп атомів  $\text{CH}_2$ , потім з'єднати паличкою «атоми» Карбону і трохи притиснути їх один до одного.

# 21 Поліетилен

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- з'ясувати, що таке полімер і реакція полімеризації;
- засвоїти властивості поліетилену;
- дізнатися про застосування поліетилену.

**Полімеризація етилену.** За певних умов молекули етилену сполучаються одна з одною внаслідок руйнування подвійних зв'язків між атомами Карбону з перетворенням їх на прості зв'язки. Це можна схематично зобразити так:



Взаємодіяти можуть сотні й тисячі молекул етилену. Продуктом реакції є *поліетилен*. Дуже довгі молекули цієї сполуки утворені з'єднаними одна з одною групами атомів  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$  (мал. 61).

Реакцію сполучення багатьох однакових молекул внаслідок руйнування кратних зв'язків

<sup>1</sup> Учитель може запропонувати зібрати модель молекули під час уроку, скориставшись відповідним набором.

<sup>2</sup> У квадратних дужках показано молекули зі зруйнованими подвійними зв'язками.





Помістіть у три пробірки по гранулі поліетилену. В одну пробірку налейте 1 мл розчину натрій гідроксиду, в другу — стільки ж розбавленої сульфатної кислоти, а в третю — розчин калій перманганату. Чи відбуваються зміни у пробірках?

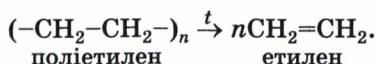
Запишіть спостереження і висновки.

Провівши дослід, ви з'ясували, що поліетилен легший за воду (він не тоне) й нерозчинний у ній. При нагріванні сполука плавиться з утворенням безбарвної рідини<sup>1</sup>.

Поліетилен хімічно інертний; він не взаємодіє з лугами, кислотами, не знебарвлює розчин калій перманганату, а також бромну воду. Як і багато інших органічних речовин, ця сполука горить на повітрі.

Поліетилен не розчиняється в органічних розчинниках. Тому для їх зберігання і транспортування використовують поліетиленову тару.

Вироби з поліетилену є морозостійкими, але не витримують нагрівання вище 60—100 °С. За високої температури сполука розкладається з утворенням етилену:

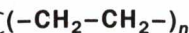
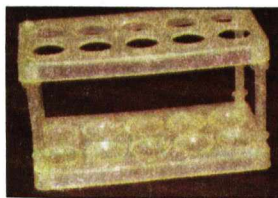


**Застосування поліетилену.** Поліетилен є найважливішим полімерним матеріалом. Виробами з нього ми постійно користуємося в повсякденному житті. Це — пакети, пакувальна плівка для харчових продуктів, різні резервуари, іграшки тощо (схема 3). Оскільки поліетиленова плівка добре пропускає світло, нею вкривають теплиці для вирощування ранніх овочів, квітів, тропічних рослин. Цей полімер використовують для виробництва тари, труб, конструкційних деталей, медичного устаткування тощо, а також як електроізоляційний матеріал, антикорозійне покриття.

Поліетилен — нетоксична речовина.

<sup>1</sup> Поліетилен не має певної температури плавлення. Залежно від умов утворення він плавиться в інтервалі температур 103—110 °С або 124—137 °С.

## Застосування поліетилену



## ВИСНОВКИ

Молекули етилену за певних умов можуть сполучатися одна з одною. Продуктом такої взаємодії є поліетилен. Перетворення етилену на поліетилен — приклад реакції полімеризації. Ця реакція відбувається за рахунок руйнування подвійних зв'язків між атомами Карбону.

Сполуки, молекули яких складаються із великої кількості однакових груп атомів, називають полімерами.

Поліетилен — один із найважливіших полімерів. Він не розчиняється у воді, є хімічно інертним. Із поліетилену виготовляють плівку, тару, різноманітні вироби.

?

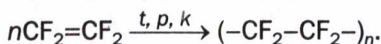
191. Що таке полімер, реакція полімеризації?
192. Укажіть правильне закінчення речення «На кінцях молекул поліетилену розміщені групи атомів...»:
- $\text{CH}$ ;
  - $\text{CH}_2$ ;
  - $\text{CH}_3$ .

193. Поясніть, чому поліетилен, на відміну від етилену, є хімічно інертним.
194. Одна з молекул у зразку поліетилену важча за молекулу води в 700 разів. Обчисліть значення  $n$  для формули цієї молекули.
195. Який об'єм етилену утворюється (в перерахунку на нормальні умови) у результаті термічного розкладу 3,5 г поліетилену?

для допитливих

## Тефлон

Останнім часом поширюється застосування полімеру, що є похідним поліетилену; в його молекулах замість атомів Гідрогену містяться атоми Флуору. Цей полімер має формулу  $(-CF_2-CF_2-)_n$ . Його назва — тефлон. Сполука утворюється в результаті реакції полімеризації:



Тефлон зовні нагадує поліетилен. Він має високу хімічну і термічну стійкість, не горить, не руйнується навіть концентрованими кислотами, не розчиняється й не набухає в жодному розчиннику. Вироби з тефлону можна використовувати в інтервалі температур від  $-260$  до  $+260$  °С.

Тефлон є основою хімічно і термічно стійких пластмас. Його використовують у протезуванні, для покриття поверхні посуду, призначеного для нагрівання (мал. 63). Із тефлону виготовляють деталі, різне обладнання для хімічної промисловості.

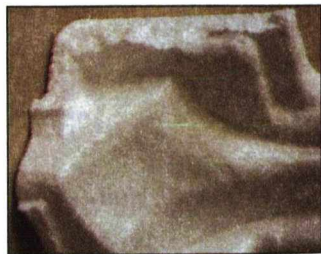


**Мал. 63.**  
Посуд із тефлоновим покриттям

## Пластмаси

Багато полімерів становлять основу пластмас — матеріалів, здатних під впливом температури і тиску набувати певної форми і зберігати її.

Пластмаси, крім полімерів, містять різні добавки, які покращують їхні властивості, надають певного забарвлення, підвищують стійкість до хімічно агресивних речовин і зміни зовнішніх умов. Добавками слугують подрібнена деревина, крейда, графіт, папір, різні волокна. Полімери в таких пластмасах є зв'язувальними компонентами. Деякі добавки роблять пластмаси еластичними. Якщо до



мономера додати сполуку, яка при нагріванні розкладається з виділенням газу, то після здійснення реакції полімеризації отримаємо матеріал, схожий на застиглу піну. Його називають пінопластом (мал. 64).

**Мал. 64.**  
Пінопласт

## 22 Ацетилен

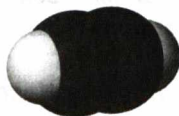
**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- зрозуміти будову молекули ацетилену;
- з'ясувати властивості ацетилену;
- дізнатися про застосування ацетилену.

Найпростішим ненасиченим вуглеводнем з потрібним зв'язком у молекулі є *ацетилен*  $C_2H_2$ . Електронна і структурна формули молекули ацетилену —



**а**



**б**

**Мал. 65.**

Моделі молекули ацетилену:

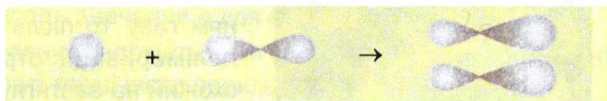
**а** — кулестержнева;  
**б** — масштабна

Цей вуглеводень має ще й іншу назву — *етин*. Вона відрізняється від назв вуглеводнів  $CH_3-CH_3$  (етан) і  $CH_2=CH_2$  (етен) суфіксом (-ин).

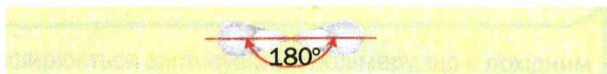
**Будова молекули.** Моделі молекули ацетилену подано на малюнку 65. Згідно із ними центри всіх атомів у цій молекулі перебувають на одній прямій.

У молекулі ацетилену кожний атом Карбону сполучений із двома атомами — іншим атомом Карбону й атомом Гідрогену. Тому із його чотирьох неспарених електронів тільки два (*s*- і *p*-електрон) утворюють  $\sigma$ -зв'язки.

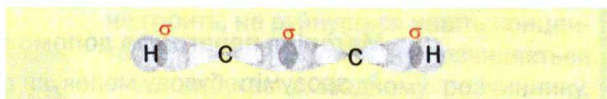
Орбіталі, у яких перебувають ці електрони, змінюють свою форму і стають однаковими:



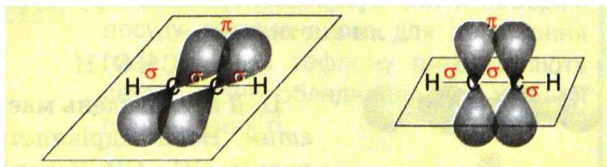
Їхні вісі розміщуються на одній лінії (кут між ними становить  $180^\circ$ ):



Одна зі змінених орбіталей кожного атома Карбону перекривається із такою самою орбіталлю іншого атома Карбону, а друга — зі сферичною орбіталлю атома Гідрогену. Центри всіх атомів молекули  $C_2H_2$  перебувають на прямій лінії:



Два р-електрони кожного атома Карбону, що залишилися, беруть участь в утворенні двох  $\pi$ -зв'язків. Орбіталі цих електронів, розміщені паралельно, перекриваються:



Отже, в молекулі ацетилену утворюється потрійний зв'язок. Він складається з одного  $\sigma$ -зв'язку та двох  $\pi$ -зв'язків.

Наявність двох  $\pi$ -зв'язків між атомами Карбону призводить до зменшення відстані між їхніми центрами. У молекулі ацетилену  $CH\equiv CH$  ця відстань становить  $0,120$  нм. Тому в масштабній моделі цієї молекули атоми Карбону більшою мірою «заходять» один в одного (мал. 65, б), ніж в аналогічній моделі молекули етилену (мал. 59, б).



## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 18

### Виготовлення кулестержневої моделі молекули ацетилену

Знайдіть у наборі для складання моделей молекул дві однакові кўльки одного кольору для атомів Гідрогену і дві більші кўльки іншого кольору для атомів Карбону, а також стержні або трубочки.

Зберіть кулестержневу модель молекули ацетилену.

**Фізичні властивості.** За звичайних умов чистий ацетилен — безбарвний газ, що майже не має запаху. Неприємний запах технічного ацетилену, який використовують при зварюванні металів, зумовлений домішками. Ацетилен трохи легший за повітря, майже не розчиняється у воді. При температурі  $-84\text{ }^{\circ}\text{C}$  за нормального тиску цей газ перетворюється на рідину.

**Хімічні властивості.** Ацетилен, будучи ненасиченим вуглеводнем, вступає в реакції приєднання з галогенами, воднем, деякими складними речовинами.

**Реакції приєднання.** Через наявність у молекулі ацетилену потрібного зв'язку реакції приєднання відбуваються у дві стадії. Спочатку молекула ацетилену приєднує одну молекулу реагенту (потрійний зв'язок між атомами Карбону перетворюється на подвійний), потім — другу (подвійний зв'язок перетворюється на простий).

Ацетилен, як і етилен, знебарвлює бромну воду:

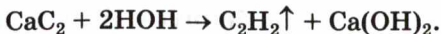


Аналогічно ацетилен взаємодіє при низькій температурі з хлором. За звичайних умов суміш цих газів вибухає, з'являється полум'я й утворюється чорний дим, що складається з дрібних часточок сажі:

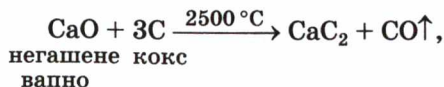




Інший спосіб добування ацетилену використовують для *технічних потреб* і в *хімічній лабораторії*. Він ґрунтується на реакції кальцій карбіду  $\text{CaC}_2$  з водою (мал. 66):



Оскільки для виробництва цієї сполуки Кальцію необхідно створити дуже високу температуру:



ацетилен, добутий із кальцій карбиду, є досить дорогим.

**Застосування.** Найбільше ацетилену витрачають на виробництво етилового спирту, оцтової кислоти, полімерів, органічних розчинників. Цей газ використовують для зварювання і різання металів. Ацетилен і кисень підводять у спеціальний пальник, а полум'я направляють на метал (мал. 67).

**Фізіологічна дія.** Чистий ацетилен є слаботоксичною речовиною. Значно більшу небезпеку для здоров'я становлять домішки у технічному ацетилені.



**Мал. 67.**  
Різнання металу за допомогою ацетиленового пальника

## ВИСНОВКИ

Ацетилен (етин)  $\text{C}_2\text{H}_2$  — найпростіший ненасичений вуглеводень із потрійним зв'язком у молекулі. Це безбарвний газ із ледь відчутним запахом, трохи легший за повітря, малорозчинний у воді.

Ацетилен — горюча сполука. Він вступає в реакції приєднання з галогенами, воднем, деякими складними речовинами. Ці реакції відбуваються в дві стадії. Спочатку молекула ацетилену приєднує одну молекулу реагенту, потім — другу.

Для добування ацетилену здійснюють термічний розклад природного газу (метану) або реакцію кальцій карбід з водою.

Ацетилен використовують як сировину для виробництва різних органічних речовин, а також для зварювання і різання металів.



196. Охарактеризуйте будову молекули ацетилену.
197. Порівняйте етилен і ацетилен за хімічними властивостями.
198. Ацетилен можна добути дією хлоридної кислоти на кальцій карбід  $\text{CaC}_2$ . Запишіть відповідне хімічне рівняння.
199. Напишіть хімічні рівняння, які відповідають таким перетворенням:
  - а)  $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{CH}\equiv\text{CH} \rightarrow \text{CHCl}=\text{CHCl} \rightarrow \text{CHCl}_2-\text{CHCl}_2$ ;
  - б)  $\text{CH}\equiv\text{CH} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHBr} \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CHBr}_2$ .
200. Знайдіть масову частку Карбону в ацетилені.
201. Обчисліть масу 1 л ацетилену за нормальних умов.
202. Який об'єм хлороводню (н. у.) прореагує з ацетиленом з утворенням 1 кг хлороетену?
203. Яку масу технічного кальцій карбід з масовою часткою  $\text{CaC}_2$  80 % необхідно взяти, щоб добути 2,8 м<sup>3</sup> ацетилену (н. у.)?
204. При спалюванні 0,1 моль вуглеводню утворилося 0,2 моль вуглекислого газу і 1,8 г води. Яка формула вуглеводню? (Спробуйте розв'язати задачу усно.)

НА ДОЗВІЛІ

### Виготовлення масштабної моделі молекули ацетилену<sup>1</sup>

Зліпіть із пластиліну дві однакові к'юльки одного кольору для атомів Гідрогену і дві більші к'юльки іншого кольору для атомів Карбону. Зробіть палички (із сірників) для з'єднання кульок.

Виготовте масштабну модель молекули ацетилену.

<sup>1</sup> Учитель може запропонувати зібрати модель молекули під час уроку, скориставшись відповідним набором.

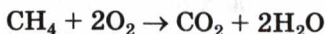
Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати, чому об'єми газів, що беруть участь у реакції, співвідносяться як невеликі цілі числа;
- визначати співвідношення об'ємів газів за хімічними рівняннями.

**Закон об'ємних співвідношень.** Найважливіші вуглеводні — метан, етан, етилен, ацетилен та інші — перебувають за звичайних умов у газуватому стані. Гази відрізняються від рідин і твердих речовин тим, що відстані між їхніми частинками (молекулами, а у випадку інертних газів — атомами) дуже великі. Завдяки цьому порції різних газів, що містять однакову кількість молекул, займають однаковий об'єм (за одних і тих самих температури й тиску). Це засвідчує закон Авогадро, з яким ви ознайомились у 8 класі. Згідно з ним 1 л метану  $\text{CH}_4$  містить стільки молекул, скільки й 1 л етилену  $\text{C}_2\text{H}_4$  чи 1 л ацетилену  $\text{C}_2\text{H}_2$ . У 2 л метану (етилену, ацетилену) кількість молекул удвічі більша, у 3 л — утричі більша і т. д.

Розглянемо деякі реакції, які відбуваються за участю газів.

При згорянні метану



кожна його молекула взаємодіє з двома молекулами кисню. На підставі закону Авогадро можна стверджувати, що певний об'єм метану має реагувати з удвічі більшим об'ємом кисню (наприклад, 1 л  $\text{CH}_4$  — із 2 л  $\text{O}_2$ ).

Метан за високої температури розкладається на ацетилен і водень:



Згідно з хімічним рівнянням, із кожних двох молекул метану утворюються одна молекула

ацетилену і три молекули водню. Звідси співвідношення об'ємів цих газів має бути таким:

$$V(\text{CH}_4) : V(\text{C}_2\text{H}_2) : V(\text{H}_2) = 2 : 1 : 3.$$

Аналізуючи результати дослідів із газами, французький учений Ж. Гей-Люссак сформулював у 1808 р. закон об'ємних співвідношень:

**об'єми газів, що вступають у реакцію й утворюються внаслідок реакції, співвідносяться як невеликі цілі числа.**

Згодом з'ясувалося, що ці числа є відповідними коефіцієнтами в хімічних рівняннях.

Закон Гей-Люссака поширюється на всі речовини, що перебувають у газоподібному стані, — органічні й неорганічні.

- Складіть рівняння реакції водню з азотом, у результаті якої утворюється газ аміак  $\text{NH}_3$ , і запишіть співвідношення об'ємів реагентів і продукту реакції.

Звертаємо вашу увагу на реакції між газами, під час яких утворюється вода. Ця речовина, наприклад, є одним із продуктів горіння будь-якого вуглеводню. При утворенні водяної пари закон об'ємних співвідношень газів поширюється і на неї. Якщо ж відбувається конденсація пари, то об'єм речовини зменшується приблизно в тисячу разів. У цьому разі закон Гей-Люссака щодо води не діє (як і щодо інших рідких і твердих речовин).

**Розв'язування задач.** Розглянемо, як розв'язують задачі з використанням закону об'ємних співвідношень.

**ЗАДАЧА 1.** Який об'єм водню необхідний для повного перетворення 0,8 л ацетилену на етан?

Дано:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,8 \text{ л}$$

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

Розв'язання

1. Складаємо рівняння реакції:



2. Розраховуємо об'єм водню, що вступить у реакцію.

Згідно з хімічним рівнянням і законом Гей-Люссака, кожний об'єм ацетилену реагує з удвічі більшим об'ємом водню.

Міркуємо так:

1 л ацетилену реагує з 2 л водню,  
0,8 л ацетилену — з  $x$  л водню.

Звідси

$$x = V(\text{H}_2) = 1,6 \text{ (л)}.$$

**Відповідь:**  $V(\text{H}_2) = 1,6 \text{ л}$ .

**ЗАДАЧА 2.** Змішали 100 мл ацетилену і 400 мл кисню. Суміш газів підпалили. Чи залишиться після реакції один із реагентів? У разі позитивної відповіді обчислити об'єм залишку цієї речовини, вважаючи, що температура і тиск до і після реакції були однаковими.

**Дано:**

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 100 \text{ мл}$$

$$V(\text{O}_2) = 400 \text{ мл}$$

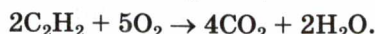
Залишок

реагенту — ?

$V(\text{залишку})$  — ?

**Розв'язання**

1. Складаємо рівняння реакції:



2. Згідно із законом Гей-Люссака, співвідношення газів, що реагують, таке:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) : V(\text{O}_2) = 2 : 5 = 1 : 2,5.$$

За умовою задачі гази взято в іншому співвідношенні:

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) : V(\text{O}_2) = 100 : 400 = 1 : 4.$$

Звідси випливає, що кисень був у надлишку і частина його залишиться після реакції.

3. Визначаємо, який об'єм кисню прореагує зі 100 мл ацетилену.

За законом об'ємних співвідношень,

із кожними 2 мл  $\text{C}_2\text{H}_2$  взаємодіють 5 мл  $\text{O}_2$ ,

зі 100 мл  $\text{C}_2\text{H}_2$  —  $x$  мл  $\text{O}_2$ ;

$$x = V(\text{O}_2, \text{ прореаг.}) = 250 \text{ мл}.$$

4. Обчислюємо об'єм кисню, що залишиться після реакції:

$$V(\text{O}_2, \text{ залишок}) = V(\text{O}_2, \text{ початк.}) -$$

$$- V(\text{O}_2, \text{ прореаг.}) = 400 - 250 = 150 \text{ (мл)}.$$

**Відповідь:**  $V(\text{O}_2, \text{ залишок}) = 150 \text{ мл}$ .

**ЗАДАЧА 3.** Знайти формулу газуватого вуглеводню, якщо при повному згорянні 100 мл цієї сполуки утворюється 300 мл вуглекислого газу.

слога газу і 400 мл водяної пари (об'єми відповідають однаковим умовам).

Дано:

$$V(C_xH_y) = 100 \text{ мл}$$

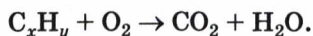
$$V(CO_2) = 300 \text{ мл}$$

$$V(H_2O, \text{ пара}) = 400 \text{ мл}$$

$$C_xH_y - ?$$

Розв'язання

1. Записуємо схему хімічної реакції:



Як бачимо, при згорянні вуглеводню  $C_xH_y$  усі атоми Карбону «переходять» у молекули вуглекислого газу, а атоми Гідрогену — у молекули води.

2. Знаходимо співвідношення об'ємів вуглеводню, вуглекислого газу і водяної пари за умовою задачі:

$$V(C_xH_y) : V(CO_2) : V(H_2O, \text{ пара}) = 100 : 300 : 400 = 1 : 3 : 4.$$

Числа 1, 3 і 4 є відповідними коефіцієнтами в хімічному рівнянні.

Записуємо їх (крім одиниці) перед формулами речовин:



Звідси  $x = 3$ ;  $y = 8$ , а формула вуглеводню —  $C_3H_8$ .

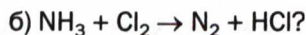
Відповідь: формула вуглеводню —  $C_3H_8$ .

## ВИСНОВКИ

Об'єми газів, що вступають у реакцію й утворюються внаслідок реакції, співвідносяться як невеликі цілі числа (закон об'ємних співвідношень газів Гей-Люссака). Ці числа є відповідними коефіцієнтами у хімічному рівнянні.



205. Збільшується, зменшується чи залишається постійним сумарний об'єм речовин у результаті таких перетворень (усі реагенти і продукти є газами):



206. Який об'єм кисню витрачається на згорання 2 л етилену?

207. Чи вистачить 2 л хлору для повного хлорування 0,6 л метану?
208. За нормальних умов змішали 1 л етану і 5 л кисню. Суміш газів підпалили. Які гази було виявлено після реакції і приведення умов до початкових? Обчисліть об'єм кожного із цих газів.
209. Після реакції у 40 мл суміші кисню і водню залишилося 10 мл кисню. Які об'єми кисню і водню були до реакції?
210. У якому об'ємному співвідношенні потрібно змішати сірководень і повітря, щоб кожної речовини було достатньо для перебігу реакції  $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ?
211. Під час згоряння в кисні одного об'єму вуглеводню утворюються два об'єми вуглекислого газу і один об'єм водяної пари. Знайдіть формулу вуглеводню. (Усно.)
212. При повному згорянні 10 мл газуватого вуглеводню утворилося 40 мл вуглекислого газу і 50 мл водяної пари. Об'єми газів виміряні за однакових умов. Виведіть формулу вуглеводню. (Усно.)
213. Яка формула газуватого вуглеводню, якщо внаслідок його спалювання утворюється вдвічі більший об'єм вуглекислого газу, а густина вуглеводню за нормальних умов становить 1,34 г/л?

## Оксигеновмісні органічні сполуки

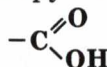
Багато органічних сполук містить у своїх молекулах крім атомів Карбону та Гідрогену ще й атоми Оксигену. Серед них — етиловий спирт, цукор, крохмаль, оцтова і лимонна кислоти, жири, деякі вітаміни. Оксигеновмісні органічні сполуки поділяють на класи — клас спиртів, клас карбонових кислот та ін. Спільною ознакою для сполук кожного класу є наявність у їхніх молекулах певної групи атомів.

**Групу атомів, яка зумовлює характерні хімічні властивості сполук даного класу, називають функціональною групою.**

Приклади функціональних груп та їхні назви:



гідроксильна



карбоксильна

Функціональні групи в хімічних формулах сполук записують окремо від «вуглеводневої»

частини молекули:  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (формули  $\text{CH}_4\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  не використовують).

Частину молекули (групу атомів Карбону й Гідрогену), з якою сполучена функціональна група, називають *вуглеводневим залишком*. Ним у наведених вище формулах є група атомів  $\text{CH}_3$ .

У 9 класі ви ознайомитесь із такими оксигеновмісними органічними сполуками: найважливішими спиртами, карбоновими кислотами, жирами і вуглеводами.

# 24

## Спирти. Метанол і етанол

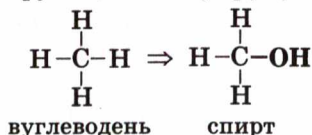
**Матеріал параграфу допоможе вам:**

- дізнатися, які сполуки називають спиртами;
- зрозуміти особливості будови молекули спирту;
- з'ясувати властивості метанолу й етанолу;
- скласти уявлення про сфери застосування метанолу й етанолу;
- усвідомити шкідливу дію спиртів на організм.

**Спирти.** За традицією оксигеновмісні органічні сполуки починають вивчати зі спиртів.

**Спирти — це похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на гідроксильні групи.**

Приклад заміщення атома Гідрогену на  $\text{OH}$ -групу — функціональну групу класу спиртів:



Якщо молекула спирту містить одну гідроксильну групу, то такий спирт називають *одноатомним*. У молекулах *двохатомних спиртів* містяться дві  $\text{OH}$ -групи, *трьохатомних* — три і т. д.

**Одноатомні  
спирти  
 $\text{R}-\text{OH}$**





а



б

Мал. 68.

Масштабні моделі молекул: а — метанолу; б — етанолу. Білі кульки — атоми Гідрогену, чорні — атоми Карбону, червоні — атоми Оксигену

Залежно від наявності в карбоновому ланцюзі кратних зв'язків розрізняють *насичені й ненасичені спирти*.

Позначивши вуглеводневий залишок літерою *R*, запишемо загальну формулу одноатомних спиртів:  $R-OH$ .

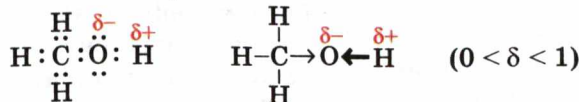
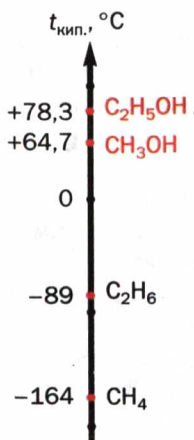
Якщо замінити атом Гідрогену у загальній формулі алканів на  $OH$ -групу, то отримаємо загальну формулу насичених одноатомних спиртів —  $C_nH_{2n+1}OH$  ( $n = 1, 2, \dots$ ).

**Метанол і етанол.** Найпростішим насиченим одноатомним спиртом є метанол, або метиловий спирт,  $CH_3OH$  (мал. 68, а). Спирт із двома атомами Карбону й однією групою  $OH$  у молекулі має формулу  $C_2H_5OH$ . Його назва — етанол, або етиловий спирт (мал. 68, б).

**Будова молекули спирту.** Молекула одноатомного спирту складається із двох частин — вуглеводневого залишку та гідроксильної групи.

Атом Оксигену як найбільш електронегативний серед усіх атомів молекули спирту зміщує у свій бік спільні електронні пари від обох сусідніх атомів ( $C \rightarrow O \leftarrow H$ ), причому найбільше — від атома Гідрогену. Внаслідок цього на атомі Оксигену виникає невеликий негативний заряд, а на атомі Гідрогену — позитивний заряд. Зв'язок  $O-H$  стає досить полярним.

Наводимо електронну формулу молекули метанолу, а також її структурну формулу, в якій показано зміщення спільних електронних пар до атома Оксигену:



**Фізичні властивості.** За звичайних умов метанол і етанол — безбарвні рідини із характерним «спиртовим» запахом. Температури кипіння цих сполук набагато вищі, ніж відповідних алканів (мал. 69).

Велика різниця температур кипіння вуглеводню і спирту зумовлена тим, що у спирті існу-

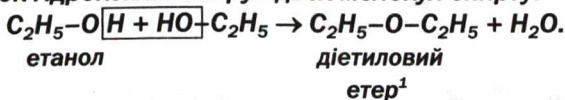
Мал. 69. Температури кипіння<sup>1</sup> деяких спиртів і алканів

<sup>1</sup> За нормального тиску.

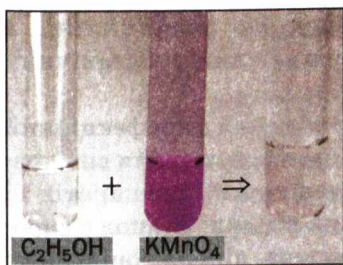


Аналогічна реакція з метиловим спиртом не відбувається.

**Можливий інший варіант дегідратації спирту — відщеплення кожної молекули води за рахунок гідроксильних груп двох молекул спирту:**



**Реакція відбувається при температурі 140—160 °С й наявності незначної кількості концентрованої сульфатної кислоти.**



**Мал. 72.**

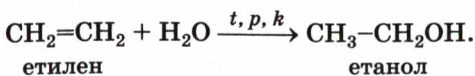
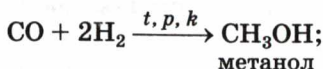
Окиснення етанолу калій перманганатом (за наявності сульфатної кислоти)

**Окиснення.** Якщо додати спирт до підкисленого сульфатною кислотою фіолетового розчину калій перманганату, то забарвлення поступово зникає (мал. 72). У цій реакції спирт є відновником і окиснюється.

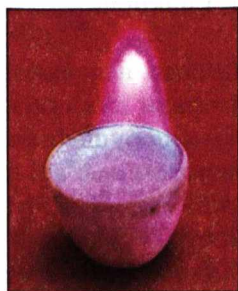
Повне окиснення спирту відбувається, якщо його підпалити на повітрі. Продукти цієї реакції — вуглекислий газ і водяна пара (мал. 73).

- ▶ Напишіть рівняння реакції горіння етанолу.

**Добування спиртів.** У промисловості метанол і етанол добувають у великих кількостях, здійснюючи такі реакції:



Для добування етанолу використовують також біохімічний метод. Він ґрунтується на хімічному перетворенні глюкози, цукру або крохмалю за участю ферментів дріжджів. Відповідний процес називають бродінням (§ 29). Так ще в давнину виготовляли вино із виноградного соку.



**Мал. 73.**

Горіння етанолу

<sup>1</sup> Раніше такі сполуки називали простими ефірами.



**Мал. 74.**  
Аптечна пляшечка  
з етиловим спиртом

Більша частина етилового спирту, що випускає промисловість, містить невелику кількість води ( $w(\text{H}_2\text{O}) = 4\%$ ). Назва цього продукту — спирт-ректифікат.

**Виявити воду в спирті можна, додавши кілька його крапель до білого порошку безводного купрум(II) сульфату  $\text{CuSO}_4$ . Унаслідок взаємодії цієї солі з водою утворюється кристалогідрат  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  і з'являється блакитне забарвлення.**

**Застосування.** Метанол і етанол використовують насамперед як розчинники, а також для добування важливих органічних сполук.

Етиловий спирт — відомий дезінфекційний засіб (мал. 74). Його застосовують для виготовлення розчинів медичних препаратів і екстрактів лікарських рослин. Етанол є сировиною для виробництва лікоро-горілчаних напоїв. Суміш бензину з етанолом іноді слугує паливом для міського транспорту (наприклад, у Бразилії). Двигун, який працює на такому пальному (мал. 75), викидає в повітря значно менше шкідливих речовин, ніж бензиновий. Оскільки спирт для пального можна виробляти із зеленої маси рослин і деревини, то це дає змогу зменшити кількість нафти, яку переробляють на бензин, і використати її як цінну хімічну сировину.

**Фізіологічна дія.** Потраплення невеликої кількості етилового спирту в організм викликає сп'яніння. Цей стан відзначається порушенням мовлення і координації рухів, втратою пам'яті й контролю за своїми діями, запамороченням. Значні дози алкоголю спричиняють отруєння. У людей, які постійно вживають алкогольні напої, виникає хронічне захворювання — алкоголізм. Його наслідками є підвищений тиск, ураження нервової та серцево-судинної систем, печінки, підшлункової залози. (Так само діє етанол на організми тварин.)



**Мал. 75.**  
Заправка  
автомобіля  
«спиртовим»  
паливом

Метанол — отруйна сполука. Потрапляння в організм людини 25 г метанолу викликає смерть, а менша кількість — сліпоту.

## ВИСНОВКИ

Спирти — похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на гідроксильні групи. За кількістю цих груп у молекулі розрізняють одноатомні, двоатомні, трьохатомні спирти.

Загальна формула насичених одноатомних спиртів —  $C_nH_{2n+1}OH$ .

Найважливіші спирти — метанол  $CH_3OH$  і етанол  $C_2H_5OH$ . Це — безбарвні рідини з характерним запахом.

Метанол і етанол — горючі речовини. Вони реагують із лужними металами, при нагріванні відщеплюють воду.

Промисловість випускає метанол і етанол у великій кількості. Ці сполуки використовують у хімічній промисловості як розчинники, а етанол — ще й у медицині, для виготовлення лікєро-горілчаних напоїв, іноді — як компонент пального у двигунах внутрішнього згорання.

Етанол, потрапляючи в організм, викликає сп'яніння. При постійному вживанні спиртних напоїв у людини виникає алкогольна залежність.

Метанол — надзвичайно отруйна речовина.



214. Які органічні сполуки називають спиртами? Який склад молекул насичених одноатомних спиртів?
215. Запишіть електронну і структурну формули молекули етанолу, позначивши в другій формулі зміщення спільних електронних пар і невеликі заряди на атомах Оксигену й Гідрогену гідроксильної групи.
216. Як і чому впливає водневий зв'язок на фізичні властивості спиртів?

217. Допишіть схеми реакцій і перетворіть їх на хімічні рівняння:  
 а)  $\text{CH}_3\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \dots$ ;                      б)  $\text{CH}_3\text{OH} + \text{Li} \rightarrow \dots$ .
218. Напишіть рівняння реакції горіння одноатомних насичених спиртів, використавши їх загальну формулу.
219. Чому метанол і етанол, маючи в молекулах гідроксильні групи, не виявляють основних властивостей, як, наприклад, натрій гідроксид?
220. Які маси етанолу й натрію прореагували, якщо виділилося 224 мл водню (н. у.)?
221. Виведіть формулу одноатомного насиченого спирту, якщо масова частка Оксигену у ньому становить: а) 50 %; б) 26,7 %.
222. Змішали однакові кількості речовини метанолу й етанолу. Обчисліть масові частки спиртів у суміші.
223. Складіть термохімічне рівняння реакції горіння етанолу, якщо при згорянні 9,2 г цього спирту виділяється 27,42 кДж теплоти.

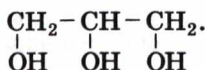
## 25 Гліцерин

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

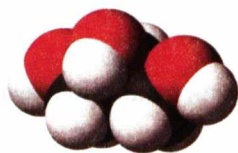
- з'ясувати властивості гліцерину;
- дізнатися про сфери застосування гліцерину.

Найпростішим трьохатомним спиртом є *гліцерин*<sup>1</sup>  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$  (мал. 76). Інша назва сполуки — *гліцерол*. У природі цього спирту немає, але його похідні — жири — дуже поширені в рослинному і тваринному світі.

Структурна формула молекули гліцерину —



**Фізичні властивості.** Гліцерин — безбарвна в'язка рідина без запаху, солодка на смак. Сполука трохи важча за воду, змішується з нею в будь-яких співвідношеннях з утворен-



**Мал. 76.**  
Масштабна модель молекули гліцерину

<sup>1</sup> Назва походить від грецького слова *glykeros* — солодкий.

ням розчину. Гліцерин може вбирати вологу (до 40 % від своєї маси). Таку властивість речовини називають гігроскопічністю<sup>1</sup>.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 19

### Розчинність гліцерину у воді

У пробірку налейте 0,5 мл гліцерину і додайте до нього такий самий об'єм води. Перемішайте суміш скляною паличкою. Чи розчиняється гліцерин у воді?

Вміст пробірки збережіть для наступних дослідів.

Гліцерин  $C_3H_5(OH)_3$  кипить, розкладаючись, при  $+290\text{ }^\circ\text{C}$ , тобто при вищій температурі, ніж одноатомний спирт із такою самою кількістю атомів Карбону в молекулі —  $C_3H_7OH$  (т. кип.  $+97\text{ }^\circ\text{C}$ ). Це й зрозуміло, бо водневих зв'язків у трьохатомному спирті значно більше: кожна його молекула містить три ОН-групи.

**Хімічні властивості.** Гліцерин реагує не тільки з активними металами, а й з деякими нерозчинними основами. Отже, він більше нагадує кислоту, ніж метанол чи етанол. Проте водний розчин гліцерину також не змінює забарвлення індикаторів.

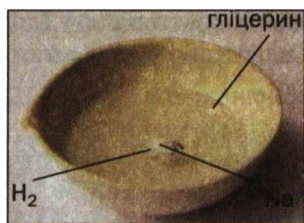
## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 20

### Випробування водного розчину гліцерину індикатором

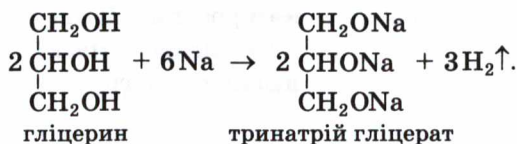
За допомогою скляної палички перенесіть краплю водного розчину гліцерину, приготовленого в попередньому досліді, на смужку універсального індикаторного папірця. Що спостерігаєте? Чи містяться у водному розчині гліцерину йони  $H^+$ ,  $OH^-$ ?

**Реакції з металами.** Гліцерин взаємодіє з лужними металами (мал. 77):

<sup>1</sup> Термін походить від грецьких слів *hygros* — вологий, *skoreō* — спостерігаю.



**Мал. 77.**  
Реакція натрію  
із гліцерином



Перед здійсненням відповідного досліду гліцерин необхідно підігріти.

**Реакції з нерозчинними основами.** Гліцерин, на відміну від одноатомних спиртів, вступає в реакції з деякими нерозчинними основами.

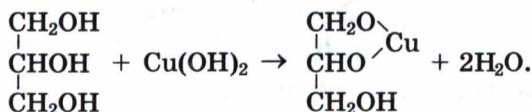
## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 21

### Реакція гліцерину з купрум(II) гідроксидом

У пробірку налейте 2 мл розчину лугу, додайте кілька крапель розчину купрум(II) сульфату і суміш перемішайте скляною паличкою. Осад якої сполуки утворився?

Добуту суміш із осадом додайте в пробірку з розчином гліцерину (із попереднього досліду). Вміст пробірки перемішайте. Що спостерігаєте?

Купрум(II) гідроксид, взаємодіючи з гліцерином у лужному середовищі, розчиняється, й утворюється темно-синій розчин солеподібної сполуки. Спрощений варіант хімічного рівняння:



**Горіння.** При підпалюванні на повітрі гліцерин горить з утворенням вуглекислого газу і водяної пари.

► Напишіть рівняння відповідної реакції.

**Добування.** Гліцерин виробляють у промисловості переважно із жирів (§ 28). Цю сполуку було вперше добуто у 1779 р.



**Застосування.** Гліцерин є компонентом мила, зубних паст, косметичних засобів, лікарських препаратів (мал. 78). Завдяки високій гігроскопічності він запобігає пересиханню шкіри. Гліцерин додають у деякі харчові продукти для надання їм солодкого смаку.

**Мал. 78.**  
Застосування гліцерину:  
а — у косметичних засобах;  
б — у лікарських препаратах



У значній кількості гліцерин використовують для виробництва нітрогліцерину — однієї з найсильніших вибухових речовин, сировини для виготовлення пороху й динаміту. Нітрогліцерин у великих дозах отруйний. Проте його 1 %-й спиртовий розчин застосовують як судинорозширювальний засіб (мал. 79).

**Мал. 79.**  
Капсули з розчином нітрогліцерину



## ВИСНОВКИ

Гліцерин  $C_3H_5(OH)_3$  — найпростіший трьохатомний спирт. Це безбарвна в'язка рідина із солодким смаком, яка не має запаху.

Гліцерин взаємодіє з лужними металами, деякими нерозчинними основами, горить на повітрі.

Гліцерин добувають із жирів. Його використовують у виробництві косметичних засобів, лікарських препаратів, нітрогліцерину, іноді — у харчовій промисловості.



224. До якої групи спиртів належить гліцерин?
225. Як можна пояснити високу в'язкість гліцерину?
226. Чому гліцерин необмежено розчиняється у воді?
227. Як можна відрізнити гліцерин від етанолу?
228. Яка маса натрію прореагувала з гліцерином, якщо виділилося 280 мл водню (н. у.)?
229. У результаті спалювання спирту утворилося 3 моль вуглекислого газу і 4 моль води. Назвіть цей спирт, якщо його молярна маса становить 92 г/моль.
230. Обчисліть масову частку гліцерину у водному розчині, якщо молекул води в ньому у 8 разів більше, ніж молекул гліцерину.

## 26

## Карбонові кислоти

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

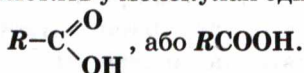
- вирізнити карбонові кислоти серед інших органічних сполук;
- дізнатися про поширеність карбонових кислот у природі.

У матеріалі цього та кількох наступних параграфів йтиметься про сполуки класу *карбонових кислот*. Ці сполуки відрізняються від спиртів наявністю в молекулах нової функціональної

групи — *карбоксильної*  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$ , або  $\text{COOH}$ .

**Похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька карбоксильних груп, називають карбоновими кислотами.**

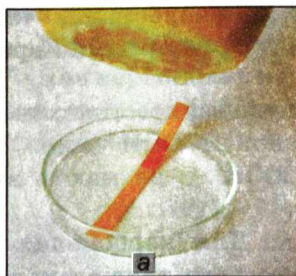
Загальна формула карбонових кислот, що містять у молекулах одну карбоксильну групу, —



**Поширеність у природі.** У рослинному світі трапляються різні карбонові кислоти. Тривіальні назви цих сполук здебільшого походять від назв рослин, у яких вони містяться (табл. 2, мал. 80, а). Карбонові кислоти виявлено і в організмах комах, ссавців, людини (табл. 2, мал. 80, б).

**Мал. 80.**

Виявлення кислот за допомогою універсального індикатора:  
а — у соку лимона;  
б — у виділеннях мурашок



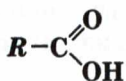
Таблиця 2

### Карбонові кислоти в природі

Кислота	Місцезнаходження
Мурашина	Залози мурашок, бджолина отрута, кропива
Оцтова	Сеча, піт, кисле молоко, деякі рослини
Масляна	Прогірккле вершкове масло
Валеріанова	Корінь валеріани
Капронова	Козячий жир
Олеїнова	Оливкова олія
Щавлева	Щавель, ревінь
Бурштинова	Бурштин, буре вугілля, деякі рослини
Молочна	Кисле молоко, сир, квашена капуста, силос; у м'язах (накопичується під час їх роботи)
Яблучна	Яблука, горобина, виноград
Лимонна	Цитрусові

**Класифікація.** Карбонові кислоти класифікують, враховуючи особливості складу та будови їхніх молекул.

#### Монокарбонові кислоти



За кількістю карбоксильних груп у молекулі кислоти поділяють на *монокарбонові* (молекули містять одну групу  $-COOH$ ), *дикарбонові* (дві групи  $-COOH$ ) і т. д.

Залежно від наявності кратних зв'язків у вуглеводневих залишках молекул розрізняють *насичені* й *ненасичені* кислоти.

Крім того, карбонові кислоти поділяють на *нижчі* (їхні молекули містять менше 10 атомів Карбону) і *вищі*.

Загальна формула насичених монокарбонових кислот —  $C_nH_{2n+1}COOH$ .

- Складіть структурні формули молекул насичених монокарбонових кислот із одним, двома і трьома атомами Карбону.

Молекули найпростіших за складом кислот — мурашиної  $HCOOH$  (мал. 81) та щавлевої  $HOOC-COOH$  — не мають вуглеводневих замішків.

**Назви.** Для карбонових кислот частіше використовують тривіальні назви:

$HCOOH$  — мурашина;

$CH_3COOH$  — оцтова<sup>1</sup>;

$CH_3CH_2COOH$  — пропіонова;

$CH_3CH_2CH_2COOH$  — масляна.

Серед вищих кислот найважливішими є насичені кислоти — пальмітинова  $C_{15}H_{31}COOH$  і стеаринова  $C_{17}H_{35}COOH$  (мал. 82), а також ненасичена — олеїнова  $C_{17}H_{33}COOH$ , або  $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$ . Раніше ці кислоти добували тільки з рослинних і тваринних жирів, тому їх ще називають *жирними кислотами*.

**Мал. 82.**  
Масштабна модель молекули вищої кислоти (стеаринової)



## ВИСНОВКИ

**Карбонові кислоти** — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька карбок-

<sup>1</sup> Для найпростіших карбонових кислот існують і латинські назви:  $HCOOH$  — форміатна кислота,  $CH_3COOH$  — ацетатна кислота.

сильних груп  $-\text{COOH}$ . За кількістю цих груп у молекулі сполуки розрізняють монокарбонові, дикарбонові кислоти тощо. Кислоти, які походять від насичених вуглеводнів, називають насиченими, а ті, що містять 10 і більше атомів Карбону в молекулах, — вищими.

Загальна формула насичених монокарбонових кислот —  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ .

Карбонові кислоти поширені в природі.

Для карбонових кислот частіше використовують тривіальні назви, пов'язані з природними джерелами сполук.



231. Які сполуки називають карбоновими кислотами? На які типи їх поділяють і за якими ознаками?
232. Випишіть із параграфу відомості про мурашину і оцтову кислоти і внесіть їх у таблицю:

Формула	Назва	Тип	Місцезнаходження

233. Знайдіть відповідність:

Загальна формула

- 1)  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$ ;
- 2)  $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}(\text{OH})_3$ ;
- 3)  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ ;

Тип сполуки

- а) монокарбонова кислота;
- б) одноатомний спирт;
- в) трьохатомний спирт.

Назвіть мінімально можливе значення індексу  $n$  для кожної загальної формули.

234. Знайдіть відповідність:

Назва кислоти

- 1) мурашина;
- 2) оцтова;
- 3) масляна;
- 4) олеїнова;
- 5) стеаринова;

Тип кислоти

- а) монокарбонова;
- б) насичена;
- в) ненасичена;
- г) вища.

235. Визначте формулу насиченої монокарбонової кислоти, молярна маса якої становить 60 г/моль.
236. Виведіть формулу насиченої монокарбонової кислоти, якщо масова частка Оксигену в ній становить: а) 69,6 %; б) 0,432.

237. Змішали однакові кількості речовини мурашиної кислоти, оцтової кислоти і води. Знайдіть масові частки кислот у розчині, що утворився.

## 27 Оцтова кислота

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- зрозуміти будову молекули оцтової кислоти;
- з'ясувати властивості оцтової кислоти;
- дізнатися про добування й застосування оцтової кислоти.

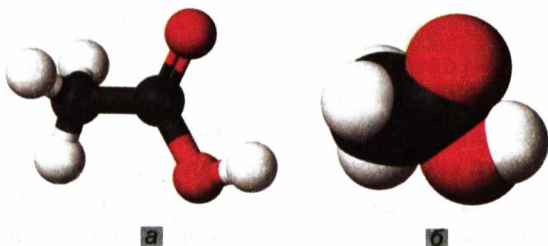
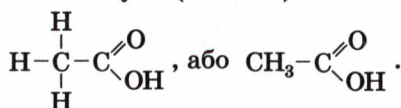


**Мал. 83.**  
Оцет

Водний розчин оцтової кислоти, відомий під назвою «оцет», виготовляли люди ще в давні часи. Нині промисловість випускає столовий оцет — розчин із масовою часткою кислоти 9 % (мал. 83). Його використовують у кожній родині для різних потреб.

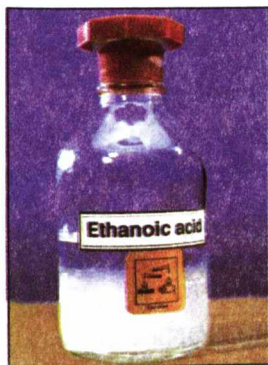
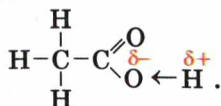
Крім назви «оцтова кислота» хіміки використовують і іншу — «етанова кислота». Вона вказує на те, що в молекулі цієї сполуки, як і в молекулі етану, є два атоми Карбону.

**Будова молекули.** Хімічна формула оцтової кислоти —  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , а структурна формула молекули (мал. 84) —



**Мал. 84.**  
Моделі молекули оцтової кислоти:  
а — кулестержнева;  
б — масштабна

У молекулі оцтової кислоти містяться вуглеводневий залишок  $-\text{CH}_3$  і карбоксильна група  $-\text{COOH}$ . Атом Оксигену, який сполучений з атомом Карбону подвійним зв'язком, спричиняє сильне зміщення спільної електронної пари в гідроксильній групі:



Мал. 85.

Пляшка із чистою оцтовою кислотою, яка зберігається в прохолодному приміщенні

Зв'язок  $\text{O}-\text{H}$  у молекулі оцтової кислоти є більш полярним, ніж у молекулах спиртів. Тому сполука виявляє у водному розчині кислотні властивості.

**Фізичні властивості.** За звичайних умов оцтова кислота є безбарвною рідиною з різким запахом. При зниженні температури до  $+16,7^\circ\text{C}$  вона кристалізується, немов замерзає (мал. 85). Тому чисту оцтову кислоту іноді називають льодяною. Температура кипіння сполуки становить  $+118,1^\circ\text{C}$ . Вона є вищою, ніж температура кипіння етанолу  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  ( $+78,3^\circ\text{C}$ ). Це зумовлено утворенням у кислоті більшої кількості водневих зв'язків (у її молекулі — два атоми Оксигену, тоді як у молекулі спирту — один).

Оцтова кислота змішується з водою в будь-яких співвідношеннях з утворенням розчину.

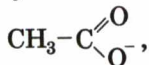
**Хімічні властивості.** Оцтова кислота, як і неорганічні кислоти, дисоціює у водному розчині на катіони Гідрогену та аніони кислотного залишку:

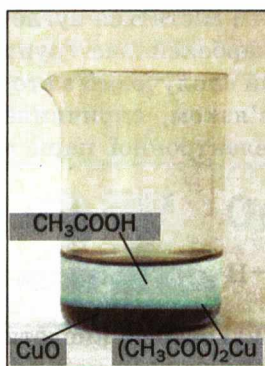


Цей процес відбувається внаслідок розриву ковалентних полярних зв'язків  $\text{O}-\text{H}$ . Утворювані катіони Гідрогену спричиняють зміну забарвлення індикатора.

Оцтова кислота є слабкою; в її розчині міститься значно більше молекул сполуки, ніж йонів.

Структурна формула аніона оцтової кислоти —



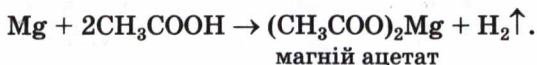


**Мал. 86.**  
Реакція оцтової  
кислоти з купрум(II)  
оксидом

а його назва — ацетат-іон. Солі оцтової кислоти називають *ацетатами*.

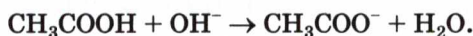
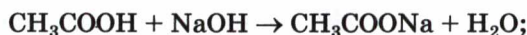
**Реакції з металами, оксидами, гідроксидами, солями.** Оцтова кислота взаємодіє з активними металами (із виділенням водню), основними й амфотерними оксидами (мал. 86), основами, амфотерними гідроксидами, деякими солями слабких кислот (наприклад, із карбонатами).

Наводимо рівняння реакції кислоти з металом:

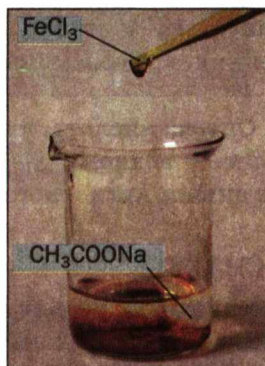


Зверніть увагу: у формулах солей органічних кислот спочатку записують аніони, а потім — катіони.

У йонно-молекулярних рівняннях оцто-ву кислоту як слабку подають у недисоційованій формі:



► Напишіть рівняння реакції оцтової кислоти із розчином калій карбонату в молекулярній та йонно-молекулярній формах.



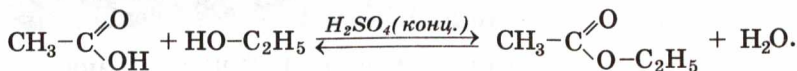
**Мал. 87.**  
Реакція солі  
Феруму(III)  
з натрій ацетатом

Ацетат-іони в розчині можна виявити, якщо додати до нього кілька крапель розчину, який містить катіони  $\text{Fe}^{3+}$ . Відбувається реакція, внаслідок якої рідина забарвлюється в темно-червоний колір (мал. 87).

**Реакції зі спиртами. Естери.** Оцтова кислота за наявності концентрованої сульфатної кислоти реагує з етиловим спиртом. Органічна сполука, яка утворюється при цьому, належить до класу естерів<sup>1</sup>:

<sup>1</sup> Ці сполуки раніше називали складними ефірами.



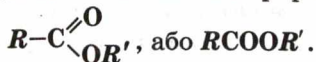


оцтова кислота    етиловий спирт                      етиловий естер оцтової кислоти



**Мал. 88.**  
Природні джерела естерів

*Естери є похідними карбонових кислот, у молекулах яких атом Гідрогену карбоксильної групи заміщений на вуглеводневий залишок. Загальна формула естерів —*

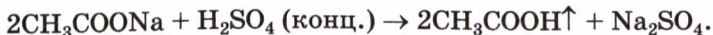


Реакції між спиртами і кислотами називають *реакціями естерифікації*. Вони є оборотними (§ 11). Для сприяння перебігу прямої реакції, тобто утворенню естеру, потрібно вилучати цю сполуку або воду із реакційної суміші (наприклад, відгонкою).

*Естери з невеликими молекулярними масами є безбарвними рідинами, здебільшого з приємним запахом. Вони нерозчинні у воді, але розчиняються в органічних розчинниках.*

*Естери зумовлюють запах багатьох квітів, фруктів, інших рослин (мал. 88). Чимало естерів є компонентами парфумів, косметичних засобів, деякі містяться в солодоцях і напоях.*

**Добування.** Оцтову кислоту добувають у лабораторії за реакцією обміну між її твердою сіллю і концентрованою сульфатною кислотою. Взаємодію сполук здійснюють при нагріванні; оцтова кислота виділяється у газуватому стані:



*Оцтова кислота утворюється при окисненні етилового спирту в його водному розчині киснем повітря за участю особливих бактерій. Реакція відбувається, якщо масова частка спирту в розчині не перевищує 10 %. Цей процес називають оцтовокислим бродінням. У такий спосіб (скисанням вина) у давнину виробляли оцет.*

**Застосування.** Оцтова кислота першою з карбонових кислот стала відомою людині. Її широко застосовують у хімічній і харчовій промисловості, домашньому господарстві.

Оцтова кислота  $\text{CH}_3\text{COOH}$  — найважливіша карбонова кислота. Це безбарвна рідина із різким запахом, яка змішується з водою в будь-якому співвідношенні з утворенням розчину.

Оцтова кислота є слабкою. Вона взаємодіє з металами з виділенням водню, основними й амфотерними оксидами, основами, амфотерними гідроксидами, деякими солями. Оцтова кислота реагує зі спиртами з утворенням естерів — сполук із загальною формулою  $\text{RCOOR}'$ .

Оцтову кислоту широко використовують у різних галузях, домашньому господарстві.



238. Поясніть, чому молекула оцтової кислоти дисоціює у водному розчині.
239. Напишіть рівняння реакцій і дайте назви їхнім продуктам:  
 а)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Li} \rightarrow \dots$ ;                      б)  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \dots$ ;  
     $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{ZnO} \rightarrow \dots$ ;                       $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{FeCO}_3 \rightarrow \dots$ .
240. Наведіть по два молекулярні рівняння, які відповідають таким йонно-молекулярним рівнянням:  
 а)  $\text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^- = \text{CH}_3\text{COOH}$ ;  
 б)  $\text{S}^{2-} + 2\text{CH}_3\text{COOH} = \text{H}_2\text{S} + 2\text{CH}_3\text{COO}^-$ .
241. Порівняйте етиловий спирт і оцтову кислоту за складом, будовою молекул, властивостями і заповніть таблицю:

	Етиловий спирт	Оцтова кислота
Хімічна формула		
Структурна формула молекули		
Фізичні властивості		
Хімічні властивості (рівняння реакцій)		

242. Що таке естери? Як можна добути такі сполуки?
243. Напишіть рівняння реакції оцтової кислоти з метиловим спиртом і прокоментуйте його.

244. Відносна формульна маса солі оцтової кислоти становить 142. Визначте формулу цієї солі й назвіть сполуку.
245. Обчисліть масу розчину калій гідроксиду з масовою часткою лугу 32 %, який витратили на нейтралізацію 50 г розчину оцтової кислоти з масовою часткою кислоти 12 %.
246. Які маси оцтової есенції і води потрібно взяти для приготування 400 г столового оцту — розчину оцтової кислоти з масовою часткою кислоти 9 %? Візьміть до уваги, що оцтова есенція є розчином, який містить 80 % оцтової кислоти за масою.
247. У результаті взаємодії 35 г суміші мурашиної та оцтової кислот із достатньою кількістю натрій карбонату виділилося 7,84 л газу (н. у.). Визначте масові частки кислот у суміші.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

### Властивості оцтової кислоти

#### ДОСЛІД 1

#### Дія оцтової кислоти на індикатор

Занурте скляну паличку в розчин оцтової кислоти, який міститься в пробірці, і нанесіть його краплю на універсальний індикаторний папірець<sup>1</sup>. Що спостерігаєте? Напишіть рівняння електrolітичної дисоціації оцтової кислоти.

#### ДОСЛІД 2

#### Реакція оцтової кислоти з металом

У пробірку обережно помістіть невелику гранулу цинку і налейте 1—2 мл розчину оцтової кислоти. Що відбувається? Якщо ознак реакції не помітите, вміст пробірки нагрійте, але не до кипіння.

#### ДОСЛІД 3

#### Реакція оцтової кислоти з основним (амфотерним) оксидом

У пробірку помістіть трохи порошку купрум(II) оксиду і налейте 1—2 мл розчину оцтової кислоти. Що спостерігаєте? Нагрійте вміст пробірки, але не до кипіння.

<sup>1</sup> Учитель може запропонувати інший індикатор.

#### ДОСЛІД 4

#### Реакція оцтової кислоти з лугом

У пробірку налейте 1 мл розчину оцтової кислоти і додайте до нього краплю розчину фенолфталеїну. Доливайте в пробірку по краплях розчин натрій гідроксиду. Зафіксуйте зовнішній ефект, який засвідчить, що кислота повністю прореагувала з лугом.

#### ДОСЛІД 5

#### Реакція оцтової кислоти з нерозчинною основою (або амфотерним гідроксидом)

У пробірку налейте 1—2 мл розчину лугу і додайте невелику кількість розчину купрум(II) сульфату. Що спостерігаєте?

Долейте до суміші з осадом 2 мл розчину оцтової кислоти. Що відбувається в пробірці?

#### ДОСЛІД 6

#### Реакція оцтової кислоти із сіллю

У пробірку насипте трохи кальцій карбонату і долийте 1—2 мл розчину оцтової кислоти. Що спостерігаєте?

Під час проведення кожного досліду записуйте свої дії і спостереження в подану нижче таблицю. Після завершення дослідів запишіть у таблицю висновки і відповідні рівняння реакцій у молекулярній та йонно-молекулярній формах.

Послідовність дій	Спостереження	Висновок
Дослід 1. Дія оцтової кислоти...		
...	...	...
Рівняння реакції (реакцій):		



248. Поясніть, з якою метою в досліді 4 використовують індикатор.
249. Яким буде результат досліду 6, якщо кальцій карбонат замінити на: а) натрій карбонат; б) кальцій сульфат? Відповіді обґрунтуйте.

# 28 Жири

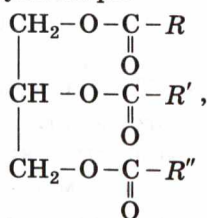
Матеріал параграфу допоможе вам:

- з'ясувати склад і властивості жирів;
- сформувати уявлення про виробництво твердих і рідких жирів;
- зрозуміти біологічну роль жирів в організмі.

У природі дуже поширені сполуки, загальна назва яких — жири. Вони добре відомі нам із повсякденного життя (мал. 89).

**Жири — це естери гліцерину і вищих карбонових кислот.**

Загальна формула жирів —



де  $R$ ,  $R'$ ,  $R''$  — вуглеводневі залишки (здебільшого вони різні, але можуть бути й однаковими).

Жири найчастіше утворюють насичені кислоти — пальмітинова  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ , стеаринова  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  і ненасичена олеїнова  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$  (§ 26). Якщо до складу молекули жиру входять три залишки стеаринової кислоти, то такий жир має назву *тристеарин*, якщо три залишки олеїнової кислоти, — *триолеїн*.

Природні жири завжди містять домішки, серед яких — жирні кислоти, вітаміни, інші біологічно важливі речовини, вода.

**Класифікація.** За походженням жири поділяють на тваринні і рослинні.

*Тваринні жири* (яловичий жир, свиняче сало, вершкове масло) містять переважно



Мал. 89.  
Харчові жири

естери гліцерину й насичених кислот — стеаринової та пальмітинової. Жири морських ссавців і риб вирізняються високим вмістом естерів ненасичених кислот, у молекулах яких є щонайменше чотири подвійні зв'язки.

*Рослинні жири* звичайно називають оліями. Найважливішими серед них є соняшникова, оливкова, кукурудзяна, лляна. Олії містять переважно естери олеїнової та інших ненасичених кислот. У кокосовому і пальмовому жирах переважають похідні насичених кислот.

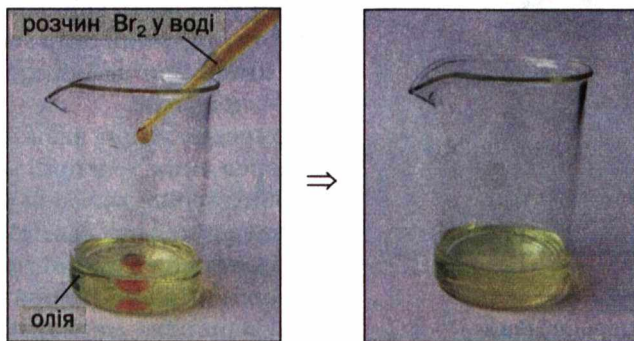
**Фізичні властивості.** Тваринні жири, крім риб'ячого, є твердими речовинами, а рослинні — рідинами (за винятком кокосового і пальмового).

Запах, колір і смак жирів зумовлені, як правило, різними домішками.

Жири нерозчинні у воді, але добре розчиняються в бензині, гасі, інших органічних розчинниках. При струшуванні рідких жирів з водою утворюються емульсії (приклад такої емульсії — молоко).

Температури плавлення жирів залежать від того, якими кислотами вони утворені. Жири, молекули яких містять залишки насичених кислот, мають вищі температури плавлення і за звичайних умов є твердими. Естери ненасичених кислот — рідини.

**Хімічні властивості.** Жири, як і інші естери, за певних умов взаємодіють з водою, а ті, що є похідними ненасичених кислот, приєднують водень, галогени (мал. 90), окиснюються калієм перманганатом.

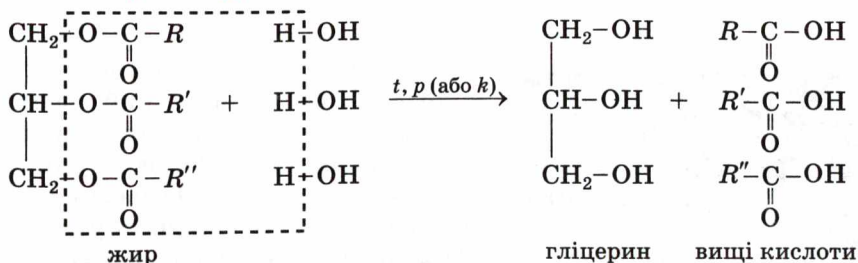


**Мал. 90.**  
Взаємодія олії з бромною водою

**Гідроліз**<sup>1</sup>. Так називають реакцію жиру з водою, внаслідок якої утворюються гліцерин і відповідні кислоти. Жир не взаємодіє навіть із киплячою водою. Щоб реакція відбулася, потрібно нагріти суміш речовин до температури 200—250 °С і створити певний тиск або додати каталізатор (у живих організмах гідроліз жирів відбувається за участю ферментів).

Схема реакції гідролізу жиру:

жир + вода  $\xrightarrow{t, p \text{ (або } k)}$  гліцерин + вищі кислоти



Якщо гідроліз жирів здійснювати за наявності лугу, то крім гліцерину утворюються суміші солей вищих карбонових кислот — мила. Цей процес називають *омиленням жирів*; на ньому ґрунтується виробництво мила.

**Гідрування.** Рідкі жири можуть приєднувати водень і перетворюватися на тверді жири. Для здійснення такої реакції олію нагрівають до температури 160—240 °С і пропускають у неї водень за наявності каталізатора:

рідкий жир  $\xrightarrow{+\text{H}_2, t, k}$  твердий жир.

Добавляючи до продукту реакції молоко, вершкове масло, вітаміни А і D, виробляють замітник вершкового масла — маргарин.

Гідрування жирів важливе ще й тому, що із твердих жирів виготовляють якісне мило.

**Термічний розклад.** При температурі 250—300 °С жири розкладаються з утворенням суміші різних сполук.

**Окиснення.** На вологому повітрі жири зазнають гідролізу та окиснюються. Продуктами цих

<sup>1</sup> Термін походить від грецьких слів *hydōr* — вода і *lysis* — розклад.

перетворень є органічні сполуки з меншою кількістю атомів Карбону в молекулах. Такі речовини здебільшого мають неприємний запах і гіркий смак (пригадайте запах і смак несвіжого вершкового масла).

Ненасичені жири окиснюються калій перманганатом, іншими окисниками.

При горінні жирів відбувається їх повне окиснення з утворенням вуглекислого газу і води, а також виділення значної кількості теплоти:



**Добування жирів.** Уперше синтез жиру здійснив французький учений М. Бертло в 1854 р., нагріваючи гліцерин із вищою карбоною кислотою в запаяній посудині. Із часом було винайдено інші методи синтезу жирів. Однак усі вони не набули промислового значення, оскільки жири дуже поширені в природі і їх вилучають із природної сировини (мал. 91).



**Мал. 91.**  
У цеху заводу  
із виробництва  
олії

Виробництво олії здійснюють двома методами. За першим методом висушене й очищене від домішок насіння соняшника, інших рослин подрібнюють, нагрівають і пресують. При цьому виділяється олія, яку збирають і очищують. Нагрівання потрібне для зменшення в'язкості олії, щоб вона легше вилучалася з насіння при пресуванні. Крім того, за підвищеної температури припиняється дія ферментів, які розкладають жири і спричиняють їхнє прогіркнення.

Другий метод полягає в обробленні насіння нагрітим летким розчинником (гексаном, етанолом), у якому олія розчиняється. Потім розчинник видаляють перегонкою.

Основний процес при добуванні твердого жиру — витоплювання. Під час цього процесу жир плавиться й відокремлюється від залишків м'яса, води, інших речовин. Його очищують і заливають у форми для тверднення.

**Застосування.** Жири використовують у харчовій промисловості, виробництві косметичних засобів, медицині, техніці, для змащування



### **Цікаво знати**

У рослинах жир накопичується в насінні (ним живляться зародки).

виробів із металу з метою запобігання корозії. Переробкою жирів добувають гліцерин, мило, оліфу, багато інших речовин і матеріалів. Раніше деякі жири використовували як горючі речовини для освітлення приміщень.

**Біологічна роль жирів.** Жири є одними з найважливіших харчових продуктів. Це — основне джерело енергії в організмі. При повному окисненні 1 г жиру в організмі виділяється в середньому 39 кДж теплоти, що вдвічі більше за енергію, яку «виробляє» така сама маса білків чи вуглеводів. Виділення великої кількості води при окисненні жиру має виняткове значення для тварин (наприклад, верблюдів), які змушені довгий час жити без води.

Висока харчова цінність жирів зумовлена також розчинністю в них деяких вітамінів (А, D, Е).

Жири відіграють важливу роль у терморегуляції живих організмів. Вони погано проводять теплоту, тому захищають від переохолодження пінгвінів, китів, моржів, тюленів, інших тварин.

## **ВИСНОВКИ**

**Жири — естери гліцерину і вищих карбонових кислот.**

Розрізняють тваринні й рослинні жири. Тваринні жири здебільшого є твердими речовинами; це — естери насичених кислот. Рослинні жири — переважно рідини (їх називають оліями); вони походять від ненасичених кислот.

Жири не розчиняються у воді, але за певних умов взаємодіють із нею, тобто зазнають гідролізу. Продуктами таких реакцій є гліцерин і вищі карбонові кислоти. Ненасичені жири реагують із воднем, галогенами. На повітрі жири повільно окиснюються, а при нагріванні розкладаються.

Жири мають високу енергетичну цінність і є невід'ємною складовою нашого харчування. Їх використовують у харчовій промисловості та інших галузях.



250. Назвіть жири, які ми використовуємо як харчові продукти.
251. Із яких частин складається молекула жиру?
252. Який зв'язок існує між будовою молекули жиру та його агрегатним станом?
253. Зобразіть скорочену структурну формулу молекули жиру, якщо вона містить:
- а) три залишки пальмітинової кислоти;
  - б) три залишки олеїнової кислоти;
  - в) по одному залишку пальмітинової, олеїнової та масляної кислот.
254. Назвіть типи реакцій, у яких беруть участь жири.
255. Складіть рівняння реакції гідрування триолеїну, якщо її продуктом є тристеарин.
256. Обчисліть масу гліцерину, що утворюється при взаємодії необхідної кількості калій гідроксиду із 9,8 кг триолеїну.
257. Який об'єм водню (н. у.) потрібний для перетворення 55 кг триолеїну на тристеарин?
258. Складіть термохімічне рівняння повного окиснення тристеарину, припустивши, що 1 г цього жиру, згоряючи, виділяє 40 кДж теплоти.

## 29

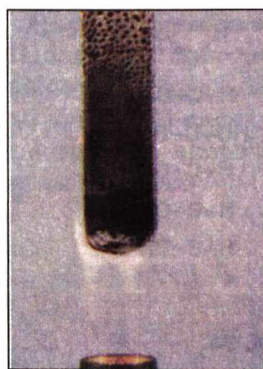
## Вуглеводи. Глюкоза

### Матеріал параграфу допоможе вам:

- отримати уявлення про склад вуглеводів;
- з'ясувати властивості глюкози;
- дізнатися про використання глюкози.

**Вуглеводи.** У кожній рослині є органічна речовина — целюлоза. Вона, а також крохмаль, цукор, глюкоза є *вуглеводами* (термін походить від слів «вуглець» і «вода»). Загальна формула сполук цього класу —  $C_n(H_2O)_m$ , або  $C_nH_{2m}O_m$  ( $n$  і  $m$  можуть мати значення 3 і більше). При сильному нагріванні без доступу повітря вуглеводи розкладаються на вуглець і воду (мал. 92).

Мал. 92.  
Термічний  
розклад  
вуглеводів



Одні вуглеводи складаються з порівняно невеликих молекул, а інші — з молекул, що містять багато тисяч атомів.

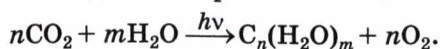
Вуглеводи — найпоширеніші в природі органічні сполуки; вони містяться в усіх живих організмах.

У зелених рослинах і деяких бактеріях вуглеводи утворюються внаслідок *фотосинтезу*. Це — складний процес, під час якого відбувається синтез органічних речовин із неорганічних (вуглекислого газу, води, розчинних солей) за участю сонячної енергії (мал. 93). Процес фотосинтезу, який здійснюється рослинами, супроводжується виділенням кисню.

Схема фотосинтезу вуглеводів —

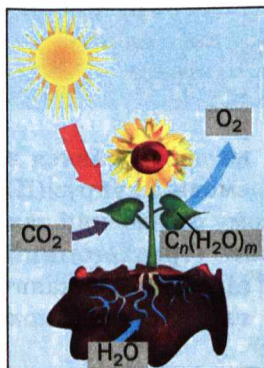
вуглекислий газ + вода  $\xrightarrow{h\nu}$  вуглеводи + кисень,

узагальнене хімічне рівняння —

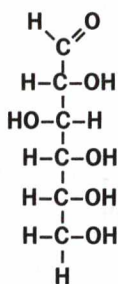


Людина і тварини отримують вуглеводи із рослин (разом із їжею, кормами). Ці речовини є одним із джерел енергії для організму; вона виділяється під час хімічних реакцій за їх участю.

Вуглеводи поділяють на *моносахариди* (до них належать глюкоза, фруктоза), *дисахариди* (наприклад, сахароза, або звичайний цукор) і *полісахариди* (крохмаль, целюлоза). Ди- і полісахариди здатні за певних умов взаємодіяти з водою (зазнавати гідролізу) й перетворюватися на моносахариди.



Мал. 93.  
Фотосинтез



**Мал. 94.**

Структурна формула молекули глюкози

Глюкоза  
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

**Глюкоза.** Це — один із найважливіших моносахаридів. Сполуку іноді називають виноградним цукром; вона міститься у фруктах (найбільше — у винограді), меду, а в дуже малій кількості — у крові людини і тварин.

Хімічна формула глюкози —  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . У молекулі глюкози містяться різні функціональні групи — п'ять гідроксильних груп і одна альдегідна  $-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}$  (мал. 94, 95).

Формулу  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  має ще один вуглевод, його назва — фруктоза. Молекула цієї сполуки відрізняється від молекули глюкози за будовою.

**Фізичні властивості.** Глюкоза — білий порошок або безбарвні кристали. Сполука добре розчинна у воді, має солодкий смак. Глюкоза менш солодка, ніж цукор.

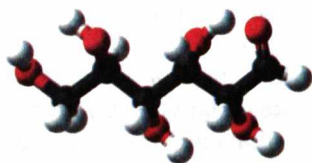
**Хімічні властивості.** Наявність у молекулі глюкози різних функціональних груп зумовлює здатність сполуки вступати в реакції, характерні для кожної групи.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 22

### Взаємодія глюкози з купрум(II) гідроксидом

У пробірку налийте 1 мл розчину натрій гідроксиду і 3—4 краплі розчину купрум(II) сульфату. До осаду купрум(II) гідроксиду, що утворився, додайте 1 мл розчину глюкози і суміш перемішайте. Яким став колір розчину? Про що він свідчить?

Обережно нагрійте вміст пробірки. Що спостерігаєте?



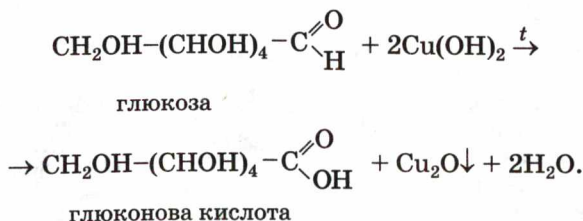
**Мал. 95.**

Кулестержнева модель молекули глюкози

Провівши дослід, ви переконалися в тому, що глюкоза взаємодіє з купрум(II) гідроксидом у лужному середовищі так само, як і гліцерин (трьохатомний спирт). Ця реакція підтверджує наявність у молекулі глюкози кількох гідроксильних груп.

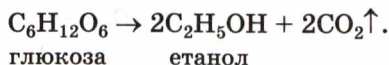
При добавлянні розчину глюкози до купрум(II) гідроксиду і подальшому нагріванні відбувається окиснення аль-

дегідної групи ( $-\text{CHO}$ ) з її перетворенням на карбоксильну групу ( $-\text{COOH}$ ). Продуктом окиснення глюкози є глюконова кислота, а купрум(II) гідроксид відновлюється до купрум(I) оксиду (в хімічному рівнянні використовуємо скорочену структурну формулу молекули глюкози):



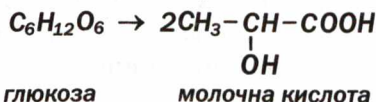
**Мал. 96.**  
Виноградний сік  
під час бродіння

Глюкоза вступає в так звані реакції бродіння; вони відбуваються за участю мікроорганізмів. Під дією ферменту дріжджів глюкоза у водному розчині перетворюється на етиловий спирт:



Цей процес називають *спиртовим бродінням*. Його використовують у виноробстві (мал. 96) та пивоварінні.

**Ферменти молочнокислих бактерій перетворюють глюкозу на молочну кислоту (це — молочнокисле бродіння):**



**Реакція відбувається під час квашення овочів, скисання молока.**

**Добування.** У промисловості глюкозу добувають, здійснюючи за певних умов реакції крохмалю або цукру з водою.

**Застосування.** Глюкоза є сировиною для кондитерської промисловості (мал. 97, а). Із неї добувають аскорбінову кислоту (вітамін С), кальцій глюконат, інші речовини. Глюкозу також використовують у медицині як легкозасвоюваний і кало-

рійний продукт при виснаженні людини (мал. 97, б). Ця сполука входить до складу кровозамінних рідин (мал. 97, в). При окисненні глюкози виділяється необхідна для організму енергія:



### Мал. 97.

Застосування

глюкози:

а — печиво з глюкозою;

б — сироп із глюкози;

в — розчин глюкози для ін'єкцій



## ВИСНОВКИ

Вуглеводи — сполуки із загальною формулою  $C_n(H_2O)_m$ . Вони є одним із основних джерел енергії для організму. Ці сполуки утворюються в зелених рослинах і деяких бактеріях унаслідок фотосинтезу.

Вуглеводи поділяють на моносахариди, дисахариди і полісахариди.

Глюкоза — найважливіший моносахарид. Формула сполуки —  $C_6H_{12}O_6$ . У молекулі глюкози містяться різні функціональні групи, які зумовлюють хімічні властивості сполуки. Глюкозу застосовують у кондитерській промисловості, медицині.



259. Які сполуки називають вуглеводами? Поясніть походження цієї назви.
260. Підтвердьте, що склад молекули оцтової кислоти відповідає загальній формулі вуглеводів  $C_n(H_2O)_m$ . Чи можна вважати цю сполуку вуглеводом? Чому?

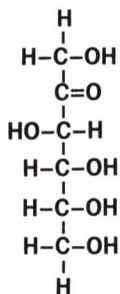
<sup>1</sup> Умовним записом [O] в органічній хімії часто замінюють формулу речовини-окисника.

261. Як експериментально довести наявність у молекулі глюкози:
- гідроксильних груп;
  - альдегідної групи?
262. Обчисліть масові частки елементів у глюкозі.
263. У якій масі води потрібно розчинити 50 г глюкози, щоб виготовити розчин із масовою часткою цієї речовини 25 %?
264. Який об'єм вуглекислого газу (н. у.) виділиться при повному перетворенні 90 г глюкози на етиловий спирт під час бродіння?
265. Обчисліть розчинність глюкози при 20 °С (у грамах на 100 г води), якщо у 80 г насиченого розчину речовини за вказаної температури міститься 43,7 г води.

для допитливих

### Фруктоза

Фруктоза, або фруктовий цукор, входить до складу багатьох фруктів і плодів, міститься у меду. Хімічна формула фруктози така сама, що й глюкози, —  $C_6H_{12}O_6$ , але молекула фруктози замість альдегідної групи містить кетонну групу  $>C=O$  (мал. 98). Глюкоза і фруктоза є ізомерами.



Фруктоза — безбарвна кристалічна речовина, добре розчинна у воді. Сполука у 3 рази солодша за глюкозу і в 1,5 раза — за звичайний цукор (сахарозу). Фруктозу та її похідні використовують у медицині, зокрема в лікувальному харчуванні хворих на цукровий діабет.

**Мал. 98.**

Структурна формула молекули фруктози

## 30 Сахароза

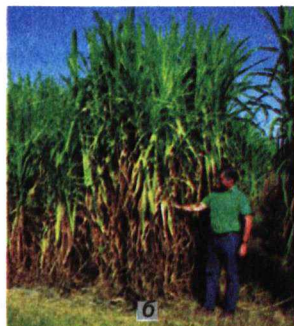
Матеріал параграфу допоможе вам:

- з'ясувати склад і властивості сахарози, або звичайного цукру;
- сформулювати уявлення про виробництво цукру.

Сахароза — сполука, відома кожному; це звичайний цукор. Він є важливим харчовим про-

дуктом. Найбільше цієї речовини міститься в цукровому буряку і цукровій тростині (мал. 99); масова частка сахарози в них може сягати 27 %. Сполука є також у листі й соках дерев, фруктів, овочів. Вона утворюється в рослинах під час фотосинтезу.

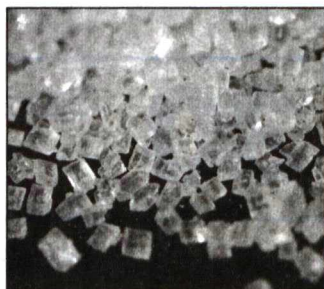
**Мал. 99.**  
Рослини  
із високим  
вмістом  
сахарози:  
а — цукровий  
буряк;  
б — цукрова  
тростина



Формула сахарози —  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Цей вуглевод належить до дисахаридів. Його молекула складається із залишків молекул двох моносахаридів — глюкози і фруктози.

**Фізичні властивості.** Сахароза — біла кристалічна речовина (мал. 100), солодка на смак, яка дуже добре розчиняється у воді (при 20 °С — 203 г речовини у 100 г води, при 100 °С — 487 г). Насичений розчин цукру має високу в'язкість, його часто називають сиропом.

**Сахароза**  
 $C_{12}H_{22}O_{11}$



**Мал. 100.**  
Мікрофотографія  
сахарози

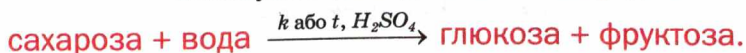
За температури 184 °С сахароза плавиться, а при подальшому нагріванні починає розкладатися. Її розплав набуває коричневого забарвлення, і з'являється запах підгорілого цукру. Таке



перетворення цукру називають карамелізацією (термін походить від слова «карамель»).

**Хімічні властивості.** Сахароза за певних умов взаємодіє з водою, а також вступає в реакції, характерні для багатоатомних спиртів.

**Гідроліз.** Під дією ферментів або при нагріванні із сильними неорганічними кислотами сахароза зазнає гідролізу. Унаслідок такої реакції з кожної молекули сполуки утворюються дві молекули відповідних моносахаридів:



**Реакція з купрум(II) гідроксидом.** У молекулі сахарози містяться кілька гідроксильних груп. Тому сполука, як гліцерин і глюкоза, взаємодіє з купрум(II) гідроксидом.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 23

### Реакція сахарози з купрум(II) гідроксидом

У пробірку налийте 1 мл розчину натрій гідроксиду і 3—4 краплі розчину купрум(II) сульфату. Спостерігайте утворення осаду купрум(II) гідроксиду. Додайте у пробірку 1—2 мл водного розчину сахарози (цукру) і перемішайте суміш. Що спостерігаєте?

Нагрійте вміст пробірки, але не до кипіння. Чи утворюється осад купрум(I) оксиду, як у досліді з глюкозою (с. 172)?

При добавлянні розчину сахарози до осаду купрум(II) гідроксиду він розчиняється; рідина забарвлюється в синій колір. Однак, на відміну від глюкози, сахароза не відновлює купрум(II) гідроксид до купрум(I) оксиду.

**Дегідратація.** При дії на сахарозу концентрованої сульфатної кислоти органічна сполука починає розкладатися: кислота «відбирає» у молекул цукру молекули води. Спрощена схема перетворення:



Цю реакцію часто демонструють як цікавий дослід; його назва — «чорний палець». У невелику хімічну склянку насипають (на  $1/3$ — $1/4$  її об'єму) розтертого цукру-піску і доливають трохи води. Речовини добре перемішують скляною паличкою. Потім добавляють концентровану сульфатну кислоту (до половини об'єму склянки) і швидко перемішують. Суміш нагрівається, темніє й починає збільшуватися в об'ємі (мал. 101). Виділяється водяна пара, а цукор перетворюється на вуглець (твердий залишок має чорний колір).



**Мал. 101.**  
Розклад цукру  
під дією  
концентрованої  
сульфатної кислоти

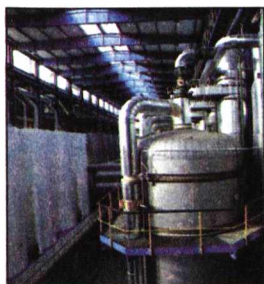


**Мал. 102.**  
Горіння цукру

**Окиснення.** Провівши лабораторний дослід, ви переконалися в тому, що сахароза не відновлює сполуку Купруму(II), тобто не здатна до «м'якого» окиснення й перетворення на іншу органічну сполуку.

Повне окиснення речовини зазвичай відбувається при її горінні. Спробуйте підпалити цукор. Це вам не вдасться. Проте якщо на грудочку цукру насипати трохи попелу від цигарки і піднести запалений сірник, цукор загориться (мал. 102). Попіл є каталізатором цієї реакції.

**Добування.** Сахарозу виробляють у великій кількості.. На цукрових заводах (мал. 103) буряк миють, подрібнюють і промивають гарячою водою до повного вилучення цукру із бурякової стружки. При цьому добре розчинні у воді речовини, у тому числі й сахароза, переходять у розчин, а ті, що утворюють колоїдний розчин (білки, крохмаль), залишаються у клітинах рослини. Потім до розчину добавляють суспензію вапна. Кальцій гідроксид реагує з органічними кислотами, іншими речовинами з утворенням малорозчинних сполук. Сахароза взаємодіє з вапном, перетворюючись на розчинний кальцій сахарат. Добутий розчин фільтрують і пропускають у нього вуглекислий газ. Кальцій сахарат і залишок вапна реагують із вуглекислим газом з утворенням сахарози і осаду кальцій карбонату. Розчин сахарози фільтру-



**Мал. 103.**  
Цех цукрового заводу



**Мал. 104.**  
Цукор

ють, додатково очищують і випарюють. Із нього кристалізується цукор.

Україна є одним із найбільших виробників цукру у світі. У нашій країні працює понад 100 цукрових заводів. Щорічний обсяг їх продукції становить від 1,5 до 2 млн т.

**Застосування.** Сахароза — важливий харчовий продукт (мал. 104). Цукор використовують безпосередньо й у складі різноманітних кондитерських виробів. Він є консервантом для фруктів і ягід, тому його застосовують для виготовлення варення, джему тощо (при цьому співвідношення мас цукру і плодів має бути не менш ніж 1 : 1).

Сахароза слугує сировиною для добування спирту, деяких інших органічних сполук.

## ВИСНОВКИ

Сахароза (звичайний цукор)  $C_{12}H_{22}O_{11}$  — вуглевод, відомий кожному. Він є важливою складовою нашого харчування. Сполука міститься в цукровому буряку, цукровій тростині.

Сахароза — біла кристалічна речовина, яка має солодкий смак і добре розчиняється у воді. За певних умов сахароза зазнає гідролізу, перетворюючись на глюкозу і фруктозу, взаємодіє з купрум(II) гідроксидом, а при нагріванні розкладається.

Цукор добувають із природної сировини у великій кількості. Його використовують як харчовий продукт, добавляють у кондитерські вироби. Із цукру виробляють частину етилового спирту.



266. Чому сахарозу відносять до дисахаридів?
267. Як можна відрізнити сахарозу від глюкози?

268. Як із сахарози добути етанол? Напишіть відповідні хімічні рівняння й укажіть умови перебігу реакцій.
269. Назвіть хімічні перетворення, які відбуваються при виробництві цукру.
270. Обчисліть масові частки елементів у сахарозі.
271. Яка кількість речовини сахарози міститься в 0,5 кг цього вуглеводу?
272. Яку масу сахарози потрібно взяти для виготовлення 500 г розчину з масовою часткою сполуки 10 %? (Усно.)
273. Змішали 200 г розчину сахарози з масовою часткою сполуки 5 % і 300 г розчину сахарози з масовою часткою сполуки 20 %. Обчисліть масову частку сахарози в утвореному розчині.
274. Який об'єм етилового спирту, що містить 4 % води за масою і має густину  $0,79 \text{ г/см}^3$ , можна добути із 50 кг цукру? Вважайте, що реакції відбуваються повністю, а втрати речовин відсутні.

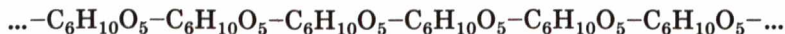
# 31

## Крохмаль. Целюлоза

### Матеріал параграфу допоможе вам:

- знайти відмінності у складі крохмалю й целюлози;
- дізнатися про поширеність крохмалю й целюлози в природі;
- зіставити властивості крохмалю і целюлози;
- з'ясувати сфери використання крохмалю і целюлози.

Крохмаль і целюлоза є полісахаридами. Ці вуглеводи подібно до глюкози й сахарози містяться в рослинах. Крохмаль і целюлоза — природні полімери. Їхні молекули складаються із сотень і тисяч груп атомів  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$  — залишків молекули глюкози:



Крохмаль і целюлоза мають однакову загальну формулу  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ , але значення  $n$  у них різні; молекули целюлози набагато довші, ніж крохмалю.



**Мал. 105.**

Вміст крохмалю  
(за масою)  
в рослинах

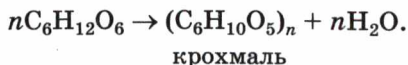
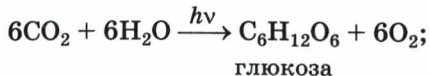
**Крохмаль**  
( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>

**Цікаво знати**

Крохмаль, добутий із картоплі, називають картопляним борошном.

**Крохмаль.** Ця речовина, як і цукор, дуже важлива для людини, оскільки вона входить до складу багатьох харчових продуктів.

Крохмаль — своєрідний акумулятор енергії в рослинах, необхідний насамперед для розвитку їхніх зародків. Він утворюється в листі й стеблах внаслідок фотосинтезу і взаємоперетворення вуглеводів:



Крохмаль накопичується в насінні, бульбах, плодах, корінні рослин (мал. 105).

**Фізичні властивості.** Крохмаль — біла зерниста речовина, яка не має запаху і смаку, не розчиняється в холодній воді, а в теплій утворює колоїдний розчин. Густий розчин крохмалю використовують як клей (його назва — крохмальний клейстер).

Картопляний крохмаль зовні схожий на пшеничне борошно. Його можна відрізнити від борошна у такий спосіб: при розтиранні крохмалю пальцями відчувається поскрипування внаслідок взаємного тертя його зерен.

При нагріванні крохмаль не плавиться, а розкладається.

**Будова.** Крохмаль — не чиста речовина, а суміш двох полімерних вуглеводів — *амілози* та *амілопектину*. Обидві сполуки мають таку саму формулу, що й крохмаль, —  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Амілоза складається із нерозгалужених молекул, а молекули амілопектину містять багато розгалужень.

Амілози в картопляному крохмалі у кілька разів менше, ніж амілопектину. Амілоза міститься всередині кожного зерна крохмалю, амілопектин — в оболонках зерен. При добавлянні до крохмалю теплої води оболонка руйнується, амілоза переходить у розчин, а амілопектин лише набрякає.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 24

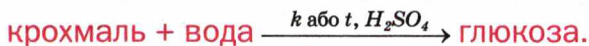
### Відношення крохмалю до води

Насипте у пробірку трохи крохмалю (щоб він ледь покрив її дно), додайте приблизно 4 мл води і перемішайте суміш. Чи розчиняється крохмаль у холодній воді?

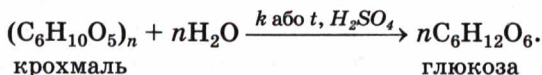
Постійно струшуючи, нагрійте вміст пробірки до кипіння. Спостерігайте утворення колоїдного розчину.

Охолодіть добутий розчин, помістивши пробірку з ним у склянку з холодною водою, і залиште для наступного досліду.

**Хімічні властивості.** Під дією ферментів або при нагріванні з розбавленими неорганічними кислотами крохмаль зазнає *гідролізу*:



Спрощене хімічне рівняння цього процесу:



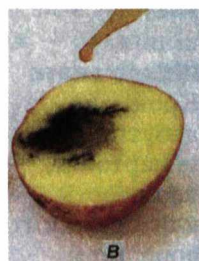
Гідроліз крохмалю відбувається ступінчато:  
крохмаль → декстрини → глюкоза.

Декстрини — сполуки, які мають таку саму формулу, що й крохмаль, але меншу молекулярну масу. Вони добре розчинні у воді, тому легше засвоюються організмом. Декстрини утворюються при смаженні картоплі, випіканні хліба.

Суміш продуктів гідролізу крохмалю називають патокою. Її використовують у кондитерській промисловості.

**Взаємодія з йодом.** Розчин йоду дає з крохмалем характерне синє забарвлення (мал. 106),

**Мал. 106.**  
Виявлення крохмалю:  
а — в його водному розчині;  
б — у хлібі;  
в — у картоплі



яке при нагріванні до 100 °С зникає, а при охолодженні з'являється знову. У такий спосіб можна відрізнити крохмаль від інших органічних речовин.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 25

### Взаємодія крохмалю з йодом

До розчину крохмалю, приготовленого в попередньому досліді, додайте краплю йодної настоянки і зафіксуйте появу характерного забарвлення.

Нагрійте рідину до кипіння. Чи змінився колір розчину? Охолодіть вміст пробірки. Що спостерігаєте?

Крохмаль відрізняється від глюкози й сахарози тим, що в його розчині не розчиняється осад купрум(II) гідроксиду. Як і сахароза, крохмаль не відновлює сполуки Купруму(II). У цьому — одна з його відмінностей від глюкози.

**Добування.** Крохмаль добувають у промисловості переважно з картоплі й кукурудзи. Сировину подрібнюють, обробляють холодною водою, яка вилучає зерна крохмалю. Їх відділяють відстоюванням або центрифугуванням.

**Застосування.** Крохмаль — важливий харчовий продукт. Він є сировиною для добування глюкози, етилового спирту, ацетону, гліцерину, лимонної кислоти. Його також використовують при виготовленні паперу, текстилю, деяких

пластмас, клеїв, вітамінів, у домашньому господарстві. Крохмаль додають у деякі харчові продукти, зокрема в ковбасні вироби.

**Целюлоза.** Це найпоширеніший вуглевод у рослинному світі. Целюлоза виконує роль «будівельного» матеріалу в рослинах; вона утворює оболонки рослинних клітин. Цим пояснюється інша назва речовини — клітковина.

Целюлоза міститься в бавовні, льону (мал. 107), очереті, інших рос-



**Мал. 107.**  
Вміст целюлози (за масою)  
в рослинах

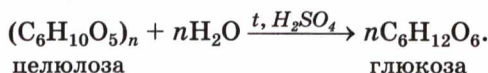
## Целюлоза (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>

линах, у тому числі фруктах і овочах. Целюлоза є і в борошні, виробах із нього, крупах.

Молекули целюлози мають нерозгалужену будову.

**Властивості.** Чиста целюлоза — тверда волокниста речовина білого кольору, нерозчинна у воді й органічних розчинниках. Целюлоза, на відміну від крохмалю, не змінює забарвлення розчину йоду.

**Гідроліз.** Целюлоза взаємодіє з водою за таких самих умов, що й крохмаль, — при нагріванні й за наявності сильної кислоти. Цей процес має ступінчастий характер; кінцевим продуктом є глюкоза. Спрощене хімічне рівняння гідролізу целюлози:



У природних умовах целюлоза поступово розкладається. Цей процес відбувається за участю мікроорганізмів. Кінцеві продукти перетворення целюлози — вуглекислий газ і вода, а за відсутності повітря (наприклад, на дні водойм) замість вуглекислого газу утворюється метан.

**Добування.** Для виробництва целюлози використовують деревину, деякі рослини. Сировину подрібнюють, обробляють при нагріванні й невеликому тиску розчинами різних реагентів для вилучення домішок. Залишок, що являє собою чисту целюлозу, висушують.

**Застосування.** Папір, картон, різноманітні тканини, волокна, лаки, емалі, деякі пластмаси, целофан — усе це виробляють із целюлози та її похідних. Целюлозу використовують у виробництві бездимного пороху, ацетатного шовку.

Волокна із целюлози мають багато цінних якостей. Вони міцні, гігроскопічні, їх легко фарбувати. Водночас волокна мають недостатню еластичність, погано зберігають форму, горючі, руйнуються мікроорганізмами. Ці недоліки усувають, обробляючи тканини різними речовинами.

### Цікаво знати

Целюлоза, просочена кислотою й висушена, легко розсипається в порошок.



Папір — один із найважливіших матеріалів на основі целюлози. Без нього неможливо уявити наше життя. Папір було винайдено в Китаї у II ст. до н. е. Його виробляли спочатку з бавовни, бамбука, а в середні віки — також із ганчір'я. У XVIII ст. для цього почали використовувати деревину.

Нині промисловість випускає багато видів паперу — газетний, для друку і письма, пакувальний тощо. Фільтрувальний папір — це майже чиста целюлоза.

## ВИСНОВКИ

Крохмаль і целюлоза — полісахариди. Ці вуглеводи є природними полімерами. Вони мають однакову хімічну формулу  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , але із різними значеннями  $n$  (для целюлози вони більші).

Крохмаль є сумішшю двох сполук — амілози й амілопектину. Він накопичується в картоплі, насінні злаків, інших рослинах. З водою крохмаль утворює колоїдний розчин, а за певних умов зазнає гідролізу. Крохмаль використовують у харчовій промисловості, а також як сировину для виробництва спирту, глюкози.

Целюлоза — головна складова рослин. Це біла волокниста речовина, нерозчинна у воді. За наявності кислоти целюлоза зазнає гідролізу. Целюлозу використовують у виробництві паперу, картону, волокнистих матеріалів, натуральних тканин.



275. Чому, на вашу думку, крохмаль і целюлозу називають полісахаридами?
276. Складіть рівняння реакції горіння полісахариду.
277. Як здійснити такі перетворення: целюлоза  $\rightarrow$  глюкоза  $\rightarrow$  етанол? Напишіть відповідні хімічні рівняння і вкажіть умови, за яких відбуваються реакції.

278. Яку масу картоплі, що містить 20 % крохмалю за масою, потрібно взяти для добування 100 кг етанолу, якщо загальні виробничі втрати становлять 15 %?
279. Обчисліть масу крохмалю, що утворився внаслідок фотосинтезу, якщо рослини виділили 8 т кисню.

ЕКСПЕРИМЕНТУЄМО ВДОМА

### Виявлення крохмалю в харчових продуктах

Визначте наявність крохмалю або його відсутність у харчових продуктах (або їхніх розчинах) за допомогою спиртового розчину йоду. Результати експерименту занесіть до таблиці:

№ досліду	Назва харчового продукту	Забарвлення розчину йоду, що контактує з харчовим продуктом	Висновок
1.	Пшеничне борошно		
...			

### Вилучення крохмалю з картоплі

Сиру очищену картоплину натріть на дрібній тертці, відіжміть сік через марлю у склянку і залиште його на деякий час. Зерна крохмалю осядуть на дно посудини. Обережно злийте рідину над крохмалем. Додайте до зерен крохмалю холодну воду і після відстоювання суміші знову злийте рідину. Добутий крохмаль висушіть.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

### Розпізнавання оксигеновмісних органічних сполук

Усі оксигеновмісні органічні сполуки утворені трьома елементами — Карбоном, Гідрогеном і Оксигеном. У цій практичній роботі вам належить розпізнати кілька сполук, виявляючи в них функціональні групи, а також деякі властивості (наприклад, розчинність у воді).

Для кожного досліду використовуйте невелику кількість речовини або розчину. Бажано, щоб певні їх порції залишилися після роботи (тоді за потреби можна повторити експеримент).

Перед виконанням завдання вирішіть:

- які хімічні реакції необхідно здійснити;
- які реактиви вам потрібні;
- що взяти для здійснення реакції — речовину чи її розчин;
- чи зашкодить досліду надлишок одного з реагентів, чи він буде необхідним;
- чи потрібне нагрівання.

Вам видано універсальні індикаторні папірці, воду, розчини лугу і солі Купруму(II), спиртівку.

**Завдання 1.** Розпізнавання твердих речовин — крохмалю, лимонної кислоти, цукру і глюкози.

**Завдання 2.** Розпізнавання розчинів оцтової кислоти, етанолу, гліцерину і глюкози.

Продумайте послідовність виконання кожного завдання і складіть план.

Ваші дії, спостереження, відповідні хімічні рівняння і висновки запишіть у таблицю:

Послідовність дій	Спостереження	Висновок
<i>Завдання 1. Розпізнавання...</i>		
...	...	...
Рівняння реакції (реакцій):		

## Нітрогеновмісні органічні сполуки

Органічні сполуки, в молекулах яких є атоми Нітрогену, дуже важливі. Особливе місце серед них посідають *білки*. Завдяки цим сполукам існує життя на нашій планеті. У синтезі білків, який відбувається в живих організмах, беруть участь *нуклеїнові кислоти*. Вони зберігають і

відтворюють генетичну інформацію. Нітрогеновмісними сполуками є також багато *фізіологічно активних речовин*, які стимулюють або пригнічують різні біологічні процеси в організмі. Серед них — вітаміни, антибіотики, наркотики.

Ознайомлення з нітрогеновмісними органічними сполуками зазвичай розпочинають з *амінів*.

# 32

## Аміни. Метиламін<sup>1</sup>

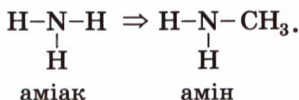
Матеріал параграфа допоможе вам:

- відрізнити аміни від інших органічних сполук;
- з'ясувати будову молекули метиламіну;
- пояснити основні властивості метиламіну.

**Аміни.** До класу амінів належить багато сполук, утворених трьома елементами — Карбоном, Гідрогеном і Нітрогеном.

**Аміни — це продукти заміщення атомів Гідрогену в молекулі аміаку  $\text{NH}_3$  на вуглеводневі залишки.**

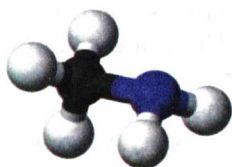
Наводимо схему заміщення атома Гідрогену в молекулі аміаку на метильну групу  $-\text{CH}_3$ :



Групу атомів  $-\text{NH}_2$  називають *аміногрупою*. Загальна формула амінів, молекули яких містять цю групу:  $\text{R}-\text{NH}_2$ .

Аміни різного складу і будови поширені в природі. Ці сполуки використовують для виробництва полімерів, синтетичних волокон, барвників, деяких лікарських препаратів.

<sup>1</sup> Параграф не є обов'язковим для вивчення. Викладений у ньому матеріал допоможе пояснити основні властивості амінокислот.



а



б

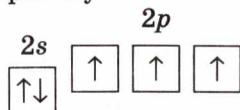
**Мал. 108.**

Моделі молекули метиламіну:  
а — кулестержнева;  
б — масштабна.  
Білі кульки — атоми Гідрогену, чорні — атоми Карбону, сині — атоми Нітрогену

**Метиламін.** Найпростішою сполукою класу амінів є метиламін  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ .

**Будова молекули.** Молекула метиламіну складається із двох частин — вуглеводневого залишку  $-\text{CH}_3$  і аміногрупи  $-\text{NH}_2$ .

Атом Нітрогену в молекулі метиламіну (мал. 108) утворює три прості ковалентні зв'язки — з атомом Карбону і двома атомами Гідрогену. У цих зв'язках беруть участь три неспарені електрони другого енергетичного рівня атома Нітрогену:

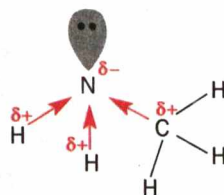


Крім них на цьому рівні є пара 2s-електронів.

Оскільки Нітроген більш електронегативний, ніж Карбон і Гідроген, ковалентні зв'язки атома цього елемента з іншими атомами в молекулі метиламіну є найбільш полярними (мал. 109). Полярною виявляється і сама молекула  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ .

**Мал. 109.**

Зміщення спільних електронних пар у молекулі метиламіну



**Фізичні властивості.** За звичайних умов метиламін — газ із різким неприємним запахом. Сполука добре розчиняється у воді (як ви думаете, чому?), спирті, ацетоні.

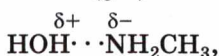
Температура кипіння метиламіну становить  $-6,3^\circ\text{C}$ . Вона набагато вища, ніж у відповідного вуглеводню — метану  $\text{CH}_4$  ( $-161,5^\circ\text{C}$ ). Це пояснюється існуванням між молекулами метиламіну водневих зв'язків.

**Хімічні властивості.** Здатність метиламіну вступати в реакції, розглянуті нижче, зумовлена наявністю в атомі Нітрогену «неподіленої» пари 2s-електронів.

*Реакція з водою.* Метиламін у водному розчині виявляє основні властивості. Кількість йонів  $\text{OH}^-$  у ньому значно більша, ніж у чистій воді.

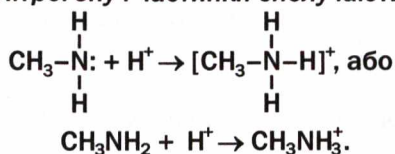
Що ж відбувається в цьому розчині?

Між молекулами води і метиламіну утворюються водневі зв'язки (§ 1)



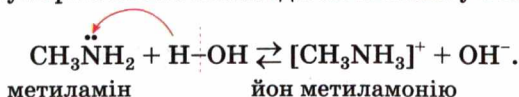
які спричиняють дисоціацію багатьох молекул води:  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ . Йони  $\text{OH}^-$  залишаються в розчині, зумовлюючи його лужну реакцію, а йони  $\text{H}^+$  сполучаються з молекулами метиламіну  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ .

**Пояснимо, чому відбувається таке сполучення.** Йон  $\text{H}^+$  не має електронів;  $1s$ -орбіталь у ньому вакантна. При контакті частинок  $\text{H}^+$  і  $\text{CH}_3\text{NH}_2$  у цю орбіталь переходить пара  $2s$ -електронів атома Нітрогену і частинки сполучаються:



Отже, атом Нітрогену утворює четвертий зв'язок. Оскільки цей зв'язок забезпечує пара електронів, то він є ковалентним, як і три інші зв'язки атома Нітрогену.

Сумарна схема взаємодії метиламіну з водою:



Лужне середовище в розчині метиламіну можна виявити за допомогою індикатора.

Якщо основи  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  та інші ми характеризували як сполуки, що дисоціюють з утворенням йонів  $\text{OH}^-$ , то метиламін  $\text{CH}_3\text{NH}_2$  — також основа, але іншого типу. Її основні властивості зумовлені здатністю молекул сполуки приєднувати катіони  $\text{H}^+$ .

*Реакції з кислотами.* Метиламін взаємодіє з кислотами. Продуктами таких реакцій є солі — йонні сполуки, розчинні у воді:

### Цікаво знати

Сполучатися з йоном  $\text{H}^+$  може і молекула аміаку:  
 $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$



283. Як за складом і будовою сполуки можна передбачити можливість виявлення нею основних властивостей?
284. Напишіть рівняння реакції (у молекулярній і йонно-молекулярній формах) метиламіну з бромідною і нітратною кислотами.
285. Обчисліть масову частку Нітрогену в метиламіні.
286. Знайдіть густину метиламіну за нормальних умов і його відносну густину за воднем.
287. Який об'єм повітря достатній для згоряння 200 мл метиламіну?
288. Масова частка Нітрогену в зразку технічного метиламіну становить 42 %. Обчисліть масову частку домішок у речовині.

# 33

## Амінокислоти. Амінооцтова кислота

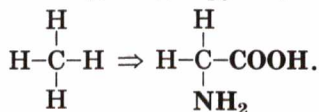
Матеріал параграфу допоможе вам:

- відрізнити амінокислоти від інших органічних сполук;
- з'ясувати будову молекули амінооцтової кислоти;
- пояснити амфотерність амінооцтової кислоти;
- зрозуміти суть взаємодії між амінокислотами.

**Амінокислоти.** Існують органічні сполуки, які відіграють дуже важливу роль у природі. Це *амінокислоти*.

**Амінокислоти** — похідні вуглеводнів, у молекулах яких містяться аміногрупи та карбоксильні групи.

Приклад заміщення атомів Гідрогену у молекулі вуглеводню на відповідні функціональні групи:

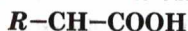


вуглеводень амінокислота

Кислоти, у молекулах яких аміногрупа сполучена з найближчим до карбоксильної групи атомом Карбону, називають *α-амінокислотами*.



## $\alpha$ -Амінокислоти



Двадцять певних  $\alpha$ -амінокислот становлять основу білків. Частина цих амінокислот утворюється в клітинах із продуктів обміну речовин; їх називають *замінними*. Інші, *незамінні*,  $\alpha$ -амінокислоти людина і тварини отримують разом із їжею. Деякі  $\alpha$ -амінокислоти є антибіотиками, вітамінами.

Для  $\alpha$ -амінокислот частіше використовують тривіальні назви. Крім того, ці сполуки позначають символами. Кожний символ складається із трьох перших літер тривіальної назви кислоти.

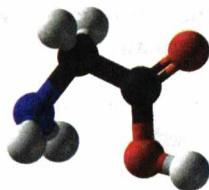
**Амінооцтова кислота.** Найпростішою  $\alpha$ -амінокислотою є амінооцтова кислота. Її формула —  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  (мал. 110), а тривіальна назва — гліцин<sup>1</sup>. Скорочені позначення (символи) сполуки — Глі, Gly.

### Мал. 110.

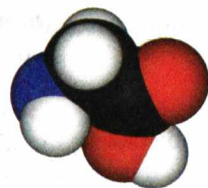
Моделі молекули амінооцтової кислоти:

а — кулестержнева;

б — масштабна



а



б

**Фізичні властивості.** Амінооцтова кислота (гліцин) — кристалічна речовина із солодким смаком (мал. 111), розчинна у воді й нерозчинна в органічних розчинниках.

### Амінооцтова кислота



### Мал. 111.

Амінооцтова кислота (гліцин)

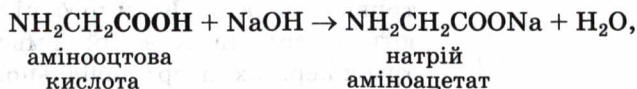


**Хімічні властивості.** У молекулі амінооцтової кислоти містяться дві функціональні групи:

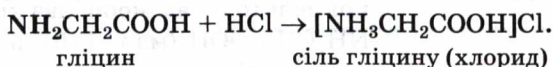
<sup>1</sup> Таку назву, що походить від грецького слова *glykys* — солодкий, сполука отримала за свій смак.

карбоксильна  $-\text{COOH}$  і аміногрупа  $-\text{NH}_2$ . Перша зумовлює кислотні властивості сполуки, а друга — основні. Тому амінооцтова кислота є амфотерною сполукою. Вона реагує і з лугами, і з кислотами. Продуктами таких реакцій є солі.

У взаємодії амінооцтової кислоти (гліцину) з лугом беруть участь карбоксильні групи її молекул



а в реакції із сильною кислотою — аміногрупи:

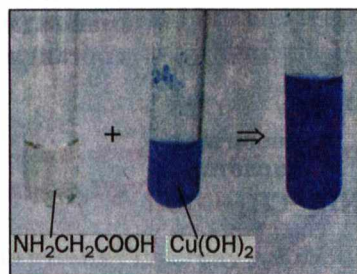


Амінооцтова кислота (у розчині), як і карбонові кислоти, вступає в реакції з активними металами, основними оксидами, основами, деякими солями, спиртами.

► Напишіть рівняння реакції амінооцтової кислоти з магнієм.

Амінооцтова кислота взаємодіє із купрум(II) гідроксидом; при цьому утворюється розчин синього кольору (мал. 112).

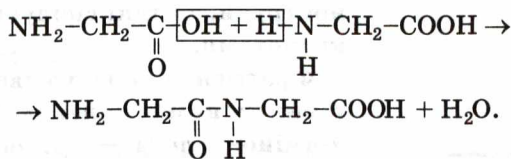
**Мал. 112.**  
Реакція амінооцтової кислоти з купрум(II) гідроксидом



*Реакції між амінокислотами.* За певних умов молекули амінооцтової та інших  $\alpha$ -амінокислот можуть взаємодіяти одна з одною. Продуктами таких реакцій є *пептиди*<sup>1</sup>.

Наводимо схему утворення дипептиду із двох молекул амінооцтової кислоти:

<sup>1</sup> Термін походить від грецького слова *peptos* — перетравлений.



Ця реакція є оборотною. Протилежне перетворення — гідроліз дипептиду — відбувається при нагріванні за наявності сильних кислот або лугів.

У молекулі дипептиду, як і амінокислоти, є аміногрупа і карбоксильна група. Будь-яка із цих груп може реагувати з відповідною групою іншої молекули амінокислоти з утворенням молекули трипептиду. Із багатьох молекул амінокислот утворюються поліпептиди.

Молекули пептидів містять однакові групи атомів, які називають *пептидними групами*:



*Утворення поліпептидів із α-амінокислот становить основу синтезу білків у живому організмі.*

### Цікаво знати

Смак натрієвої солі глутамінової кислоти нагадує смак м'яса. Тому цю сполуку використовують як приправу.

**Застосування.** Амінокислоти широко використовують як лікарські препарати при захворюваннях крові, печінки, підшлункової залози, порушеннях нервової системи та обміну речовин. Деякі амінокислоти знешкоджують токсичні речовини в організмі, слугують харчовими добавками для тварин, сировиною для виробництва синтетичних волокон, пластмас.

Амінооцтову кислоту (гліцин) використовують як вихідну речовину для добування органічних сполук, у медицині, іноді — для оброблення кінофотоматеріалів.

## ВИСНОВКИ

Амінокислоти — похідні вуглеводнів, у молекулах яких містяться аміногрупа і карбоксильна група. Якщо аміногрупа сполучена з атомом Карбону, найближчим до карбоксиль-

ної групи, то такі сполуки називають  $\alpha$ -амінокислотами.

Фрагменти молекул двадцяти  $\alpha$ -амінокислот є складовими молекул білків. Найпростіша  $\alpha$ -амінокислота — амінооцтова  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ . Це кристалічна речовина із солодким смаком. Амінооцтова кислота є амфотерною сполукою; вона реагує з лугами і сильними кислотами.

Молекули амінооцтової та інших амінокислот можуть взаємодіяти одна з одною. При цьому утворюються пептиди — сполуки, молекули яких містять залишки молекул амінокислот, сполучені групами атомів  $-\text{CO}-\text{NH}-$  (пептидними групами).

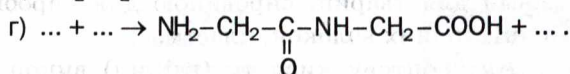
Амінокислоти використовують у медицині, виробництві полімерних матеріалів, добавляють до кормів сільськогосподарських тварин.



289. Які сполуки називають амінокислотами?

290. Чому амінокислоти є амфотерними сполуками?

291. Складіть рівняння реакцій:



292. Напишіть рівняння реакції естерифікації за участю амінооцтової кислоти й етанолу.

293. Обчисліть масові частки елементів в амінооцтовій кислоті.

294. У розчин, що містив 15 г амінооцтової кислоти, добавили достатню кількість барій гідроксиду. Напишіть формулу солі, яка утворилася, та обчисліть її масу.

295. Який об'єм газу (н. у.) виділиться в результаті реакції розчину амінооцтової кислоти:

а) з 1,2 г магнію;

б) із 0,03 моль натрій карбонату?

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- з'ясувати склад білків;
- зрозуміти будову молекул білків;
- довідатися про властивості білків;
- дізнатися про значення білків для живих організмів.

У природі нашої планети є речовини, без яких існування живих організмів було б неможливим. Це — *білки*.

**Білки — поліпептиди, які виконують специфічні біологічні функції в живих організмах.**

Відомо дуже багато білків. Вони здійснюють і регулюють обмін речовин у клітинах, водночас слугуючи для них «будівельним» матеріалом. Білки реагують на зміну зовнішнього середовища, змінюючись і пристосовуючись до нових умов. Вони забезпечують рухову діяльність організму, а деякі (так звані білки-антитіла) захищають його від чужорідних тіл. Усі реакції в клітинах відбуваються за безпосередньою участю білків-ферментів, які відіграють роль каталізаторів. Отже, білки виконують в організмі різні функції — енергетичну, будівельну, сигнальну, рухову, захисну, каталітичну.

Кожний білок відрізняється від інших набором амінокислотних залишків, їх чітко визначеною послідовністю в молекулі, просторовою будовою молекул, а також здійснюваними функціями.

В організмах тварин і людини міститься більше білків, ніж у рослинах. Вони входять до складу м'язової та нервової тканин, шкіри, волосся, нігтів.

Синтезувати білки безпосередньо з неорганічних речовин здатні лише рослини. У них і деяких бактеріях білки утворюються внаслідок фотосинтезу (як і вуглеводи):

вуглекислий газ + вода + деякі розчинні солі  $\xrightarrow{h\nu}$  білки +  
+ кисень.

До організмів тварин і людини білки надходять із їжею. Вони розщеплюються ферментами на амінокислоти, з яких утворюються інші білки, властиві даному організму.

В усіх білках містяться п'ять основних елементів — Карбон (його масова частка становить 50—55 %), Оксиген (21,5—23,5 %), Нітроген (15—17 %), Гідроген (6,5—7,3 %), Сульфур (0,3—2,5 %), а також невеликі кількості Фосфору, Йоду, Феруму, інших елементів.

Білки мають великі значення молекулярних мас — від десятків тисяч до кількох мільйонів. Хімічні формули цих сполук дуже складні.

**Класифікація.** Розрізняють прості й складні білки. Молекули простих білків<sup>1</sup> складаються лише із залишків молекул амінокислот, а складних<sup>2</sup> містять ще й залишки молекул сполук небілкової природи (вуглеводів, ортофосфатної кислоти  $H_3PO_4$ , нуклеїнових кислот та ін.).

**Будова молекул.** Унікальність білків зумовлена їхньою будовою, якої не має жодна із вивчених вами сполук. Перший вагомий внесок у дослідження білків зробив німецький учений Е.-Г. Фішер. Він довів, що їхні молекули побудовані із залишків молекул  $\alpha$ -амінокислот, які сполучені пептидними групами.

Розрізняють чотири типи структури білка.

**Первинна структура білка** — це поліпептидний ланцюг із чітко визначеною послідовністю амінокислотних залишків (мал. 113):

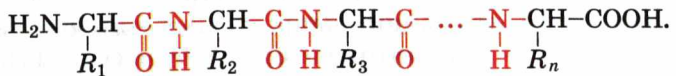
<sup>1</sup> Їх називають протеїнами (від грецького слова *prōtos* — перший).

<sup>2</sup> Їх називають протеїдами (від грецьких слів *prōtos* — перший і *eidos* — вигляд).

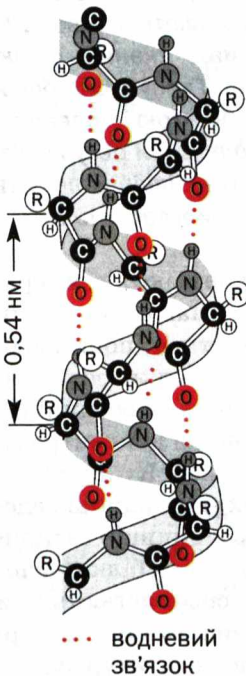
**Еміль-Герман Фішер**  
(1852—1919)



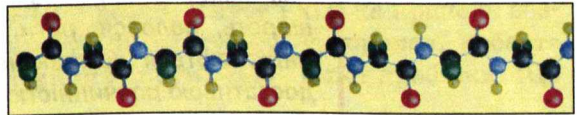
Німецький хімік і біохімік, академік Берлінської академії наук. Досліджував білки та продукти їх розщеплення. Довів, що при взаємодії амінокислот утворюються поліпептиди. Вивчав дію ферментів на різні сполуки. Розробив класифікацію вуглеводів і методи їх синтезу. Зробив значний внесок у розвиток стереохімії. Лауреат Нобелівської премії (1902).



У наведеній формулі літерами R з різними індексами позначені вуглеводневі та інші залишки.



**Мал. 114.**  
Вторинна структура білка



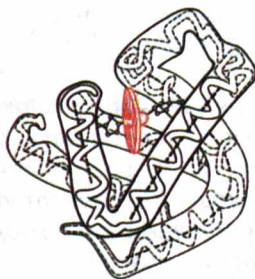
**Мал. 113.**

Кулестержнева модель фрагмента первинної структури білка. Чорні кульки — атоми Карбону, жовті — Гідрогену, блакитні — Нітрогену, червоні — Оксигену. Зелені кульки імітують вуглеводневі залишки

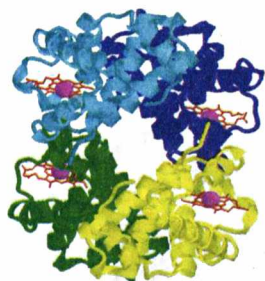
*Вторинна структура білка* — певна просторова форма (здебільшого спіраль), якої набуває поліпептидний ланцюг (мал. 114).

*Третинна структура білка* утворюється внаслідок згортання спіралі поліпептидного ланцюга у більш компактну форму (глобулу) (мал. 115).

*Четвертинна структура білка* є системою дуже складної форми. У ній об'єднано дві або більше глобул. Утворюється єдиний комплекс, який виконує певну функцію в живому організмі.



**Мал. 115.**  
Третинна  
структура білка



**Мал. 116.**  
Четвертинна структура  
білка (молекула  
гемоглобіну)

Четвертинну структуру мають тільки деякі білки, наприклад гемоглобін; його молекула містить чотири глобули (мал. 116).

*Білки за формою молекул поділяють на фібрилярні та глобулярні. Фібрилярні білки мають ниткоподібні молекули і не розчиняються у воді. Із них складаються волокна живих тканин, шовк, шерсть, волосся, роги, кігті. Глобулярні білки вирізняються компактною формою молекул і достатньою розчинністю у воді. Вони регулюють біохімічні процеси. До цієї групи білків належать ферменти, багато гормонів, гемоглобін та ін.*

**Фізичні властивості.** Білки не мають температур плавлення і кипіння. При нагріванні вони темніють і починають розкладатися, поширюючи запах паленого пір'я. Деякі білки розчиняються у воді з утворенням колоїдних розчинів.

При добавлянні до розчину білка концентрованих розчинів кислот, лугів, солей Купруму(II), Плюмбуму(II), інших («важких») металічних елементів, а також органічних розчинників (наприклад, спирту) відбувається осадження білка (*денатурація*<sup>1</sup>). Аналогічний ефект спостерігають при нагріванні. Він спричинений руйнуванням четвертинної, третинної та вторинної структур білка.

### Цікаво знати

При повному розщепленні 1 г білка виділяється понад 17 кДж енергії.

<sup>1</sup> Термін походить від грецьких слів de — префікс на позначення відокремлення, скасування і natura — природні властивості.



Унаслідок цього білок втрачає здатність виконувати свою біологічну функцію. Однак харчові продукти після денатурації білків легше засвоюються організмом — яєчня або зварене яйце порівняно із сирим, кисле молоко порівняно зі свіжим.

**Хімічні властивості.** Білки, як і амінокислоти, є *амфотерними сполуками* зі слабо вираженими основними та кислотними властивостями.

За наявності кислот або ферментів білки зазнають *гідролізу*. Кінцевими продуктами перетворення є амінокислоти, залишки молекул яких містив білок. Гідроліз відбувається в кілька стадій:

**білок → поліпептиди → дипептиди → амінокислоти.**

Деякі реакції за участю білків супроводжуються зміною кольору, тому їх називають *кольоровими*. До них належать біуретова<sup>1</sup>, ксантопротеїнова<sup>2</sup> реакції та ін.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 26

### Біуретова реакція

У пробірку налийте 1 мл розчину лугу і кілька крапель розчину купрум(II) сульфату. До осаду, що утворився, додайте розчин білка курячого яйця і перемішайте вміст пробірки. Що спостерігаєте?

При взаємодії білків із розчином солі Купруму(II) в лужному середовищі виникає синьо-фіалкове забарвлення. Біуретова реакція дає змогу виявити пептидні групи в молекулах.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 27

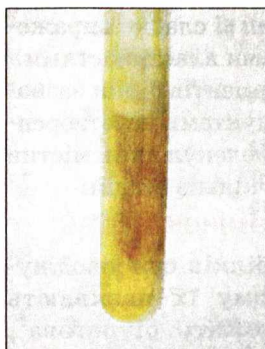
### Ксантопротеїнова реакція

У пробірку налийте 1 мл розчину білка курячого яйця і додайте 0,5 мл 20 %-го розчину нітратної кислоти. Який колір осаду, що утворився?

<sup>1</sup> Названа за аналогічною реакцією, в яку вступає нітрогеновмісна сполука — біурет.

<sup>2</sup> Назва походить від грецьких слів *xanthos* — жовтий і *prōtos* — перший.

Нагрійте вміст пробірки. Чи змінюється колір осаду?  
Після охолодження додайте до осаду трохи розчину лугу. Що спостерігаєте?



**Мал. 117.**  
Реакція білка  
з концентрованою  
нітратною кислотою

**Цікаво знати**  
Добова потреба  
в білках  
дорослої  
людини  
становить  
у середньому  
100—110 г.

Якщо білки нагрівати з концентрованою нітратною кислотою, то відбуваються реакції з утворенням нітрогеновмісних сполук жовтого кольору (мал. 117). При потраплянні цієї кислоти на шкіру виникає жовта пляма, яка не змивається водою.

**Практичне значення.** Білки є найважливішою складовою нашого харчування і раціону тварин. Їхня цінність визначається наявністю в молекулах білків фрагментів молекул незамінних амінокислот. Нестача білків у їжі негативно впливає на організм, спричиняє деякі хвороби. У тваринництві й птахівництві з метою збільшення харчової цінності кормів їх збагачують штучними білками, виробленими за допомогою мікробіологічного синтезу.

Речовини й матеріали, основу яких становлять білки, мають широке застосування. Серед них — вовна, шовк, шкіра, хутра, клеї, желатин тощо. У сучасні пральні порошки вводять біодобавки — ферменти, які каталізують розпад білкових забруднень білизни та одягу. Білки використовують і в медицині.

**Синтез білків.** У живих організмах синтез білків відбувається за участю нуклеїнових кислот. Ці сполуки розглядатимуться в наступному параграфі.

## ВИСНОВКИ

Білки — поліпептиди, «побудовані» із залишків молекул  $\alpha$ -амінокислот, які виконують специфічні біологічні функції в живих організмах. Ці сполуки здійснюють і регулюють обмін речовин у клітинах, а також є для них «будівельним» матеріалом. До організмів тварин і

людини білки надходять із їжею. Вони розщеплюються ферментами на амінокислоти, з яких утворюються інші білки, властиві даному організму.

У білках містяться Карбон, Оксиген, Нітроген, Гідроген, Сульфур, а іноді ще й деякі інші елементи.

Розрізняють первинну, вторинну, третинну й четвертинну структури білка.

При нагріванні розчину білка або добавлянні до нього кислот, лугів, деяких солей відбувається його денатурація, тобто руйнування просторової структури і втрата біологічних функцій. За наявності кислот, лугів або ферментів білки зазнають гідролізу.



296. Які сполуки називають білками? Які функції вони виконують у живих організмах?
297. Наскільки правильні такі твердження:
  - а) усі білки є поліпептидами;
  - б) усі поліпептиди є білками?
298. Охарактеризуйте первинну, вторинну і третинну структури білка.
299. Що таке денатурація білка? Чим вона може бути зумовлена?
300. Які хімічні властивості мають білки?
301. Чому білкову їжу не можна замінити їжею, в якій переважають жири або вуглеводи?
302. Масова частка білків у листі шпинату становить 2,3 %, а середня масова частка Нітрогену в білках — 16 %. Яка маса Нітрогену міститься в 1 кг шпинату?

ЕКСПЕРИМЕНТУЄМО ВДОМА

### Приготування розчину білка

Відділіть білок курячого яйця від жовтка. Помістіть у склянку одну столову ложку білка, додайте приблизно 1/3 склянки охолодженої прокип'яченої води. Перемішайте суміш і профільтруйте її, використавши лійку і вату або бинт, складений у кілька разів.

## Вивчення властивостей білка

У чотири аптечні пляшечки налейте невеликі порції водного розчину білка. У першу пляшечку додайте трохи нашатирного або етилового спирту, у другу — стільки само оцту, в третю — розчину кухонної солі, а в четверту — води, щойно нагрітої до кипіння (замість цього можна нагріти розчин білка в термостійкій посудині). Зафіксуйте зміни, що відбуваються.

Додайте у третю пляшечку порцію кухонної солі, достатню для утворення її насиченого розчину. За кілька хвилин зверніть увагу на вміст пляшечки. Долийте в неї трохи води. Що спостерігаєте?

Запишіть у таблицю результати своїх спостережень і висновки щодо дії на білок розчинів різних речовин, а також нагрівання:

	Нашатирний або етиловий спирт	Оцтова кислота	Кухонна сіль	Нагрівання
Спостереження				
Висновок				

# 35

## Нуклеїнові кислоти

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- отримати уявлення про нуклеїнові кислоти та їхню роль у живих організмах;
- з'ясувати будову молекул нуклеїнових кислот;
- зрозуміти, що таке генномодифіковані організми.

Здатність організмів передавати наступному поколінню свої ознаки, а також тип обміну речовин називають *спадковістю*. Учені виявили, що за спадковість «відповідають» сполуки,

які мають дуже складну будову, — *нуклеїнові<sup>1</sup> кислоти*.

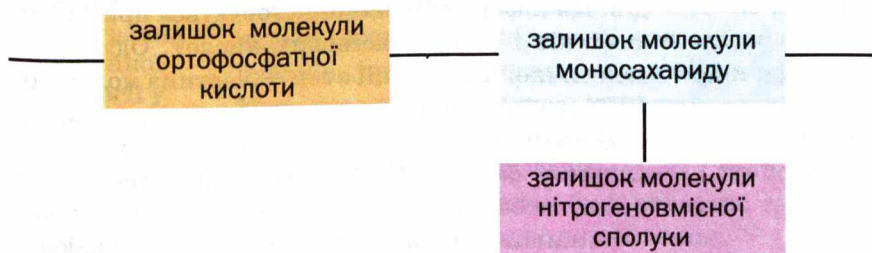
**Нуклеїнові кислоти** — це високомолекулярні<sup>2</sup> природні сполуки, які зберігають і відтворюють в організмах генетичну інформацію, а також беруть участь у синтезі білків.

Існують два види нуклеїнових кислот: *рибонуклеїнові* (скорочене позначення — РНК) та *дезоксирибонуклеїнові* (ДНК). Їхні назви походять від назв моносахаридів — рибози ( $C_5H_{10}O_5$ ) і дезоксирибози ( $C_5H_{10}O_4$ ), залишки молекул яких містяться в молекулах нуклеїнових кислот. У клітинах живих організмів кількість молекул РНК перевищує кількість молекул ДНК.

Значення відносних молекулярних мас ДНК становлять кілька десятків мільйонів, а РНК — від 20 тис. до кількох мільйонів.

**Будова молекул.** Нуклеїнові кислоти, як і білки, є природними полімерами. Якщо молекула білка складається із залишків молекул амінокислот, то молекула нуклеїнової кислоти — із залишків молекул ортофосфатної кислоти  $H_3PO_4$ , моносахариду і деяких нітрогеновмісних сполук. Три сполучені залишки різного типу називають *нуклеотидом*.

Спрощено нуклеотид можна зобразити так:



Ланцюг молекули нуклеїнової кислоти отримав назву полінуклеотидного (молекули білків

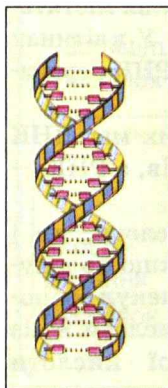
<sup>1</sup> Термін походить від латинського слова *nucleus* — ядро (нуклеїнові кислоти вперше були виявлені у ядрах клітин).

<sup>2</sup> Так називають сполуки, молекули яких складаються з надзвичайно великої кількості атомів.

мають поліпептидний ланцюг). Наводимо схему його будови:



Просторова будова молекул нуклеїнових кислот нагадує будову молекул білків. Молекула ДНК має первинну, вторинну і третинну структури, а РНК — тільки первинну, але окремі її ділянки внаслідок утворення водневих зв'язків «закручуються», формуючи вторинну і навіть третинну структури.



**Мал. 118.**  
Спрощена  
модель  
молекули  
ДНК

Молекула ДНК складається із двох полінуклеотидних ланцюгів (мал. 118), які закручені навколо спільної осі. Залишки молекул нітрогеновмісних сполук розміщені всередині спіралі й перпендикулярно до її осі, а залишки молекул ортофосфатної кислоти і моносахариду утворюють каркас молекули ДНК. Обидва ланцюги молекули ДНК утримуються разом за допомогою водневих зв'язків, які існують між різними залишками молекул нітрогеновмісних сполук.

**Функції нуклеїнових кислот. Біологічна роль ДНК в організмі полягає у збереженні генетичної інформації.** Така інформація, притаманна даному біологічному виду, «записана» у молекулі ДНК чітко визначеною послідовністю нуклеотидів. Ця інформація використовується при синтезі білків і рибонуклеїнових кислот. Одиницею генетичної інформації є *ген* — частина молекули ДНК (тринуклеотид).

*Біологічна роль РНК в організмі — здійснення синтезу білків* (ДНК безпосередньої участі у цьому не беруть).

У живій клітині містяться три види рибонуклеїнових кислот: інформаційні, транспортні та рибосомні. Інформаційна РНК «копіює» певну ділянку молекули ДНК і слугує основою (матрицею) для біосинтезу білка. Послідовність нуклеотидів на цій ділянці відповідає послідовності амінокислотних залишків у молекулі білка. (Саме тому ДНК відповідає за структуру білків певного організму.) Цю послідовність (код) розшифрує

транспортна РНК і «переносить» молекули амінокислот до місця синтезу білка. Кожній амінокислоті відповідає своя транспортна РНК. Рибосомна РНК бере участь у біосинтезі білка.

Відтворення кожної ДНК та її передавання від попереднього покоління наступному забезпечують синтез одних і тих самих білків. Цим пояснюється збереження специфічних ознак даного виду організмів.

**Властивості.** ДНК і РНК розчиняються у воді з утворенням колоїдних розчинів, при нагріванні яких осаджуються, втрачаючи свої біологічні функції.

Радіоактивне випромінювання, а також деякі речовини спричиняють зміни в послідовності розміщення нуклеотидів у молекулі ДНК. Це може призвести до помилок у передаванні генетичної інформації та синтезі білка і як наслідок — до захворювання організму чи навіть його загибелі.

**Генна інженерія.** Дослідження нуклеїнових кислот започаткували новий напрям біологічної науки — *генну інженерію*. З'явилася можливість керувати процесами, що відбуваються в живій клітині, синтезувати у ній «запрограмовані» білки. Відкрилися широкі перспективи в розв'язанні таких глобальних проблем, як нестача продуктів харчування, боротьба з невиліковними хворобами. Учені вже вивели генетично модифіковані сорти картоплі, кукурудзи, сої, цукрових буряків, інших сільськогосподарських культур. Нові рослини виявилися стійкими до хвороб і шкідників. Вони дружньо досягають, дають високі врожаї, добре зберігаються і транспортуються. Можливо, згодом буде виведено такі рослини і тварини, яких у природі немає.

Використання досягнень генної інженерії має бути під суворим контролем. Харчові продукти із «чужорідними» для людини білками можуть виявитися токсичними, викликати алергію. Перед тим як впроваджувати генетично модифіковані рослини, необхідно провести різнобічні й комплексні дослідження, щоб не завдати серйозної шкоди існуючим нині видам організмів.

**Цікаво знати**  
Застосування трансгенної технології у тваринництві дає змогу збільшити вміст білків у молоці.

Учені-генетики не повинні переступати межу, за якою результати їхньої роботи негативно вплинуть на здоров'я людей і довкілля.

## ВИСНОВКИ

Нуклеїнові кислоти — високомолекулярні природні сполуки, які зберігають і відтворюють в організмах генетичну інформацію, а також беруть участь у синтезі білків.

Молекула нуклеїнової кислоти складається із дуже великої кількості нуклеотидів, у кожному з яких містяться залишки молекул ортофосфатної кислоти  $H_3PO_4$ , моносахариду і нітрогеновмісної сполуки.

Існують рибонуклеїнові (РНК) та дезоксирибонуклеїнові (ДНК) кислоти. Біологічна роль ДНК в організмі полягає у збереженні генетичної інформації, а РНК — у здійсненні синтезу білків.

Учені, які працюють у галузі генної інженерії, розробляють методи конструювання молекул ДНК. Це відкриває широкі перспективи в розв'язанні проблем сільського господарства, охорони здоров'я. Водночас необхідно з'ясувати, чи не зашкодять людині харчові продукти, що містять генномодифіковані компоненти.



303. Які сполуки називають нуклеїновими кислотами? Назвіть два види цих сполук. Чим вони різняться?
304. Охарактеризуйте склад молекули нуклеїнової кислоти. Що являє собою нуклеотид?
305. Які особливості просторової будови молекул нуклеїнових кислот?
306. Які функції виконують у живій клітині ДНК і РНК?
307. Охарактеризуйте властивості нуклеїнових кислот.
308. Підготуйте за матеріалами Інтернету або інших джерел інформації невелике повідомлення про нові досягнення генної інженерії.
309. Масова частка Нітрогену в деякому нуклеотиді становить 5,6 %. Нуклеотид містить два атоми Нітрогену. Обчисліть масову частку Фосфору в нуклеотиді.



Матеріал параграфа допоможе вам:

- дізнатися про те, які речовини називають фізіологічно активними;
- з'ясувати важливість вітамінів для організму;
- зрозуміти причину стимулюючої дії чаю, кави, шоколаду;
- усвідомити шкідливість куріння і вживання наркотиків.

Існує велика група органічних сполук, які через їхню особливу дію на організм назвали *фізіологічно активними речовинами*.

**Фізіологічно активні речовини — це органічні сполуки, які активно впливають на різні біологічні процеси в живих організмах.**

Такі речовини було спочатку виявлено у грибах, рослинах, тваринах, а згодом хіміки навчилися їх синтезувати в лабораторії.

До фізіологічно активних речовин належать *вітаміни, алкалоїди, антибіотики, гормони* та ін. Антибіотиками було названо органічні речовини, здатні запобігати росту й розмноженню мікробів, бактерій. У природі їх виробляють деякі мікроорганізми (наприклад, пліснява), рослини і тварини. Гормони регулюють перебіг хімічних процесів в організмі.

У цьому параграфі розглянуто вітаміни й алкалоїди.

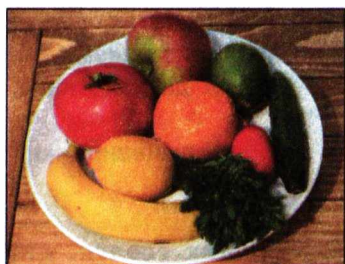
**Вітаміни.** Людині для забезпечення нормальної життєдіяльності крім води, білків, жирів, вуглеводів, солей необхідні вітаміни<sup>2</sup>. Головним

<sup>1</sup> Параграф не є обов'язковим для вивчення.

<sup>2</sup> Термін походить від латинського слова *vita* — життя і назви класу сполук — аміни (частина вітамінів є їхніми похідними).

їхнім джерелом є рослини (мал. 119), але деякі вітаміни утворюються в організмах тварин і людини.

**Вітаміни — це органічні сполуки, які потрібні організму в незначній кількості для здійснення важливих біохімічних процесів.**



**Мал. 119.**  
Деякі природні джерела вітамінів

#### **Цікаво знати**

Вітамін С добавляють у безалкогольні напої, солодощі, продукти для дитячого харчування.

Відомо приблизно 20 вітамінів. Вони мають складні формули і хімічні назви. Для зручності ці сполуки позначають великими латинськими літерами (А, В, С та ін.), іноді разом із числовими індексами (наприклад,  $V_1$ ,  $V_2$ ). Одну й ту саму літеру використовують на позначення вітамінів, які виконують в організмі подібні функції.

Вітаміни поділяють на *водорозчинні* та *жиророзчинні*.

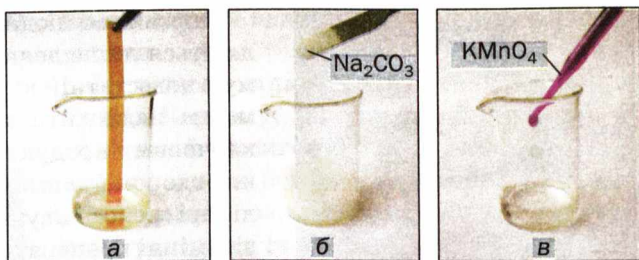
**Водорозчинні вітаміни.** У воді розчиняються вітамін С, вітаміни групи В ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_6$ ,  $V_{12}$ ) та деякі інші.

**Вітамін С** (аскорбінова кислота) є одним із найважливіших. Він бере участь в утворенні білків і жовчних кислот, посилює здатність організму протистояти інфекціям, поліпшує стан шкіри, прискорює її загоювання. У разі нестачі цього вітаміну в харчових продуктах людина хворіє на цингу; у неї починають кровоточити ясна, послаблюються кістки, відбуваються порушення в нервовій та кровоносній системах.

Формула вітаміну С —  $C_6H_8O_6$ . Це біла кристалічна речовина. Водний розчин вітаміну С виявляє кислотні властивості; сполука діє на індикатори, реагує з лугами, деякими солями, а також вступає в окисно-відновні реакції (мал. 120). Цей вітамін у водному розчині, при дії світла або нагріванні розкладається.

Вітамін С міститься в шипшині, горіхах, чорній смородині, солодкому перці, хроні, цитрусових та ін.

**Мал. 120.**  
Досліди з розчином вітаміну С:  
а — дія на універсальний індикатор;  
б — взаємодія з натрій карбонатом;  
в — реакція з розчином калій перманганату



**Вітаміни групи В** входять до складу ферментів і відповідають за їхню каталітичну активність. Вітамін  $B_1$  бере участь в обміні речовин. Його нестача в організмі людини призводить до захворювання нервової системи, порушення серцевої діяльності. Вітамін  $B_2$  бере участь у процесах окиснення білків, жирів і вуглеводів. Він потрібний при захворюваннях очей, шкіри.

Вітаміни групи В містяться в рослинних і м'яких продуктах, зокрема в зародках пшениці, дріжджах, молоці, яєчному жовтку, печінці.

**Жиророзчинні вітаміни.** До вітамінів цієї групи належать вітаміни А, D та деякі інші.

**Вітамін А** (ретинол) називають вітаміном росту. Він необхідний для нормального розвитку організму, передусім молодого, підвищує стійкість до інфекційних хвороб. Його нестача викликає «курячу сліпоту» — порушення зору при слабкому освітленні.

Вітамін А — світло-жовта речовина, яка руйнується в кислому середовищі й окиснюється на повітрі (швидше — на сонячному світлі).

Вітамін А міститься лише в харчових продуктах тваринного походження — риб'ячому жири, печінці (зокрема, трісковій), яєчному жовтку, молоці.

Замінником цього вітаміну є сполука, назва якої — **каротин**. Її молекули розщеплюються в організмі на дві молекули вітаміну А. Органічні сполуки, здатні перетворюватися на вітаміни, називають **провітамінами**. Каротин — це провітамін А. Він міститься у моркві, гарбузах, помідорах, деяких фруктах, ягодах і зумовлює їхнє оранжеве або червоне забарвлення.



Мал. 121.  
Вітамінні препарати

### Цікаво знати

У корми для сільсько-господарських тварин часто добавляють вітаміни А, В<sub>12</sub>, D, Е, оскільки їх у рослинах недостатньо.

В організмі людини і тварин виробляються лише деякі вітаміни, причому в недостатній кількості. Тому вони мають надходити в організм разом із харчовими продуктами. Для зміцнення здоров'я, швидшого одужання лікарі рекомендують вживати різні вітамінні препарати.

Добова потреба людини у вітамінах становить від кількох мікрограмів<sup>1</sup> до кількох міліграмів, а у вітаміні С — 50—60 мг. Жиророзчинних вітамінів організм потребує значно менше, ніж водорозчинних.

Існує багато лікарських препаратів, загальна назва яких — *полівітаміни*. Вони містять крім вітамінів також глюкозу, цукор, крохмаль, харчові барвники. Добре відомими є вітчизняні полівітамінні препарати «Ревіт», «Гексавіт», «Декамевіт» (мал. 121).

Істотна нестача вітамінів у харчових продуктах або порушення їх засвоюваності призводить до *авітамінозу*<sup>2</sup>. При вживанні вітамінів у надмірній кількості, насамперед А і D (у великих дозах вони токсичні), виникає *гіпервітаміноз*<sup>3</sup>.

**Алкалоїди.** Ще в давнину людина помітила, що при вживанні соків або відварів деяких рослин з'являється бадьорість, додаткова енергія, вгамовується біль, минає втома. Фізіологічно активні речовини, що містяться в цих соках і відварах, учені назвали *алкалоїдами*.

**Алкалоїди — це нітрогеновмісні органічні сполуки, які виявляють сильну фізіологічну дію на організми тварин і людини.**

Відомо кілька тисяч алкалоїдів. Вони містяться в насінні й стеблах маку, бобах какао, плодах кавового дерева, листі чаю (мал. 122) та тютюну, корі хінного дерева, деяких грибах і водоростях.

<sup>1</sup> 1 мікрограм (1 мкг) становить 10<sup>-6</sup> грама.

<sup>2</sup> Грецьке α — префікс зі значенням заперечення.

<sup>3</sup> Грецьке hyper — префікс зі значенням над, понад.



**Мал. 122.**  
Природні джерела  
алкалоїдів

### Цікаво знати

Алкалоїд хінін був першим ефективним протималярійним засобом. Він міститься у корі хінного дерева.

Назви деяких алкалоїдів походять від назв рослин.

Молекули алкалоїдів складаються з атомів Карбону, Гідрогену і Нітрогену, а іноді ще й Оксигену. Усі ці сполуки, як і аміни, мають основні властивості (назва «алкалоїди» означає «схожі на луги»); вони реагують із кислотами з утворенням відповідних солей.

Алкалоїди *кофеїн* (міститься в зернах кави, чайному листі) і *теобромін* (в бобах какао, шоколаді, чайному листі) сприятливо впливають на організм людини. Після чашки кави або міцного чаю зникає втома, підвищується розумова та фізична активність.

Алкалоїд *нікотин* (міститься в тютюні<sup>1</sup>) — сильна отрута; його смертельна доза становить 40 мг. Він діє на нервову систему, звужує кровоносні судини.

Нікотин спричиняє появу шкідливої звички — куріння.

**Шкідливість куріння.** Курці становлять значну частину людства, хоча добре відомо, що в тютюновому диму містяться надзвичайно шкідливі речовини, зокрема нікотин, а також карбон(II) оксид (чадний газ). Потрапляючи в легені, цей газ блокує здатність гемоглобіну переносити кисень до клітин організму. Крім цього, при горінні сигарети відбуваються різні реакції й утворюється понад 3600 сполук, у тому числі дуже шкідливих. Дим цигарки містить і речовини-канцерогени (вони викликають появу злоякісних пухлин). Смола від тютюнового диму накопичується в легенях. За статистикою, курці хворіють на рак легенів у 10 разів частіше, ніж люди, що не мають цієї шкідливої звички.

Цигарковий дим шкодить не тільки курцям, а й тим, хто перебуває поряд і змушений його вдихати. Таких людей називають «пасивними кур-

<sup>1</sup> Насправді рослина містить солі нікотину, утворені ним як органічною основою та кислотами — оцтовою, лимонною, яблучною.

цями». Куріння особливо небезпечно для молодого та жіночого організмів.

Нікотин належить до наркотичних речовин.

Наркотиком є і *морфін* — перший алкалоїд, який хіміки добули із рослин. Він міститься в соку опійного маку. Це біла кристалічна речовина, малорозчинна у воді і спирті. Вона створює знеболювальний і снодійний ефект, викликає стан ейфорії.

**Небезпечність наркотиків для життя людини.** Наркотичні речовини сильно впливають на центральну нервову систему. Людина легко звикає до їх вживання, потрапляє в стійку психічну і фізичну залежність від цих речовин, поступово деградує як особистість, а потім гине. Це — трагедія як для самого наркомана, так і для його рідних і друзів.

Сучасна медицина може позбавити людину шкідливої звички вживати наркотики. Однак дуже важливим є наявність у людини стійкого бажання повернутися до здорового способу життя.

### Цікаво знати

Існують наркотики, залежність від яких виникає після одного-двох вживань.

## ВИСНОВКИ

Фізіологічно активні речовини — сполуки, що активно впливають на біологічні процеси в живих організмах. Деякі з них є в рослинах, організмах тварин, а інші добувають у лабораторіях.

До фізіологічно активних речовин належать вітаміни, алкалоїди, антибіотики, гормони.

Вітаміни — органічні сполуки, які потрібні організму в незначній кількості для здійснення важливих біохімічних процесів. Вітаміни поділяють на водорозчинні та жиророзчинні.

Алкалоїди — нітрогеновмісні органічні сполуки, які виявляють сильну дію на організми тварин і людини. Вони містяться в чаї, каві, какао, тютюні. Деякі алкалоїди є наркотичними речовинами. Людина легко звикає до їхнього вживання й відтак завдає своєму організму серйозної шкоди.



310. Яке значення мають вітаміни для нашого організму?
311. Назвіть найважливіші водорозчинні й жиророзчинні вітаміни.
312. Підготуйте за матеріалами Інтернету або інших джерел інформації коротке повідомлення про вітаміни, не згадані в параграфі.
313. Які речовини називають алкалоїдами? У чому полягає їхня дія на організм?
314. Як ви вважаєте, чому виділення алкалоїдів з рослин за допомогою кислот є ефективним?
315. Чому паління і вживання наркотиків становлять небезпеку для життя?
316. Знайдіть співвідношення мас елементів у вітаміні С.
317. Обчисліть відносну молекулярну масу вітаміну  $B_2$ , якщо його молекула містить чотири атоми Нітрогену, а масова частка цього елемента у вітаміні становить 14,9 %.

# 37

## Хімія і прогрес людства

### Матеріал параграфа допоможе вам:

- оцінити значення нових речовин і матеріалів у сучасному житті;
- з'ясувати шляхи розвитку сучасної хімічної технології;
- зрозуміти, чому роль науки хімії і хімічних знань зростає.

**Нові речовини.** Учені-хіміки добувають багато нових сполук. Вони визначають їхній склад, будову, досліджують властивості. Однак цим учені не обмежуються. Вони пропонують шляхи практичного використання цих сполук.

Зростає кількість нових ліків. Вони містять речовини, які краще за існуючі допомагають лікувати людей, зміцнювати їхнє здоров'я. Завдяки сучасним лікарським препаратам вдалося перемогти деякі хвороби, раніше невиліковні.

Сільське господарство нині має широкий вибір хімічних засобів захисту рослин від хвороб і шкідників. Ці речовини застосовують і ті, хто вирощує овочі і фрукти на присадибній ділянці.

Важко оцінити кількість наявних косметичних засобів. Багато речовин, добутих у хімічних лабораторіях, є складовими кремів, гелів, лосьйонів; вони позитивно впливають на шкіру, волосся, лікують і відновлюють їх.

Нові речовини застосовують у будівництві. Це красиві й стійкі фарби, лаки, замітники цементу. Останнім часом з'являється багато ефективних засобів побутової хімії — пральні порошки, клеї, рідини і пасти для чищення та дезінфекції.

**Нові матеріали.** Сьогодні люди вже не можуть обійтися без полімерів і пластмас — на роботі, у навчанні, повсякденному житті, на відпочинку (схема 4). ХХ століття стало епоєю відкриття цих речовин і матеріалів на їх основі. Вони швидко поширюються у всі сфери нашого життя.

*Схема 4*

#### Використання полімерів і пластмас



У сучасному будівництві широко використовують різні штучні покриття, облицювальну плитку, металопластикові вікна і двері, полімерні герметики та ізоляційні матеріали. Це дає змогу економити деревину, зберігати лісові насадження.

Із каучуку, найпоширенішого полімеру, виробляють автомобільні шини. У транспортних засо-



### **Цікаво знати**

Пластмаси з наповнювачем із алмазного пилу — чудові шліфувальні матеріали.

бах все більше металевих деталей і обладнання замінюють на пластмасові. Зі штучних матеріалів виготовляють сучасні меблі, предмети домашнього вжитку, побутову техніку. Завдяки цьому всі ці вироби мають привабливий вигляд, є зручними, легкими, міцними. Кожний із вас використовує письмове приладдя, папки, різноманітну плівку, пакети, виготовлені із синтетичних полімерів.

За останні десятиліття із впровадженням полімерів значно змінилося й удосконалилося спортивне обладнання.

Синтетичні волокна є довговічнішими й міцнішими за натуральні. Зі штучних матеріалів у поєднанні з природними виробляють все більше одягу і взуття.

Нові матеріали застосовують і в медицині. Завдяки хімічній стійкості, міцності, сумісності з організмом їх використовують для протезування в стоматології й ортопедії, у хірургічних операціях.

Космічна техніка висуває до нових матеріалів жорсткі вимоги, серед яких — здатність витримувати високі температури і глибокий вакуум, стійкість до різних випромінювань. Своїми успіхами в освоєнні космічного простору людство зобов'язане й досягненням хімії.

**Нові хімічні технології.** Україна є державою з розвинутою промисловістю. На багатьох заводах виробляють мінеральні добрива, полімери і пластмаси, цемент, скло, нафтопродукти. В основу кожного технологічного процесу покладено хімічні реакції. З урахуванням результатів наукових досліджень розробляються й впроваджуються технології з комплексним використанням природної сировини, оптимізуються способи переробки й утилізації промислових і побутових відходів.

Із хімічними технологіями нерозривно пов'язана система заходів щодо охорони навколишнього середовища. За участю хіміків реалізуються ефективні методи очищення води, вилучення шкідливих речовин із газових викидів промислових підприємств і транспортних засобів.

Наше покоління стало свідком становлення нової галузі науки — нанотехнології. Об'єктом її вивчення є часточки, розміри яких вимірюють у

нанометрах ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ). За своїми властивостями такі часточки відрізняються від окремих атомів і молекул, а також від значно більших часточок — кристаликів, краплинок. Каталізатори, які складаються із наночасточок, виявилися набагато ефективнішими за звичайні, а молекули лікарських препаратів, «сховані» в часточках такого розміру, можуть вибірково лікувати певний внутрішній орган, знищувати злоякісні пухлини. Наноматеріали є перспективними для застосування в інших сферах діяльності людей.

**Хімічні знання.** Навчальний предмет «хімія» посідає чільне місце в середній освіті кожної країни. Знання з хімії, які отримують школярі від учителя, із підручників, допомагають їм правильно поводитися з речовинами і матеріалами, розуміти необхідність здорового способу життя, берегти природу для майбутніх поколінь.

Досягнення хімічної науки застосовують на практиці. Цю науку, безсумнівно, чекає успішний розвиток і великі перспективи.

## ВИСНОВКИ

Завдяки досягненням хімічної науки людина використовує багато нових речовин і матеріалів.

Учені-хіміки удосконалюють технологічні процеси з метою покращення переробки сировини і зменшення забруднення довкілля.

Хімічні знання потрібні людям для свідомого поводження з речовинами і матеріалами, допомагають у становленні здорового способу життя, формуванні екологічної свідомості в суспільстві.



318. Чому штучним матеріалам часто надають перевагу порівняно з матеріалами природного походження?
319. Назвіть кілька штучних матеріалів, з яких виготовляють одяг.
320. Який матеріал з хімії викликав у вас найбільший інтерес під час навчання у школі?
321. Які знання з хімії вам знадобилися в житті?

# Відповіді до задач і вправ

## Розділ 1. Вода. Розчини

7.  $N(\text{H}) = 6,7 \cdot 10^{19}$ . 9.  $m(\text{молекули } \text{H}_2\text{O}) = 3 \cdot 10^{-23}$  г.  
15.  $V(\text{H}_2) = 1244$  л. 16. Так. 20.  $m(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 3,42$  г.  
21.  $m(\text{H}_2\text{O}) : m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = 0,76 : 1 \approx 3 : 4$ .  
22.  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 14,3$  г. 23.  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . 24.  $M - \text{Li}$ .  
41.  $V(\text{N}_2) = 22,4$  мл. 42. У приготовленому розчині можна розчинити ще 6 г  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . 43. а)  $m(\text{H}_2\text{O}) = 14,3$  г; б)  $m(\text{KNO}_3) = 72$  г.  
44.  $m(\text{NaI}) = 29$  г. 51.  $m(\text{H}_2\text{O}) = 114$  г. 52.  $m(\text{соли}) = 18$  г;  
 $V(\text{H}_2\text{O}) = 1982$  мл. 53.  $w(\text{соли}) = 0,24$ . 55.  $m(\text{NaOH}) = 8$  г.  
56.  $w(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 12,5$  %. 57.  $w(\text{CuSO}_4) = 28,6$  %. 59. Необхідно у розчині розчинити ще 0,42 г калій хлориду. 60. Необхідно до розчину додати 10 мл води. 68. б)  $N(\text{йонів}) = 6 \cdot 10^{23}$ .  
75.  $N(\text{K}^+) = 2 \cdot 10^{22}$ ;  $N(\text{SO}_4^{2-}) = 1 \cdot 10^{22}$ . 76. а. 77.  $w(\text{Cl}^-) = 0,88$  %.  
78.  $w(\text{Na}^+) = 0,09$ ;  $w(\text{SO}_4^{2-}) = 0,094$ ;  $w(\text{OH}^-) = 0,033$ . 80. а; практично нерозчинні йонні сполуки ( $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$  та ін.) також є сильними електролітами. 81. в. 83.  $\alpha(\text{HA}) = 0,35$ .  
84.  $\alpha(\text{HNO}_2) = 0,33$ . 85.  $N(\text{HCN}) = 499$ . 87.  $N(\text{H}^+) = 6 \cdot 10^{12}$ .  
88.  $w(\text{H}^+) = 1 \cdot 10^{-10}$ , або  $1 \cdot 10^{-8}$  %. 91. б, в.  
94. г)  $\text{H}_2\text{S} + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ ;  
г)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$  (можливі інші відповіді).  
95. а)  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ ; б)  $\text{H}^+ + \text{F}^- = \text{HF}$ . 96. Можливі реакції б і з. 97. б)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  і  $\text{HCl}$ ;  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (можливі інші відповіді). 98. в)  $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{FeSO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$  (можливі інші відповіді). 99. а)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{HNO}_3$ ;  
в)  $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{FeSO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{FeCO}_3 \downarrow$  (можливі інші відповіді).

## Розділ 2. Хімічні реакції

111.  $m(\text{соли}) = 236,8$  г. 112. Суміш важча за повітря в 1,84 раза.  
113.  $w(\text{CaCO}_3) = 84,3$  %;  $w(\text{CaO}) = 15,7$  %. 122. в) Атом С, йон  $\text{Fe}^{2+}$ .  
125. а) Атом Сульфуру приєднує два електрони. 126.  $V(\text{H}_2) = 16$  л.  
128. в)  $3\text{H}_2\text{S} + 2\text{HNO}_3 = 3\text{S} \downarrow + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ .  
129. а)  $2\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S} = 2\text{FeCl}_2 + \text{S} \downarrow + 2\text{HCl}$ . 131. в)  $N(e^-) = 1,07 \cdot 10^{23}$ .  
137.  $\Delta H_1 = +27$  кДж. 138.  $V(\text{N}_2\text{O}) = 8,96$  л. 139.  $m(\text{S}) = 84,7$  г.  
148. Одне із хімічних рівнянь —  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons{t} \text{CO}_2 + \text{H}_2$ .

## Розділ 3. Найважливіші органічні сполуки

### Вуглеводні

176. Використайте загальну формулу алканів.

178. в) Один із продуктів реакції —  $C_3H_7Cl$ . 181.  $\varphi(C_3H_8) = 27,1\%$  ;

$\varphi(C_4H_{10}) = 72,9\%$  . 190.  $V(CH_4) = V(C_2H_6) = 0,224$  л;  $V(C_2H_4) = 0,672$  л.

194.  $n = 450$ . 195.  $V(C_2H_4) = 2,8$  л. 202.  $V(HCl) = 358,4$  л.

206.  $m(\text{кальцій карбід}) = 10$  кг. 208.  $V(CO_2) = 2$  л;  $V(O_2) = 1,5$  л.

209.  $V(O_2) = V(H_2) = 20$  мл. 210.  $V(H_2S) : V(\text{пов.}) = 2 : 15$ ,

якщо об'ємну частку кисню в повітрі прийняти за 20 % .

211.  $C_2H_2$ . 212.  $C_4H_{10}$ . 213.  $C_2H_6$ .

### Оксигеновмісні сполуки

219. Зважте на тип хімічного зв'язку в молекулі спирту.

221. а)  $CH_3OH$ ; б)  $C_3H_7OH$  (для розв'язання використайте загальну формулу спиртів даного типу). 222.  $w(CH_3OH) = 41\%$  ;

$w(C_2H_5OH) = 59\%$  . 223.  $C_2H_5OH + 3O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$ ;

$\Delta H = -137,1$  кДж. 230.  $w(\text{гліцерину}) = 39\%$  . 235.  $CH_3COOH$ .

236. а)  $HCOOH$ ; б)  $C_2H_5COOH$ . 237.  $w(HCOOH) = 37,1\%$  ;

$w(CH_3COOH) = 48,4\%$  . 244.  $(CH_3COO)_2Mg$ .

245.  $m(p\text{-ну KOH}) = 17,5$  г.

246.  $m(\text{оцт. ес.}) = 45$  г;  $m(\text{води}) = 355$  г. 247.  $w(HCOOH) = 65,7\%$  ;

$w(CH_3COOH) = 34,3\%$  . 256.  $m(\text{гліцерину}) = 1,02$  кг.

257.  $V(H_2) = 4,18$  м<sup>3</sup>.

258.  $2C_3H_5(C_{17}H_{35}COO)_3 + 157O_2 = 108CO_2 + 110H_2O$ ;

$\Delta H = -71\,200$  кДж. 264.  $V(CO_2) = 22,4$  л.

265.  $m(\text{глюкози}) = 83,1$  г. 273.  $w(\text{сахарози}) = 14\%$  .

274.  $V(\text{спирту}) = 35,5$  л. 278.  $m(\text{картоплі}) = 1036$  кг.

279.  $m(\text{крохмалю}) = 6,75$  т.

### Нітрогеновмісні сполуки

283. Зважте на здатність сполуки до електролітичної дисоціації, особливості цього процесу, можливість частинок сполуки сполучатися з йонами  $H^+$ . 287.  $V(\text{пов.}) = 2,25$  л. 288.  $w(\text{дом.}) = 7\%$  .

294.  $m((NH_2CH_2COO)_2Ba) = 28,5$  г. 295. а)  $V(H_2) = 1,12$  л;

б)  $V(CO_2) = 672$  мл. 302.  $m(N) = 3,68$  г. 309.  $w(P) = 6,2\%$  .

314. Порівняйте відношення алкалоїдів, крохмалю, целюлози до кислот. 316.  $m(C) : m(H) : m(O) = 9 : 1 : 12$ . 317.  $M_r(\text{віт. B}_2) = 376$ .

# Словничок термінів

*Алкалоїди* — нітрогеновмісні органічні сполуки, які виявляють сильну фізіологічну дію на організми тварин і людини.

*Алкани* — насичені вуглеводні, молекули яких мають відкритий ланцюг із атомів Карбону.

*Альдегідна група* — група атомів  $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ .

*Аміни* — продукти заміщення атомів Гідрогену в молекулі аміаку на вуглеводневі залишки.

*Аміногрупа* — група атомів  $-\text{NH}_2$ .

*Амінокислоти* — похідні вуглеводнів, у молекулах яких містяться аміногрупи та карбоксильні групи.

*Білки* — поліпептиди, які виконують специфічні біологічні функції в живих організмах.

*Вищі карбонові кислоти* — карбонові кислоти, молекули яких містять 10 і більше атомів Карбону.

*Відновлення* — приєднання електронів частинкою (речовиною).

*Відновник* — частинка (речовина), яка втрачає електрони.

*Вітаміни* — органічні сполуки, потрібні організму в незначній кількості для здійснення важливих біохімічних процесів.

*Внутрішня енергія речовини* — сума енергій усіх частинок речовини і енергій хімічних зв'язків між ними.

*Водневий зв'язок* — електростатична взаємодія між молекулами за участю атомів Гідрогену.

*Вуглеводи* — органічні сполуки із загальною формулою  $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$ .

*Вуглеводневий залишок* — частина молекули органічної сполуки, яка складається з атомів Карбону й Гідрогену.

*Вуглеводні* — сполуки Карбону з Гідрогеном.

*Гідратований йон* — йон, сполучений із молекулами води.

*Гідроксильна група* — група атомів  $-\text{OH}$ .

*Гідроліз* — реакція обміну між сполукою і водою.

*Гомологи* — сполуки, які належать до певного гомологічного ряду.

*Гомологічна різниця* — група атомів  $\text{CH}_2$ .

*Гомологічний ряд* — ряд органічних сполук, молекули яких подібні за будовою і відрізняються за складом на одну чи кілька груп атомів  $\text{CH}_2$ .

*Диполь* — частинка (молекула), яка має два різнойменно заряджені полюси.

*Екзотермічна реакція* — реакція, під час якої виділяється теплота.

*Електричний струм* — направлений рух заряджених частинок.

*Електроліти* — сполуки, водні розчини і розплави яких проводять електричний струм.

*Електролітична дисоціація* — розпад речовини на йони під час її розчинення або плавлення.

*Емульсія* — струшена суміш двох рідин, нерозчинних одна в одній.

*Ендотермічна реакція* — реакція, під час якої поглинається теплота.

*Естери* — похідні карбонових кислот, у молекулах яких атом Гідрогену карбоксильної групи заміщений на вуглеводневий залишок.

*Жири* — естери гліцерину і вищих карбонових кислот.

*Ізмери* — сполуки, молекули яких мають однаковий склад, але різну будову.

*Ізомерія* — явище існування ізомерів.

*Істинний розчин* — розчин, у якому розміри частинок (атомів, молекул, йонів) усіх речовин не перевищують 1 нм.

*Йонно-молекулярне рівняння* — рівняння, яке містить формули речовин і формули йонів.

*Карбоксильна група* — група атомів  $\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{\textbackslash} \\ \text{OH} \end{array}$ .

*Карбонові кислоти* — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька карбоксильних груп.

*Каталізатор* — речовина, яка збільшує швидкість реакції, беручи у ній участь, але після реакції залишається незмінною.

*Кетонна група* — група атомів  $\text{>C=O}$ .

*Кислоти* — електроліти, які дисоціюють у водному розчині з утворенням катіонів одного типу — йонів Гідрогену  $\text{H}^+$ .

*Колоїдний розчин* — розчин, у якому розміри частинок розчиненої речовини становлять від 1 до 100 нм.

*Концентрований розчин* — розчин, у якому міститься значно більше розчиненої речовини, ніж розчинника.

*Кристалізаційна вода* — вода, яка входить до складу кристалогідрату.

*Кристалогідрат* — кристалічна речовина, що містить у своєму складі молекули води.

*Масова частка розчиненої речовини* — відношення маси речовини до маси розчину.

*Мономер* — вихідна речовина в реакції полімеризації.

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

*Насичені вуглеводні* — вуглеводні, в молекулах яких атоми Карбону сполучені між собою простими ковалентними зв'язками.

*Неелектроліти* — сполуки, водні розчини і розплави яких не проводять електричний струм.

*Ненасичений розчин* — розчин, у якому можна розчинити певну порцію речовини.

*Ненасичені вуглеводні* — вуглеводні, в молекулах яких атоми Карбону сполучені між собою не лише простими ковалентними зв'язками, а й подвійними, потрійними зв'язками.

*Необоротна реакція* — реакція, яка відбувається лише в одному напрямку (її продукти не здатні взаємодіяти з утворенням реагентів).

*Нуклеїнові кислоти* — високомолекулярні природні сполуки, які зберігають і відтворюють в організмах генетичну інформацію, а також беруть участь у синтезі білків.

*Нуклеотид* — частина молекули нуклеїнової кислоти, яка складається зі сполучених залишків молекул ортофосфатної кислоти  $H_3PO_4$ , моносахариду і нітрогеновмісної сполуки.

*Оборотна реакція* — реакція, яка може відбуватися у протилежних напрямках.

*Окиснення* — віддача електронів частинкою (речовиною).

*Окисник* — частинка (речовина), яка отримує електрони.

*Окисно-відновна реакція* — реакція, яка відбувається зі зміною ступенів окиснення елементів.

*Органічна хімія* — галузь хімії, предметом якої є вивчення органічних сполук та їх перетворень.

*Органічні речовини* — сполуки Карбону (за деякими винятками).

*Основи* — електроліти, які дисоціюють у водному розчині або розплаві з утворенням аніонів одного типу — гідроксид-іонів.

*Пептид* — продукт взаємодії між молекулами однієї або кількох амінокислот.

*Пептидна група* — група атомів  $\begin{array}{c} \text{—C—N—} \\ \parallel \quad | \\ \text{O} \quad \text{H} \end{array}$ .

*Піна* — неоднорідна суміш рідини і газу.

*Полімер* — сполука, молекули якої складаються з великої кількості однакових груп атомів.

*Реакція гідратації* — реакція приєднання води до сполуки.

*Реакція гідрування* — реакція приєднання водню до органічної сполуки.

*Реакція дегідратації* — реакція відщеплення води від сполуки.

*Реакція естерифікації* — реакція між спиртом і кислотою з утворенням естеру і води.

*Реакція заміщення* (в неорганічній хімії) — реакція між простою і складною речовинами, в результаті якої утворюються інші проста і складна речовини.

*Реакція обміну* — реакція між двома складними речовинами, в результаті якої вони обмінюються своїми складовими (атомами, групами атомів, йонами).

*Реакція полімеризації* — реакція сполучення багатьох однакових молекул внаслідок руйнування кратних зв'язків.

*Реакція приєднання* — назва реакції сполучення в органічній хімії.

*Реакція розкладу* — реакція, в якій із однієї речовини утворюється кілька речовин.

*Реакція сполучення* — реакція, в якій із кількох речовин утворюється одна.

*Реакція хлорування* — реакція між органічною сполукою і хлором.

*Розбавлений розчин* — розчин, у якому міститься значно більше розчинника, ніж розчиненої речовини.

*Розчин* — однорідна суміш речовин.

*Розчинник* — компонент розчину, який перебуває в такому самому агрегатному стані, що й розчин. Якщо таких компонентів розчину кілька, то розчинником обирають той, маса якого найбільша.

*Розчинність* — властивість речовини утворювати з іншою речовиною розчин.

*Сильний електроліт* — електроліт, який повністю або майже повністю розпадається на йони у розчині.

*Слабкий електроліт* — електроліт, який незначною мірою розпадається на йони у розчині.

*Солі* — електроліти, які дисоціюють у водному розчині або розплаві на катіони металічних елементів та аніони кислотних залишків.

*Спирти* — похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на гідроксильні групи.

*Ступінь електролітичної дисоціації* — відношення кількості молекул електроліту, які розпалися на йони, до загальної кількості його молекул перед дисоціацією.

*Ступінь окиснення* — умовний цілочисельний заряд атома в речовині.

*Суспензія* — струшена суміш рідини і нерозчинної в ній добре подрібненої твердої речовини.

*Термохімічне рівняння* — хімічне рівняння із записом числового значення теплового ефекту реакції.

*Фізіологічно активні речовини* — органічні сполуки, які активно впливають на різні біологічні процеси в живих організмах.

*Фотосинтез* — синтез органічних речовин із неорганічних (вуглекислого газу, води, розчинних солей) у рослинах за участю сонячної енергії.

*Функціональна група* — група атомів у молекулах сполук даного класу, яка зумовлює їхні характерні хімічні властивості.



# Предметний покажчик

- А**  
Алкалоїди 212  
Алкани (гомологи метану) 113  
    властивості 118, 119  
    застосування 120  
    назви 114  
    поширеність у природі 118  
    формули 112  
Аміни 188  
Амінокислоти 192  
    застосування 195  
    незамінні 193  
 $\alpha$ -Амінокислоти 193  
Амінооцтова кислота 193  
Аскорбінова кислота  

див. Вітамін С

  
Ацетат-іон 160  
Ацетати 160  
Ацетилен (етин) 133  
    будова молекули 133  
    властивості 135  
    добування 136  
    застосування 137
- Б**  
Білки 197  
    будова молекул 198  
    властивості 200, 201
- В**  
Відновлення 74  
Відновник 75  
Вітамін С 210  
Вітаміни 210  
    водорозчинні 210  
    жиророзчинні 211  
Внутрішня енергія речовини 84  
Вода 5  
    будова молекули 6  
    поширеність у природі 5  
    властивості 10, 11  
Водневий зв'язок 8  
Вуглеводи 170  
    класифікація 171  
Вуглеводневий залишок 144  
Вуглеводні 103, 104  
    насичені 104  
    ненасичені 104
- Г**  
Генна інженерія 207  
Гігроскопічність 151  
Гідратований йон 20  
Гідроліз  
    жирів 167  
    солей 62  
Гліцерин (гліцерол) 150  
    властивості 150, 151  
    застосування 153  
Гліцин *див.* Амінооцтова кислота  
Глюкоза 172  
    властивості 172  
    застосування 173  
Гомологи 113  
Гомологічний ряд 113  
Гомологічна різниця 113
- Д**  
Декстрини 182  
Денатурація білків 200  
Диполь 8
- Е**  
Електроліт 41  
    сильний 52  
    слабкий 52  
Електролітична дисоціація 43  
Елементи-органогени 100

Емульсія 18  
Естери (складні ефіри) 161  
Етан 114  
Етанол 145  
    властивості 145, 146  
    застосування 148  
    фізіологічна дія 148  
Етилен (етен) 122  
    властивості 124  
    добування 126

## Ж

Жири 165  
    властивості 166  
    добування 168  
    застосування 168  
    класифікація 165

## І

Ізомери 117  
Ізомерія 117

## Й

Йонно-молекулярне  
    рівняння 56

## К

Карбонові кислоти 154  
    виці 156  
    дисоціація 159  
    жирні 156  
    класифікація 155, 156  
    монокарбонові 155  
    назви 156  
    поширеність у природі 155  
Каталізатор 95  
Кислота  
    мурашина 156  
    олеїнова 156  
    оцтова (етанова) 158  
        будова молекули 158  
        властивості 159

    добування 161  
    застосування 161  
    пальмітинова 156  
    стеаринова 156

Кислоти 47  
Кристалізаційна вода 15  
Кристалогідрат 14  
Крохмаль 180  
    будова молекул 181  
    властивості 181, 182  
    застосування 183

## М

Масова частка  
    розчиненої речовини 34  
Метан 104  
    будова молекули 105  
    властивості 107  
    поширеність у природі 104  
Метанол 145  
    будова молекули 145  
    властивості 145  
    застосування 148  
    фізіологічна дія 149  
Метиламін 189  
    будова молекули 189  
    властивості 189  
Метод електронного  
    балансу 80  
Мономер 129

## Н

Наркотики 214  
Неелектроліт 41  
Нікотин 213  
Нуклеїнові кислоти 205  
    будова молекул 205  
    властивості 207  
    функції 206  
Нуклеотид 205

## О

Окиснення 74  
Окисник 75  
Органічна хімія 101

Органічні сполуки 100  
Основи 44

## П

Парафін 119  
Пептиди 194  
Пептидна група 195  
Піна 18  
Пластмаси 132  
Поліетилен 128  
Полімер 129  
Природний газ 104

## Р

Реакція

біуретова 201  
бродіння 173  
гідратації 125  
гідрування 125  
дегідратації 126, 146  
екзотермічна 84  
ендотермічна 84  
естерифікації 161  
заміщення 69, 109  
ксантопротейнова 201  
необоротна 71  
обміну 70  
оборотна 71  
окисно-відновна 74  
полімеризації 129  
приєднання 124  
розкладу 68  
сполучення 67  
хлорування 109

Розчин 18

істинний 22  
колоїдний 22  
концентрований 19  
насичений 26  
ненасичений 26  
розбавлений 19

Розчинена речовина 18

Розчинник 18

Розчинність 26

## С

Сахароза 175  
властивості 176  
добування 178  
застосування 179

Солі 44

Спирти 144  
властивості 145, 146  
добування 147  
класифікація 144

Ступінь електролітичної  
дисоціації 51

Суспензія 18

## Т

Тепловий ефект реакції 84  
Термохімічне рівняння 86  
Тефлон 132

## Ф

Фізіологічно активні  
речовини 209  
Фотосинтез 171  
Фруктоза 175  
Функціональна група 143  
альдегідна 172  
аміногрупа 188  
гідроксильна 143  
карбоксільна 143, 154  
кетонна 175

## Х

Хлоропохідні 109

## Ц

Целюлоза 180, 183  
властивості 184  
застосування 184

## Ш

Швидкість хімічної  
реакції 90, 91

# Література для учнів

1. Аликберова Л. Ю. Занимательная химия: Книга для учащихся, учителей и родителей. — М.: АСТ-ПРЕСС, 2002. — 560 с.
2. Березан О. В. Енциклопедія хімічних задач. — Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. — 304 с.
3. Большая детская энциклопедия: Химия / Сост. К. Люцис. — М.: Русское энциклопедическое товарищество, 2001. — 640 с.
4. Бочеваров А. Д., Жикол О. А. Хімія у визначеннях, таблицях і схемах: Довідково-навчальний посібник. — Харків: Ранок, 1998. — 128 с.
5. Василега М. Д. Цікава хімія. — К.: Рад. школа, 1989. — 188 с.
6. Зоммер К. Аккумулятор знаний по химии / Пер. с нем. — М.: Мир, 1985. — 294 с.
7. Карцова А. А. Химия без формул. — СПб.: Авалон, Азбука-классика, 2005. — 112 с.
8. Крикля Л. С., Попель П. П. Хімія: задачі та вправи. 8 клас. — К.: Видавничий центр «Академія», 2002. — 232 с.
9. Кукса С. П. 600 задач з хімії. — Тернопіль: Мандрівець, 1999. — 144 с.
10. Левицкий М. М. Увлекательная химия. Просто о сложном, забавно о серьезном. — М.: АСТ; Астрель, 2008. — 448 с.
11. Леенсон И. А. Занимательная химия. — М.: РОСМЭН, 2000. — 104 с.
12. Попель П. П. Складання рівнянь хімічних реакцій: Навч. посіб. — К.: Рута, 2000. — 128 с.
13. Хімія: завдання та тести / В. М. Амірханов, О. І. Білодід, М. М. Верховод та ін.; за ред. М. Ю. Корнілова. — К.: Школяр, 2000. — 512 с.
14. Хімія. Тести. 8—11 класи: Посібник / Автори-укладачі: І. М. Курмакова, Т. С. Куратова, С. В. Грузнова та ін. — К.: ВЦ «Академія», 2007. — 280 с.
15. Химия: Энциклопедия химических элементов / Под ред. проф. А. М. Смолеговского. — М.: Дрофа, 2000. — 432 с.
16. Энциклопедия для детей / Глав. ред. В. А. Володин. — М.: Аванта+, 2000. — Т. 17. Химия. — 640 с.
17. Яковішин Л. О. Цікаві досліди з хімії: у школі та вдома. — Севастополь: Біблекс, 2006. — 176 с.

## Деякі сайти Інтернету, які містять цікавий матеріал із хімії

1. <http://www.alhimik.ru>
2. <http://chemistryandchemists.narod.ru>
3. <http://chemworld.narod.ru>
4. <http://www.hij.ru>

# Зміст

Дорогі дев'ятикласники.....	3
-----------------------------	---

## 1 розділ

### Вода. Розчини

§ 1. Вода.....	5
§ 2. Властивості води.....	10
§ 3. Кристалогідрати.....	13
§ 4. Розчини. Утворення розчину.....	17
<i>Експериментуємо вдома. Тепловий ефект</i> при розчиненні речовини у воді.....	25
Тепловий ефект при утворенні кристалогідрату.....	25
§ 5. Розчинність речовин.....	25
<i>Експериментуємо вдома. Порівняння</i> розчинності речовин у воді.....	31
<i>Позаурочний експеримент. Вирощування кристалів</i> мідного купоросу.....	31
§ 6. Кількісний склад розчину. Масова частка розчиненої речовини.....	32
Практична робота № 1. Приготування водного розчину солі з певною масовою часткою розчиненої речовини.....	38
§ 7. Електроліти та неелектроліти.....	39
§ 8. Електролітична дисоціація.....	43
§ 9. Ступінь електролітичної дисоціації. Вода як електроліт....	50
§ 10. Йонно-молекулярні рівняння. Реакції обміну між електролітами у розчині.....	55
<i>Для допитливих. Гідроліз солей.....</i>	62
Практична робота № 2. Реакції йонного обміну в розчинах електролітів.....	63
Практична робота № 3. Розпізнавання неорганічних сполук.....	64

## 2 розділ

### Хімічні реакції

§ 11. Класифікація хімічних реакцій.....	66
§ 12. Окисно-відновні реакції.....	73
§ 13. Складання рівнянь окисно-відновних реакцій.....	79
§ 14. Тепловий ефект хімічної реакції.....	83
<i>Для допитливих.</i> Калорійність харчових продуктів.....	88
§ 15. Швидкість хімічної реакції.....	90
<i>Для допитливих.</i> Про умови зберігання харчових продуктів.....	97

## 3 розділ

### Найважливіші органічні сполуки

§ 16. Органічні сполуки. Органічна хімія.....	98
Вуглеводні.....	103
§ 17. Метан.....	104
<i>На дозвіллі.</i> Виготовлення масштабної моделі молекули метану.....	112
§ 18. Гомологи метану (алкани).....	112
<i>Для допитливих.</i> Ізомерія.....	116
<i>На дозвіллі.</i> Виготовлення масштабних моделей молекул етану і пропану.....	117
§ 19. Властивості та застосування алканів.....	118
§ 20. Етилен.....	122
<i>На дозвіллі.</i> Виготовлення масштабної моделі молекули етилену.....	128
§ 21. Поліетилен.....	128
<i>Для допитливих.</i> Тефлон.....	132
Пластмаси.....	132
§ 22. Ацетилен.....	133
<i>На дозвіллі.</i> Виготовлення масштабної моделі молекули ацетилену.....	138
§ 23. Співвідношення об'ємів газів у хімічних реакціях.....	139
Оксигеновмісні органічні сполуки.....	143
§ 24. Спирти. Метанол і етанол.....	144
§ 25. Гліцерин.....	150

§ 26. Карбонові кислоти.....	154
§ 27. Оцтова кислота.....	158
Практична робота № 4.	
Властивості оцтової кислоти.....	163
§ 28. Жири.....	165
§ 29. Вуглеводи. Глюкоза.....	170
Для допитливих. Фруктоза.....	175
§ 30. Сахароза.....	175
§ 31. Крохмаль. Целюлоза.....	180
<i>Експериментуємо вдома.</i> Виявлення крохмалю в харчових продуктах.....	186
Вилучення крохмалю з картоплі.....	186
Практична робота № 5.	
Розпізнавання оксигеновмісних органічних сполук ....	186
Нітрогеновмісні органічні сполуки.....	187
§ 32. Аміни. Метиламін.....	188
§ 33. Амінокислоти. Амінооцтова кислота.....	192
§ 34. Білки.....	197
<i>Експериментуємо вдома.</i> Приготування розчину білка.....	203
Вивчення властивостей білка.....	204
§ 35. Нуклеїнові кислоти.....	204
§ 36. Фізіологічно активні речовини.....	209
§ 37. Хімія і прогрес людства.....	215
Відповіді до задач і вправ.....	219
Словничок термінів.....	221
Предметний покажчик.....	225
Література для учнів.....	228

**Попель П. П.**

Хімія : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. / П. П. Попель, Л. С. Крикля. — К. : ВЦ «Академія», 2009. — 232 с. : іл.

ISBN 978-966-580-294-5

Підручник підготовлено за програмою з хімії для 7—11 класів загальноосвітніх навчальних закладів. У ньому розглянуто матеріал із розділів «Вода. Розчини», «Хімічні реакції», «Найважливіші органічні сполуки». Підручник містить практичні роботи, лабораторні досліди, запитання, вправи, задачі, завдання для позакласного і домашнього експерименту, додатковий матеріал для допитливих, а також словничок хімічних термінів і предметний покажчик.

ББК 24. 1я 721

Навчальне видання

ПОПЕЛЬ Павло Петрович  
КРИКЛЯ Людмила Сергіївна

## ХІМІЯ

Підручник для 9 класу  
загальноосвітніх навчальних закладів

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Редактор А. А. Даниленко  
Технічний редактор Т. І. Семченко  
Коректор В. П. Мусійченко  
Художнє оформлення В. М. Штогриня  
Комп'ютерна верстка Є. М. Байдюка

Підписано до друку 09.07.2009.

Формат 60×90/16.

Папір офс. № 1.

Гарнітура Шкільна.

Друк офсетний.

Ум. друк. арк. 14,5.

Обл.-вид. арк. 10,4. Зам. 9–385.

Видавничий центр «Академія»

04119, м. Київ-119, а/с 37.

Тел./факс: (044) 483-12-11; 456-84-63.

E-mail: academia-pc@svitonline.com

Свідоцтво: серія ДК № 555 від 03.08.2001 р.

Видруковано у ВАТ «Поліграфкнига»

корпоративне підприємство ДАК «Укрвидавполіграфія»

03057, м. Київ, вул. Довженка, 3

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи

до державного реєстру видавців, виготовників

і розповсюджувачів видавничої продукції

ДК № 3089 від 23.01.2008 р.