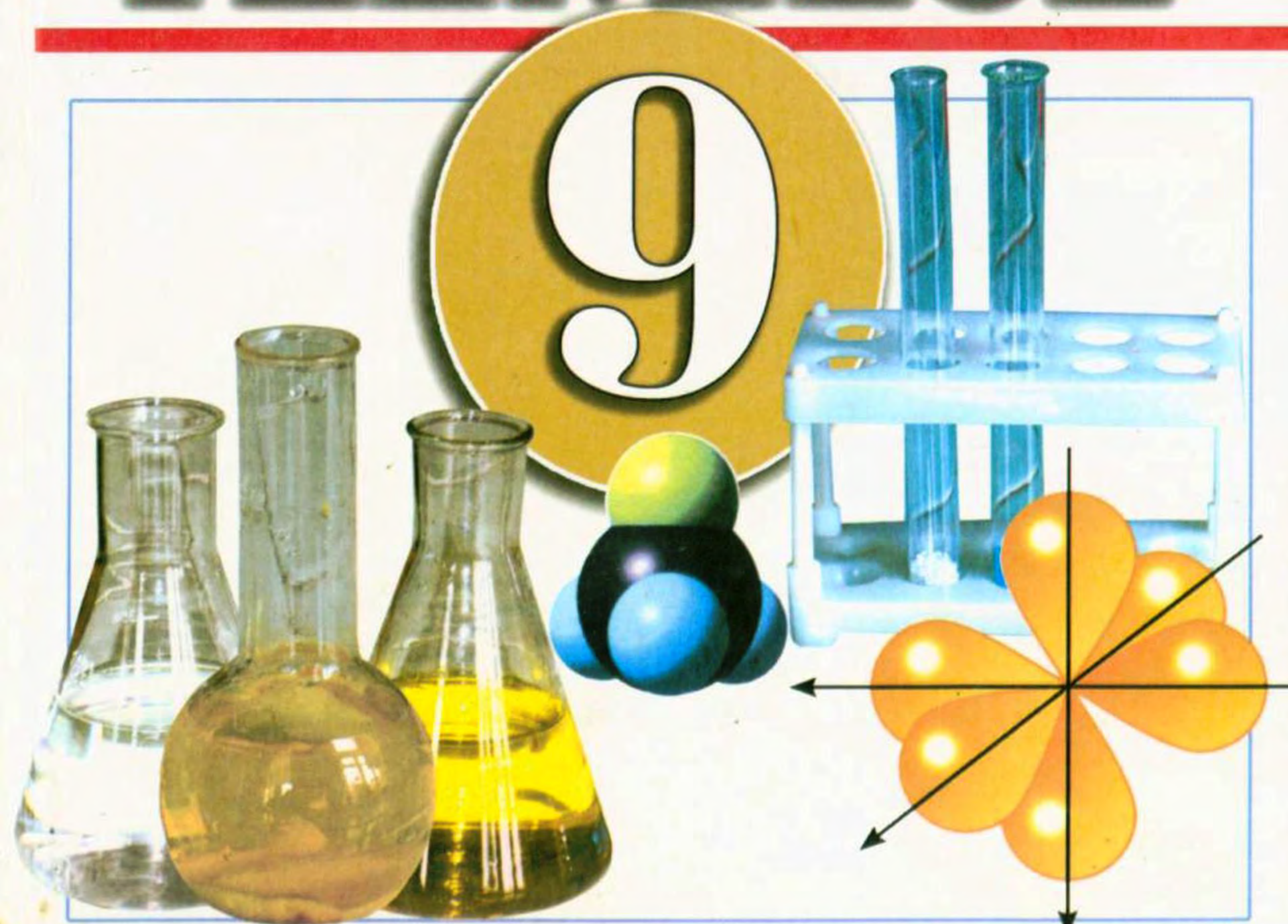




Н. М. БУРИНСЬКА, Л. П. ВЕЛИЧКО

ХІМІЯ

9



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

Працівники Міністерства освіти і науки України
та Інституту інноваційних технологій і змісту освіти,
які є відповідальними за підготування підручника до видання:

С. С. Фіцайло головний спеціаліст МОН України
О. А. Дубовик завідувач сектора природничо-математичної та технологічної освіти
Інституту інноваційних технологій і змісту освіти

Експерти, які здійснювали експертизу рукопису підручника
та рекомендували його до друку:

О. Є. Земляков доктор хімічних наук, професор кафедри органічної хімії
Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського
Л. М. Зламанюк кандидат педагогічних наук, завідувача кафедри теорії та методики,
доцент Дніпропетровського ОІППО
М. Т. Картель доктор хімічних наук, професор, член-кореспондент НАН України,
директор Інституту хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України
В. І. Кизенко кандидат педагогічних наук, Інститут педагогіки АПН України
І. Ю. Старовойтова кандидат педагогічних наук, вчитель ліцею «Колеж» м. Донецька
В. П. Шевчук завідувач НМК хімії Кіровоградського ОІППО ім. В. Сухомлинського

Буринська, Н. М., Величко, Л. П.

Б91 Хімія : 9 : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Н. М. Буринська, Л. П. Величко
— К. ; Ірпінь : Перун, 2009. — 232 с. : іл.

ISBN 978-966-569-262-1

ББК 24.Ія721

© ВТФ «Перун», 2009

© Н. М. Буринська, Л. П. Величко, 2009

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено.

Зміст

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Як користуватися підручником | 4 |
| Правила поведінки учнів у кабінеті хімії..... | 6 |
| Повторення основних питань курсу хімії 8-го класу | 7 |
| § 1. Основні класи неорганічних сполук | 8 |
| <i>Практична робота 1. Розв'язування експериментальних</i> <i>задач</i> | 11 |
| § 2. Періодичний закон і періодична система хімічних елементів. Будова атома..... | 12 |
| § 3. Хімічний зв'язок | 16 |
| Розділ I. Розчини | 21 |
| § 4. Поняття про дисперсні системи та їх значення..... | 22 |
| § 5. Поняття про колоїдні розчини | 25 |
| § 6. Поняття про істинні розчини..... | 31 |
| § 7. Розчинність речовин у воді..... | 39 |
| § 8. Вода — полярний розчинник..... | 45 |
| § 9. Кількісний склад розчину..... | 50 |
| <i>Практична робота 2. Приготування розчину солі</i> <i>з певною масовою часткою розчиненої речовини</i> | 59 |
| § 10. Електролітична дисоціація | 60 |
| § 11. Дисоціація електролітів у водних розчинах | 66 |
| § 12. Реакції обміну між розчинами електролітів. Йонні рівняння | 74 |
| <i>Практична робота 3. Реакції йонного обміну в розчинах</i> <i>електролітів</i> | 78 |
| Розділ II. Хімічні реакції | 80 |
| § 13. Класифікація хімічних реакцій | 81 |
| § 14. Окисно-відновні реакції..... | 86 |
| § 15. Енергетичний ефект хімічних реакцій. Термохімічні рівняння..... | 92 |
| § 16. Швидкість хімічних реакцій | 100 |
| § 17. Каталіз | 107 |
| § 18. Хімічна рівновага | 111 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Розділ III. Найважливіші органічні сполуки | 119 |
| § 19. Що таке органічні сполуки..... | 120 |
| § 20. Метан..... | 125 |
| § 21. Гомологи метану..... | 134 |
| § 22. Етилен і ацетилен | 142 |
| § 23. Поліетилен | 150 |
| § 24. Метанол і етанол..... | 156 |
| § 25. Гліцерин | 162 |
| § 26. Оцтова кислота..... | 166 |
| <i>Практична робота 4. Властивості оцтової кислоти.....</i> | <i>172</i> |
| § 27. Жири..... | 173 |
| § 28. Вуглеводи. Глюкоза | 179 |
| § 29. Сахароза..... | 183 |
| § 30. Крохмаль | 186 |
| § 31. Целюлоза | 189 |
| § 32. Амінокислоти | 192 |
| § 33. Білки | 196 |
| § 34. Нуклеїнові кислоти..... | 202 |
| § 35. Природні й синтетичні органічні сполуки | 207 |
| <i>Практична робота 5. Розв'язування експериментальних задач</i> <i>на розпізнавання органічних речовин</i> | <i>210</i> |
| § 36. Місце хімії серед наук про природу | 211 |
| § 37. Роль хімії в житті суспільства | 218 |
| Відповіді до завдань | 225 |
| Тлумачний словничок | 227 |
| Іменний покажчик..... | 228 |
| Предметний покажчик | 229 |

ЯК КОРИСТУВАТИСЯ ПІДРУЧНИКОМ

Юні друзі!

Ти вже став дев'ятикласником, отже, завершуєш здобуття базового рівня шкільної хімічної освіти. А попереду — вибір профілю подальшого навчання. Незалежно від того, який профіль навчання ти обиратимеш далі, тобі потрібні загальноосвітні хімічні знання як необхідна складова культури людини. Що ж чекає на тебе в курсі хімії 9-го класу?

У 9-му класі ти ознайомишся з теорією розчинів. Адже більшість із тих хімічних реакцій, які здійснюються в організмі людини, у природі, на виробництві, відбуваються в розчинах. Ти дізнаєшся про величезне значення розчинів у житті й практичній діяльності людини. Довідаєшся про те, як поведуться кислоти, луги, солі у водних розчинах. Навчишся складати відповідні рівняння реакцій, довідаєшся й про закономірності перебігу хімічних реакцій, їхню енергетику, швидкість тощо.

Окрім того, у курсі 9-го класу ти ознайомишся з органічними речовинами. Дізнаєшся про їх різноманітність і значення у навколишньому світі. Зрозумієш значення органічних сполук у життєдіяльності організмів і переконаєшся, що принципової відмінності між органічними й неорганічними речовинами немає.

Щоб полегшити сприймання навчального матеріалу і його засвоєння, автори тобі радять:

— Під час роботи з підручником навчальний матеріал вивчай послідовно, не пропускай параграфів, аби не порушувати логіки знань, які здобуваєш.

— Щоб допомогти тобі в роботі з підручником, найважливіший матеріал, на який слід звернути особливу увагу, або той, що потребує запам'ятовування, вирізняє кольором або жирним шрифтом.

— Звертай увагу і на текст, надрукований дрібним шрифтом. Уважно читай його, хоча для засвоєння він не є обов'язковим.

— Вивчаючи органічні речовини, звертай увагу на їхню будову, наявність функціональної групи як чинника, що визначає властивості органічної сполуки.

— Правильність виконання завдань перевіряй за відповідями, наведеними наприкінці підручника.

— Не забувай користуватися тлумачним словничком, аби з'ясувати незрозумілі слова.

Бажаємо тобі успіхів у навчанні!

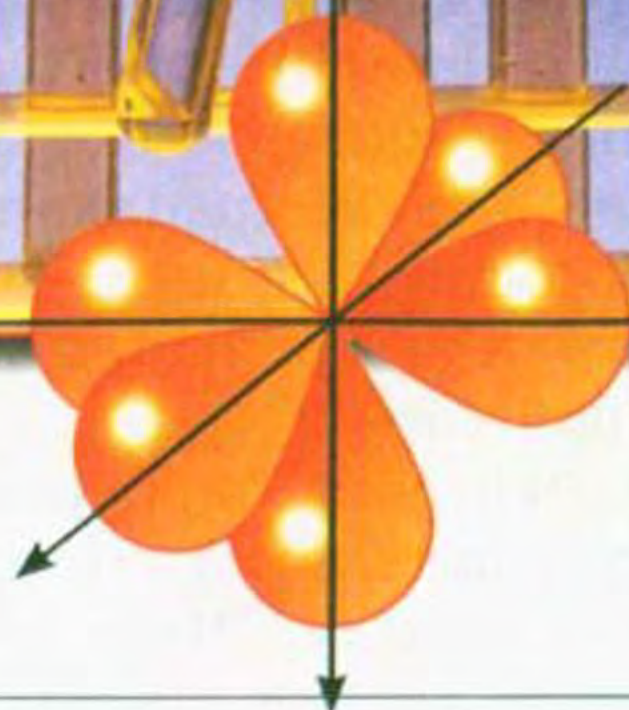
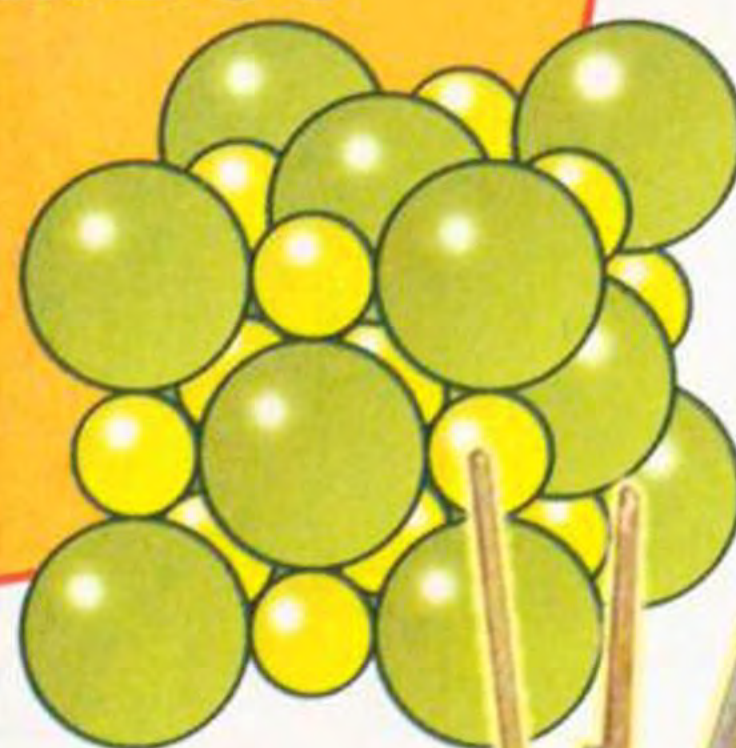
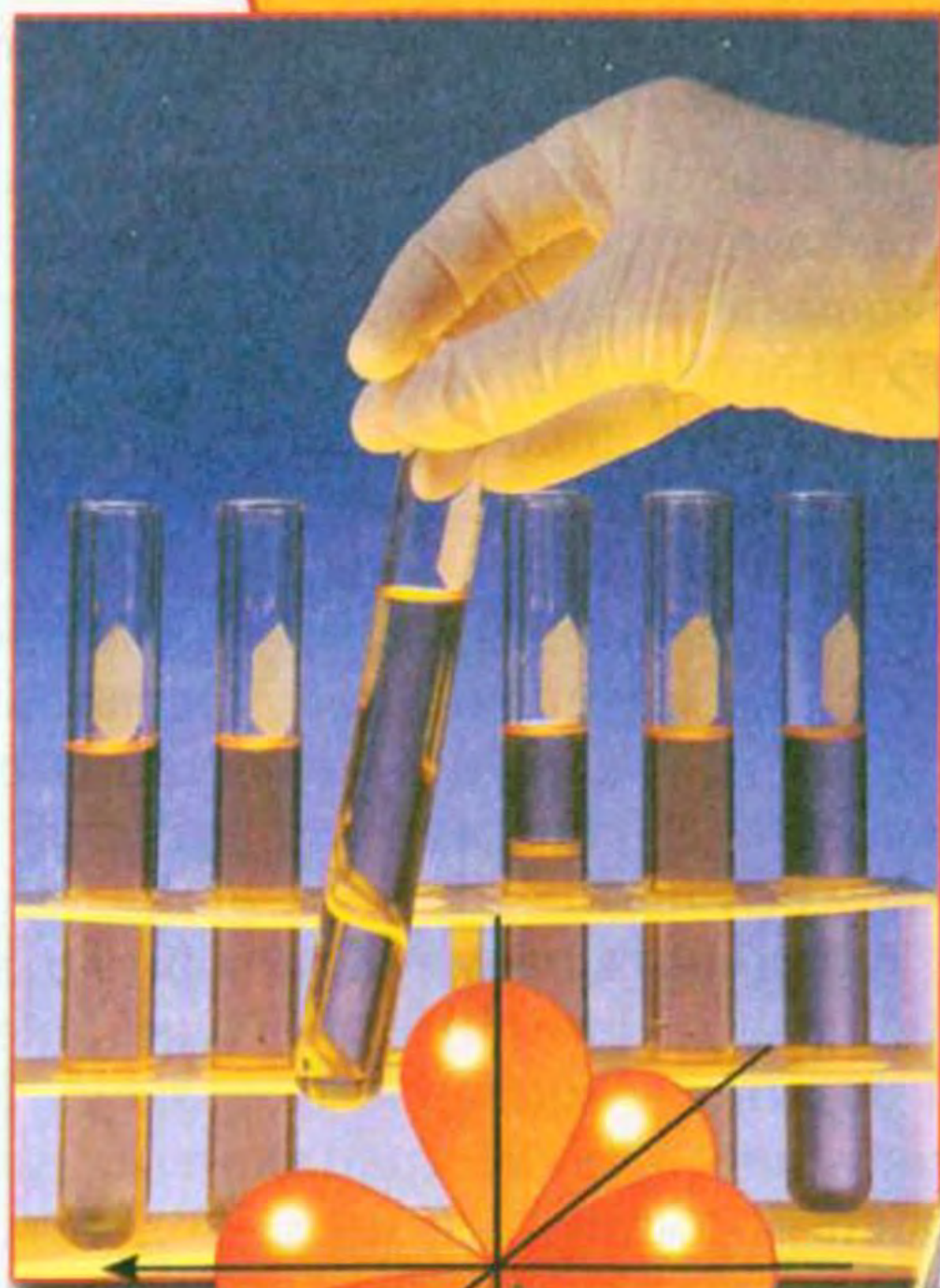
Автори

ПРАВИЛА ПОВЕДІНКИ УЧНІВ У КАБІНЕТІ ХІМІЇ

Учень зобов'язаний:

1. Входити до кабінету хімії та лаборантської тільки з дозволу вчителя.
2. Входити до кабінету і виходити з нього спокійно, щоб ненароком не перекинути хімічного посуду, приладдя чи склянки з реактивами, що стоять на столах.
3. Займати в кабінеті завжди одне й те саме робоче місце й не переходити на інше місце без дозволу вчителя.
4. Підтримувати чистоту й порядок на своєму робочому місці, прибирати після себе.
5. Під час роботи не тримати на лабораторному столі нічого зайвого. На ньому можуть бути підручник, збірник задач, довідник, зошит і письмове приладдя.
6. Всі досліди виконувати самостійно, крім тих, які за вказівкою вчителя виконуються парами або групами з 3—4 учнів.
7. Не починати роботу, доки не перевірено, чи є все необхідне для дослідів, і не продумано послідовність виконання кожного з них.
8. Працювати сидячи, швидко, але без зайвої квапливості, під час роботи дотримуватися тиші.
9. Записувати у зошиті хід виконання роботи, спостереження, рівняння виконаних реакцій, робити висновки відразу ж після виконання досліду.
10. Дбайливо ставитися до обладнання кабінету.
11. Дотримуватися правил нагрівання, поводження з реактивами, хімічним посудом, лабораторним обладнанням. Знати запобіжні заходи під час роботи в кабінеті хімії.
12. Знати, де в кабінеті містяться аптечка, протипожежні засоби, і вміти ними користуватися в разі потреби.
13. Не вживати їжі і напоїв у хімічному кабінеті.

ПОВТОРЕННЯ ОСНОВНИХ ПИТАНЬ КУРСУ ХІМІЇ 8-го КЛАСУ



З минулого навчального року тобі вже відомі деякі навчальні відомості про основні класи неорганічних сполук, періодичний закон і періодичну систему хімічних елементів, хімічний зв'язок, що створюють певний теоретичний фундамент для усвідомленого сприймання подальших питань курсу. Але протягом літа могло дещо й забутися. Повтори коротко основне з вивченого, аби впевненіше почуватися на заняттях.

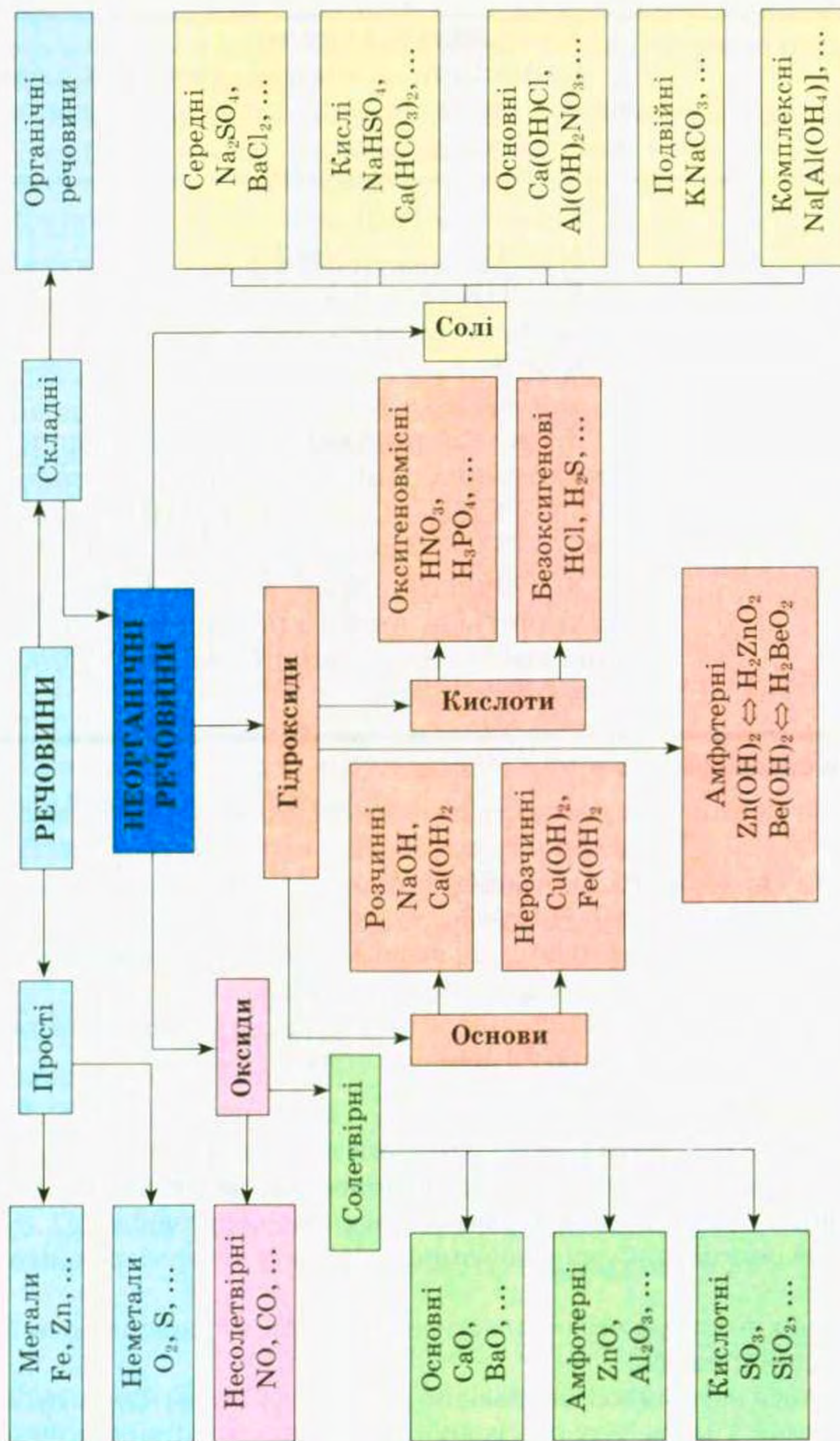
§ 1. ОСНОВНІ КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПЛУК

Ти вже знаєш, що все, що нас оточує, і ми самі складаємось із речовин. Саме речовини є предметом вивчення хімії. А їх сьогодні відомо майже 20 млн, і всі вони мають певні властивості. Зрозуміло, що запам'ятати всі їхні властивості неможливо, та й нема потреби. Аби полегшити засвоєння відомостей про речовини, їх класифікують, установлюють зв'язки між класами, виявляють спільні властивості, що характерні для цілого класу речовин.

Класифікація — розподіл будь-яких об'єктів за спільними ознаками з утворенням певної системи класів

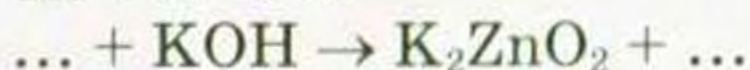
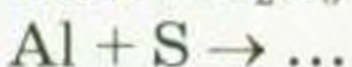
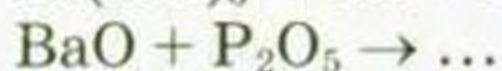
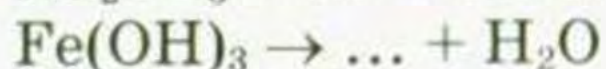
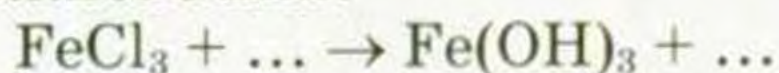
Розглянь схему «Класифікація речовин» (табл. 1, с. 9) і пригадай визначення кожного класу й підкласу. Зверни увагу, що в схемі трапляються такі підкласи речовин, з якими, можливо, й не було нагоди зустрітися, а якщо траплялися окремі, то пригадай, з якого приводу, і спробуй скласти рівняння реакції, в якій бере участь або утворюється речовина цього підкласу. Після цього виконай тренувальні вправи, умови яких наведено далі.

Таблиця 1. Класифікація речовин

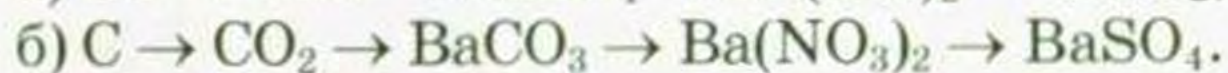
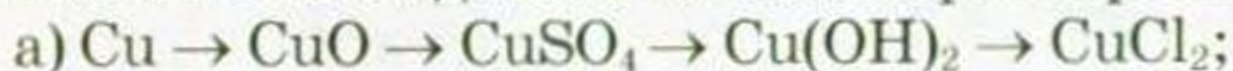


Тренувальні вправи

1. Закінчи рівняння хімічних реакцій, схеми яких подано нижче, і визнач тип кожної з них:



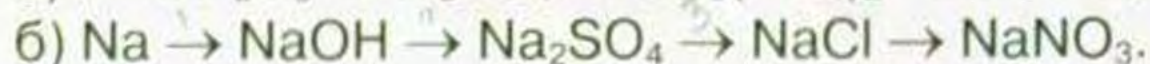
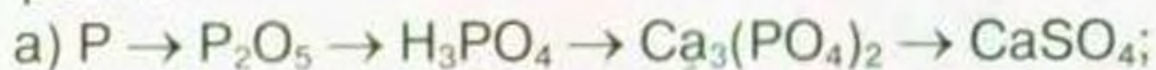
2. Склади рівняння реакцій, за допомоги яких можна здійснити такі перетворення:



3. Обчисли об'єм водню (н. у.), який виділяється, якщо з розчином ортофосфатної кислоти взаємодіє магній кількістю речовини 1 моль.

Завдання для самоконтролю

1. Склади рівняння реакцій, за допомоги яких можна здійснити такі перетворення:



2. Як із цинк оксиду добути цинк гідроксид, якщо в твоєму розпорядженні є всі необхідні реактиви? Склади відповідні рівняння реакцій.

3. Обчисли кількість речовини солі, що утвориться, якщо на ферум(III) оксид подіяти нітратною кислотою кількістю речовини 3 моль.

Додаткові завдання

4. З якими із названих речовин може взаємодіяти хлоридна кислота: сульфур (VI) оксид, цинк оксид, сульфатна кислота, алюміній, натрій хлорид, карбон(IV) оксид, ферум(III) гідроксид? Напиши рівняння відповідних реакцій.

5. Напиши рівняння реакцій добування алюміній сульфату чотирма різними способами.

6. Склади схему, що ілюструє хімічні властивості солей, супроводжуючи її рівняннями відповідних реакцій.

7*. У розчині міститься натрій хлорид кількістю речовини 1 моль і натрій сульфат кількістю речовини 1 моль. Яку речовину і в якій кількості треба додати до

розчину, аби в ньому містився натрій хлорид кількістю речовини 3 моль і не було би натрій сульфату?

8*. Унаслідок взаємодії з водою лужного металу масою 3,5 г виділяється водень об'ємом 5,6 л (н. у.). Визнач цей метал.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

Розв'язування експериментальних задач

Під час цієї практичної роботи треба застосувати знання, набуті в результаті вивчення класифікації та хімічних властивостей оксидів, кислот, основ і солей. За вказівкою вчителя виконай один із варіантів запропонованих завдань.

Варіант I (середній рівень)

1. Використовуючи реактиви, що є в твоєму розпорядженні, добудь купрум(II) гідроксид і доведи, що ця речовина є основою.
2. У трьох пробірках під номерами 1, 2, 3 містяться розчини кислоти, лугу й солі. Визнач, яка речовина в якій пробірці міститься.

Варіант II (достатній рівень)

1. Проведи реакції, за допомоги яких можна здійснити такі перетворення:

купрум(II) оксид \rightarrow купрум(II) хлорид \rightarrow купрум(II) гідроксид \rightarrow купрум(II) оксид.

Напиши рівняння пророблених реакцій.

2. Добудь магній гідроксид і доведи, що він є основою.
3. Хімічним способом виокреми мідь із суміші мідних ошукрок з порошком цинку.

Варіант III (високий рівень)

1. Проведи реакцію нейтралізації. Напиши рівняння реакції, зазнач умови її перебігу. Поясни результати своїх спостережень.
2. Добудь купрум(II) хлорид трьома різними способами. Напиши відповідні рівняння реакцій та зазнач умови їх перебігу. Поясни результати своїх спостережень.
3. Проведи реакції, за допомоги яких можна здійснити такі перетворення:

ферум(III) гідроксид

ферум(III) оксид \rightarrow ферум(III) сульфат.

Напиши рівняння реакцій, зазнач умови їх перебігу і поясни результати своїх спостережень.

§ 2. ПЕРІОДИЧНИЙ ЗАКОН І ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ. БУДОВА АТОМА



Менделєєв Дмитро Іванович
(1834—1907)

Російський хімік, різнобічний учений, педагог, громадський діяч. Працював викладачем гімназії в Одесі. Професор Петербурзького університету (з 1865). Очолював Головну палату мір і ваги (з 1893). Відіграв значну роль у розвитку хімії та інших галузей природознавства. Відкрив (1869) періодичний закон хімічних елементів — один із головних законів природи

Властивості елементів, а також утворених ними простих і складних речовин перебувають у періодичній залежності від заряду ядра їх атомів

Тобі відомо, що періодичний закон було відкрито Д. І. Менделєєвим у 1869 році. А чи знаєш ти, чому саме Д. І. Менделєєву поталанило відкрити періодичний закон, а не його попередникам, наприклад, Лотару Мейєру? Адже Лотар Мейєр був на правильному шляху. Він спромігся з відомих на той час 63 елементів розмістити 27 за зростанням їхніх атомних мас, згрупувати схожі за валентністю елементи й опублікувати таблицю. Але, на відміну від нього та інших попередників, Д. І. Менделєєв зіставляв між собою не тільки схожі за властивостями елементи, а й несхожі. Крім того, вибираючи місце для елемента, він ще звертав увагу на його хімічні властивості. Завдяки цьому Д. І. Менделєєв зумів розташувати всі відомі на той час 63 елементи та ще й залишити вільні клітинки для деяких не відомих тоді ще елементів і доволі точно спрогнозувати їхні властивості. А як ти думаєш, чому відкриття періодичного закону вважається геніальним? Річ у тім, що на той час уявлення про молекули і атоми тільки утверджувалися в науці. Причому атом уважався неподільною частинкою, а про його внутрішню будову взагалі не могло й бути мови. Створена Д. І. Менделєєвим періодична система сама слугувала основою для вивчення будови атома і тепер слугує відкриттю нових трансуранових елементів, себто таких, що розташовані у періодичній системі після

Урану. Якщо це відкриття — геніальне, то чому зазнало зміни Менделєєвське формулювання періодичного закону? Д. І. Менделєєв, відкривши періодичний закон і створивши на його основі періодичну систему хімічних елементів, зробив найголовніше — показав, що властивості елементів та їхніх сполук змінюються періодично. Але рівень тогочасних знань не давав змоги виявити причини періодичності. Це стало можливим уже після смерті Д. І. Менделєєва, коли вчені дізналися, що атом, який раніше вважався своєрідною цеглинкою Всесвіту, виявився складною мікрочастинкою, яка складається з ядра та електронів.

- Пригадай суть ядерної моделі атома. Хто і коли її запропонував?
- Внаслідок якого наукового відкриття змінилося формулювання періодичного закону? Наведи його сучасне формулювання.
- Поясни суть сучасної орбітальної моделі атома. Наведи приклад будови атомів елементів із протонними числами 17 і 20.

Отже, як бачиш, спостерігається зв'язок періодичного закону і періодичної системи хімічних елементів із сучасними уявленнями про будову атома:

1. Порядковий номер елемента відповідає зарядові ядра, показує число протонів у ядрі, тому й називається тепер *протонним числом*, або *атомним номером*. Оскільки атом — електронейтральна частинка, то протонне число показує й кількість електронів у атомі.

2. Номер періоду в періодичній системі відповідає числу електронних шарів у атомі (або енергетичних рівнів).

Властивості елементів та їхніх сполук змінюються періодично

Атом складається з ядра та електронів

Атомний номер (протонне число) показує число протонів у ядрі та число електронів у атомі

Причиною періодичної зміни властивостей хімічних елементів є періодична зміна й повторюваність зовнішніх електронних оболонок атомів

3. Номер групи для елементів головних підгруп показує: а) число електронів, що розміщуються на зовнішньому електронному шарі, тобто число *валентних електронів*, що беруть участь у хімічній взаємодії; б) найвищий позитивний ступінь окиснення елемента у вищому оксиді й гідраті оксиду (у кислоті чи основі).

4. В елементів побічних підгруп III — VII груп число валентних електронів також дорівнює номерові групи, але розміщуються вони не тільки на зовнішньому, а й на передостанньому електронному шарі.

Зв'язок між будовою атомів хімічних елементів і властивостями утворених ними простих і складних речовин показує таблиця 2 (с. 15). Існує багато варіантів зображення періодичної системи хімічних елементів, і не тільки у вигляді таблиці. З табличних варіантів найпоширенішими є коротка і довга форми.

- Пригадай будову короткої та довгої форм періодичної системи хімічних елементів. Зазнач спільні й відмінні риси в їхній структурі.
- Розкрий причину різної довжини періодів.
- Поясни, чому останнім часом довга форма набуває більшої популярності порівняно з короткою.
- Обґрунтуй періодичну зміну властивостей хімічних елементів.

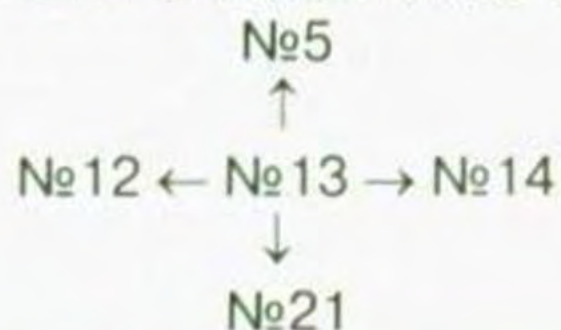
Отже, ти знаєш, що періодична повторюваність будови зовнішніх електронних оболонок (енергетичних рівнів) атомів є причиною періодичної зміни властивостей хімічних елементів. У цьому полягає фізична суть періодичного закону, яка не залежить від форми подання періодичної системи хімічних елементів.

Таблиця 2. Зв'язок між будовою атомів елементів і властивостями речовин

| Характеристика елементів та утворених ними речовин | Групи елементів | | | | | | | |
|----------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
| Символ елемента | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| Протонне число (заряд ядра атома) | +11 | +12 | +13 | +14 | +15 | +16 | +17 | +18 |
| Розміщення електронів у атомі | 2, 8, 1 | 2, 8, 2 | 2, 8, 3 | 2, 8, 4 | 2, 8, 5 | 2, 8, 6 | 2, 8, 7 | 2, 8, 8 |
| Валентні електрони | $3s^1$ | $3s^2$ | $3s^2 3p^1$ | $3s^2 3p^2$ | $3s^2 3p^3$ | $3s^2 3p^4$ | $3s^2 3p^5$ | $3s^2 3p^6$ |
| Схема будови зовнішнього електронного шару | Na· | Mg: | ·Al: | ·Si: | ·P: | ·S: | ·Cl: | ·Ar: |
| Властивості простої речовини | Метал | Метал | Метал | Неметал | Неметал | Неметал | Неметал | Інертний газ |
| Вищий ступінь окиснення | +1 | +2 | +3 | +4 | +5 | +6 | +7 | — |
| Формули вищого оксиду | Na_2O | MgO | Al_2O_3 | SiO_2 | P_2O_5 | SO_3 | Cl_2O_7 | — |
| і вищого гідрату оксиду | NaOH | Mg(OH)_2 | Al(OH)_3 або H_3AlO_3 | H_2SiO_3 | H_3PO_4 | H_2SO_4 | HClO_4 | — |
| Властивості оксиду і гідрату оксиду | Осн. | Осн. | Амф. | Кисл. | Кисл. | Кисл. | Кисл. | — |
| Нижчий ступінь окиснення елемента | — | — | — | -4 | -3 | -2 | -1 | — |
| Формула леткої сполуки з Гідрогеном | — | — | — | SiH_4 | PH_3 | H_2S | HCl | — |

Завдання для самоконтролю

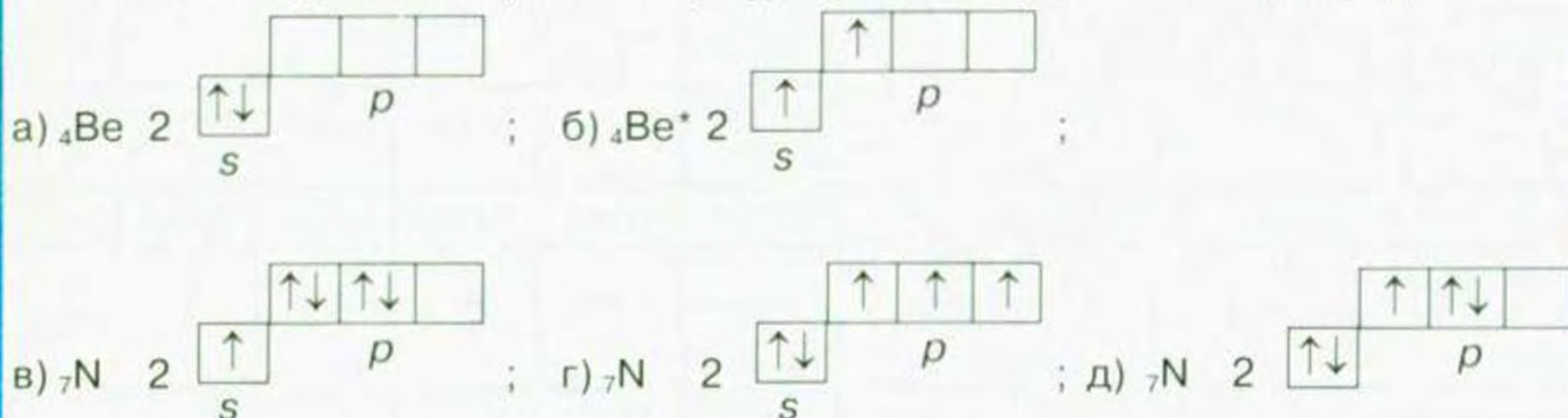
1. Схарактеризуй типовий металічний і типовий неметалічний елементи за їхнім місцем у періодичній системі та будовою атома.
2. Як змінюються властивості елементів за такою схемою:



Відповідь обґрунтуй. Біля порядкового номера запиши хімічний знак елемента і формулу його оксиду.

3. Яка електронна конфігурація відповідає атомові першого елемента кожного періоду?

4. Нижче наведено електронні конфігурації атомів Берилію й Нітрогену:



Зазнач, які з них правильні. Відповідь обґрунтуй.

Додаткові завдання

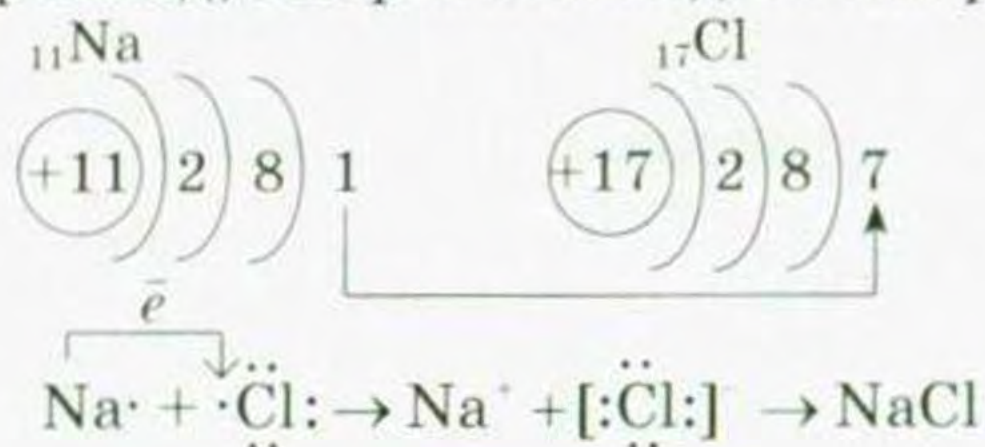
- 5*. Чому елемент 19 є s -елементом, а не d -елементом, хоча підрівень $3d$ ще не заповнений? Напиши електронну формулу цього елемента.
- 6*. Знайди протонне число елемента, якщо електронна конфігурація зовнішнього електронного рівня його атома $4s^2 4p^3$. Напиши електронну формулу атома аналогічного елемента, що розміщений у попередньому періоді. Який це елемент?
- 7*. Один із передбачених Д. І. Менделєєвим елементів, що належить до 4-го періоду, утворює оксид, масова частка Оксигену в якому 30,59 %. Який це елемент?
- 8*. Не користуючись періодичною системою, спробуй визначити, в якому періоді перебуває елемент із протонним числом 43. Напиши електронну формулу атома цього елемента.

§ 3. ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК

Електронна теорія будови атомів пояснила, як атоми утримуються разом у молекулі чи в кристалі. І ти вже знаєш, що атоми хімічних елементів, які входять до складу простих або складних речовин, утримуються один біля одного хімічними зв'язками.

Хімічний зв'язок — це взаємодія атомів, яка обумовлює стійкість молекули або кристала як цілого.

Хімічний зв'язок виникає внаслідок взаємодії позитивно заряджених ядер атомів і негативно заряджених електронів. Пригадай два способи утворення хімічного зв'язку. Перший — за рахунок переходу одного або кількох електронів від одного атома до іншого, внаслідок чого в обох атомів виникає стійка октетна оболонка (з 8 електронів) та утворюються позитивно і негативно заряджені йони, що взаємодіють один з одним. Наприклад, Натрій взаємодіє з Хлором:

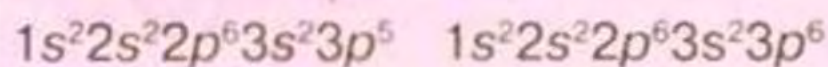
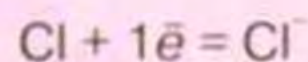
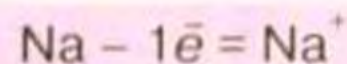


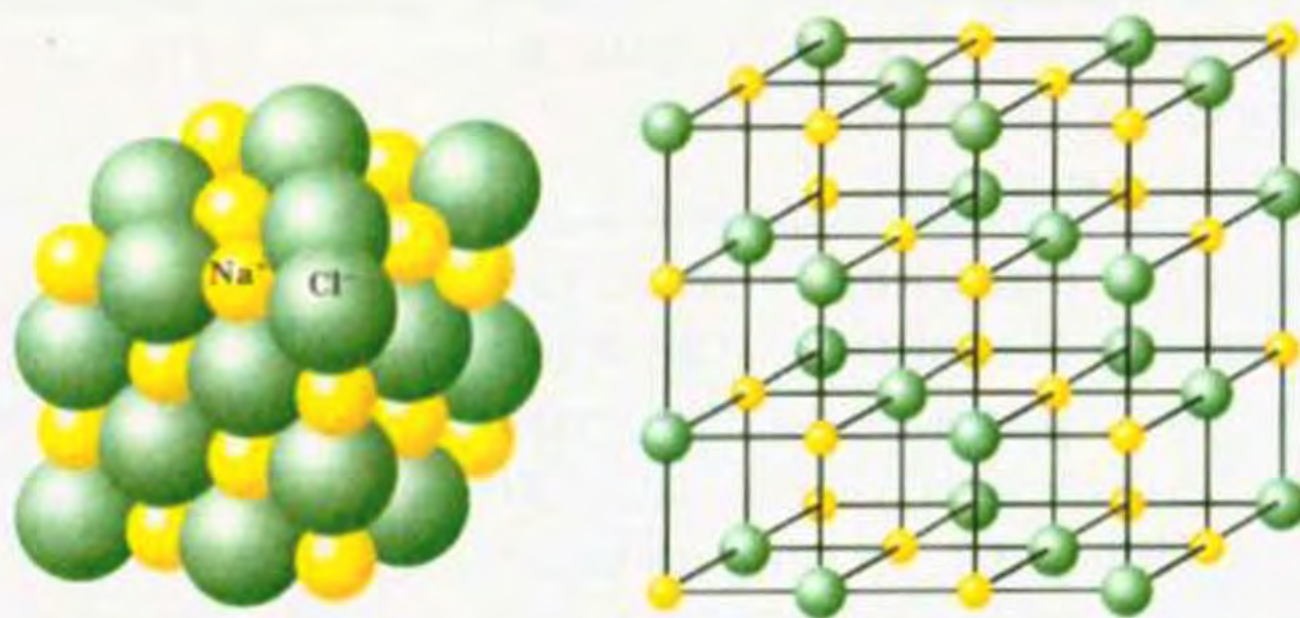
Що ж відбулося?

1. Атом Натрію втратив $3s^1$ електрон і перетворився на позитивно заряджений йон зі стабільною конфігурацією найближчого інертного газу Неону.

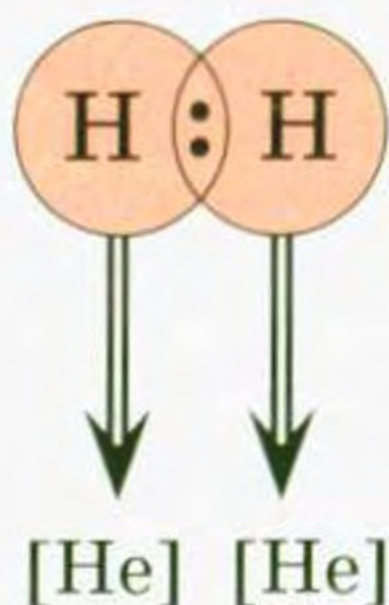
2. Атом Хлору приєднав цей електрон на свою $3p$ орбіталь і перетворився на негативно заряджений йон зі стабільною конфігурацією найближчого інертного газу Аргону.

3. Різнойменно заряджені йони Натрію Na^+ і Хлору Cl^- взаємно притягуються й утворюють формульну одиницю NaCl . Але зверни увагу, молекули натрій хлориду існують тільки в паруватому стані. У твердому стані (кристалічному) усі йонні сполуки складаються з упоряд-



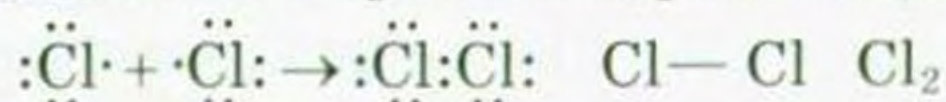


Мал. 1. Схема зображення кристалічних ґраток натрій хлориду



ковано розташованих позитивно й негативно заряджених йонів. Молекули при цьому відсутні. Формули, що їх зазвичай приписують йонним сполукам (NaCl , LiF , CaBr_2 , CsF), відображують лише співвідношення позитивно й негативно заряджених йонів у кристалі.

Другий спосіб — за рахунок усупільнення електронів. Від кожного атома, що бере участь в утворенні хімічного зв'язку, по одному електрону йде на утворення спільної електронної пари. Наприклад:

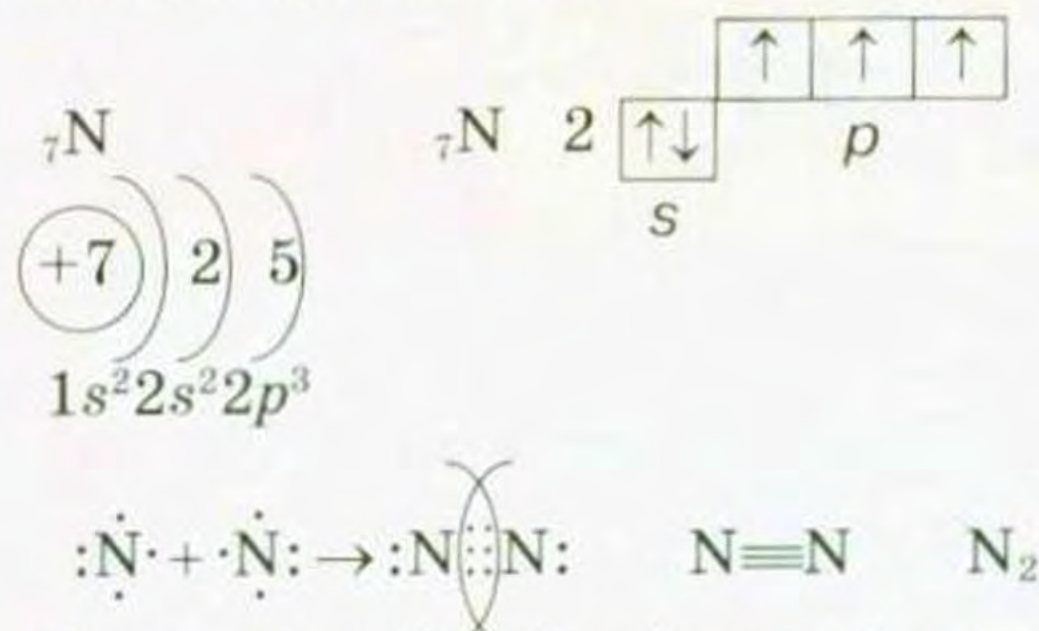


У результаті першого з цих способів виникає **йонний зв'язок**, а в результаті другого — **ковалентний**. Коли виникає хімічний зв'язок між атомами неметалічних елементів одного виду, то це — **неполярний ковалентний зв'язок**, а якщо між атомами різних видів — **полярний ковалентний зв'язок**. Він виникає тому, що атоми різних елементів мають різну електронегативність, і спільна електронна пара зміщується до атома з більшою електронегативністю. Наприклад:



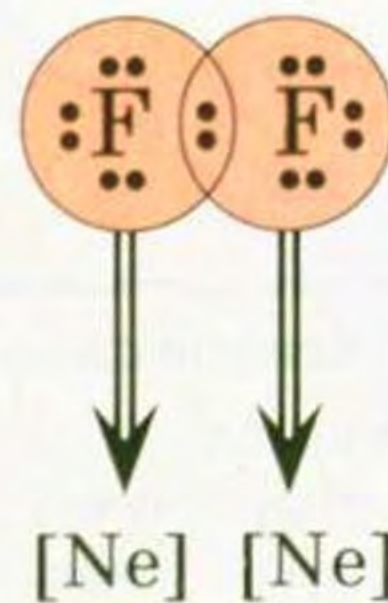
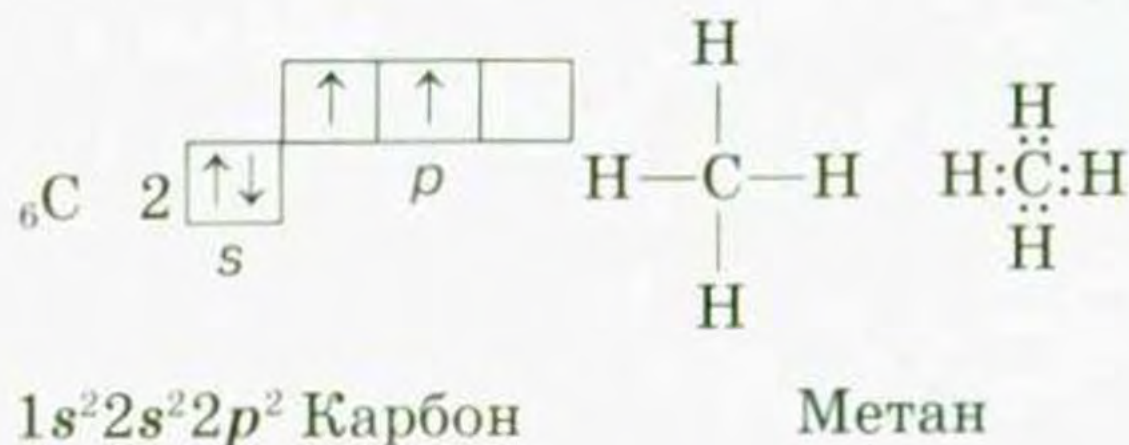
- Пригадай, що таке електронегативність.
- Поясни, як виникає диполь.
- Як ти думаєш, чи завжди полярний ковалентний зв'язок зумовлює утворення диполя? Розглянь для прикладу утворення молекули карбон(IV) оксиду.

Під час утворення молекул може виникати й кілька спільних електронних пар. Розглянь, наприклад, електронну схему утворення молекули азоту N_2 :



Отже, потрійний зв'язок між атомами Нітрогену в молекулі азоту N_2 утворився за рахунок усупільнення трьох неспарених електронів кожного атома.

А чи буває так, що число хімічних зв'язків, утворених атомом у сполуці, більше за число неспарених електронів? Буває. Наприклад, в атомі Карбону лише два неспарені електрони на зовнішньому електронному шарі атома, а в молекулі метану CH_4 Карбон утворює чотири хімічні зв'язки з атомами Гідрогену.



Це пояснюється тим, що під час взаємодії відбувається розпаровування $2s^2$ електронної пари.

Завдання для самоконтролю

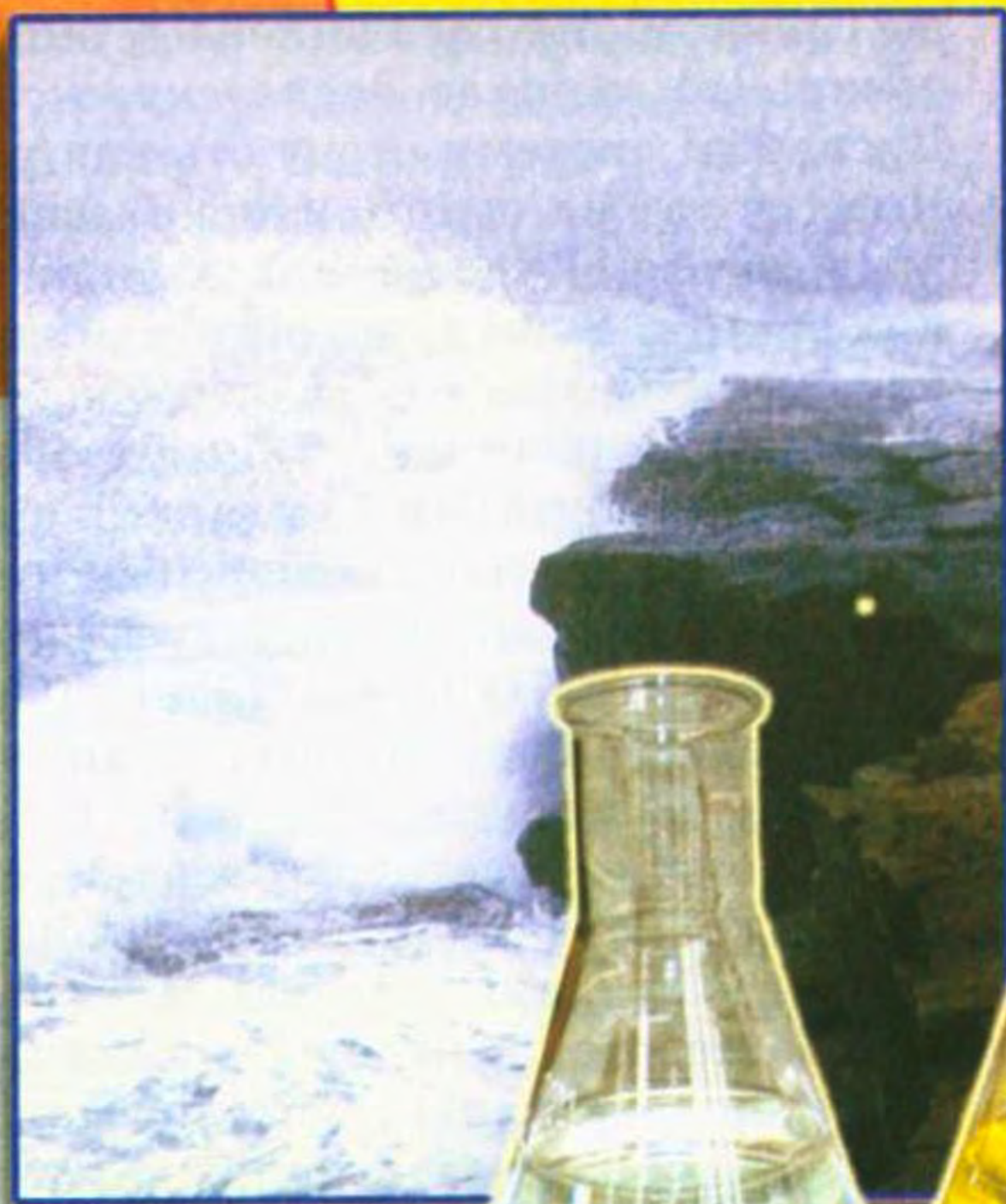
1. Склади електронну схему утворення молекули броду.
2. Порівняй будову йонів Mg^{2+} і F^- з будовою атома Неону Ne.
3. Напиши електронні та графічні формули сірководню H_2S та амоніаку NH_3 .
4. Скільки ковалентних зв'язків можуть утворювати в сполуках атоми Силіцію і Фосфору? Відповідь обґрунтуй.
5. Назви тип хімічного зв'язку в сполуках, формули яких H_2 , CO_2 , SiO_2 , O_2 , KCl , I_2 , Al_2O_3 , NH_3 , P_2O_5 , N_2 , HBr .

Додаткові завдання

- 6*. Напиши рівняння реакцій сполучення: а) літію з киснем; б) алюмінію з сіркою; в) магнію з фосфором. Склади електронні схеми цих реакцій.
- 7*. Напиши молекулярну, електронну та графічну формули води. Обґрунтуй склад і кутову будову молекули води.
- 8*. Поясни, чому молекули галогенів складаються з двох атомів, а не з трьох або чотирьох. Відповідь мотивуй.

РОЗДІЛ **I**

РОЗЧИННИ



§ 4. ПОНЯТТЯ ПРО ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ

Тобі треба

мати уявлення про: значення дисперсних систем; розуміти суть понять: дисперсна система, диспергована речовина, дисперсійне середовище, колоїдний розчин, суспензія, емульсія;

вміти пояснювати: класифікацію дисперсних систем і наводити ознаки, за якими вони розрізняються.



Мал. 2. Дим — приклад дисперсної системи — аерозолю

Дисперсні системи:

повітря,
їжа,
папір,
кров,
лімфа тощо



Мал. 3. Парфуми в аерозольнім упакованні

Якщо одна речовина сильно подрібнена і рівномірно розподілена в іншій речовині, то виникає *дисперсна система*. Дисперсні системи оточують нас усюди. Повітря та їжа, папір, наше власне тіло, кров, лімфа — все це приклади дисперсних систем. Вони дуже різноманітні. Це пояснюється тим, що дисперговані (подрібнені) речовини, які їх утворюють, можуть перебувати у будь-якому з трьох агрегатних станів. Дисперсійне середовище також може бути газуватим, рідким і твердим. Наприклад, якщо дисперсійне середовище газує, то дисперсні системи називають **аерозолями**. Вони складаються з часточок твердої речовини або крапель рідини, які перебувають у завислому стані в газуватому середовищі. До аерозолів належать туман, дим, пил тощо. У вигляді аерозолів спалюють рідке і порошкове паливо, наносять лакофарбові покриття, використовують пестициди, лікарські препарати, продукти побутової хімії, парфуми (мал. 3).

Найбільше практичне значення мають дисперсні системи, в яких середовищем є

вода. Такі системи, залежно від розмірів частинок, поділяють на три групи:

- істинні розчини, або просто розчини;
- колоїдні розчини (золі);
- грубодисперсні системи, або зависі (суспензії, емульсії).

Суспензії утворюються, якщо диспергована речовина перебуває у твердому стані, а емульсії — в рідкому (мал. 4). Наприклад, якщо змолоти у воді дуже подрібнену крейду, утвориться каламутна суміш, яка повільно відстоюється. Це й буде суспензія.

Прикладом емульсії може бути молоко, де роздрібленою речовиною є крапельки жиру. Зверни увагу на те, що утворення емульсії має певне фізіологічне значення, оскільки жир у вигляді емульсії легше засвоюється організмом. Цим пояснюється емульгувальна функція жовчі, яку виділяє печінка.

Суспензії та емульсії під час зберігання швидко розшаровуються. На відміну від них, колоїдні розчини значно стійкіші. Найстійкішими серед дисперсних систем є істинні розчини, в яких диспергована речовина подрібнена до молекул або йонів.

- Розглянь табл. 3 і зроби висновок, що є спільного і відмінного між колоїдними та істинними розчинами.

Таблиця 3. Дисперсні системи

| Характерна ознака | Істинні розчини | Колоїдні розчини | Суспензії, емульсії |
|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Вид дисперсної системи | Молекулярно або йонно-дисперсна | Колоїдно-дисперсна | Грубодисперсна |
| Розмір частинок | Менше 1 нм | Від 1 до 500 нм | Понад 500 нм |
| Приклад дисперсної системи | Розчин солі або цукру у воді | Розчин білка курячого яйця у воді | Суміш крейди або олії з водою |



Мал. 4. Молоко — приклад емульсії

Закінчення таблиці 3

| Характерна ознака | Істинні розчини | Колоїдні розчини | Суспензії, емульсії |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Зовнішній вигляд системи | Прозора | Прозора | Каламутна |
| Видимість частинок | Частинки не можна виявити оптичними способами | Частинки можна виявити за допомогою ультрамікроскопа | Частинки можна виявити візуально (простим оком) |
| Здатність затримуватися паперовим фільтром | Частинки проходять крізь фільтр | | Частинки затримуються фільтром |



Мал. 5. Гірська порода

Дисперсні системи поширені в природі. Це — гірські породи, ґрунти, атмосферні й гідросферні опади, рослинні та тваринні тканини.

Серед різних типів дисперсних систем у хімії найбільше значення мають колоїдні та істинні розчини.

ВИСНОВКИ

Дисперсними називають такі фізико-хімічні системи, в яких диспергована (подрібнена) речовина перебуває у вигляді дуже дрібних частинок в іншій речовині (дисперсійному середовищі).

За розмірами частинок диспергової речовини дисперсні системи поділяють на істинні розчини (до 1 нм), колоїдні розчини (від 1 до 500 нм) і зависі-суспензії та емульсії (понад 500 нм). Дисперсні системи широко поширені в природі.

Завдання для самоконтролю

1. Який зміст вкладається у поняття «дисперсна система»? Наведи два-три приклади дисперсних систем і поясни, що це таке.
2. Порівняй поняття «диспергована речовина» і «дисперсійне середовище». За якою суттєвою ознакою вони розрізняються?
3. Для добування деяких лаків готують дисперсну систему з барвника та ацетону. Що є при цьому дисперговою речовиною, а що дисперсійним середовищем?

4. Поясни, як класифікують дисперсні системи за ступенем подрібнення речовини.
5. Поясни, чим відрізняються зависі від колоїдних та істинних розчинів.

Додаткові завдання

- 6*. Поясни, чому сульфур(VI) оксид утворює на повітрі туман, а амоніак — ні.
- 7*. Відомо, що суспензія частинок ґрунту поступово розшаровується, бо частинки осідають на дно посудини, а під час відстоювання молока зверху збираються вершки. Що, на твою думку, відбуватиметься з цими дисперсними системами у космосі?

§ 5. ПОНЯТТЯ ПРО КОЛОЇДНІ РОЗЧИНИ

Тобі треба

мати уявлення про: колоїдні розчини;

розуміти суть понять: адсорбція, міцела, коагуляція, коагулянт;

вміти: пояснювати суть процесу коагуляції; розпізнавати колоїдні розчини; обґрунтовувати значення колоїдів у природі та виробництві.

Колоїдні розчини (колоїди) — це вискодисперсні системи, що складаються з дуже маленьких (від 1 до 500 нм) часточок речовини (дисперсна фаза), які зависли в іншій речовині (дисперсійному середовищі). За розмірами часток колоїдні розчини посідають проміжне місце між суспензіями й емульсіями та істинними розчинами.

Колоїдний стан речовини — універсальний, оскільки за певних умов у нього може перейти будь-яка рідина чи тверда речовина. Багато які мінерали, природні води, віруси, м'язеві й нервові клітини, головний мозок, кров — колоїдні системи. Їх вивчає *колоїдна хімія* (мал. 6).



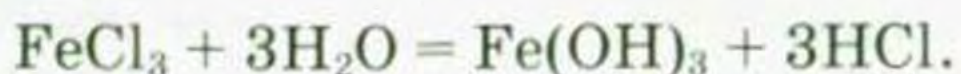
Мал. 6. Пінопласт, господарські губки — приклади колоїдних систем

Колоїдні системи, дисперсійне середовище яких — рідина, називають *колоїдними розчинами*.

Приготуємо колоїдний розчин ферум(III) гідроксиду $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Дослід 1. У колбі на 250 мл нагріємо до кипіння дистильовану воду об'ємом 100 мл. Коли вода закипить, відставимо пальник і добавлятимемо у воду краплями 10 мл розчину ферум(III) хлориду (розчин FeCl_3 2 %-й). Поступово розчин забарвлюється і вже після добавлення 10—12 крапель набуває кольору міцного чаю. Колір зумовлений утворенням колоїдного розчину ферум(III) гідроксиду $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Що ж відбувається?

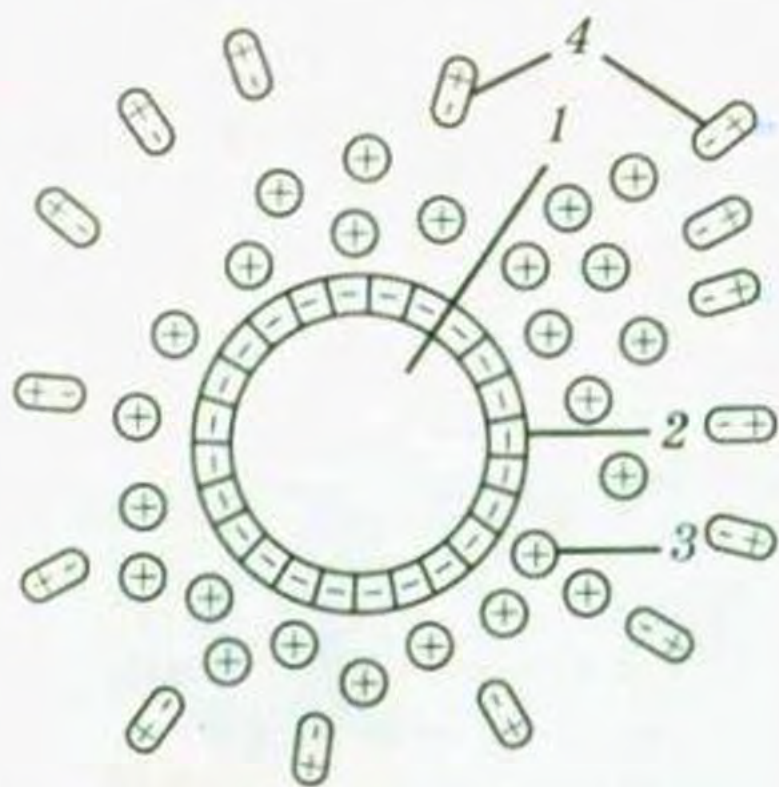
За таких умов сіль FeCl_3 взаємодіє з водою за рівнянням:



Мікрочастинки малорозчинного ферум(III) гідроксиду $\text{Fe}(\text{OH})_3$ поглинають з розчину негативно заряджені йони Хлору й самі набувають негативного заряду.

Негативно заряджені частинки, що утворилися, відштовхуються від подібних до себе, але притягують позитивно заряджені йони з розчину, утворюючи шар навколо цієї частинки. Далі утворюється ще одна оболонка, вже з молекул води. Уся ця складна система називається колоїдною частинкою (мал. 7).

Розпізнавання колоїдів. Колоїдний розчин легко відрізнити від істинного. Якщо в темному приміщенні пропускати крізь колоїдний розчин вузький пучок світла, то спостерігається світіння.



Мал. 7. Схема будови колоїдної часточки:

- 1 — нерозчинне ядро;
2 — поглинуті негативно заряджені йони; 3 — позитивно заряджені йони; 4 — гідратна оболонка

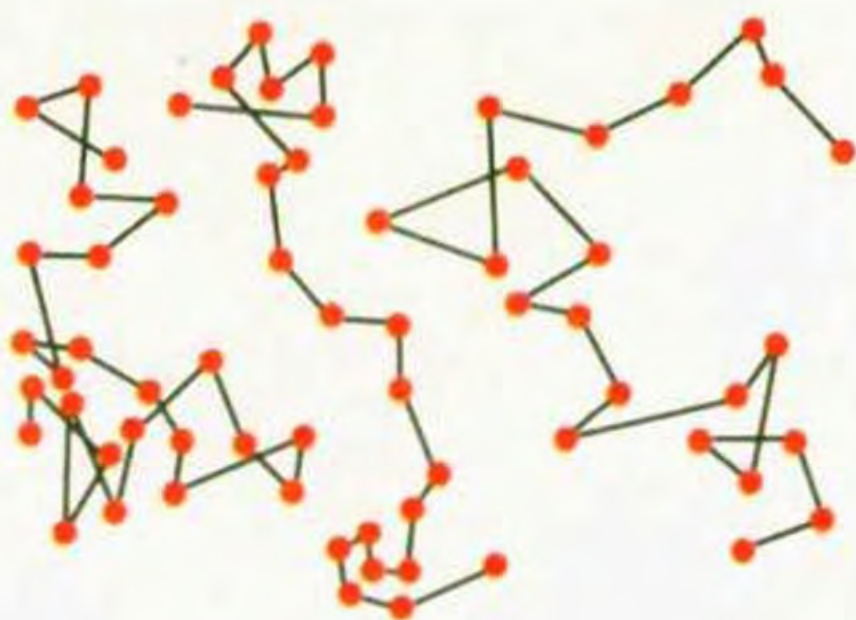
Дослід 2. Збираємо прилад, як на мал. 8. Щойно добутий колоїдний розчин ферум(III) гідроксиду вміщуємо в одну склянку, а в іншу — істинний розчин. Вмикаємо світло і спостерігаємо збоку. Помічаємо розсіювання світла колоїдними часточками і світіння вздовж усього шляху проходження світлового променя.



Мал. 8. Конус Тіндаля в колоїдному розчині

У склянці з істинним розчином шлях світла не буде помітним. Це пояснюється тим, що частинки істинних розчинів (молекули, йони) дуже малі, щоб розсіювати світло, а колоїдні частинки досить великі, вони й розсіюють світло. Це явище відкрив учень М. Фарадея англійський хімік Джон Тіндаль (1868). На його честь це явище названо *ефектом Тіндаля* (мал. 8).

Коагуляція колоїдів. Колоїдні частинки можуть поглинати на свою поверхню як позитивно, так і негативно заряджені йони, але самі вони завжди заряджені однойменно. Власне, це й заважає їм злипатися та збільшуватися, що й зумовлює тривкість колоїдних розчинів. Окремі з них можуть зберігатися роками. Проте поступово вони все ж таки «старі-



Мал. 9. Броунівський рух
колоїдних частинок

Коагуляція — злипання частинок
колоїду і випадання в осад

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ — коагулянт

шають» і згодом руйнуються. Цим вони відрізняються від істинних розчинів, які можуть зберігатися нескінченно довго. Руйнуванню колоїдних розчинів сприяє осадження частинок під дією сили гравітації. У дрібнодисперсних системах руйнуванню колоїдів перешкоджає броунівський рух (мал. 9). Оскільки з підвищенням температури броунівський рух посилюється, то й стійкість колоїдної системи збільшується.

Заразом збільшення швидкості руху частинок під час нагрівання сприяє частішому їх зіткненню і зменшенню заряду, бо відбувається видалення поглинутих молекул і йонів з поверхні колоїдних частинок. Це спричинює втрату зарядів, злипання частинок, збирання їх у великі агрегати і випадання в осад. Такий процес називається *коагуляцією*. Коагуляцію можна значно прискорити добавлянням розчинів кислот, солей та деяких органічних сполук.

Речовини, що викликають коагуляцію колоїдів, називаються **коагулянтами**.

Коагулянтом може бути інший колоїдний розчин, якщо заряди його частинок протилежні. Цим користуються для очищення питної води. У природній воді завжди міститься багато колоїдів, особливо частинок глини, яких важко позбутися, бо вони легко проходять крізь фільтр. У воду добавляють алюміній сульфат $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Позитивно заряджені йони Алюмінію, що в ньому містяться, осаджують негативно заряджені колоїдні частинки, що містяться у природній воді.

Значення колоїдних розчинів. Колоїди відіграють надзвичайно велику роль у біології та медицині, у ґрунтознавстві й техніці. Цитоплазма клітин рослинних і тваринних організмів — складний колоїд. Більшість фізіологічних процесів пов'язана з колоїдними розчинами. Перетравленню їжі, наприклад, передусь перехід її у колоїдний стан. Багато продуктів харчування є колоїдами — молоко, какао, яйця, майонез, желе, мармелад, пастила, холодець.

Такі фізіологічні рідини, як кров, лімфа, спинномозкова рідина, є колоїдними розчинами, в яких речовини (білки, глікоген, холестерин) перебувають у колоїдному стані. Всі ці речовини у крові стабілізуються білками (колоїдний захист). Якщо знижується ступінь цього захисту, людина починає хворіти: відкладаються холестерин і солі Кальцію на стінках судин (атеросклероз), усуглобах відкладаються солі сечової кислоти (подагра), утворюються камені в нирках і жовчному міхурі тощо.

Колоїдні системи використовують і в побуті. Це — різні мийні засоби, клеї, зубна паста тощо. Широке застосування знайшли аерозольні балончики з різними засобами побутової хімії та автокосметики — для чищення одягу і килимів, виведення плям, боротьби з побутовими комахами і гризунами, різні антистатичні, поліролі, фарби (мал. 10, 11).

Різні колоїдні системи, найчастіше аерозолі, використовують і в промисловості. У таких галузях, як миловарна, маргаринова, фармацевтична, парфумерна, виробництво пластмас, штучного волокна,



Мал. 10. Рідкий крем, зубна паста — колоїдні системи



Мал. 11. Антистатичні — колоїдні системи



Мал. 12. Блискавка

каучуків і багато інших, колоїди виготовляють спеціально, бо вони часто служать сировиною, наприклад, для гумової, паперової, кондитерської, текстильної промисловості. У аерозольній формі спалюють паливо. Через аерозольний стан добувають пігменти, наповнювачі, катализатори тощо. Аерозолі використовують у медицині, ветеринарії та в сільському господарстві. Аерозолі відіграють важливу роль і в атмосферних процесах. Коли заряджені частинки аерозолів рухаються в повітрі, яке є ізолятором, то їхній рух супроводжується розрядженням частинок аерозолів, що також породжує блискавку і грім (мал. 12).

У техніці утворення аерозолів часто є небажаним, оскільки забруднюється атмосфера, зокрема виробнича. Над промисловими центрами виникають складні аерозолі, коли великі маси диму змішуються з атмосферним туманом і пилом, утворюючи смог, боротьба з яким є важливою екологічною проблемою.

Велику небезпеку становлять аерозолі з борошна, цукрового або вугільного пилу, порошковатих металів (зокрема магнію). Вони спричиняють вибухи, тому дуже небезпечні.

ВИСНОВКИ

Колоїдні розчини — це такі фізико-хімічні системи, які містять нерозчинну подрібнену речовину, розмір частинок якої від 1 до 500 нм.

Колоїд — це стан, у якому може перебувати більшість речовин.

Колоїдний розчин можна розпізнати за допомогою ефекту Тіндала.

Руйнування колоїдних розчинів відбувається через втрату зарядів колоїдними частинками, внаслідок чого вони злипаються і випадають в осад. Відбувається коагуляція колоїду. Коагулянтами можуть бути розчини кислот, солей тощо.

Колоїди нас оточують повсюди. Однак значення їх може бути як позитивним, так і негативним.

Завдання для самоконтролю

1. Поясни, як утворюється колоїдний розчин.
2. Що собою являє колоїдна частинка?
3. Поясни, як відрізнити колоїдний розчин від істинного.
4. Поясни суть процесу коагуляції колоїду і зазнач причини, які її викликають.
5. Обґрунтуй значення колоїдних розчинів у природі та житті людини.

Додаткові завдання

- 6*. Відомо, що кровоспинний олівець, яким іноді користуються під час гоління або манікюру, у своєму складі містить позитивно заряджені йони Алюмінію і йони Феруму. Поясни суть його дії як кровоспинного засобу.

§ 6. ПОНЯТТЯ ПРО ІСТИННІ РОЗЧИНИ

Тобі треба

мати уявлення про: значення розчинів; кристалогідрати;

розуміти суть понять: розчин; розчинник; гідратація;

вміти пояснювати: суть процесу розчинення.

Значення розчинів. У природі хімічні сполуки в індивідуальному стані практично не існують. Вони перебувають у вигляді суміші одна з одною. Та й у побуті нас оточують в основному суміші речовин, зокрема й у вигляді водних розчинів.

Процеси розчинення і самі розчини мають величезне значення в органічному й неорганічному (мінеральному) житті Землі, в науці й техніці. Вода, яка так широко розповсюджена в природі, — моря,



Мал. 13. Напій «Живчик» — це суміш води, фруктового соку та інших речовин (водний розчин)



Мал. 14. Кава (водний розчин) — суміш води, кофеїну та інших речовин



Мал. 15. Матеріал, з якого зроблена монета (твердий розчин), — суміш міді, нікелю та алюмінію

океани, річки, озера, ґрунтові води, — завжди містить розчинені речовини.

У первісному океані (під час виникнення життя на Землі) масова частка розчинених солей становила майже 1 %. «Саме в такому розчині вперше розвинулися живі організми, і з цього розчину вони одержали йони й молекули, необхідні для їхнього зростання й життя. З часом живі організми еволюціонували, що дало їм змогу покинути водне середовище і перейти на суходіл чи піднятись у повітря. Вони набули цієї здатності завдяки збереженню у своїх організмах водного розчину у вигляді рідкої складової тканин, плазми крові та міжклітинної рідини, які містять необхідний запас йонів і молекул», — так оцінює значення розчинів американський хімік Лайнус Полінг.

І справді, всередині нас, у кожній клітинці спомин про первісний океан, в якому зародилося життя, — розчин, масова частка солей в якому майже 0,9 %, як і в первісному океані. Це — наша кров, лімфа та інші життєво важливі фізіологічні рідини організму.

Розчини супроводжують нас усюди, і не тільки водні. Повітря — це розчин газів один в одному; чавун і сталь — тверді розчини заліза й вуглецю. Але найпоширенішими є водні розчини. Засвоєння їжі пов'язане з розчиненням поживних речовин. Рослини також засвоюють необхідні для їхнього росту і розвитку речовини тільки у вигляді розчинів. Сік рослин — це також розчин. Звичайна питна вода є розчином як твердих солей, так і газів (мал. 16).

Розчини відіграють важливу роль у багатьох галузях промисловості й техніки. Важко назвати таку галузь, де не використовувались би розчини. У текстильній промисловості застосовують розчини солей, кислот, барвників. У металообробній — розчини кислот (для зняття з поверхні металів ожарини та іржі). У фармацевтичній — розчинами є багато ліків. Використання неводних розчинів пов'язане із застосуванням полімерів, барвників, лаків тощо. Уся промисловість синтетичного волокна і пластмас пов'язана з використанням розчинів. Практично жоден із процесів хімічної технології не відбувається без участі розчинів. Хімічні, біологічні й фізичні дослідження часто проводять із застосуванням розчинів. Що ж таке розчин?

Розчин. Почнімо з демонстрації дослідів.

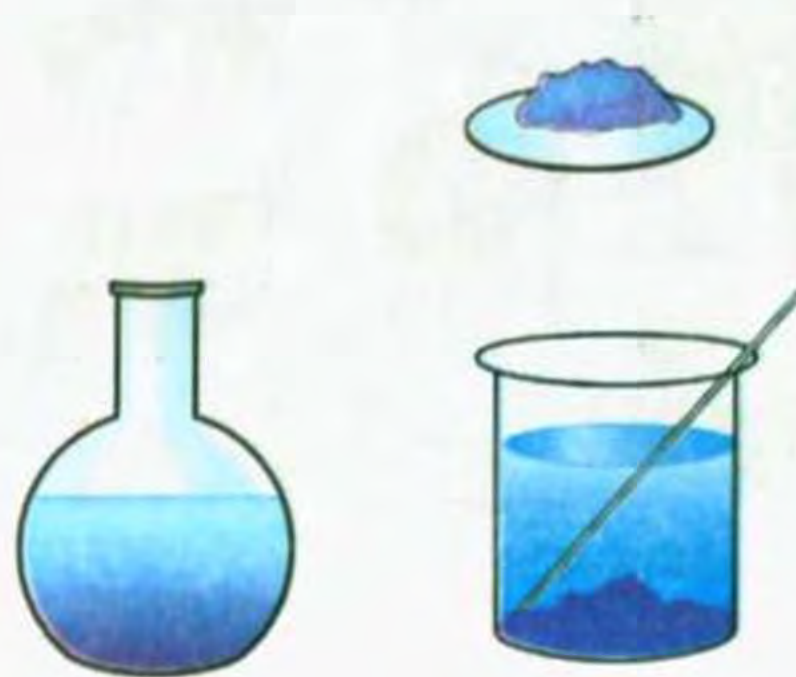
Дослід 1. На дно хімічного стакану з водою опускаємо кристали мідного купоросу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ синього кольору (мал. 17). Дуже швидко поблизу купки кристалів рідина набуває блакитного кольору — утворюється розчин мідного купоросу у воді. Завдяки дифузії забарвлення поступово розповсюджується на всю рідину. Цей процес відбувається повільно, оскільки швидкість дифузії невелика.

Утворення однорідного розчину можна й прискорити.

Дослід 2. У циліндр наливаємо воду (на $3/4$ його місткості). У мішечок із марлі насипаємо кристали калій перманганату KMnO_4 . Прив'язуємо його до нитки



Мал. 16. Питна вода — суміш води, солей і газів



Мал. 17. Розчинення мідного купоросу



Мал. 18. Розчинення калій перманганату



Мал. 19. Мінеральні води

й опускаємо в циліндр так, щоб мішечок був поблизу поверхні рідини (мал. 18).

Чому, на твою думку, струмки розчину, що утворюються поблизу кристалів, опускаються донизу? Це відбувається тому, що густина утвореного розчину більша, ніж густина води. Струмки розчину опускаються, рідина перемішується, і розчин доволі швидко стає однорідним. Зрозуміло, що звичайне перемішування також прискорює утворення однорідного розчину. Пригадай, як ти перемішуєш у склянці чай після того, як у нього покладено цукор.

Отже, якщо частинки однієї речовини дуже малих розмірів розподіляються між частинками іншої речовини, то утворюється однорідна система — розчин. Мінеральні води: Миргородська, Трускавецька, Нафтуся, Свалява, Єсентуки, Нарзан, Боржомі та ін. — це розчини солей у воді (мал. 19). Характерною ознакою розчинів є їхня однорідність.

Розчини бувають безбарвні й забарвлені, але окремих частинок розчиненої речовини в них не видно, бо вони дуже малі (менш ніж 10^{-9} м). Це означає, що в розчині речовини дуже подрібнені, аж до молекул, атомів або йонів.

Розчин містить не менше двох компонентів, один з яких — розчинена речовина, а інший — розчинник (мал. 20, с. 35).

Розчинник — це компонент розчину, який перебуває у тому самому агрегатному стані, що й розчин.

Наприклад, змішали цукор (тверда речовина) і воду (рідина), утворюється

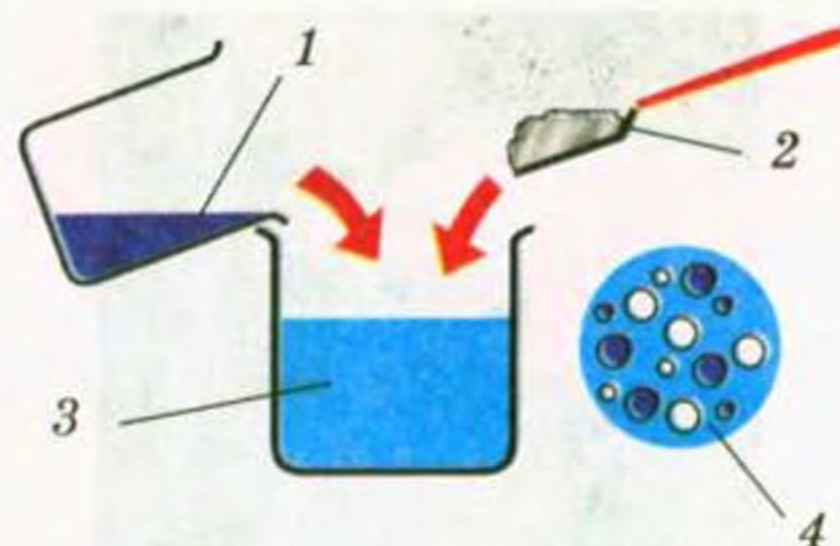
рідкий розчин, де вода — розчинник, а цукор — розчинена речовина. Якщо речовини перебувають в однакових агрегатних станах, як скажімо, спирт (рідина) і вода (рідина), то розчинником вважається той компонент, якого в системі більше.

Розчинювана речовина може перебувати у будь-якому агрегатному стані. У воді можна розчинити сіль, а можна — й вуглекислий газ. В обох випадках утворюються однорідні системи — розчини. Крім того, у розчині може міститися не одна, а кілька речовин. Типовим прикладом такого розчину є морська вода. Отже,

розчин — це однорідна система змінного складу, що містить два або кілька компонентів.

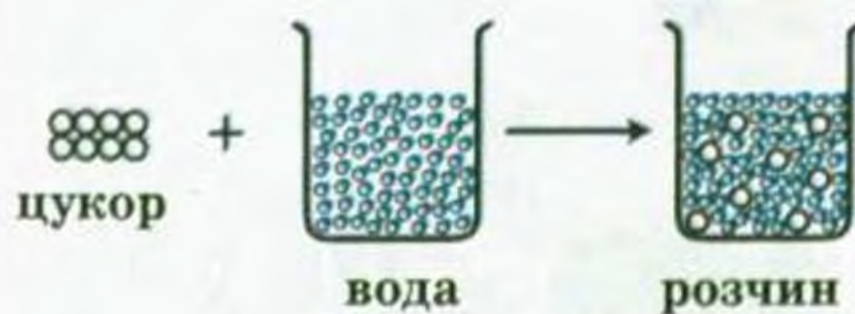
Суть процесу розчинення. Ти вже знаєш, якщо кухонну сіль або цукор помістити у воду, то легко помітити, як маса твердої речовини поступово зменшується — відбувається її розчинення, в процесі якого молекули води руйнують кристали розчинюваної речовини.

Руйнування відбувається на поверхні стикання кристала з водою. Що більша площа цієї поверхні, то швидше руйнується кристал. Відбувається самочинний розподіл частинок однієї речовини між частинками іншої речовини внаслідок дифузії (мал. 21), що й веде до утворення розчину (фізична теорія розчинів). Для поліпшення контакту речовини з розчинником збільшують площу поверхні їх стикання. Для цього речовини подрібнюють і перемішують.



Мал. 20. Компоненти (складники) розчину:

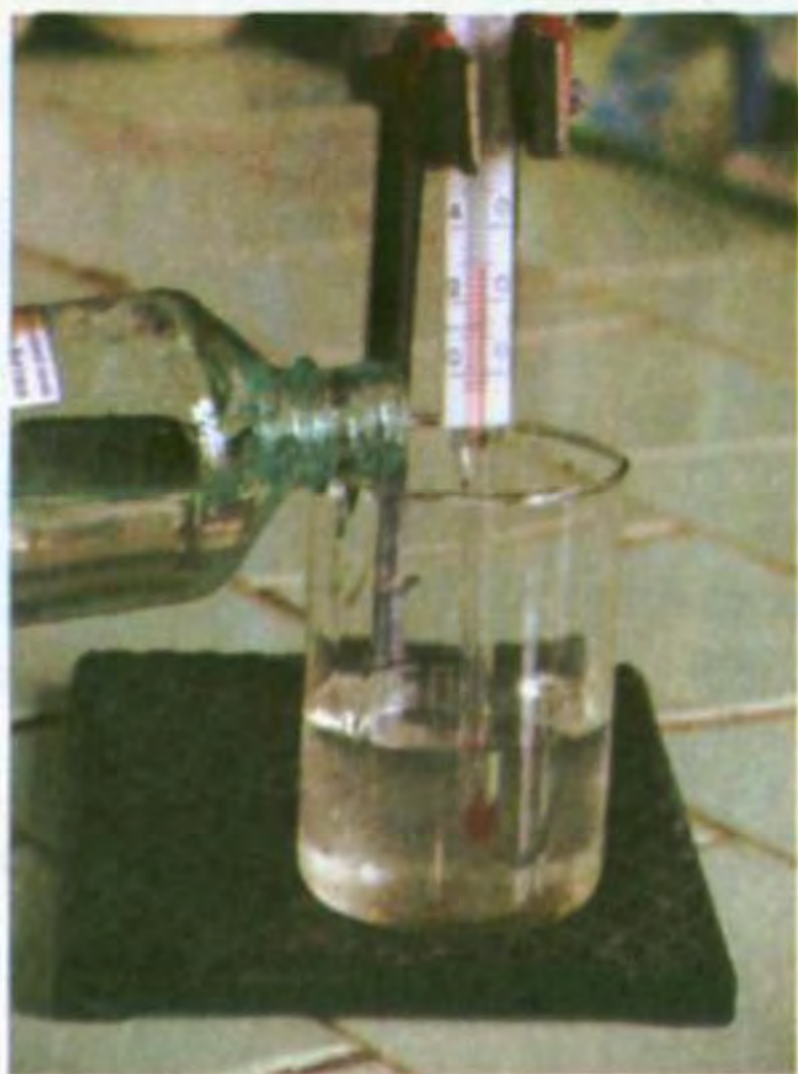
1 — розчинник; 2 — розчинювана речовина; 3 — розчин; 4 — частинки розчинюваної речовини та розчинника рівномірно розподілені



Мал. 21. Схема розчинення цукру у воді



Мал. 22. Вбирання теплоти під час розчинення NH_4NO_3 у воді



Мал. 23. Виділення теплоти під час розчинення H_2SO_4 у воді

Утім розчин не можна розглядати тільки з погляду фізичної теорії. Ще Д. І. Менделєєв довів, що під час розчинення речовини відбуваються також і хімічні процеси (хімічна теорія розчинів). Це засвідчує той факт, що об'єм розчину здебільшого не дорівнює сумі об'ємів розчинника і розчинюваної речовини. Але є й інші факти, що засвідчують те саме. Звернімося до дослідів.

Дослід 3. У склянку з холодною водою поміщаємо кристали амонійної селітри NH_4NO_3 і ставимо склянку на вологу дощечку (або картон). Він примерзає до склянки, оскільки температура розчину падає нижче 0°C (мал. 22). Отже, розчинення селітри супроводжується вбиранням теплоти. Відбувається *ендотермічний* процес — такий, що вбирає теплоту.

Дослід 4. У склянку з водою вливаємо концентровану сульфатну кислоту H_2SO_4 . Розчин розігрівається настільки, що може навіть закипіти (мал. 23). Отже, розчинення у воді сульфатної кислоти супроводжується виділенням теплоти. Відбувається *екзотермічний* процес — такий, що віддає теплоту.

Теплові явища, що спостерігалися під час цих дослідів, також засвідчують, що в процесі розчинення речовин відбуваються не тільки фізичні, а й хімічні процеси. У чому ж полягають ці хімічні процеси?

Поняття про кристалогідрати. Розчинення більшості кристалічних речовин супроводжується вбиранням теплоти. Це пояснюється витратою значної кількості енергії на руйнування кристалічних ґраток речовини. Але водночас відбувається

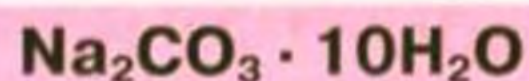
інший процес — хімічна взаємодія розчинюваної речовини з водою, так звана гідратація, внаслідок чого утворюються нові сполуки — гідрати. При цьому теплота вивільнюється. Який із цих процесів домінує, таким і буде тепловий ефект розчинення.

Гідрати — дуже нестійкі сполуки, вони існують лише в розчині. Якщо з розчину випарити воду, то гідрати легко руйнуються. Проте є такі гідрати, що можуть утримувати воду навіть у твердому стані. Вони називаються кристалогідратами, а вода, що утримується в кристалах, — кристалізаційною. Наприклад, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — мідний купорос, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — залізний купорос, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — глауберова сіль та ін. Отже,

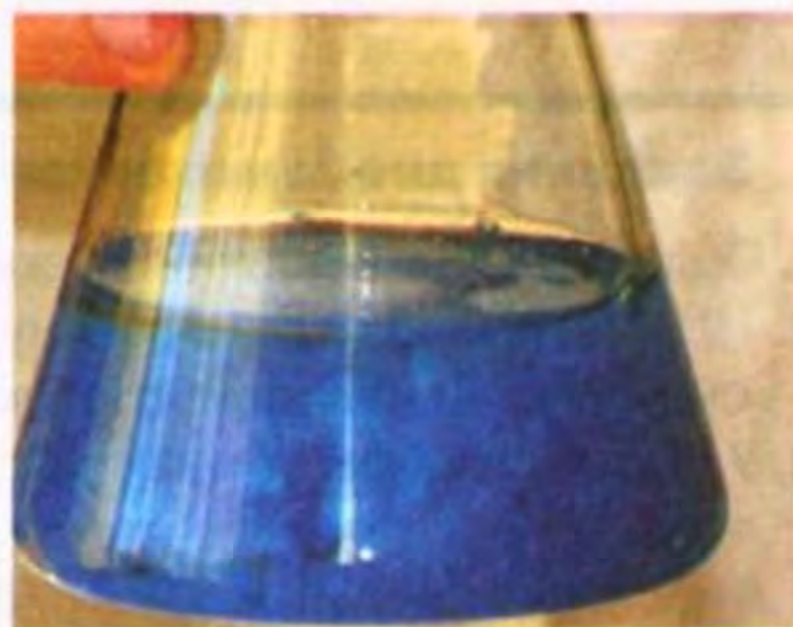
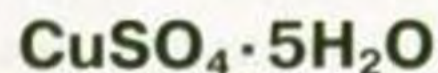
розчинення — це складний фізико-хімічний процес, під час якого відбувається взаємодія між частинками розчинюваної речовини і розчинника.

Тепер можна уточнити й визначення розчину.

Розчин — це однорідна (гомогенна) система змінного складу, що містить розчинювану речовину, розчинник та продукти їх взаємодії.



Кристалічна сода



Мал. 24. Розчин мідного купоросу

ВИСНОВКИ

Розчини мають важливе значення в житті людини і природи, в науці й техніці.

Процес розчинення має складну природу. Причиною переходу твердої речовини в розчин є фізико-хімічна взаємодія розчинника і роз-

чинюваної речовини (однієї або кількох). Під час розчинення розриваються деякі існуючі та виникають нові хімічні зв'язки.

Теплота, що під час розчинення вбирається, витрачається як на хімічний процес (руйнування кристала), так і на фізичний (дифузію частинок речовини по всьому об'єму розчину). Теплота, що під час розчинення вивільнюється, витрачається на утворення нових зв'язків (гідратація).

Розчин — однорідна система змінного складу, що складається з двох або кількох компонентів.

Завдання для самоконтролю

1. Оціни значення розчинів у житті людини і природи.
2. Наведи визначення розчину і поясни, чим слід уважати розчин — механічною сумішшю чи хімічною сполукою. Відповідь обґрунтуй.
3. У лабораторних умовах розчинник можна відокремити від розчиненої речовини
А фільтруванням; **В** декантацією;
Б відгонкою; **Г** відстоюванням.
4. До яких явищ — фізичних чи хімічних — належить розчинення кристалічної речовини у воді?
5. Чого більше за масою — води чи безводної солі — у кристалічній соді $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$?

Додаткові завдання

6. Поясни, чому процес розчинення іноді відбувається з поглинанням теплоти, а іноді — з вивільненням.
- 7*. Однакові кількості літій хлориду розчинили в одному й тому ж об'ємі води: один раз у вигляді кристалогідрату $\text{LiCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. В якому випадку процес розчинення буде екзотермічнішим? Відповідь обґрунтуй.
- 8*. Відомо, що натрій сульфат кількістю речовини 1 моль утримує кристалізаційну воду кількістю речовини 10 моль. До безводної солі додали воду, в результаті чого її маса збільшилася на 25 %. Маса води, яку сіль ще може приєднати, становить
А 28,9 г; **В** 144,5 г;
Б 72,25 г; **Г** 289 г.

§ 7. РОЗЧИННІСТЬ РЕЧОВИН У ВОДІ

Тобі треба

знати: класифікацію речовин за розчинністю; чинники, від яких залежить розчинність речовин;

пояснювати суть понять: насичений і ненасичений розчин; концентрований і розбавлений розчин;

вміти: користуватися графіком кривих розчинності; будувати криву розчинності окремої речовини; обчислювати розчинність речовин.

Тобі вже відомо, що у воді розчиняються різні речовини — тверді, рідкі й газуваті.

Здатність речовин переходити у розчин називається **розчинністю**.

За розчинністю у воді та інших розчинниках усі речовини поділяють на три групи: а) добре розчинні; б) малорозчинні; в) практично нерозчинні. Останні часто називають просто нерозчинними (див. таблицю розчинності на форзаці). Проте пам'ятай, що абсолютно нерозчинних речовин у природі немає. Якщо занурити у воду скляну паличку або шматочок срібла, то вони в мізерно малих кількостях розчинятимуться у воді. Саме тому вода, яка була у контакті зі сріблом, майже не містить мікробів.

Скло, срібло, золото, олія, гас, чадний газ — це приклади практично нерозчинних у воді речовин. Прикладами малорозчинних у воді речовин можуть бути гіпс, кисень, азот. Багато речовин розчиняється у воді дуже добре, наприклад,

Добре розчинні речовини

KNO_3
 Na_2SO_4
 HCl
 NH_3

Малорозчинні речовини

N_2
 O_2
 MgS
 CaSO_4

Практично нерозчинні речовини

AgCl
BaSO₄
Fe(OH)₃
Mg₃(PO₄)₂



Мал. 25. Насичений розчин натрій хромату Na₂CrO₄

цукор, спирт, їдкий натр, сульфатна і нітратна кислоти. Отже, *розчинність насамперед залежить від природи речовини.*

Відомо, що добре розчиняються одна в одній подібні за властивостями речовини (емпіричне правило «подібне розчиняється в подібному»). Зокрема, речовини, що складаються з полярних молекул, і речовини з йонним типом хімічного зв'язку добре розчиняються у полярних розчинниках (у воді, спирті, рідкому амоніаку), а неполярні речовини добре розчиняються у неполярних розчинниках (у бензені, сірковуглеці).

Дослід 1. У хімічний стакан наливаємо 100 мл води і вносимо туди натрій хлорид порціями по 5 г. Після внесення кожної порції перемішуємо скляною паличкою вміст стакана, аби домогтися повного розчинення солі. Зверни увагу, що перші 7 порцій, тобто 35 г NaCl, розчиняються повністю. З наступної порції розчиняється лише 1 г, а 4 г залишаються нерозчинними. Це означає, що за кімнатної температури ($\approx 20^\circ\text{C}$) в 100 мл води може розчинитися 36 г натрій хлориду.

Розчин, у якому певна речовина за певної температури більше не розчиняється, називається **насиченим**. Розчин, у якому дана речовина ще може розчинятися, називається **ненасиченим**.

Отже, для розчинності речовин має значення температура. Але як вона впливає? Щоб відповісти на це запитання, виконай досліди.

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДИ 1

Дослід 1. У пробірку налий води приблизно на $1/4$ її об'єму. Невеликими порціями внось у пробірку калій нітрат і обережно струшуй вміст пробірки, аби сіль повністю розчинилася. Додай наступну порцію солі і т. д. Коли розчинення солі припиниться, обережно нагрій пробірку з розчином і нерозчиненим залишком солі. Час від часу пробірку треба струшувати. Що спостерігається? Внеси в розчин ще трохи солі. Що відбувається?

Дослід 2. Тепер пробірку з гарячим розчином солі треба занурити у стакан із холодною водою. Що спостерігається? Чому це відбувається? Зроби висновок.

Розчинність твердих речовин залежить від температури: з підвищенням температури вона зазвичай зростає. Щодо розчинності газів, то навпаки, їхня розчинність зростає зі зниженням температури і підвищенням тиску.

Кількісною характеристикою розчинності слугує вміст речовини в насиченому розчині. Зазвичай *розчинність виражають у грамах на літр (г/л)*. Розглянь наведений приклад.

Приклад. Яка розчинність калій йодиду у воді за 15°C , якщо з насиченого розчину масою 48 г після його випарювання викристалізувався калій йодид масою 28 г?

Розв'язування. З умови задачі зрозуміло, що в 48 г насиченого розчину міститься 28 г KI, а решту становить вода: $48 - 28 \text{ г} = 20 \text{ г H}_2\text{O}$, або 0,02 л.

Тоді розчинність KI у воді дорівнює

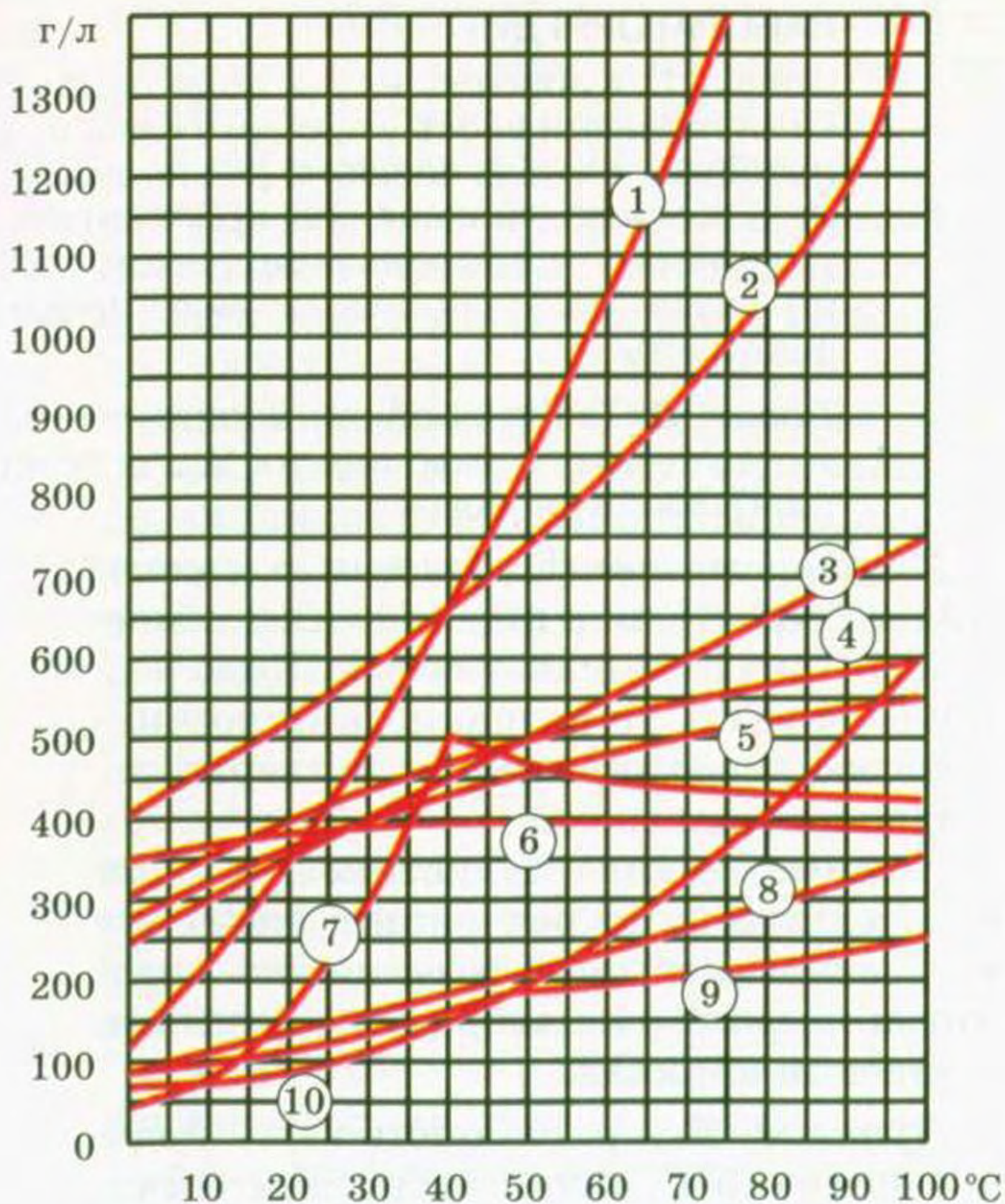
$$\frac{28 \text{ г}}{0,02 \text{ л}} = 1400 \text{ г/л.}$$

Відповідь: розчинність калій йодиду за $t = 15^{\circ}\text{C}$ становить 1400 г/л.

Залежність розчинності твердих речовин від температури зазвичай подають у вигляді графіка *кривих розчинності* (мал. 26).

Мал. 26. Криві розчинності:

1. KNO_3
2. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
3. MgSO_4
4. BaCl_2
5. KCl
6. NaCl
7. Na_2SO_4
8. KClO_4
9. K_2SO_4
10. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$



Мал. 27. Сіль добувають із морської води. Вода випаровується, розчин стає насиченим, сіль кристалізується, і її збирають

Для побудови таких кривих по осі абсцис відкладають температуру, а по осі ординат — розчинність речовини за цих температур. Графік показує, що зі зростанням температури розчинність переважної більшості кристалічних речовин збільшується, але не однаково для різних речовин. Як засвідчує мал. 26, внаслідок зміни температури від 0 до 100 °C розчинність калій нітрату зростає в багато разів, тоді як розчинність натрій хлориду зростає незначною мірою. Є окремі речовини, наприклад натрій сульфат

Na_2SO_4 , розчинність яких зі збільшенням температури до 40°C зростає, а потім — зменшується.

Як ми переконалися, різні речовини розчиняються по-різному. В одних речовин розчинність дуже велика (за температури 20°C в 1 л води може розчинитися цукор масою 2000 г), в інших — незначна (за цих самих умов кальцій сульфат CaSO_4 розчиняється мало — 2 г/л).

Якщо в певному об'ємі розчину міститься мало розчиненої речовини, то такий розчин називається розбавленим, а якщо багато — концентрованим. Проте зовсім не обов'язково, щоб концентрований розчин був насиченим, а розбавлений — ненасиченим. Якщо, наприклад, в 1 л розчину міститься 1 кг цукру, то зрозуміло, що такий розчин — дуже концентрований. Але він ненасичений, бо розчинність цукру така висока, що він може ще розчинятися. Або якщо в 1 л розчину міститься всього $1,5 \cdot 10^{-4}$ г аргентум хлориду AgCl і більше розчинятися не може, то такий розчин через погану розчинність AgCl буде вже насичений, але дуже розбавлений (мал. 28).



В 1 л розчину 1 кг цукру. Розчин концентрований, але не насичений.



В 1 л розчину $1,5 \cdot 10^{-4}$ AgCl . Розчин розбавлений, але насичений.

Мал. 28. Концентрований і розбавлений розчин

ВИСНОВКИ

Здатність речовини розчинятися у тім чи тім розчиннику, наприклад, у воді, називається розчинністю речовини у цьому розчиннику.

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

Розчинність залежить від природи речовини. Речовини з полярним ковалентним і йонним типом хімічного зв'язку розчиняються у полярних розчинниках (у воді). Неполярні речовини краще розчиняються у неполярних розчинниках.

Розчинність залежить і від температури. Для переважної більшості кристалічних речовин із підвищенням температури розчинність збільшується, а для газів — зменшується.

Розчинність речовини знаходять із відношення маси речовини, яка утворює насичений розчин за певної температури, до об'єму розчинника. Виражається розчинність у грамах на літр (г/л).

Завдання для самоконтролю

1. Чому в гарячому чаї грудочка цукру розчиняється швидше, ніж у холодному?
2. Чому акваріум не можна заповнювати свіжою кип'яченою водою, а треба, щоб вода постояла кілька днів?
3. На розчинність карбон(IV) оксиду у воді не впливає
А швидкість пропускання газу; **В** тиск;
Б температура; **Г** хімічна взаємодія газу з водою.
4. Поясни, як можна перетворити: а) ненасичений розчин у насичений; б) насичений розчин у ненасичений.
5. Побудуй криву розчинності безводного купрум(II) сульфату за такими даними:

| | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Температура, t , °C | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Розчинність, г/л | 150 | 180 | 200 | 250 | 290 | 350 |

Додаткові завдання

- 6*. У порцелянову чашку масою 11,64 г наливо насичений за 15 °C розчин калій нітрату KNO_3 . Маса чашки з розчином 106,6 г, а після випарювання розчину — 30,74 г. Обчисли розчинність калій нітрату за температури 15 °C. Результат розрахунків перевір за малюнком 27.
- 7*. Побудуй криву розчинності бертолетової солі KClO_3 за такими даними:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Температура, t , °C | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| Розчинність, г/л | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 180 | 220 | 300 |

Користуючись складеним графіком, визнач масу бертолетової солі, яка викристалізується, якщо охолодити насичений розчин об'ємом 1,5 л від 60 до 40 °C.

§ 8. ВОДА — ПОЛЯРНИЙ РОЗЧИННИК

Тобі треба

мати уявлення про: поширення води в природі; роль води в живій і неживій природі; техногенне значення води;

вміти пояснювати: колообіг води в природі; будову молекули води; суть водневого зв'язку;

обґрунтовувати: високу здатність води розчиняти речовини.

Вода у природі. Вода — найпоширеніша в природі складна речовина. Молекули води виявлено у міжзор'яному просторі. Вода входить до складу більшості планет сонячної системи та їхніх супутників. На Землі вода — одна з найпоширеніших сполук. Майже $3/4$ поверхні Землі покрито водою, що утворює океани, моря, ріки й озера (мал. 29). Тобі відомо, що у вигляді снігу і льоду вода покриває полярні зони земної кулі. У надрах Землі також є вода, там її, можливо, ще більше, ніж на поверхні. Вона просочує ґрунт і гірські породи, входить до складу багатьох мінералів (глини, гіпсу та ін.), може утворювати навіть підземні водоймища. Вода присутня в ґрунті, є обов'язковим компонентом усіх живих організмів. У вигляді водяної пари значні маси води є в атмосфері.

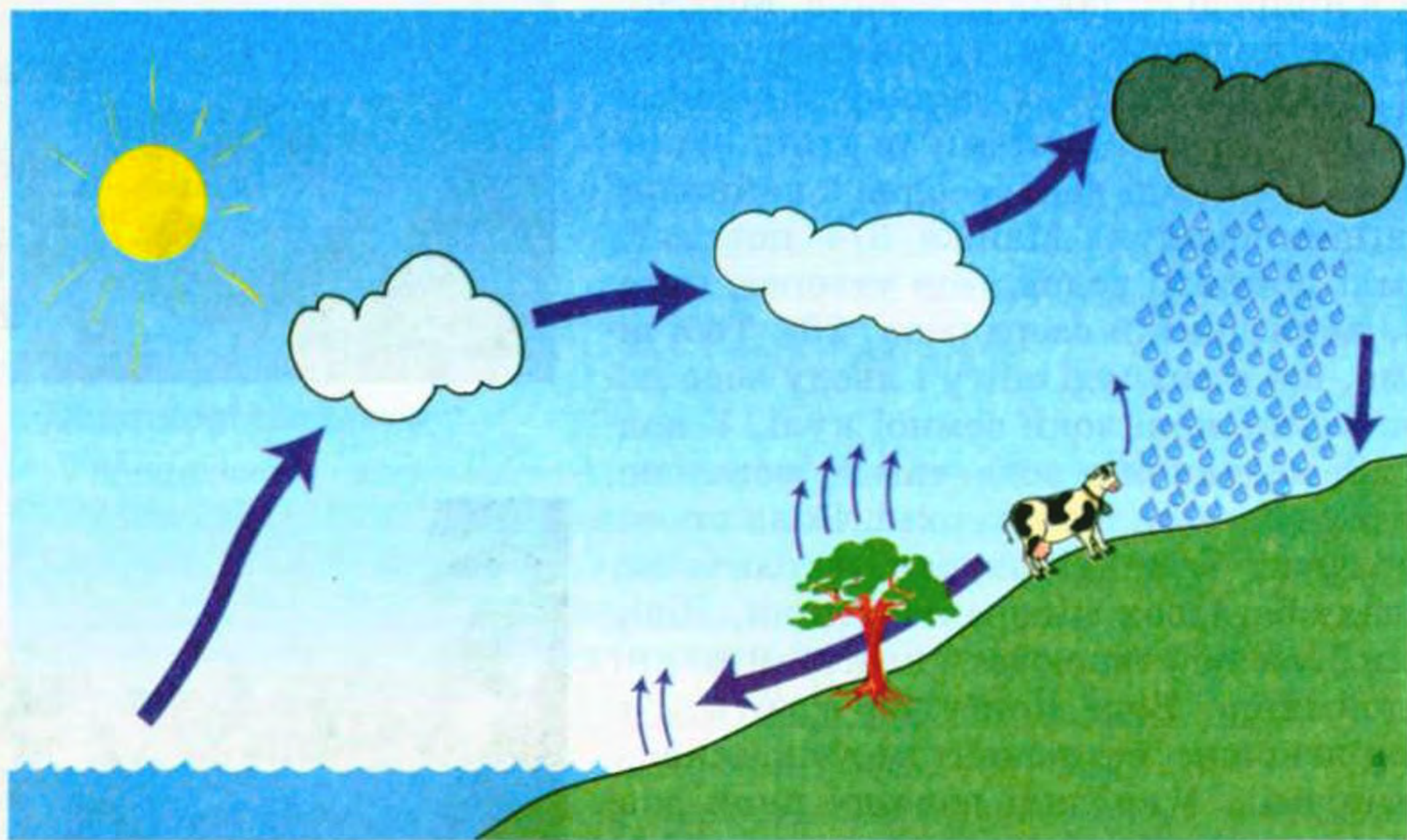
З курсу природознавства ти вже знаєш, що внаслідок зміни атмосферних умов водяна пара в повітрі може утворювати дрібні краплі води або кристалики льоду, в результаті скупчення яких виникають хмари. Якщо розмір крапель або кристаликів збільшується, вони не можуть



Мал. 29. Дніпро біля Києва

залишатися у завислому стані та випадають на землю у вигляді дощу, снігу або граду. Внаслідок танення снігу або льоду утворюються водяні потоки. Вони зливаються в річки. З поверхні річок, морів, океанів вода випаровується, утворюючи знову хмари. Отже, вода перебуває у постійному русі, вона весь час зазнає змін, унаслідок яких здійснюється колообіг води в природі (мал. 30).

- Пригадай, які фізичні властивості має вода.
- Які ти знаєш хімічні властивості, характерні для води? Напиши відповідні рівняння реакцій.



Мал. 30. Колообіг води в природі

На витоп 1 т сталі витрачається 300 м³ води

Вода має величезне значення в житті рослин, тварин і людини. Згідно з сучасними уявленнями, колискою життя на Землі був океан. У всякому організмі вода є середовищем, у якому відбуваються хімічні процеси, що забезпечують

життєдіяльність організму. Крім того, вода сама бере участь у багатьох біохімічних реакціях.

Вода є надзвичайно важливою технологічною речовиною. Жодне виробництво не обходиться без використання величезних мас води.

Величезна роль води й у формуванні неживої природи на Землі. Вода руйнує гірські породи, переносить великі маси речовин по всій планеті, створює осадові породи. Завдяки випаровуванню і конденсації води регулюється клімат на Землі.

Будова молекули. Вода — речовина молекулярної будови. Молекулу води можна уявити у вигляді рівнобічного трикутника, у вершині якого розташований атом Оксигену, а в основі — два протони (мал. 31). Дві пари електронів усупільнені між протонами й атомом Оксигену, а дві пари неподілених електронів орієнтовані по інший бік Оксигену. В молекулі води є два полярні ковалентні зв'язки Н—О.

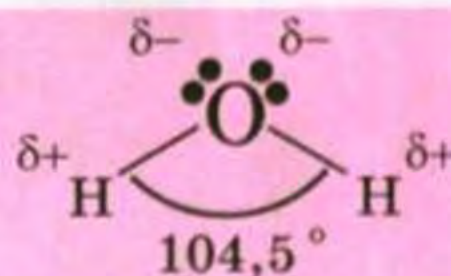
- Чому вони полярні? Внаслідок перекривання яких орбіталей вони утворилися?
- Пригадай розміщення електронів у атомі Оксигену й атомі Гідрогену, покажи їхнє розміщення за енергетичними комірками.

Отже, у молекулі води атом Оксигену має чотири електронні пари. Дві з них беруть участь в утворенні ковалентних зв'язків з атомами Гідрогену, тобто є *зв'язуючими*. Дві інші електронні пари є *незв'язуючими*. В молекулі виникають чотири полюси зарядів: два — позитивні і два — негативні. Позитивні заряди скупчені біля атомів Гідрогену, оскільки

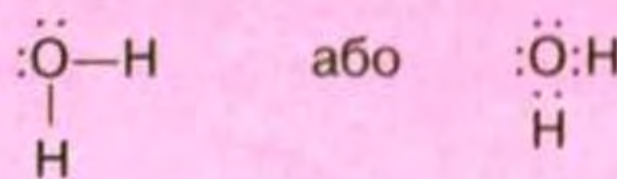
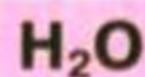
На виробництво 1 т паперу витрачається 400 м³ води

На вирощування 1 т зерна потрібно 1000 м³ води

Загальний об'єм водовитрачання в Україні сягає 30 км³ на рік, що становить 60 % усього стоку її річок



Мал. 31. Схема структури молекули води





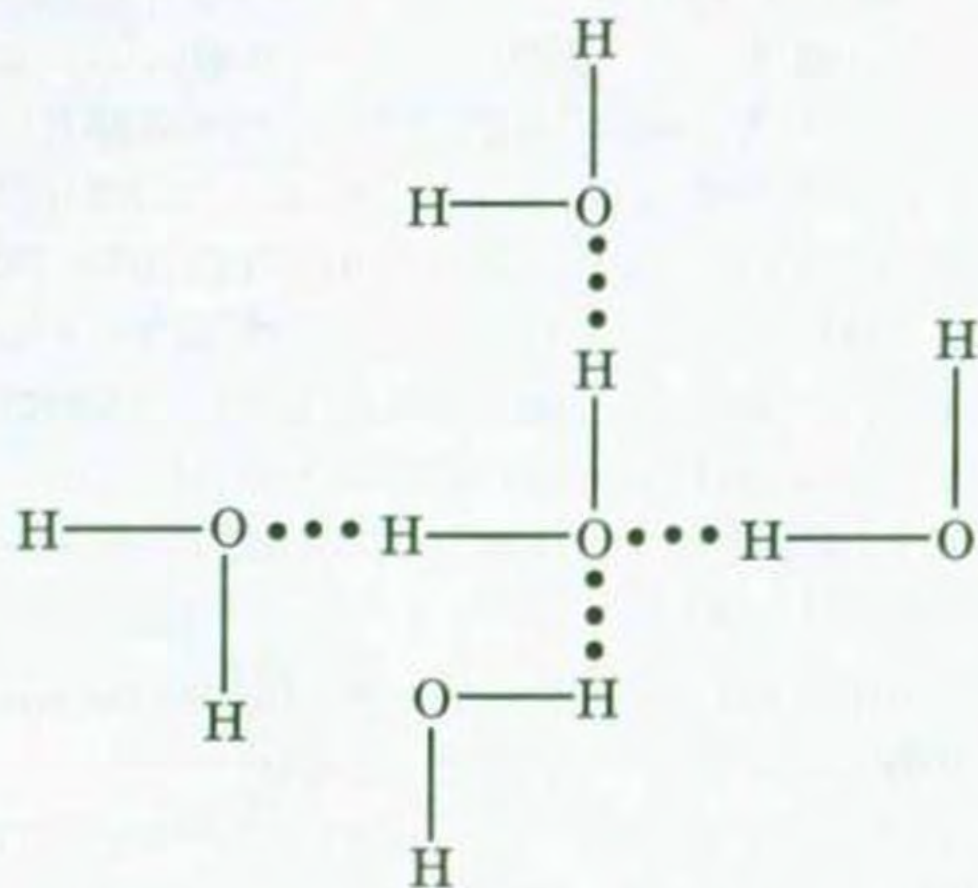
Мал. 32. Велика плаваюча брила льоду — айсберг

Оксиген має більшу електронегативність, ніж Гідроген. Два негативні полюси припадають на дві незв'язуючі електронні пари Оксигену.

Отже, молекули води полярні, вони являють собою диполь. Молекули води мають кутову будову. Кут між двома зв'язками Н—О становить $104,5^\circ$.

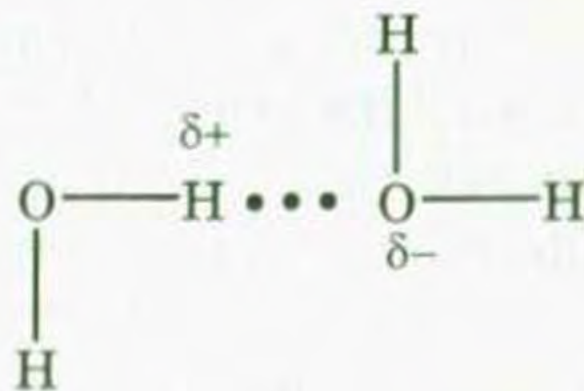
- Пригадай, що таке диполь.

Таке уявлення про будову молекули води дає змогу пояснити структуру льоду. У кристалічних ґратках льоду кожна з молекул H_2O оточена чотирма такими самими молекулами. У площинному зображенні це можна подати так:



- Спробуй самотійно пояснити механізм зв'язку.

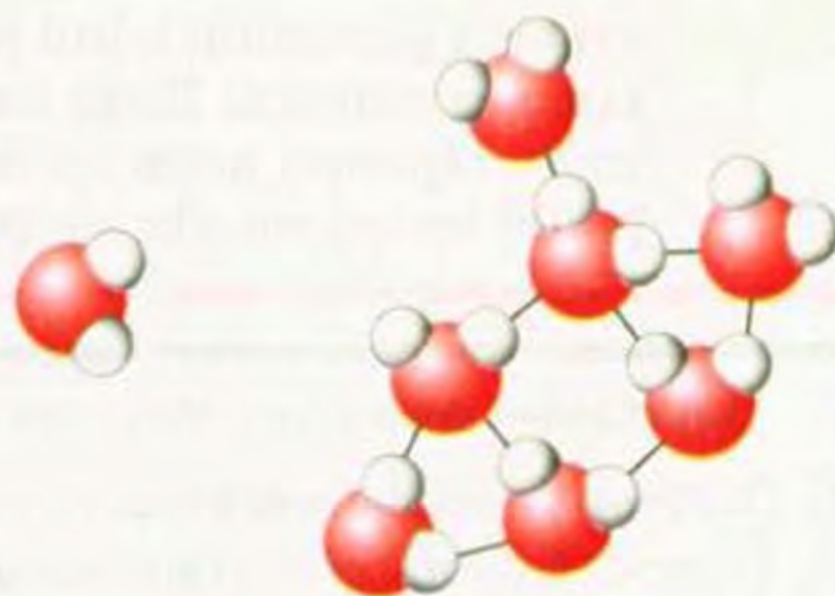
На схемі видно, що зв'язок між молекулами здійснюється за допомоги атома Гідрогену:



Позитивно заряджений атом Гідрогену однієї молекули води притягується до негативно зарядженого атома Оксигену іншої молекули води. Утворюється *водневий зв'язок* (позначається крапками) (мал. 33). Хімічний зв'язок, який виникає через атом Гідрогену, що опинився між двома електронегативними атомами (найчастіше атомами Флуору F, Оксигену O, Нітрогену N), називається *водневим зв'язком*. За міцністю він слабкіший за ковалентний зв'язок. Ось чому водневий зв'язок легко розривається, що спостерігається під час випаровування води.

Структура рідкої води нагадує структуру льоду. У рідкій воді молекули також зв'язані одна з одною за допомоги водневих зв'язків. Вони й обумовили порівняно високі температури плавлення і кипіння води. Але структура води не така «жорстка», як у льоду. Внаслідок теплового руху молекул у воді одні водневі зв'язки розриваються, інші утворюються.

Вода є чудовим розчинником багатьох неорганічних та органічних речовин. Процеси розчинення також обумовлюють водневі зв'язки.



Мал. 33. Водневий зв'язок

ВИСНОВКИ

Вода має винятково важливе значення в природі. Без води неможливе життя.

Вода — речовина молекулярної будови, її молекули мають кутову форму, вони полярні, являють собою диполі. Між молекулами води існує водневий зв'язок.

Через високу здатність розчиняти речовини вода здійснює на Землі грандіозну роботу. В одному місці вона руйнує гірські породи, розчиняє мінерали або вимиває з них розчинні речовини і переносить їх у розчиненому вигляді на великі відстані, а в іншому — вода випарову-

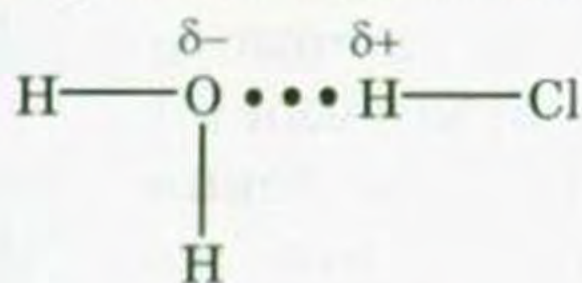
ється, і розчинні в ній речовини осідають, утворюючи нові мінерали й гірські породи. Вода визначає клімат і погоду в різних місцях земної кулі. Прісної води на Землі мало. Воду треба берегти, охороняти природні водойми від забруднення.

Завдання для самоконтролю

1. Обґрунтуй значення води в природі.
2. Поясни будову молекули води.
3. Напиши рівняння реакцій з водою: а) активного металу; б) оксиду металічного елемента; в) оксиду неметалічного елемента.
4. Обчисли об'єм водню (н. у.), який вивільнюється внаслідок взаємодії з водою калію кількістю речовини 0,5 моль.

Додаткові завдання

- 5*. Чому випаровування льоду і води — процес ендотермічний?
- 6*. Між молекулами води й хлороводню можливий зв'язок виду:



Яким чином здійснюється такий зв'язок і як він називається? Чому в результаті розчинення HCl у воді виділяється теплота?

- 7*. З водою масою 36 г прореагував оксид металічного елемента зі ступенем окиснення +2 масою 306 г. Обчисли кількість речовини гідроксиду металічного елемента, що утворився при цьому, і назви його.

§ 9. КІЛЬКІСНИЙ СКЛАД РОЗЧИНУ

Тобі треба

пояснювати: зміст понять «масова частка», «молярна концентрація»;

обчислювати: масову частку і молярну концентрацію речовини в розчині; масу розчиненої речовини;

приготовляти: розчин з певною масовою часткою.

Тобі вже відомо, що розчин — це система змінного складу.

- Пригадай основні компоненти розчину.

Від кількості розчиненої речовини залежать властивості розчину. Тому завжди важливо знати кількісний склад розчину.

Кількісний склад розчину виражають концентрацією розчиненої речовини.

Концентрація речовини — це фізична величина (розмірна чи безрозмірна), яка визначає кількісний склад розчину.

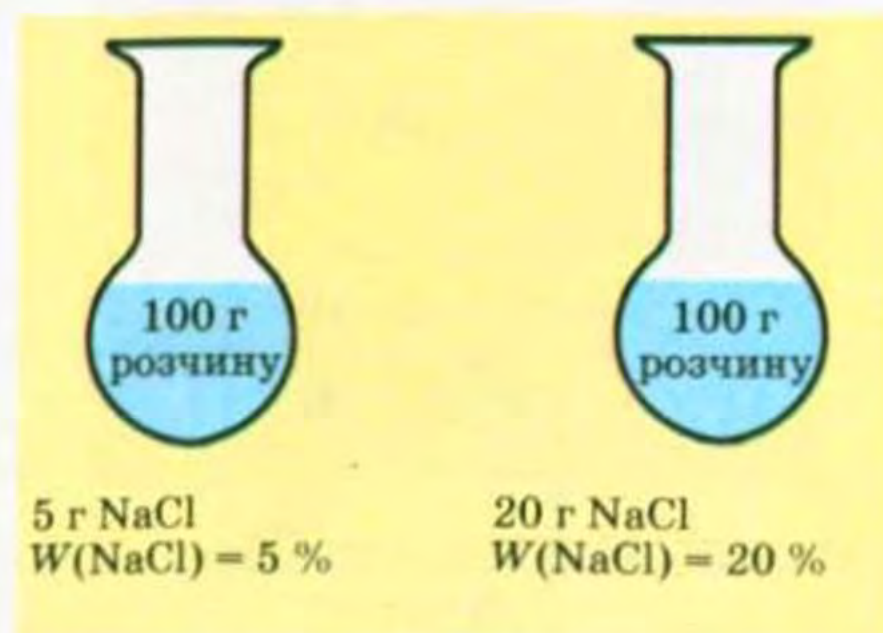
Концентрація речовини може виражатися різними способами. Ми розглянемо лише два з них — масову частку розчиненої речовини (безрозмірна величина) і молярну концентрацію розчиненої речовини (розмірна величина).

Масова частка розчиненої речовини — це фізична величина, що дорівнює відношенню маси розчиненої речовини до маси розчину.

$$W(\text{речовини}) = \frac{m_1(\text{речовини})}{m_2(\text{розчину})},$$

де m_1 — маса розчиненої речовини, m_2 — маса розчину, W (дубль ве) — масова частка розчиненої речовини.

Оскільки ця величина — масова частка — є відношенням однотипних величин (маси до маси), то формально вона не має своєї одиниці, є безрозмірною величиною. Масову частку розчиненої речовини виражають у частках одиниці або у відсотках ($1/100 = 0,01 = 1\%$). Наприклад, є два розчини натрій хлориду NaCl масою по 100 г кожний. У першому міститься NaCl масою 5 г, у другому — NaCl масою



Мал. 34. Розчини з масовою часткою розчиненої речовини



Мал. 35. Пляшка столового оцту (9 %)

20 г. Це означає, що в першому розчині масова частка солі дорівнює $5 \text{ г} : 100 \text{ г} = 0,05$ (5 %), а в другому — $20 \text{ г} : 100 \text{ г} = 0,2$ (20 %) (мал. 34).

А якщо масову частку обчислювати не треба, бо вона відома, то що це означає? Наприклад, маємо столовий оцет 9 %-й. Це означає, що масова частка оцтової кислоти в розчині становить 9 %, тобто у кожних 100 г розчину міститься 9 г оцтової кислоти і $100 \text{ г} - 9 \text{ г} = 91 \text{ г}$ води (мал. 35).

Масова частка є зручною характеристикою розчину, оскільки за її допомоги можна легко визначити масу речовини, що розчинена в розчині, і масу розчинника. Саме такі дані потрібні тобі для приготування розчинів.

Розгляньмо конкретні приклади.

Приклад 1. Необхідно приготувати розчин масою 1 кг з масовою часткою розчиненої речовини 5 %. Які маси солі та води треба для цього взяти?

Дано:

$$m(\text{розчину}) = 1000 \text{ г}$$

$$W(\text{NaCl}) = 5 \% = 0,05$$

$$m(\text{NaCl}) — ?$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) — ?$$

Розв'язування:

Алгоритм приготування розчину такий.

1. Обчисли масу солі, яку треба взяти:

$$W(\text{речовини}) = \frac{m_1(\text{речовини})}{m_2(\text{розчину})},$$

$$m_1(\text{речовини}) = W \cdot m_2(\text{розчину});$$

$$m(\text{NaCl}) = 0,05 \cdot 1000 \text{ г} = 50 \text{ г}.$$

2. Обчисли масу води, яку треба взяти:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{ г} - 50 \text{ г} = 950 \text{ г}.$$

3. Зваж обчислену порцію солі (50 г) і всип її у колбу.

4. Відміряй за допомоги мірного циліндра необхідний об'єм дистильованої води (950 мл).

Оскільки густина води дорівнює 1,0 г/мл, то об'єм води 950 мл за масою становить 950 г. Влий воду в колбу з сіллю (50 г NaCl + 950 г H_2O = 1000 г розчину) і перемішай скляною паличкою (або струшуванням колби) її вміст до повного розчинення солі (мал. 36).



Мал. 36. Приготування розчину

Приклад 2. У воді масою 100 г за 20 °С розчинили калій нітрат KNO_3 масою 15,6 г. Визнач масову частку калій нітрату в розчині.

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ г}$$

$$m(\text{KNO}_3) = 15,6 \text{ г}$$

$$W(\text{KNO}_3) = ?$$

Розв'язування:

Маса розчину складається з маси розчинника

$m(\text{H}_2\text{O})$ і маси розчиненої речовини $m(\text{KNO}_3)$:

$$m(\text{розчину}) = 100 \text{ г } (\text{H}_2\text{O}) + 15,6 \text{ г } (\text{KNO}_3) = 115,6 \text{ г};$$

$$W(\text{KNO}_3) = \frac{m(\text{речовини})}{m(\text{розчину})} = \frac{15,6 \text{ г}}{115,6 \text{ г}} \approx 0,135 = 13,5\%.$$

Відповідь. Масова частка калій нітрату KNO_3 у розчині становить 13,5 %.

Приклад 3. Визнач масу натрій хлориду, яку потрібно розчинити у воді, щоб добути розчин об'ємом 100 см^3 з масовою часткою NaCl 20% . Густина розчину дорівнює $1,15 \text{ г/см}^3$.

Дано:

$$V(\text{розчину}) = 100 \text{ см}^3$$

$$W(\text{NaCl}) = 20 \% = 0,2$$

$$\rho = 1,15 \text{ г/см}^3$$

$$W(\text{KNO}_3) = ?$$

Розв'язування:

Пригадай із курсу фізики, що густина розчину (символ ρ , читається «ро») — величина, що дорівнює відношенню маси розчину до його об'єму (див. таблицю в додатку):

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Одиниця густини — кілограм на кубічний метр (кг/м^3) або грам на кубічний сантиметр (г/см^3). У хімії частіше використовують грам на мілілітр (г/мл). Назва одиниці об'єму мілілітр — це спеціальна назва кубічного сантиметра (см^3).

1. Обчисли масу розчину, який треба приготувати:

$$m = V \cdot \rho,$$

$$m(\text{розчину}) = 100 \text{ см}^3 \cdot 1,15 \text{ г/см}^3 = 115 \text{ г}.$$

2. Обчисли масу NaCl у розчині:

$$W(\text{речовини}) = \frac{m(\text{речовини})}{m(\text{розчину})};$$

$$m(\text{NaCl}) = m(\text{розчину}) \cdot W(\text{речовини});$$

$$m(\text{NaCl}) = 115 \text{ г} \cdot 0,2 = 23 \text{ г}.$$

Відповідь. Щоб приготувати розчин об'ємом 100 см^3 з масовою часткою NaCl 20% , треба взяти натрій хлорид масою 23 г .

Приклад 4*. Визнач масу глауберової солі $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, яка потрібна для приготування розчину масою 300 г з масовою часткою натрій сульфату 8% .

Дано:

$$m(\text{розчину}) = 300 \text{ г}$$

$$W(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 8 \% = 0,08$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = ?$$

Розв'язування:

1. Обчисли масу безводного натрій сульфату Na_2SO_4 , необхідного для приготування розчину масою 300 г:

$$m(\text{речовини}) = m(\text{розчину}) \cdot W(\text{речовини});$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 300 \text{ г} \cdot 0,08 = 24 \text{ г}.$$

Варіант 1

2. Обчисли кількість речовини Na_2SO_4 масою 24 г;

$$\begin{array}{c} \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \\ \hline M = \underbrace{46 + 32 + 64}_{142} + \underbrace{10(2 + 16)}_{180} = 322 \text{ г/моль}; \end{array}$$

$$m = 322 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ моль} = 322 \text{ г}$$

$$m = M \cdot n; \quad n = \frac{m}{M}.$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{24 \text{ г}}{142 \text{ г/моль}} = 0,169 \text{ моль}.$$

3. Знайди масу кристалогідрату, в якому міститься натрій сульфат кількістю речовини 0,169 моль:

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4);$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,169 \text{ моль}$$

$$m = M \cdot n$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 322 \text{ г/моль} \cdot 0,169 \text{ моль} = 54,4 \text{ г}.$$

Варіант 2

У 322 г ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) міститься 142 г (Na_2SO_4),

а в x г ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) міститься 24 г (Na_2SO_4).

$$322 : x = 142 : 24$$

$$x = \frac{322 \text{ г} \cdot 24 \text{ г}}{142 \text{ г}} = 54,4 \text{ г}.$$

Відповідь. Для приготування розчину масою 300 г з масовою часткою натрій сульфату 8 % потрібно взяти глауберову сіль $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ масою 54,4 г.



Мал. 37. Мірні колби

Інший спосіб вираження кількісного складу розчину — це молярна концентрація.

Молярна концентрація розчиненої речовини — це фізична величина, що дорівнює відношенню кількості розчиненої речовини до об'єму розчину (символ — c , одиниця — моль/м³ або моль/л).

$$c = \frac{n(\text{речовини})}{V(\text{розчину})}$$

Поширена скорочена форма запису одиниці молярної концентрації $M =$ моль/л. Наприклад, запис $0,1M$ KCl означає, що в кожному літрі розчину міститься $0,1$ моль KCl. Такий розчин називають децимолярним.

Приклад 1. Внаслідок розчинення натрій гідроксиду масою 120 г утворився розчин об'ємом 2 л. Визнач молярну концентрацію натрій гідроксиду.

Дано:

$$m(\text{NaOH}) = 120 \text{ г}$$

$$V = 2 \text{ л}$$

$$c(\text{NaOH}) = ?$$

Розв'язування:

1. Обчислюємо молярну масу NaOH:

$$M(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ г/моль.}$$

2. Обчислюємо кількість речовини NaOH в розчині:

$$n = \frac{m}{M}; \quad n(\text{NaOH}) = \frac{120 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 3 \text{ моль.}$$

3. Обчислюємо молярну концентрацію розчиненої речовини:

$$c = \frac{n}{V}; \quad c(\text{NaOH}) = \frac{3 \text{ моль}}{2 \text{ л}} = 1,5 \text{ моль/л.}$$

Відповідь. Молярна концентрація натрій гідроксиду в розчині становить $1,5$ моль/л.

Приклад 2. Яку масу цинк хлориду треба взяти, аби добути його децимолярний розчин об'ємом 250 мл?

Дано: $V(\text{р-ну}) = 250 \text{ мл} = 0,25 \text{ л}$
 $c(\text{ZnCl}_2) = 0,1 \text{ моль/л}$
 $m(\text{ZnCl}_2) = ?$

Розв'язування:
 1. $M(\text{ZnCl}_2) = 65 + (35,5 \cdot 2) = 136 \text{ г/моль}$.
 $c = \frac{n}{V}$; $n = c \cdot V$;
 $n(\text{ZnCl}_2) = 0,1 \text{ моль/л} \cdot 0,25 \text{ л} = 0,025 \text{ моль}$.
 3. $m = n \cdot M$;
 $m(\text{ZnCl}_2) = 0,025 \text{ моль} \cdot 136 \text{ г/моль} = 3,4 \text{ г}$.
 Відповідь. Маса ZnCl_2 становить 3,4 г.

Приклад 3*. Маємо розчин сульфатної кислоти з масовою часткою H_2SO_4 96 % і густиною 1,84 г/мл. Як із нього приготувати 500 мл 0,05M розчину сульфатної кислоти?

Дано:
 $V(\text{р-ну}) = 500 \text{ мл} = 0,5 \text{ л}$
 $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,05 \text{ моль/л}$
 $W(\text{H}_2\text{SO}_4) = 96 \% = 0,96$
 $\rho = 1,84 \text{ г/мл}$
 $V(\text{р-ну } \text{H}_2\text{SO}_4) = ?$

Розв'язування:
 1. Обчислюємо молярну масу H_2SO_4 :
 $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 + 32 + (16 \cdot 4) = 98 \text{ г/моль}$.
 2. Знаходимо кількість речовини H_2SO_4 у 500 мл розчину:
 $n = V \cdot c$;
 $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \text{ л} \cdot 0,05 \text{ моль/л} = 0,025 \text{ моль}$.
 3. Знаходимо масу 0,025 моль H_2SO_4 :
 $m = M \cdot n$,
 $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль} \cdot 0,025 \text{ моль} = 2,45 \text{ г}$.
 4. Обчислюємо масу розчину, в якому міститься 2,45 г H_2SO_4 і де ця маса кислоти становить 96 % маси розчину:
 $m(\text{р-ну } \text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{W(\text{H}_2\text{SO}_4)}$;
 $m(\text{р-ну } \text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{2,45 \text{ г}}{0,96} = 2,55 \text{ г}$.

5. Обчислюємо об'єм розчину, маса якого становить 2,55 г і густина 1,84 г/мл:

$$V = \frac{m}{\rho}; V(\text{р-ну } \text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{2,55 \text{ г}}{1,84 \text{ г/мл}} = 1,38 \text{ мл.}$$

Відповідь. Треба взяти 1,38 мл розчину сульфатної кислоти з масовою часткою H_2SO_4 96 %, розчинити у невеликій кількості води в мірній колбі (мал. 37), а утворений розчин розбавити водою до позначки 500 мл, дістанемо 0,05M розчин.

ВИСНОВКИ

Кількісний склад розчину виражають масовою часткою розчиненої речовини в розчині або молярною концентрацією.

Масова частка розчиненої речовини — це фізична величина, що дорівнює відношенню маси розчиненої речовини до маси розчину. Вона позначається W (дубль ве) і виражається частками одиниці або відсотками.

Молярна концентрація розчиненої речовини — це фізична величина, що дорівнює відношенню кількості розчиненої речовини до об'єму розчину. Позначається c (це). Одиниця вимірювання моль/м³ або моль/л.

Завдання для самоконтролю

1. У воді масою 110 г розчинили сіль масою 15 г. Масова частка солі в розчині становить

| | |
|-----------------|---------------|
| А 1,5 %; | В 6 %; |
| Б 3%; | Г 12%. |
2. Для приготування 3 %-го розчину масою 500 г треба взяти солі

| | |
|---------------|----------------|
| А 3г; | В 15 г; |
| Б 5 г; | Г 100г. |
3. Розчинність натрій карбонату Na_2CO_3 за 20 °C становить 218 г у 1000 мл води. Масова частка Na_2CO_3 у насиченому розчині дорівнює

| | |
|------------------|------------------|
| А 8,7 %; | В 17,9 %; |
| Б 10,6 %; | Г 21,8 %. |
4. Обчисли маси кухонної солі й води, які потрібні для приготування розчину масою 10 кг з масовою часткою солі 0,01.

5. До розчину масою 120 г з масовою часткою солі 10 % додали воду об'ємом 50 мл. Якою стала масова частка розчиненої речовини?

Додаткові завдання

- 6*. У воді розчинили купрум(II) сульфат масою 16 г і приготували розчин об'ємом 250 мл. Визнач молярну концентрацію солі в розчині.
- 7*. У воді масою 120 г розчинили залізний купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ масою 10,5 г. Обчисли масову частку безводного ферум(II) сульфату в добутому розчині.
- 8*. У воді масою 600 г розчинили амоніак об'ємом 448 л (н. у.). Визнач масову частку амоніаку в одержаному розчині.
- 9*. До 400 мл розчину з масовою часткою натрій гідроксиду 40 % і густиною 1,44 г/мл додали 150 мл води. Визнач масову частку NaOH у добутому розчині.
- 10*. Обчисли масу розчину калій гідроксиду з масовою часткою KOH 5,6 %, необхідного для нейтралізації хлоридної кислоти масою 73 г з масовою часткою HCl 10 %.
- 11*. Обчисли молярну концентрацію ортофосфатної кислоти в розчині з масовою часткою H_3PO_4 14,6 % і густиною 1,08 г/мл.
- 12*. Обчисли масову частку сульфатної кислоти в 10М розчині, густина якого становить 1,466 г/мл.
- 13*. Яку масу розчину аргентум нітрату з масовою часткою AgNO_3 10 % треба додати до хлоридної кислоти об'ємом 50 мл з масовою часткою HCl 12 % і густиною 1,06 г/мл, щоб повністю осадити аргентум хлорид?
- 14*. Обчисли молярну концентрацію речовини, що утворилася внаслідок розчинення натрій оксиду масою 6,1 г у воді об'ємом 50 мл. Густина утвореного розчину 1,159 г/мл.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

Приготування розчину солі з певною масовою часткою розчиненої речовини

Варіанти завдань:

- 2 а) приготуй розчин масою 20 г з масовою часткою натрій хлориду 0,05;
- 3 б) приготуй розчин масою 25 г з масовою часткою натрій карбонату 4 %;
- 1 в) приготуй розчин масою 10 г з масовою часткою кухонної солі 10 %;
- 4 г) приготуй розчин масою 30 г з масовою часткою калій хлориду 15 %.

Послідовність дій:

1. Обчисли маси солі та води, які треба взяти для приготування розчину.
2. Зваж на терезах сіль (пригадай із курсу фізики правила зважування) і всип її в суху колбу.
3. Відміряй потрібний об'єм дистильованої води (пригадай правила відмірювання об'ємів рідин). Чому воду не зважують, а відміряють її об'єм мірним посудом?
4. Влий відміряний об'єм води у колбу з сіллю. Перемішуй вміст колби скляною паличкою з гумовим наконечником (або струшуванням колби) до повного розчинення солі.
5. У зошиті для практичних робіт запиши формулу і назву солі, масову частку її у виготовленому розчині, наведи всі необхідні розрахунки і стисло опиши виконані операції.

§ 10. ЕЛЕКТРОЛІТИЧНА ДИСОЦІАЦІЯ

Тобі треба

розуміти суть понять: електроліт; неелектроліт; електролітична дисоціація;

вміти пояснювати: механізм електролітичної дисоціації речовин з йонним і ковалентним типом хімічного зв'язку.



Мал. 38. Прилад для дослідження електричної провідності речовин та їх розчинів

Електроліти і неелектроліти. На межі XVIII—XIX століть, коли для дослідження властивостей речовин почали застосовувати електричний струм, з'ясувалося, що одні речовини, перебуваючи у водному розчині, проводять електричний струм, а інші його не проводять. Переконаймося у цьому на дослідах (мал. 38).

Дослід 1. У посудину з дистильованою водою зануримо електроди (вугляні стержні) і ввімкнемо штепсельну вилку в електромережу. Лампочка приладу не світиться. Чому? Що це засвідчує? Робимо висновок: дистильована вода елек-

тричного струму не проводить, коло залишилося розімкненим.

Дослід 2. Зануримо електроди у склянку із сухою кухонною сіллю. Результат той самий, лампочка не світиться. Отже, кристалічна сіль також не проводить електричного струму.

Дослід 3. До солі у склянці додамо воду і зануримо електроди у водний розчин солі — лампочка яскраво світиться. Чому? Що це означає? Це означає, що водний розчин солі, на відміну від сухої солі та дистильованої води, добре проводить електричний струм.

Так само, як кухонна сіль, поведуть себе й інші солі, а також луги і кислоти. Узяті окремо, вони не проводять електричного струму, а їх водні розчини (або розплави) виявляють електричну провідність.

Речовини, водні розчини або розплави яких проводять електричний струм, називаються **електролітами**.

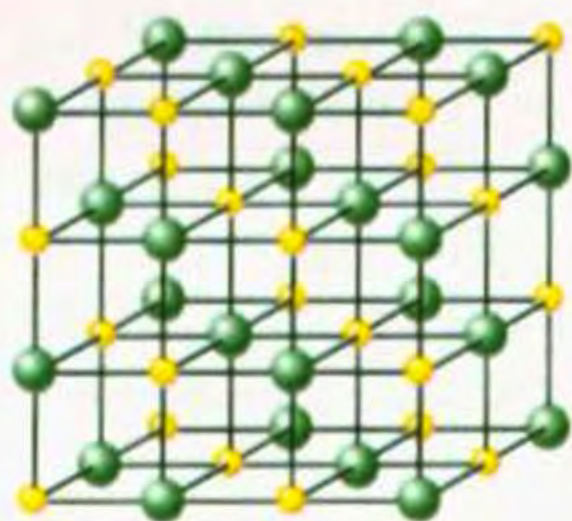
До електролітів належать солі, кислоти, луги.

Електроліти розпадаються на йони не тільки під час розчинення у воді, а й під час розплавляння, коли під впливом теплового руху сили зв'язку між частинками послаблюються.

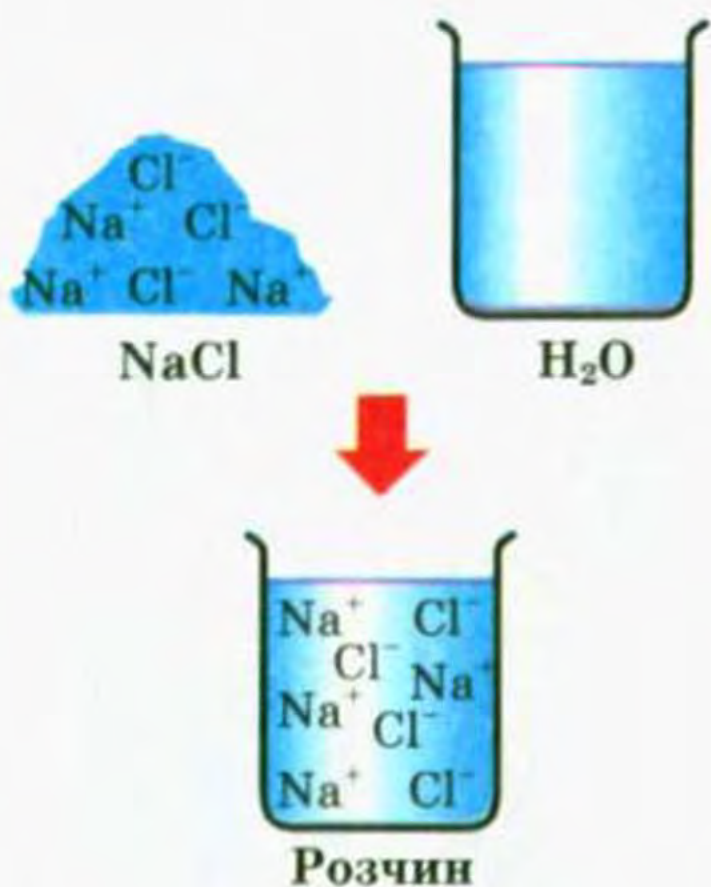
Речовини, водні розчини або розплави яких електричного струму не проводять, називаються **неелектролітами**.

Прикладами неелектролітів можуть бути цукор, спирт, ацетон, гліцерин, глюкоза.

Електроліти:
солі, кислоти, луги



Мал. 39. Структура натрій хлориду



Мал. 40. Розчинення NaCl у воді

Поділ речовин на електроліти і неелектроліти вперше запропонував англійський учений Майкл Фарадей.

У чому ж причина різної поведінки речовин у водних розчинах чи розплавах?

Процес дисоціації. Електрична провідність водних розчинів електролітів зумовлена наявністю в них позитивно і негативно заряджених йонів.

- Пригадай, що таке йони.

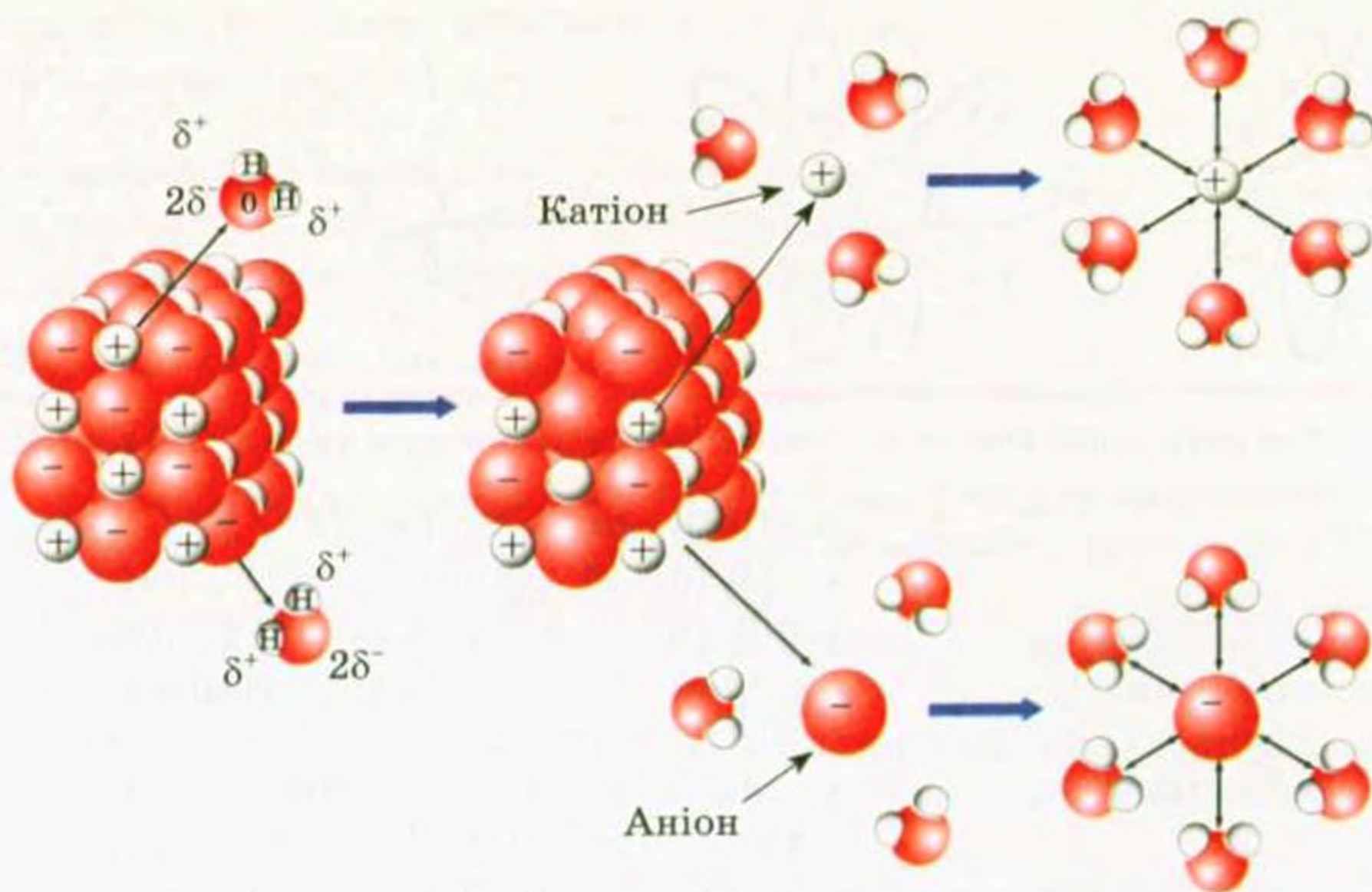
У водних розчинах під впливом води з кристалів речовини вивільнюються йони.

Який же механізм такого вивільнення?

Розгляньмо конкретний приклад. Якщо у воді розчинити кристали кухонної солі NaCl (мал. 39), тобто речовини з йонним типом хімічного зв'язку, то вода послаблює хімічний зв'язок між йонами Натрію Na^+ і Хлору Cl^- . Йони переходять у розчин та безладно розподіляються по всьому об'єму (мал. 40).

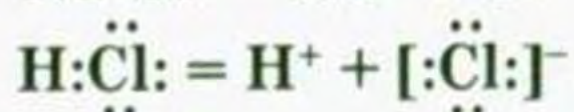
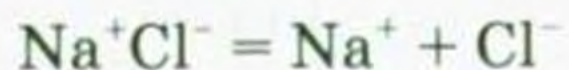
Як саме вода послаблює йонний зв'язок?

Ти вже знаєш, що молекули води полярні, являють собою диполі. Своїми негативними полюсами вони орієнтуються до позитивно заряджених йонів Натрію Na^+ , а позитивними полюсами — до негативно заряджених йонів Хлору Cl^- (мал. 41). Між різнойменно зарядженими йонами солі, що є в кристалі, та диполями води виникають сили притягання й утворюються своєрідні зв'язки — відбувається гідратація йонів. Урешті-решт йонні кристалічні ґратки руйнуються, вивільнюються окремі йони, оточені ди-



Мал. 41. Схема дисоціації речовин з йонним типом хімічного зв'язку

полями води. Їх називають гідратованими йонами. У рівняннях реакцій гідратацію йонів найчастіше випускають, тому дисоціацію електролітів на йони скорочено показують так:

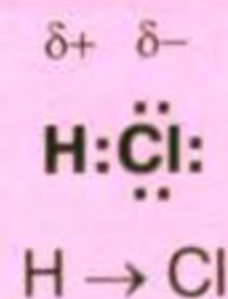


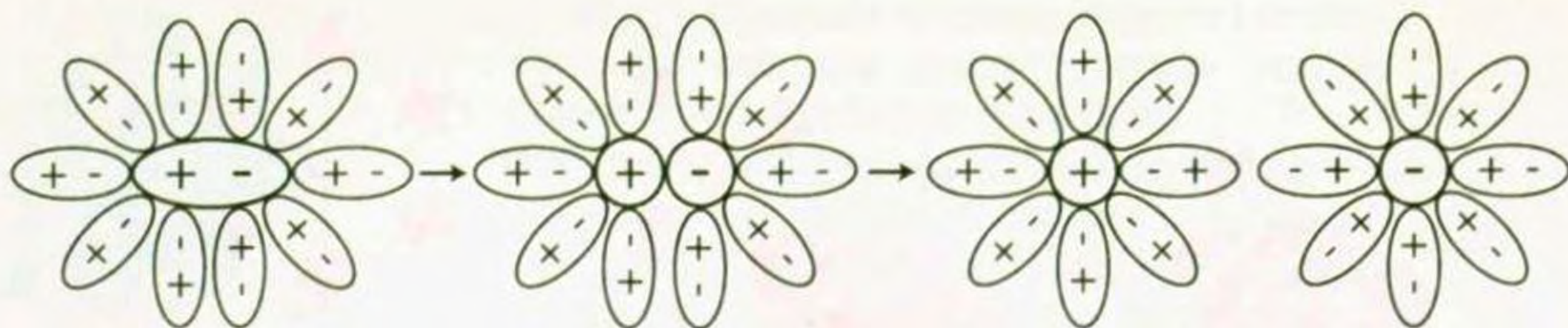
- Пригадай із курсу фізики, що є носієм струму в металах і розплавах, які називаються провідниками 1-го роду.

На відміну від металів і сплавів, у водних розчинах електролітів носіями електричного заряду є йони. Електроліти називаються провідниками 2-го роду.

Але чому ж тоді електролітами вважаються кислоти, адже вони — ковалентні сполуки і йонів не містять?

Справді, кислоти не є йонними сполуками. Проте під час розчинення у воді,





Мал. 42. Схема дисоціації речовин із полярним ковалентним типом хімічного зв'язку

наприклад, хлороводню HCl , його молекули також гідратуються, внаслідок чого відбувається поляризація ковалентного зв'язку. Спільна електронна пара повністю переходить до більш електронегативного атома Хлору, який взаємодіє з диполями води. Виникають гідратовані йони Cl^- і йони H^+ (мал. 42):



А чи відбувається процес дисоціації на йони речовин із неполярним ковалентним зв'язком?

Якщо в молекулі речовини, що розчиняється, є ковалентні неполярні зв'язки, то йонів у розчині не буде, бо неполярні молекули не притягують диполі води, й поляризація зв'язку не відбувається. Здебільшого ковалентними неполярними (або малополярними) зв'язками сполучено атоми в молекулах багатьох органічних сполук, тому вони зазвичай є неелектролітами. Отже,

електролітами можуть бути тільки речовини з йонним і сильно полярним ковалентним хімічним зв'язком.

Окрім того, молекули розчинника також мають бути полярними. Тільки за таких умов можна очікувати розщеплення

молекул або кристалів речовин з утворенням вільних йонів.

Процес розщеплення електролітів на йони у водному розчині (або в розплаві) називається **електролітичною дисоціацією**.

ВИСНОВКИ

Електролітична дисоціація — це процес розпаду електроліта на йони. У водному розчині вона зумовлена взаємодією речовини з диполями води, а в розплаві — нагріванням.

За здатністю речовин у водних розчинах проводити або не проводити електричний струм їх поділяють на електроліти і неелектроліти.

Для електролітів є характерним йонний або ковалентний полярний хімічний зв'язок, для неелектролітів — ковалентний неполярний хімічний зв'язок.

Дисоціація електролітів з йонним зв'язком має два процеси — руйнування кристалічних ґраток під впливом диполів води і гідратацію йонів.

Дисоціація електролітів з ковалентним полярним зв'язком також включає два процеси — поляризацію ковалентного зв'язку під впливом диполів води і знову ж таки гідратацію утворених йонів.

Завдання для самоконтролю

1. Що таке електроліти? Речовини яких класів належать до електролітів?
2. Чому електроліти не дисоціюють у бензині?
3. Що таке неелектроліти? Чому вони не дисоціюють у воді?
4. Чому речовини з неполярними молекулами не можуть бути електролітами?
5. Сформулюй визначення електролітичної дисоціації. Обґрунтуй роль води в цьому процесі.
6. Серед названих речовин і сумішей електричний струм проводять
 - А зріджений хлороводень;
 - Б водний розчин хлороводню;
 - В розплав натрій гідроксиду;
 - Г водний розчин калій броміду;
 - Д водний розчин цукру.
7. Поміркуй про електричну провідність води: а) водопровідної або колодязної; б) дистильованої; в) дощової. Поясни електричну провідність однієї з них. Якої саме?

§ 11. ДИСОЦІАЦІЯ ЕЛЕКТРОЛІТІВ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ



Арреніус Сванте-Август
(1859—1927)

Шведський фізико-хімік. Член Стокгольмської академії наук, директор Нобелівського інституту (з 1905). Автор теорії електролітичної дисоціації. Працював у царинах хімічної кінетики, астрономії, астрофізики, біології. Лауреат Нобелівської премії (1903)

Тобі треба

розуміти суть понять: ступінь дисоціації; ступінчаста дисоціація; оборотні та необоротні реакції;

знати визначення: кислот, основ, солей з погляду електролітичної дисоціації;

розрізняти: сильні й слабкі електроліти;

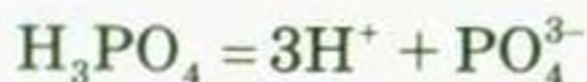
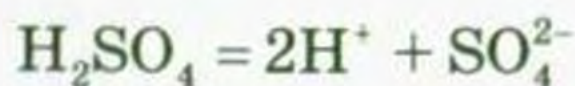
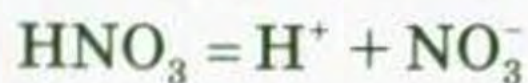
вміти складати рівняння: дисоціації електролітів; ступінчастої дисоціації.

Дисоціацію електролітів у водних розчинах уперше пояснив шведський учений Сванте Арреніус у 1887 р.

Дисоціація кислот

- Пригадай, які речовини називаються кислотами. Наведи два-три приклади кислот (формулу і назву).

Під час дисоціації кислот завжди утворюються йони Гідрогену. Вони зумовлюють найважливіші властивості кислот (кислий смак, зміну кольору індикаторів, взаємодію з основами тощо) (мал. 42):

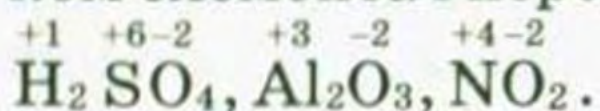


У водному розчині йони Гідрогену H^+ взаємодіють з диполями води, утворюючи йони *гідроксонію* H_3O^+ : $\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+$. Але в рівняннях реакцій для стислості зазначають просто йон H^+ , пам'ятаючи при цьому, що він гідратований і являє собою йон гідроксонію H_3O^+ .

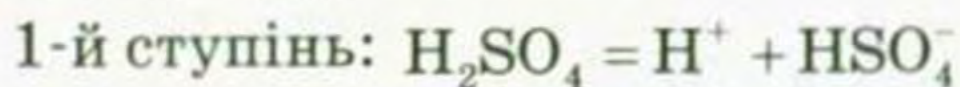
Наведені вище рівняння реакцій показують, що під час дисоціації кислот серед позитивно заряджених йонів (катіонів) утворюються тільки катіони Гідрогену H^+ і ніяких інших позитивно заряджених йонів немає. А негативно заряджені йони кислотних залишків (аніони) можуть бути різними, залежно від кислоти. Отже, з погляду електролітичної дисоціації можна дати таке визначення кислот:

Кислоти — це електроліти, що під час дисоціації утворюють тільки катіони Гідрогену і ніяких інших позитивно заряджених йонів не дають.

Зверни увагу, як позначають заряд йонів: знак заряду «+» або «-» ставлять праворуч від йону після цифри, наприклад, PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , тобто навпаки тому, як записують ступінь окиснення елемента, де «+» або «-» ставлять зверху над знаком елемента і перед цифрою, наприклад



А як дисоціюють багатоосновні кислоти? Дво- і багатоосновні кислоти дисоціюють ступінчасто, тобто поступово відщеплюють катіони Гідрогену H^+ . Наприклад, процес дисоціації сульфатної кислоти відбувається так:



- Напиши рівняння ступінчастої дисоціації сульфідної кислоти.

За першим ступенем дисоціація відбувається більшою мірою.



Мал. 43. Виявлення йонів Гідрогену в розчині

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 2

Виявлення йонів Гідрогену у водному розчині

У три пробірки налий приблизно по 2 мл розбавленої хлоридної кислоти. В одну з них додай 1—2 краплі розчинів лакмусу, в другу — фенолфталеїну, в третю — метилового оранжевого. Що спостерігається? Чому? Який індикатор не можна використовувати для виявлення йонів Гідрогену в розчині? Чому?



Мал. 44. Виявлення гідроксид-іонів у розчині

Дисоціація основ

- Пригадай, які речовини називаються основами. Наведи два-три приклади основ (формулу і назву).

Під час дисоціації розчинних основ — лугів — обов'язково утворюються гідроксид-іони OH^- , або йони гідроксогруп, наявність яких і зумовлює основні властивості (зміну забарвлення індикатора, взаємодію з кислотами тощо) (мал. 44):



Інші негативно заряджені йони (аніони), крім гідроксид-йонів, під час дисоціації основ не утворюються. Отже,

основи — це електроліти, що під час дисоціації утворюють аніони тільки гідроксогруп і ніяких інших негативно заряджених йонів не дають.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 3

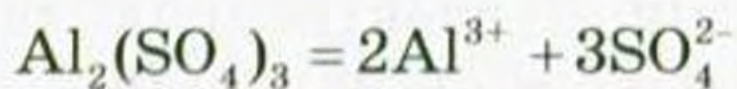
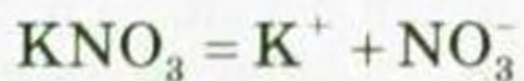
Виявлення гідроксид-іонів у розчині

У три пробірки налий приблизно по 2 мл розчину натрій гідроксиду. В одну з них додай 1—2 краплі розчину лакмусу, в другу — фенолфталеїну, в третю — метилового оранжевого. Що спостерігається? Чому? Який індикатор найкраще використовувати для виявлення гідроксид-іонів у розчині?

Дисоціація солей

- Пригадай, які речовини називаються солями. Наведи два-три приклади солей (формулу і назву).

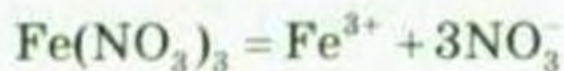
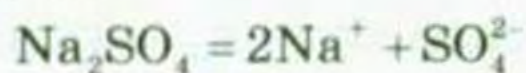
Під впливом води кристали солей розпадаються на позитивно заряджені йони (катіони) і негативно заряджені йони кислотних залишків (аніони). Наприклад:



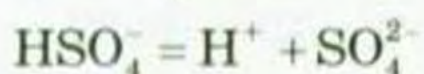
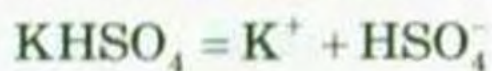
Солі — це електроліти, які дисоціюють з утворенням катіонів металів і аніонів кислотних залишків.

Розрізняють кілька типів солей: середні, кислі та основні.

Середні солі — продукти повного заміщення атомів Гідрогену кислоти на йони металічних елементів, наприклад, натрій сульфат Na_2SO_4 , ферум(III) нітрат. Вони дисоціюють повністю:



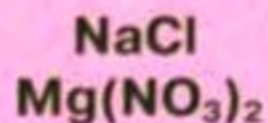
Кислі солі — продукти неповного заміщення атомів Гідрогену кислоти на атоми металу, наприклад, калій гідрогенсульфат KHSO_4 . Вони дисоціюють ступінчасто:



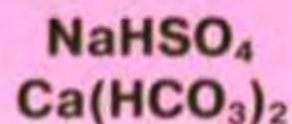
У результаті, крім катіонів металу й аніонів кислотного залишку, є ще катіони Гідрогену.

Основні солі — продукти неповного заміщення гідроксильних груп OH основи на

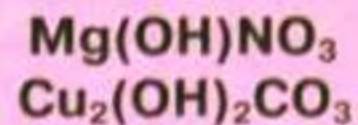
Середні солі



Кислі солі



Основні солі



кислотний залишок, наприклад, кальцій гідроксихлорид $\text{Ca}(\text{OH})\text{Cl}$. Вони дисоціюють також ступінчасто:



У результаті, крім катіонів металу та аніонів кислотного залишку, утворюються ще аніони гідроксогруп (гідроксид-іони).

Ступінь дисоціації. Часто речовини взаємодіють з водою, утворюючи йони, не цілком, і в розчині залишаються непродуктовані молекули електроліту. Тому розчини електролітів характеризуються певним ступенем дисоціації (позначається α , читається альфа).

число частинок, що
розщепилися на йони
 $\alpha = \frac{\text{загальне число частинок}}{\text{загальне число частинок}}$

Ступінь дисоціації — це відношення числа частинок n , що розщепилися на йони, до загального числа частинок N розчиненої речовини.

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

Ступінь дисоціації виражають у частках одиниці або у відсотках. Якщо $\alpha = 0$, то дисоціації немає, а якщо $\alpha \approx 1$, або $\approx 100\%$, то електроліт повністю розщепився на йони.

Що більший ступінь дисоціації, то сильніший електроліт

Сильні та слабкі електроліти. Залежно від ступеня дисоціації електроліти умовно поділяють на сильні та слабкі.

Сильні електроліти практично повністю дисоціюють на йони в розбавлених розчинах (α наближається до 1 або 100%). Цей процес — необоротний, і в рівняннях дисоціації ставлять знак «дорівнює». Сила електроліту залежить, головним чином, від полярності хімічного

зв'язку: що зв'язок полярніший, то легше він розривається з утворенням йонів і то електроліт сильніший.

Сила електроліту залежить також від природи електроліту і природи розчинника, концентрації розчину, температури та інших чинників.

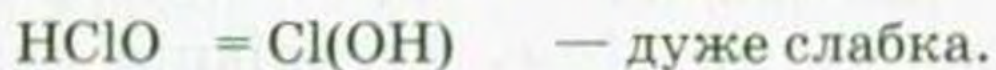
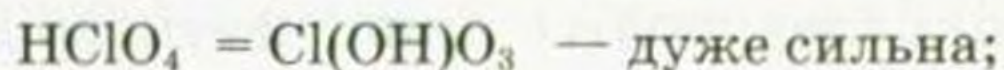
Слабкі електроліти лише частково дисоційовані на йони в розбавлених розчинах ($\alpha \ll 1$), їхні йони перебувають у динамічній рівновазі з недисоційованими молекулами. Тому дисоціація слабких електролітів — оборотний процес, і в рівняннях реакцій замість знака «дорівнює» треба ставити знак оборотності (\rightleftharpoons).

Слабкими нині вважаються всі електроліти, в розчинах яких є хоча б яка-небудь частка недисоційованих молекул (табл. 4).

Таблиця 4. Сильні й слабкі електроліти (Л. О. Слета)

| Електроліти | Сильні | Слабкі |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вода | — | H ₂ O |
| Солі | переважна більшість | деякі солі |
| Гідроксиди: (основи) розчинні (луги) | гідроксиди лужних і лужноземельних металів | водний розчин амоніаку |
| нерозчинні амфотерні | — — | всі всі |
| Кислоти: безоксигенові оксигеновмісні | HI, HBr, HCl HClO ₄ , HMnO ₄ , H ₂ SO ₄ , HNO ₃ | HF, H ₂ S HClO, HClO ₂ , H ₂ SO ₃ , HNO ₂ , H ₂ CO ₃ , H ₂ SiO ₃ , H ₃ PO ₄ , H ₃ BO ₃ , CH ₃ COOH та інші органічні кислоти |

Силу оксигеновмісних мінеральних кислот можна визначити за таким емпіричним правилом: сила кислоти то більша, що більша різниця між кількістю атомів Оксигену й Гідрогену в її молекулі. Якщо формулу кислоти записати у вигляді $E(\text{OH})_n\text{O}_m$, то m визначає силу кислоти: якщо $m \leq 2$ — кислота слабка, якщо $m \geq 2$ — сильна. Наприклад:



Зв'язок сили кислоти з числом атомів Оксигену, що не входять до складу груп OH , пояснюється тим, що атом Оксигену як більш електронегативний відтягує до себе спільні електронні пари. У результаті електронна густина в групі OH зміщується від атома Оксигену до атома кислототвірного елемента, і зв'язок стає ще полярнішим:



Зі збільшенням кількості атомів Оксигену ефект відтягування електронної густини збільшується.

ВИСНОВКИ

Для розчинів кислот, основ, солей характерна йонна електрична провідність.

Речовини, що належать до класу кислот, дисоціюють у воді на катіони Гідрогену (йони гідроксонію) та аніони кислотних залишків.

Речовини, що належать до класу основ (луги), дисоціюють у воді на катіони металів і аніони гідроксогруп OH . Речовини, що належать до класу солей, дисоціюють у воді на катіони металів і аніони кислотних залишків. Дисоціація електроліту може відбуватися повністю і частково. Ступінь дисоціації показує, яка частка електроліту розпалася на йони.

Слабкі електроліти утворюють мало йонів. Їхні розчини або розплави містять непродукційовані молекули. Дисоціація слабких електролітів оборотна, відбувається у протилежних напрямках за тих самих умов.

1. Напиши рівняння дисоціації таких електролітів: а) нітратної та сульфатної кислот; б) калій і кальцій гідроксидів; в) солей — магній хлориду, натрій карбонату і алюміній нітрату.
2. На етикетці пляшки з мінеральною водою написано:
Катіони: Na^+ та ін.
Аніони: Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} .
Напиши формули солей, що містяться у мінеральній воді.
3. Калій фосфат кількістю речовини 1 моль розчинили у воді. Внаслідок повної дисоціації солі утворилися йони Калію кількістю речовини
А 1 моль; **В** 3 моль;
Б 2 моль; **Г** 4 моль.
4. Унаслідок повної дисоціації алюміній сульфату кількістю речовини 2 моль, який розчинили у воді, утворилися сульфат-іони кількістю речовини
А 2 моль; **В** 6 моль;
Б 3 моль; **Г** 12 моль.
5. У розчині, який містить ферум(III) хлорид кількістю речовини 0,1 моль, сумарна кількість речовини йонів Феруму і Хлору становить
А 0,1 моль; **В** 0,3 моль;
Б 0,2 моль; **Г** 0,4 моль.

6. Найсильнішою кислотою серед тих, формули яких наведено нижче, є

| | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| A H_2CO_3 ; | B H_2SO_4 ; |
| Б H_2SiO_3 ; | Г H_3PO_4 . |

7. Розчин містить йони Алюмінію кількістю речовини 0,2 моль. Обчисли масу йонів Алюмінію, що містяться у цім розчині.

8*. Для якої (яких) з кислот — нітратної, ортофосфатної, сульфідної — підходить загальний запис рівняння дисоціації



- 9*. Розчин містить флуороводень кількістю речовини 0,1 моль, ступінь дисоціації якого дорівнює 15 %. Визнач кількість речовини йонів Гідрогену в цьому розчині.
- 10*. Обчисли загальну кількість речовини йонів Феруму і сульфат-іонів, які містяться у розчині ферум(III) сульфату масою 200 г з масовою часткою солі 20 %.

§ 12. РЕАКЦІЇ ОБМІНУ МІЖ РОЗЧИНАМИ ЕЛЕКТРОЛІТІВ. ЙОННІ РІВНЯННЯ

Тобі треба

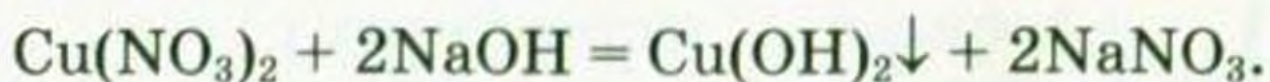
знати: умови перебігу йонних реакцій;

вміти: складати рівняння реакцій обміну між електролітами в розчині; записувати йонні рівняння реакцій.

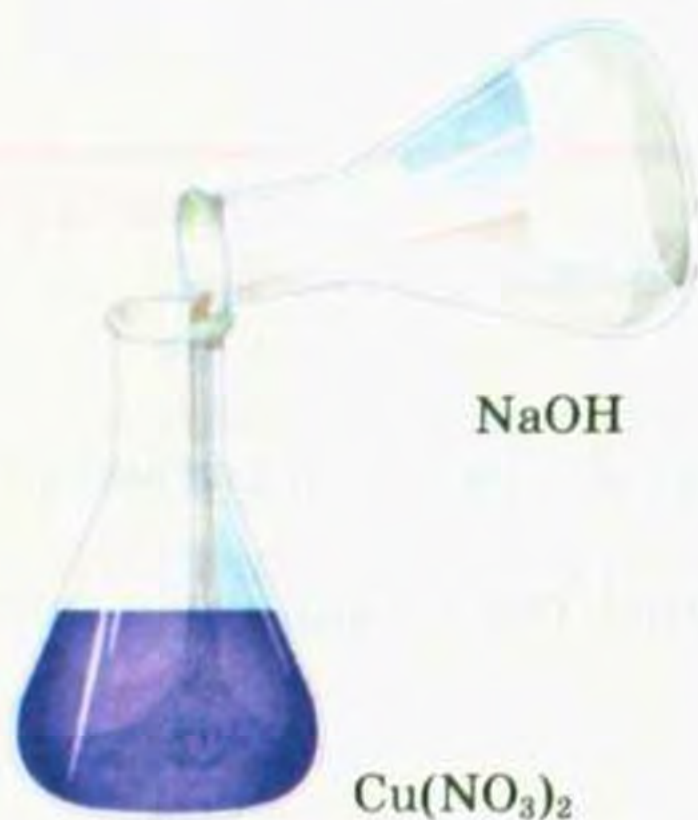
Тобі вже відомо, що електроліти під впливом води розщеплюються на йони, отже, реакції між електролітами в розчині відбуваються за участі йонів. *Взаємодію йонів у розчині називають йонною реакцією.*

З'ясуємо за допомоги демонстраційних дослідів, за яких умов електроліти взаємодіють між собою.

Дослід 1. У демонстраційну колбу наливаємо розчин купрум(II) нітрату і додаємо розчин натрій гідроксиду. Випадає синій осад нерозчинної основи — купрум(II) гідроксиду (мал. 45):

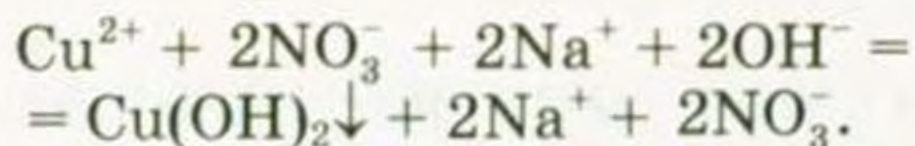


Написане хімічне рівняння можна зобразити у так званій йонній формі. Для цього треба формули розчинних сильних електролітів записати у вигляді тих йонів, на які вони дисоціюють у водному



Мал. 45. Утворення осаду

розчині, а формули слабких електролітів, у цьому разі нерозчинної речовини $\text{Cu}(\text{OH})_2$, залишити незмінними:



Такий запис називають повним йонним рівнянням. Якщо в ньому скоротити однакові йони у правій і лівій частинах рівняння (подібні члени), то дістанемо скорочене йонне рівняння:



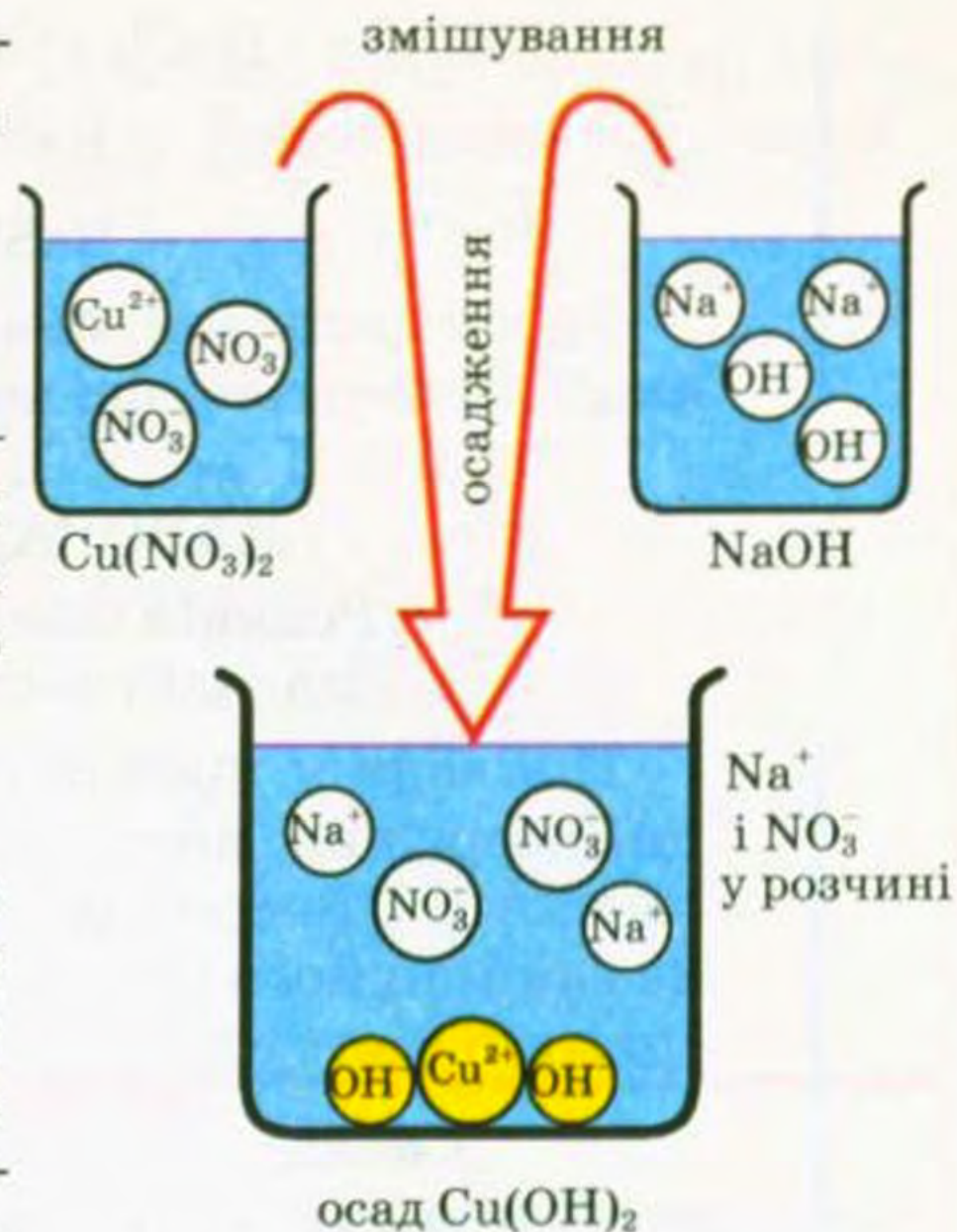
Це рівняння показує, що реакція між купрум(II) нітратом і натрій гідроксидом зводиться до взаємодії йонів Купрум(II) і гідроксид-іонів, що супроводжується утворенням нерозчинної речовини купрум гідроксиду, яка випадає в осад. Очевидно, що йони Na^+ та NO_3^- участі в реакції не беруть.

- Розглянь мал. 46, запиши рівняння реакції, яку виконав учень, та вирази його у повній і скороченій йонних формах.

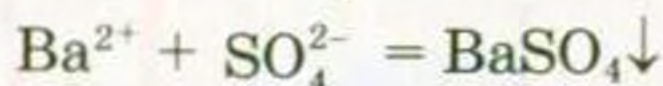
ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 4

Реакція обміну між електролітами, що відбувається з утворенням осаду

Дослід 1. Налий у пробірку приблизно 2 мл розчину натрій сульфату і додай стільки ж розчину барій хлориду. Що спостерігається? Чому? Користуючись таблицею розчинності (див. форзац), склади рівняння реакції та запиши його у повній та скороченій йонних формах. Порівняй те, що в тебе вийшло, з наведеним прикладом.



Мал. 46. Утворення осаду

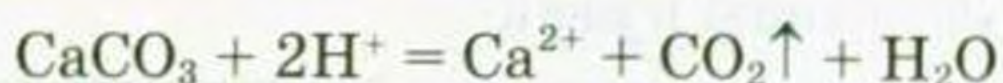
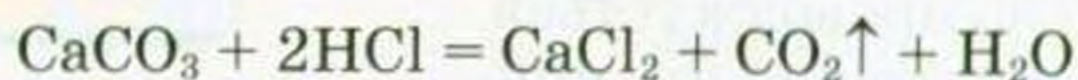


Зроби висновок, яка умова забезпечила необоротність цієї реакції. Зрозуміло, що це утворення осаду.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 5

2) Реакція обміну між електролітами, що відбувається з виділенням газу

Поклади у пробірку невеликі шматочки мармуру або крейди (обережно, аби не розбити дно) і долий небагато хлоридної кислоти. Що спостерігається? Чому? Склади рівняння реакції та запиши його у повній та скороченій йонних формах. Перевір правильність своїх записів.

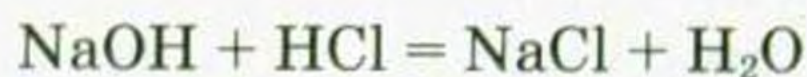


Зроби висновок, яка умова в цьому разі сприяла необоротності реакції. Зрозуміло, що це виділення газу CO_2 і утворення слабого електроліту H_2O .

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 6

3) Реакція обміну між електролітами, що відбувається з утворенням слабого електроліту

Налий у пробірку 2—3 мл розчину натрій гідроксиду і додай 1—2 краплі розчину фенолфталеїну. Що спостерігається? Чому? Що засвідчує поява малинового забарвлення розчину? Додавай краплями хлоридну кислоту до зникнення забарвлення. Склади рівняння реакції та запиши його у повній та скороченій йонних формах. Перевір правильність своїх записів.



Зроби висновок, за якої умови ця реакція відбулася до кінця, стала необоротною. Зрозуміло, що за умови утворення води — слабого електроліту.

Зверни увагу, що в йонних рівняннях прийнято записувати у недисоційованій формі формули речовин, що малорозчинні, і тих, які є газами чи слабкими електролітами. Саме з цієї причини йонні рівняння інколи називають йонно-молекулярними. Чи правильно це? Адже в осад випадають нерозчинні солі й основи, які молекул не містять, оскільки вони — йонні сполуки.

ВИСНОВКИ

Реакції у розчинах електролітів відбуваються до кінця, тобто стають практично необоротними в тому разі, коли йони, що беруть участь у реакції, повністю або частково видаляються зі сфери взаємодії. Таке трапляється тоді, коли серед утворених речовин є малорозчинні сполуки, що випадають в осад, газу, вода або інші слабкі електроліти.

Завдання для самоконтролю

1. Напиши три рівняння реакцій нейтралізації та виділи для них спільне скорочене йонне рівняння.

2. Щоб реакція відбулася згідно зі схемою $\text{Cr}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3\downarrow$, треба взяти пару речовин

A $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ і H_2O ;

B CrCl_3 і NaOH ;

Б Cr_2O_3 і HCl ;

Г Cr_2O_3 і KOH .

3. Користуючись таблицею розчинності (див. форзац), напиши повні й скорочені йонні рівняння реакцій (якщо вони відбуваються) для таких пар речовин:

$\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow$

$\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 \rightarrow$

$\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow$

$\text{NaCl} + \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow$

$\text{FeSO}_4 + \text{KOH} \rightarrow$

$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{MgCl}_2 \rightarrow$

4. Напиши рівняння реакцій, що відповідають таким схемам:

$\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{BaCO}_3\downarrow$

$3\text{Mg}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow$

$\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow$

$\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$

5. У хімічній реакції між розчинами аргентум нітрату і калій хлориду бере участь пара йонів

A K^+ і Ag^+ ;

B K^+ і Cl^- ;

Б K^+ і NO_3^- ;

Г Ag^+ і Cl^- .

Додаткові завдання

6. Необоротною реакцією (чи реакціями), що відбуваються до кінця внаслідок зливання розчинів, є реакція між

A калій хлоридом і натрій нітратом;

Б калій гідроксидом і хлоридною кислотою;

В сульфатною кислотою і натрій карбонатом;

Г ферум(III) сульфатом і нітратною кислотою.

7. Доведи за допомоги рівнянь реакцій, які йони можуть, а які не можуть перебувати в розчині одночасно: Ag^+ , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Na^+ , NO_3^- , Cl^- , OH^- . Чому?

8*. Скорочене йонне рівняння $2H^+ + CO_3^{2-} = H_2O + CO_2 \uparrow$ відповідає взаємодії

A розчину ортофосфатної кислоти і кальцій карбонату;

Б сульфідної кислоти і розчину натрій карбонату;

В хлоридної кислоти і розчину натрій карбонату;

Г розчину сульфатної кислоти і карбон(IV) оксиду.

9*. У розчині об'ємом 1 л, який містить магній нітрат кількістю речовини 0,15 моль, сумарна кількість речовини йонів Mg^{2+} та NO_3^- дорівнює

A 0,15 моль; **Б** 0,30 моль; **В** 0,45 моль; **Г** 0,60 моль.

10*. Суми всіх коефіцієнтів у повному і скороченому йонних рівняннях реакцій між сульфідною кислотою та надлишком розчину калій гідроксиду відповідно дорівнюють

A 12 і 4; **Б** 10 і 6; **В** 12 і 6; **Г** 12 і 3.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

Реакції йонного обміну в розчинах електролітів

Варіант I (середній рівень)

1. Виконай реакції між розчинами таких речовин:

а) аргентум нітратом і натрій хлоридом;

б) магній нітратом і калій карбонатом.

Напиши рівняння реакцій та зазнач повну і скорочену йонні форми.

2. Добудь купрум(II) гідроксид і нейтралізуй його нітратною кислотою. Склади необхідні рівняння реакцій і вирази їх у повній та скороченій йонних формах.

Варіант II (достатній рівень)

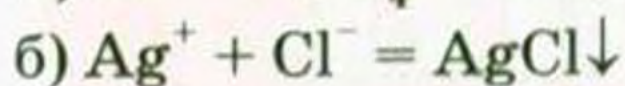
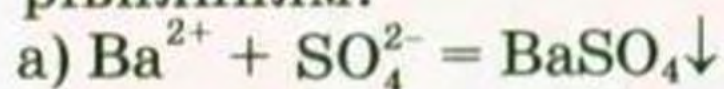
1. Виконай реакції між розчинами таких речовин:

- а) плюмбум(II) нітрат і натрій хлорид;
- б) калій фосфат і сульфатна кислота;
- в) барій карбонат і нітратна кислота.

Напиши рівняння реакцій та зазнач повну і скорочену йонні форми.

2. Добудь ферум(II) гідроксид і нейтралізуй його сульфатною кислотою. Склади необхідні рівняння реакцій і вирази їх у повній та скороченій йонних формах.

3. Виконай реакції, що відповідають таким скороченим йонним рівнянням:



Варіант III (високий рівень)

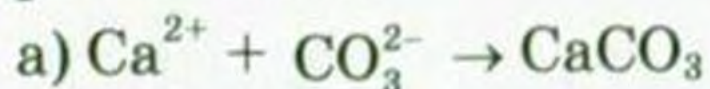
1. Виконай реакції між речовинами, зокрема у водних розчинах:

- а) натрій гідроксидом і ферум(III) хлоридом;
- б) цинк сульфатом і калій гідроксидом;
- в) натрій карбонатом і нітратною кислотою;
- г) купрум(II) оксидом і хлоридною кислотою.

Напиши рівняння реакцій та зазнач повну і скорочену йонні форми.

2. Добудь алюміній гідроксид і нейтралізуй його сульфатною кислотою. Склади необхідні рівняння реакцій і вирази їх у повній і скороченій йонних формах.

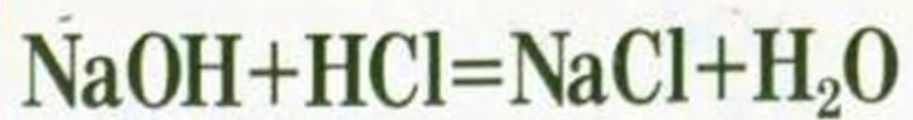
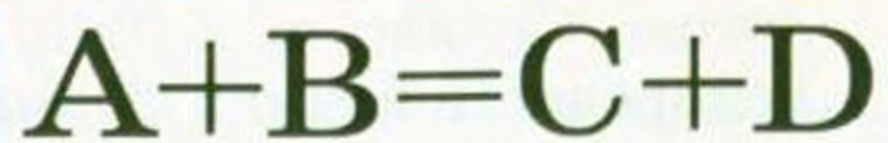
3. Виконай реакції, що відповідають таким скороченим йонним рівнянням:



РОЗДІЛ

II

ХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ



§ 13. КЛАСИФІКАЦІЯ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Тобі треба

розрізняти: ознаки, за якими класифікують хімічні реакції

розуміти суть понять: реагенти, продукти реакції;

вміти: визначати тип хімічної реакції; наводити приклади і складати рівняння різних типів

Нині відомо величезне число хімічних реакцій. Кожна з них, безперечно, індивідуальна, оскільки в ній беруть участь конкретні речовини з притаманними їм хімічними властивостями. Утім, хімічні реакції мають багато спільних ознак, що дає змогу об'єднати їх у кілька типів. У таблиці 5 наведено деякі критерії, за якими класифікують хімічні реакції.

Таблиця 5. Класифікація хімічних реакцій

| Ознаки класифікації | Типи реакцій |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Зміна числа реагентів і продуктів реакції. | Реакції сполучення. Реакції розкладу. Реакції заміщення. Реакції обміну. |
| 2 Зміна ступенів окиснення елементів, які входять до складу речовин, що беруть участь у реакції. | Окисно-відновні реакції. Неокисно-відновні реакції. |
| 3 Виділення або вбирання енергії під час хімічної реакції. | Екзотермічні реакції. Ендотермічні реакції. |
| 4 Відбуваються в одному напрямі та йдуть до кінця або в двох протилежних напрямках і до кінця не доходять. | Необоротні реакції. Оборотні реакції. |
| 5 Наявність каталізатора. | Каталітичні реакції. Некаталітичні реакції. |

Тобі вже відомо багато з названих типів. Згадаймо класифікацію реакцій за першою ознакою — за числом вихідних

гомогенні реакції,
гетерогенні реакції



Мал. 47. Учитель робить заглибину в купці кристалів амоній дихромату

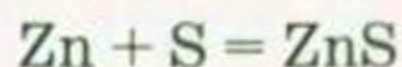


Мал. 48. «Виверження вулкану»

і кінцевих речовин (реагентів і продуктів реакції) та узагальнімо набуті знання.

Почнімо з демонстраційних дослідів.

Дослід 1. У порцеляновій ступці змішуємо порошок цинку масою 6 г і порошок сірки масою 3 г. Суміш насипаємо купкою на керамічну плитку (чи бляху) і нагріваємо її в одному місці за допомоги довгої скіпки (не сірника!). Відбувається сильний спалах. Утворюється цинк сульфід (дослід краще робити під тягою):

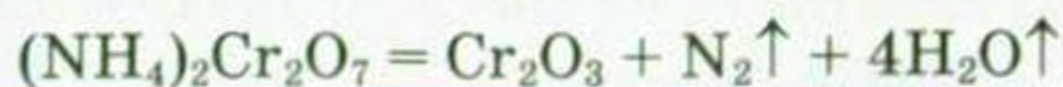


- Звернися до табл. 5 і зроби висновок, до якого типу належить ця хімічна реакція, наведи її формулювання.
- Напиши три рівняння реакцій сполучення.

Хімічні реакції, в результаті яких із двох або кількох речовин утворюється одна нова речовина, називаються **реакціями сполучення**.

Дослід 2. На керамічну плитку (чи бляху) насипаємо купкою оранжево-червоні кристали амоній дихромату $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. У центрі купки робимо невелику заглибину і змочуємо її спиртом.

Підносимо палаючу скіпку. Починається бурхливий розклад солі. Викидається маса темно-зеленого хром(III) оксиду Cr_2O_3 й водяна пара, що нагадує «виверження вулкана» (мал. 48).



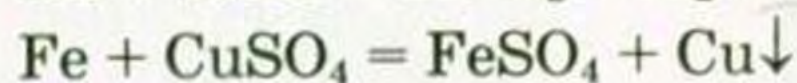
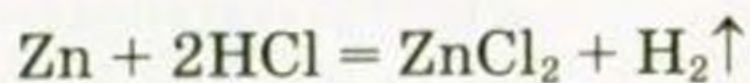
Хімічні реакції, в результаті яких із однієї речовини утворюються дві чи більше нових речовин, називаються **реакціями розкладу**.

- Напиши три рівняння реакцій розкладу.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 7

Реакції заміщення

В одну пробірку налий 2—3 мл хлоридної кислоти, а в іншу — стільки ж розчину купрум(II) сульфату. В першу пробірку помісти гранулу цинку, а в другу — очищений від іржі цвяшок. Що спостерігається? Чому?



До якого типу можна віднести такі реакції?

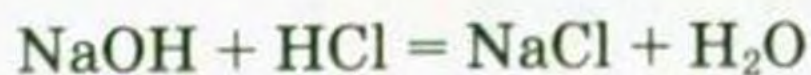
Хімічні реакції між простою і складною речовинами, під час яких атоми простої речовини заміщують атоми одного з елементів у складній речовині, утворюючи нову просту і нову складну речовини, називаються **реакціями заміщення**.

- Напиши рівняння реакції заміщення і вирази його у повній і скороченій йонних формах.

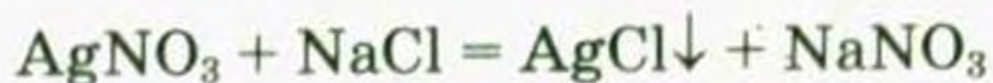
ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 8

Реакції обміну

В одну пробірку налий 2—3 мл розчину натрій гідроксиду, додай 2—3 краплі фенолфталеїну й по краплинах додавай хлоридну кислоту, легко струшуючи пробірку після кожної краплі кислоти:



Що відбулося? Як називаються такі реакції? У другу пробірку налий 2—3 мл розчину аргентум нітрату і додай трохи розчину натрій хлориду. Що спостерігається? Чому?



До якого типу належать ці реакції?



Мал. 49. Учитель виконує реакцію обміну

Хімічні реакції, під час яких дві речовини обмінюються своїми складовими частинами, утворюючи дві нові речовини, називаються **реакціями обміну**.

- Напиши рівняння реакції обміну і вирази його у повній і скороченій йонних формах.
- Розглянь фотографію (мал. 49) і на її підставі напиши рівняння реакції, яку виконала вчителька, вирази його у повній і скороченій йонних формах та зазнач тип реакції.

Класифікація хімічних реакцій за іншими ознаками розглядатиметься у подальших параграфах.

ВИСНОВКИ

Хімічні реакції — це перетворення одних речовин (вихідних сполук) на інші (продукти реакції).

Хімічні реакції за спільними ознаками поділяють на типи. За числом вихідних речовин і кінцевих продуктів хімічні реакції поділяють на реакції сполучення, розкладу, заміщення та обміну.

За тепловим ефектом реакції поділяються на ендотермічні, що відбуваються з поглинанням теплоти, та екзотермічні — з виділенням теплоти.

Реакції, що відбуваються за наявності каталізатора, називають каталітичними, а без його участі — некаталітичними.

Завдання для самоконтролю

1. Наведи два приклади реакцій нейтралізації. До якого типу хімічних реакцій вони належать?
2. Склади рівняння реакцій за наведеними схемами і зазнач тип кожної з них:

| | |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| $\text{Al} + \text{HCl} \rightarrow$ | $\text{KOH} + \text{CO}_2 \rightarrow$ |
| $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ | $\text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow$ |
| $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ | $\text{MgO} + \text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow$ |
3. Реакція відбувається за рівнянням:
 $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}.$

Характеристики, що не підходять для опису цієї реакції, це реакція

А нейтралізації;

Г супроводжується випаданням осаду;

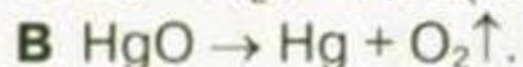
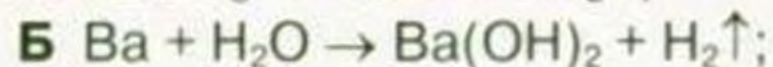
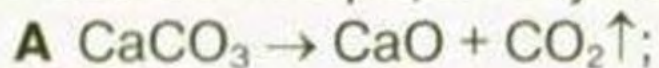
Б необоротна;

Д супроводжується виділенням газу;

В обміну;

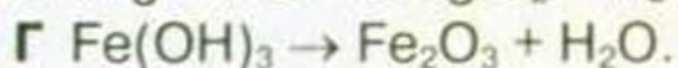
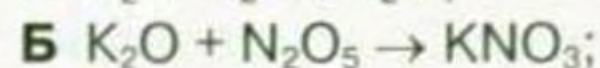
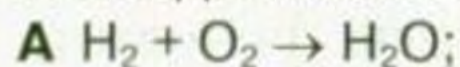
Е заміщення.

4. Розстав коефіцієнти у поданих схемах реакцій



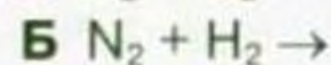
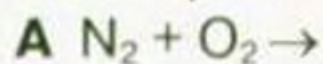
Вибери з них рівняння реакції розкладу.

5. У наведених схемах реакцій розстав коефіцієнти



Додаткові завдання

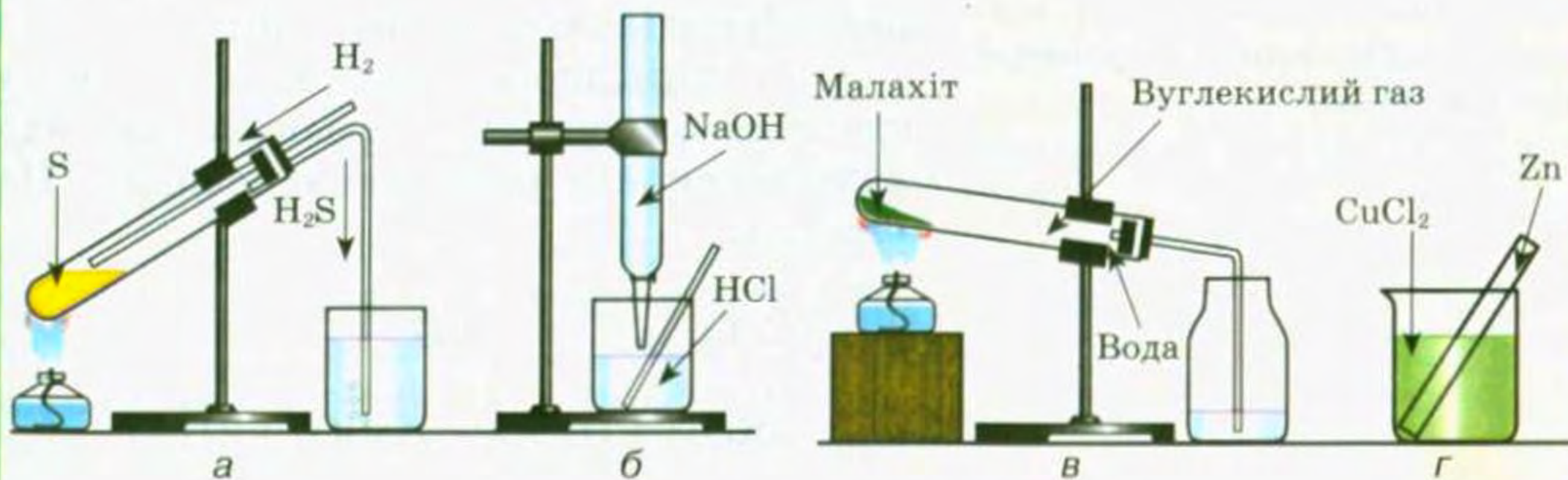
6*. Заверши наведені схеми



Вибери рівняння такої реакції, яка одночасно є реакцією сполучення та екзотермічною.

7*. Напиши рівняння реакції обміну. На його підставі склади умову задачі та розв'яжи її.

8*. Розглянь мал. 50. Поясни, якого типу реакції відбуваються у випадках а, б, в, г.



Мал. 50. Типи хімічних реакцій

§ 14. ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ

Тобі треба

розуміти суть понять: окисно-відновна реакція; окиснення; відновлення; окисник; відновник;

вміти: обчислювати коефіцієнти за методом електронного балансу.



Ступінь окиснення — це умовний (уявний) заряд атома в речовині, який виник би на атомі за умови, що спільні електронні пари повністю змістилися б до більш електронегативного елемента (тобто атоми перетворилися б на йони)

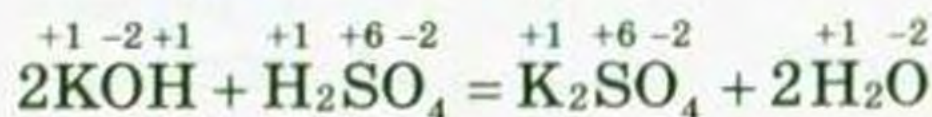
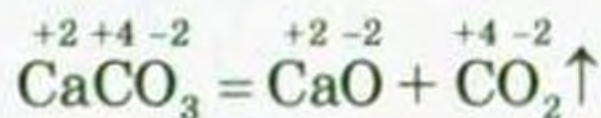
Окисно-відновні реакції — реакції, що відбуваються зі зміною ступенів окиснення елементів, які входять до складу реагуючих речовин

Ти вже знаєш різні типи хімічних реакцій. Так, за кількістю речовин, що беруть участь у реакції та утворюються внаслідок її перебігу, реакції поділяють на такі типи: сполучення, розкладу, заміщення та обміну.

- Запиши по одному прикладу рівнянь реакцій кожного з цих типів і дай їх визначення.

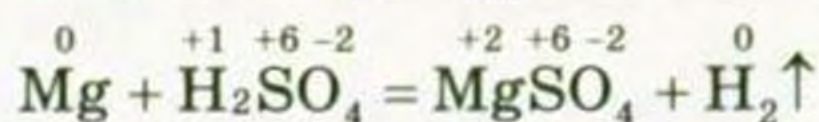
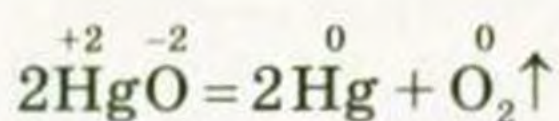
Серед різноманітних хімічних реакцій можна вирізнити ще такі, що відбуваються зі *зміною ступенів окиснення* елементів, які входять до складу реагуючих речовин. За цією ознакою всі хімічні реакції поділяють на два типи:

1. Реакції, що відбуваються без зміни ступенів окиснення елементів, які входять до складу реагуючих речовин. Наприклад:



Зверни увагу: ступені окиснення атомів кожного елемента до і після реакції залишилися без змін.

2. Реакції, що відбуваються зі зміною ступенів окиснення атомів елементів, які входять до складу реагуючих речовин. Наприклад:



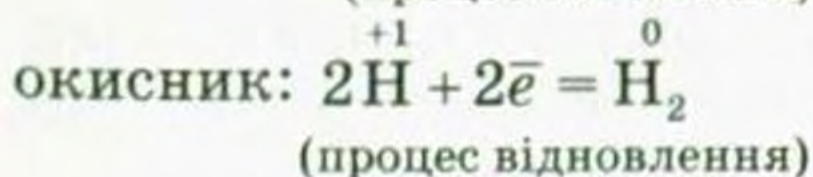
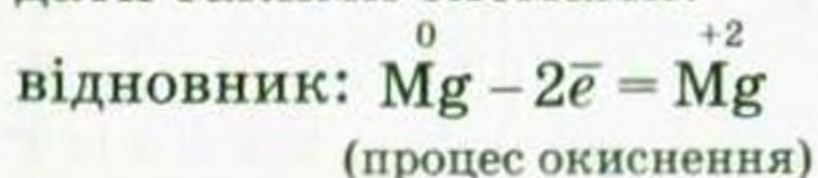
Тут у першому рівнянні Меркурій та Оксиген, а в другому — Магній та Гідроген змінили ступені окиснення.

Реакції, які відбуваються зі зміною ступенів окиснення елементів, що входять до складу реагуючих речовин, називають **окисно-відновними**.

Чим же пояснюється зміна ступенів окиснення елементів? Вона пояснюється тим, що в процесі реакції електрони переходять (або зміщуються) від одних атомів до інших.

Процес віддавання електронів атомом елемента називають **окисненням**, а процес їх приєднання — **відновленням**.

У наведеному прикладі Магній до реакції має ступінь окиснення 0 (нуль) (як завжди у простих речовинах), а після реакції +2. Це означає, що кожний атом Магнію в процесі реакції віддав 2 електрони. Відбувся процес окиснення. Атоми Гідрогену до реакції мали ступінь окиснення +1, а після реакції 0 (нуль). Отже, кожний атом Гідрогену приєднав по одному електрону, тобто відбувся процес відновлення. Ці процеси можна подати такими схемами:



Відновлення — процес приєднання електронів атомом елемента

Окиснення — процес віддавання електронів атомом елемента

Відновниками є речовини, в яких атоми або йони під час хімічної реакції здатні віддавати електрони

Окисниками є речовини, атоми або йони в яких під час хімічної реакції здатні приєднувати електрони

Окисник у процесі реакції відновлюється, а відновник — окиснюється

Процеси окиснення і відновлення завжди супроводжують один одного

Речовини, які під час хімічної реакції віддають електрони, називають **відновниками**.

У наведеному прикладі Магній — відновник. Віддаючи електрони, він окиснюється. А атоми Гідрогену зі ступенем окиснення +1 у складі сульфатної кислоти приєднують електрони й відновлюються до газуватого водню H_2 .

Речовини, які під час хімічної реакції приєднують електрони, називають **окисниками**.

Отже, *окисник у процесі реакції відновлюється, а відновник — окиснюється.*

У будь-якій окисно-відновній реакції завжди є речовини, атоми хімічних елементів яких віддають або приєднують електрони. Це означає, що процеси окиснення і відновлення завжди супроводжують один одного.

Незалежно від того, переходять електрони від одного атома до іншого повністю чи лише частково зміщуються (відтягуються), умовно говорять тільки про віддавання і приєднання електронів.

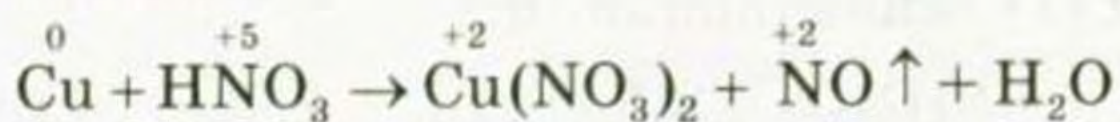
Підбір коефіцієнтів. Коефіцієнти в окисно-відновних реакціях зручно підбирати за *методом електронного балансу*. В його основі лежить порівняння ступенів окиснення атомів у вихідних і кінцевих речовинах.

Розгляньмо конкретний приклад. Припустімо, тобі треба підібрати коефіцієнти в рівнянні реакції взаємодії міді з розбавленим розчином нітратної кислоти, що відбувається за такою схемою:

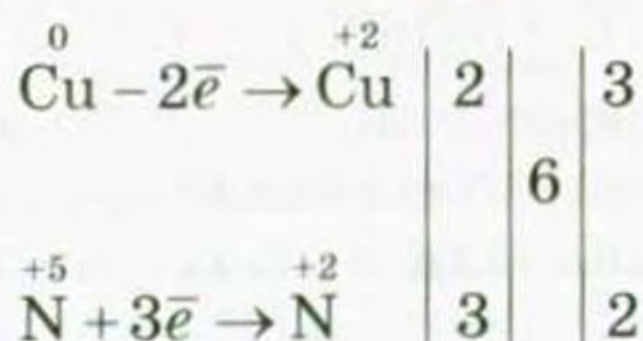


Ти можеш дотримуватися такого **алгоритму дій**:

1. Визнач, які атоми змінюють ступінь окиснення, і зазнач його над символами елементів:



2. Запиши електронні рівняння, зазначаючи, скільки електронів віддає відновник і скільки електронів приєднує окисник:



Такий запис означає, що кожний атом Купруму зі ступенем окиснення 0 (нуль) віддав 2 електрони і перетворився на $\overset{+2}{\text{Cu}}$, тобто мідь Cu є відновником. Під час реакції вона окиснюється. Атоми Нітрогену зі ступенем окиснення +5 (у складі нітратної кислоти) приєднують кожний по 3 електрони, перетворюючись на $\overset{+2}{\text{N}}$ (у складі нітроген(II) оксиду NO). Виходить, що $\overset{+5}{\text{N}}$, точніше HNO_3 , є окисником.

Число відданих і приєднаних електронів винеси за вертикальну риску і, щоб зрівняти, знайди для цих чисел найменше спільне кратне 6 й розділи на ці числа, дістанеш додаткові множники. Вони записуються за третьою вертикальною рисою. Пам'ятай, що загальне число електронів, які віддає відновник, має дорівнювати числу електронів, які приєднує окисник. Додаткові множники, за-

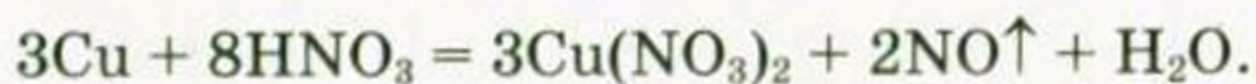
В основі методу електронного балансу лежить порівняння ступенів окиснення атомів у вихідних і кінцевих речовинах

Окисно-відновні реакції відбуваються зі зміною ступенів окиснення звичайно двох елементів, які входять до складу вихідних і кінцевих продуктів

Загальне число електронів, які віддає відновник, має дорівнювати числу електронів, які приєднує окисник

писані після третьої вертикальної риски, і будуть коефіцієнтами для відновника та окисника.

3. Простав у схемі реакції ці коефіцієнти для відновника та окисника і зрівняй число їхніх атомів у лівій і правій частинах рівняння:



4. Методом підбору визнач коефіцієнт перед формулою води. Рівняння цієї реакції набуває такого вигляду:



5. Для перевірки правильності написання рівняння обчисли кількість атомів кожного елемента в обох частинах рівняння.

Найчастіше досить буває перевірити кількість атомів Оксигену в лівій і правій частинах рівняння.

Значення. Окисно-відновні реакції відіграють важливу роль у природі й техніці. Вони самочинно відбуваються у природних біологічних системах — фотосинтез у рослин, процеси дихання у людини і тварин тощо. Горіння палива, що відбувається у топках теплових електростанцій і в двигунах внутрішнього згоряння, — це також приклади окисно-відновних реакцій. За їхньої допомоги добувають метали, органічні й неорганічні сполуки, здійснюють очищення різних речовин, природних і стічних вод, газових викидів електростанцій, заводів тощо.

На окисно-відновних реакціях базується добування металів і неметалів, амоніаку, нітратної та сульфатної кислот, різних ліків

ВИСНОВКИ

Окисно-відновні реакції відбуваються зі зміною ступенів окиснення зазвичай двох елементів, які входять до складу вихідних і кінцевих продуктів.

Зміна ступенів окиснення елементів обумовлюється переходом (зміщенням) електронів від одних атомів до інших.

Віддавання електронів, тобто окиснення, завжди супроводжується приєднанням електронів, тобто відновленням. І навпаки, відновлення завжди супроводжується окисненням.

Окисно-відновні реакції — це єдність двох протилежних процесів — окиснення і відновлення.

Речовини, що приєднують електрони, — окисники, під час реакції вони відновлюються, а речовини, що віддають електрони, — відновники, вони окиснюються.

Завдання для самоконтролю

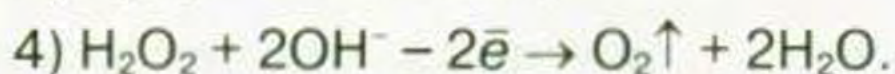
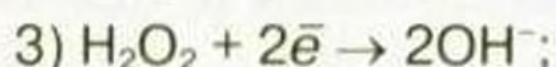
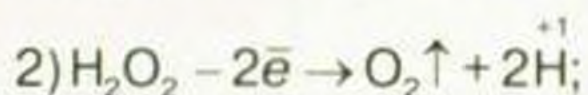
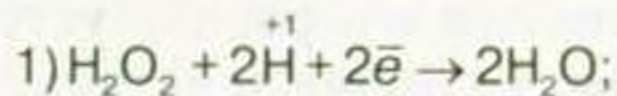
1. Які реакції відбуваються без зміни ступенів окиснення елементів, що входять до складу реагуючих речовин? Наведи два приклади.
2. Які реакції належать до окисно-відновних? Наведи приклади, зазнач окисник і відновник.
3. Розглянь з погляду окиснення-відновлення: 1) розкладання меркурій(II) оксиду під час нагрівання; 2) добування водню дією цинку на хлоридну кислоту. Який елемент у кожному випадку: а) окиснюється; б) відновлюється; в) є окисником; г) є відновником?
4. Напиши рівняння окисно-відновних реакцій: а) алюмінію з киснем; б) магнію з хлором; в) натрію з сіркою. Наведи електронні рівняння, зазнач окисник і відновник.
5. У процесі взаємодії $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$
 - А Гідроген у сульфатній кислоті відновлюється;
 - Б Гідроген у сульфатній кислоті окиснюється;
 - В цинк відновлюється;
 - Г цинк окиснюється.
6. Процес відновлення відбувається тоді, коли
 - А нейтральні атоми перетворюються на негативно заряджені йони;
 - Б нейтральні атоми перетворюються на позитивно заряджені йони;
 - В позитивний заряд йона збільшується;
 - Г негативний заряд йона зменшується.

Додаткові завдання

7*. Сума коефіцієнтів у правій частині рівняння реакції, що відбувається за схемою $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, дорівнює

А 2; **Б** 4; **В** 6; **Г** 8.

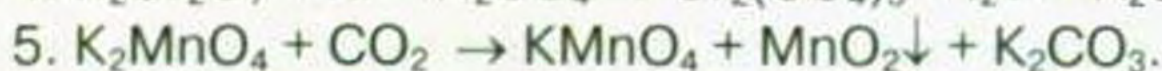
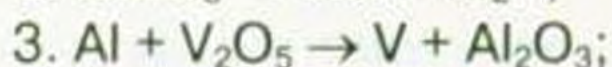
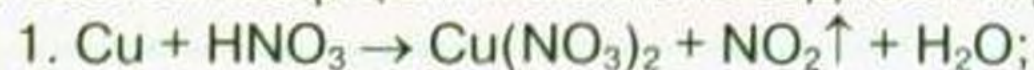
8*. Гідроген пероксид H_2O_2 виявляє як окисні, так і відновні властивості. У реакціях, рівняння яких



гідроген пероксид виявляє себе як відновник у випадках

А 1,2; **Б** 3,4; **В** 1,3; **Г** 2,4.

9*. Розстав коефіцієнти в окисно-відновних реакціях, що відбуваються за схемами:



§ 15. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ. ТЕРМОХІМІЧНІ РІВНЯННЯ

Тобі треба

розуміти суть понять: екзотермічна реакція; ендотермічна реакція; внутрішня енергія; тепловий ефект реакції;

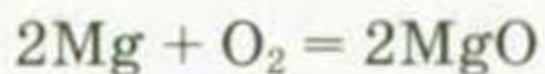
вміти записувати: термохімічні рівняння термодинамічним способом.

Екзо- та ендотермічні реакції. Тобі відомо, що під час перебігу хімічних реакцій зберігається число атомів, їхня загальна маса, кількість електричних зарядів, а змінюються лише хімічні зв'язки між атомами:

одні — руйнуються, інші — виникають. На руйнування хімічних зв'язків потрібна енергія, а під час утворення нових зв'язків енергія вивільнюється.

Звернімося до демонстраційних дослідів.

Дослід 1. Запалімо магнієву стрічку (мал. 51):



Магній горить сліпучим полум'ям. При цьому відбувається перегрупування атомів Магнію та Оксигену з утворенням магній оксиду, що супроводжується виділенням теплоти і світла.

- Пригадай, як називаються такі реакції.

Хімічні реакції, що відбуваються з виділенням теплоти, називаються **екзотермічними**.

Дослід 2. У пробірку насипаємо темно-зелені кристали малахіту $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ (або $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ — основна сіль), закриваємо пробірку корком з газовідвідною трубкою, кінець якої занурюємо в стакан з вапняною водою. Пробірку закріплюємо у штативі похило, як показано на мал. 52, і нагріваємо:



Спостерігаємо утворення речовини чорного кольору, це — купрум(II) оксид CuO . Помутніння вапняної води засвідчує виділення вуглекислого газу CO_2 , а на стінках пробірки з малахітом з'явилися краплі води H_2O . Відбулася реакція розкладу малахіту. Вона весь час вимагала нагрівання. Якщо припинити нагрівання, то припиниться й реакція. Це



Мал. 51. Горіння магнію



Мал. 52. Розкладання малахіту

За тепловим ефектом реакції поділяються на екзотермічні та ендотермічні

означає, що вона відбувається із вбиранням теплоти.

- Пригадай, як називаються такі реакції.

Хімічні реакції, що відбуваються із вбиранням теплоти, називаються **ендотермічними**.

Виникає запитання: чому в одних випадках під час реакції енергія вивільнюється, а в інших — вбирається?

Внутрішня енергія і тепловий ефект реакції. З курсу фізики ти знаєш, що кожна речовина має певний запас енергії. Це так звана *внутрішня енергія*, тобто енергія хаотичного (теплого) руху всіх частинок, що входять до складу речовини (атомів, молекул, йонів, протонів, електронів тощо).

Виділення або поглинання теплоти під час хімічної реакції спричинюється перебудовою електронних структур атомів, молекул, йонів

У процесі хімічної реакції, коли одні зв'язки руйнуються, а інші утворюються, внутрішня енергія речовини змінюється. Це пояснюється тим, що перебудовуються електронні структури атомів, йонів, молекул. А це спричинює виділення або поглинання теплоти (світла, електричного струму) чи інших форм енергії. Наприклад, згоряння багатьох речовин відбувається з виділенням теплоти і світла. Так само сполучення металів із сіркою чи хлором, нейтралізація кислот лугами супроводжуються виділенням значної кількості теплоти. Навпаки, такі реакції, як розкладання кальцій карбонату CaCO_3 , малахіту $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$, калій перманганату KMnO_4 , утворення нітроген(II) оксиду NO з азоту й кисню відбуваються із вбиранням теплоти.

Теплота, що вивільнюється або вбирається під час хімічних реакцій, називається **тепловим ефектом реакції**.

Тепловий ефект реакції позначають ΔH (читається «дельта-аш») і виражають у джоулях (Дж) або кратних одиницях — кілоджоулях (кДж).

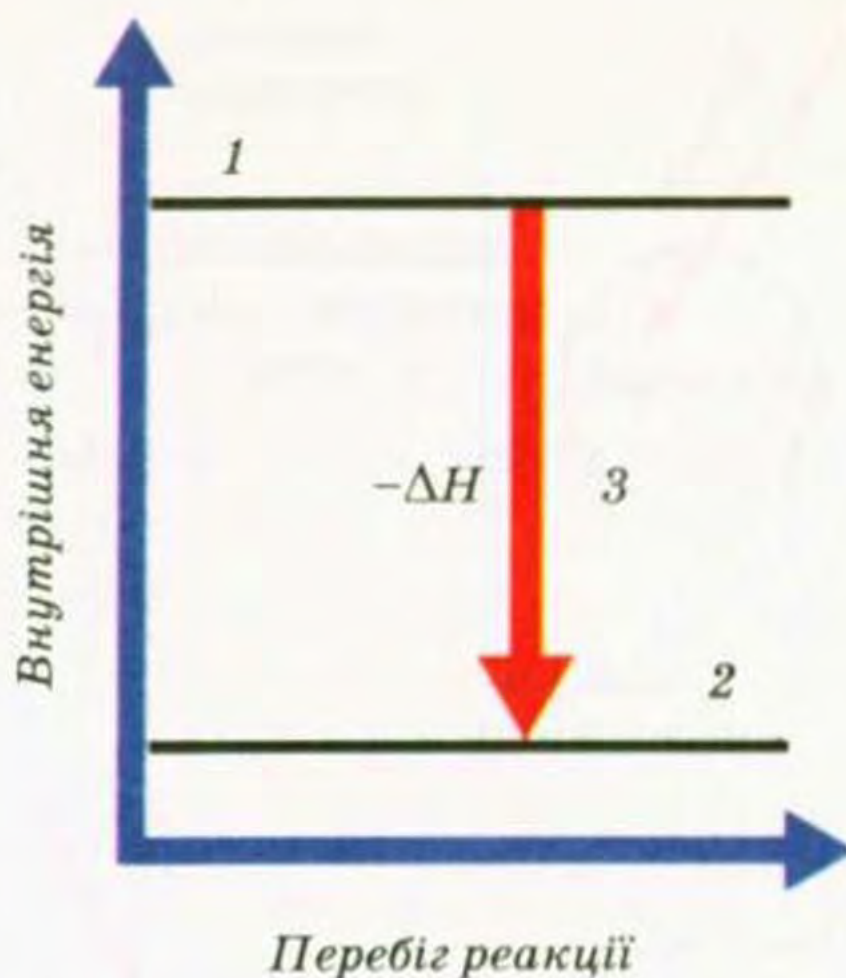
Зрозуміло, якщо реакція екзотермічна, тобто супроводжується виділенням теплоти, то це означає, що вміст енергії у вихідних речовинах був більший, ніж у продуктах реакції (мал. 53). А для ендотермічних реакцій, які потребують надходження теплоти ззовні, навпаки: вміст енергії у вихідних речовинах менший, ніж у добутих продуктах (мал. 54). Отже,

тепловий ефект реакції ΔH — це різниця між вмістом енергії у вихідних речовинах і кінцевих продуктах реакції.

У цьому полягає фізичний зміст величини ΔH (тут грецька буква Δ — дельта означає «різницю, зміну»).

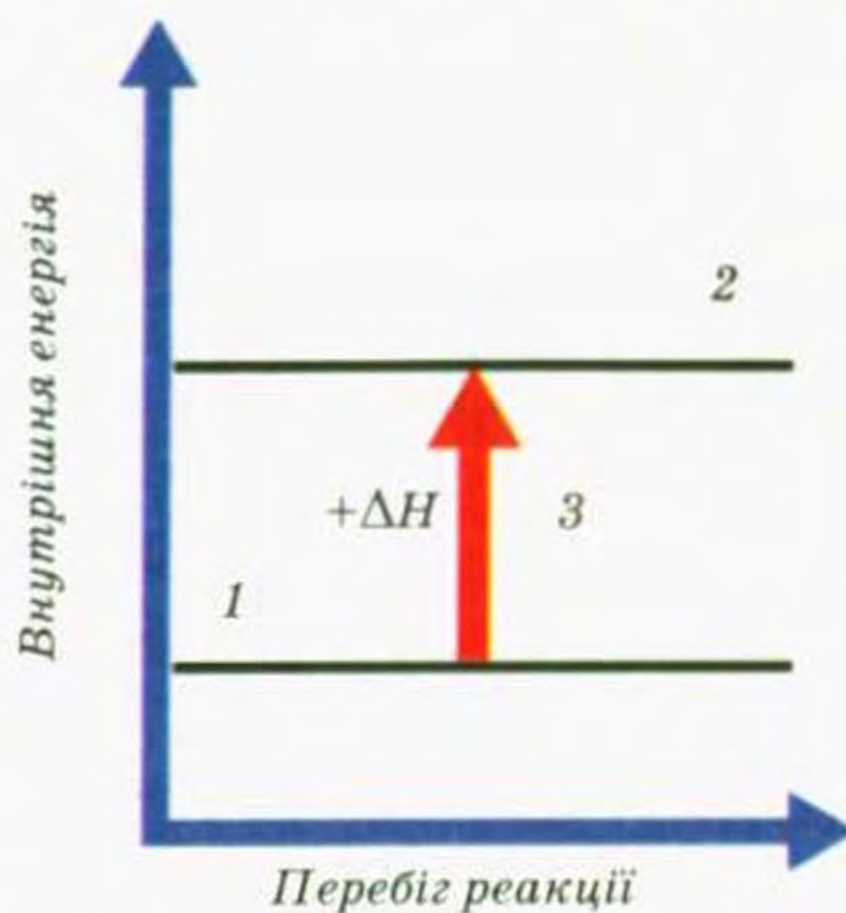
Оскільки тепловий ефект обчислюється відносно всієї реакційної системи, то для екзотермічних реакцій, коли теплота виділяється й енергія реакційної системи зменшується, він буде *негативним*. Для ендотермічних реакцій, коли теплота вбирається й енергія системи збільшується, тепловий ефект реакції ΔH буде *позитивним* (мал. 55).

Вивченням теплових явищ, що супроводжують хімічні реакції, займається **термохімія** (один із розділів хімічної термодинаміки).



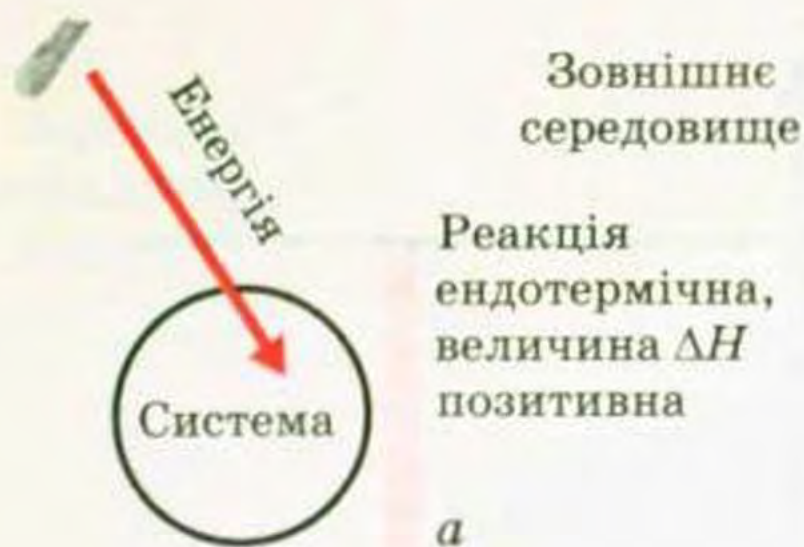
Мал. 53. Тепловий ефект екзотермічної реакції:

- 1 — енергія вихідних речовин;
- 2 — енергія продуктів реакції;
- 3 — виділення теплоти



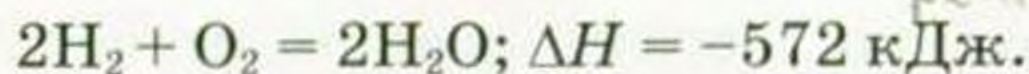
Мал. 54. Тепловий ефект ендотермічної реакції:

- 1 — енергія вихідних речовин;
- 2 — енергія продуктів реакції;
- 3 — поглинання теплоти



Мал. 55. Схема ендотермічних (а) та екзотермічних (б) процесів

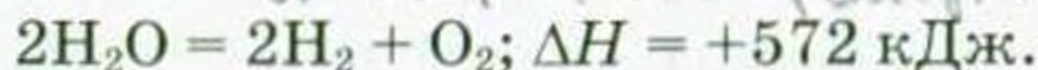
Термохімічні рівняння. Тобі відомо, що під час згоряння речовин, наприклад водню, теплота виділяється. Цей процес виражається рівнянням: *екзотермічна реакція*



Хімічні рівняння, в яких зазначено кількість теплоти, що виділяється або вбирається, називаються **термохімічними рівняннями**.

Зверни увагу: тепловий ефект реакції записується окремо від хімічного рівняння, після крапки з комою. Він стоїть того числа молів речовини, яке визначене рівнянням реакції. У наведеному прикладі під час взаємодії кожних 2 моль водню з 1 моль кисню виділяється 572 кДж теплоти.

Згідно із законом збереження енергії таку саму кількість теплоти потрібно витратити, аби розкласти воду на водень і кисень: *теплота поглинається екзотермічна реакція*



Для здійснення тієї чи тієї реакції важливо знати значення її теплового ефекту. Залежно від того, відбувається реакція з виділенням чи вбиранням теплоти, визначають умови її проведення.

Приклад 1. Скласти термохімічне рівняння реакції горіння алюмінію, якщо відомо, що на 1 моль утвореного алюміній оксиду виділяється 1 582 кДж теплоти.

Дано:

$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 1$ моль

$Q = 1\,582$ кДж

$\Delta H = ?$

Розв'язування:

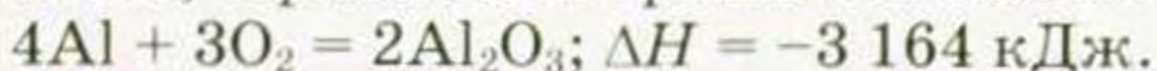


Тепловий ефект реакції становить

$$2 \text{ моль} \cdot 1\,582 \text{ кДж/моль} = 3\,164 \text{ кДж.}$$

Оскільки реакція відбувається з виділенням теплоти, то тепловий ефект ΔH негативний.

Отже, термохімічне рівняння має вигляд:



Приклад 2. Обчислити кількість теплоти, яку треба витратити на розкладання амоніаку NH_3 кількістю речовини 5 моль, якщо тепловий ефект реакції становить 46 кДж/моль.

Дано:

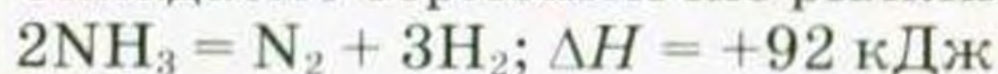
$n(\text{NH}_3) = 5$ моль

$\Delta H = +46$ кДж/моль

$Q = ?$

Розв'язування:

Складаємо термохімічне рівняння



$n = 2$ моль

На розкладання 2 моль NH_3 витрачається 92 кДж.

На розкладання 5 моль NH_3 витрачається x :

$$2 : 5 = 92 : x.$$

$$x = \frac{5 \text{ моль} \cdot 92 \text{ кДж}}{2 \text{ моль}} = 230 \text{ кДж}$$

Відповідь: на розкладання амоніаку кількістю речовини 5 моль треба витратити 230 кДж теплоти.

У літературі тобі може трапитися застарілий спосіб запису термохімічних рівнянь, коли тепловий ефект реакції зазначено безпосередньо в рівнянні хімічної реакції, наприклад:



Тут для екзотермічної реакції тепловий ефект зазначено зі знаком «плюс», для ендотермічної реакції — зі знаком «мінус».

Ми дотримуємося сучасного термодинамічного способу запису термохімічних рівнянь, де знаки для екзо- і ендотермічних реакцій протилежні. Тому, користуючись літературою минулих років, слід уважно дивитися, за яким способом — термохімічним чи термодинамічним — записані термохімічні рівняння.

ВИСНОВКИ

Кожна речовина має певну внутрішню енергію, тобто енергію хаотичного (теплого) руху і взаємодії всіх її мікрочастинок.

Під час перебігу хімічної реакції відбувається зміна внутрішньої енергії реагуючих речовин і енергії системи в цілому. Зміна енергії відбувається через руйнування одних хімічних зв'язків і утворення інших. Саме тому хімічні реакції супроводжуються певним тепловим ефектом — вбиранням або виділенням теплоти.

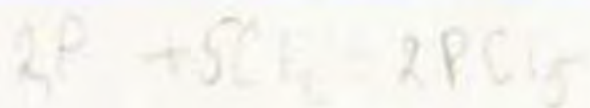
За тепловим ефектом хімічні реакції поділяються на два типи: екзотермічні, що відбуваються з виділенням теплоти, і ендотермічні, що відбуваються з поглинанням теплоти.

У випадку екзотермічних реакцій енергія реакційної системи зменшується, і тепловий ефект ΔH зазначають зі знаком «мінус» ($-\Delta H$).

У випадку ендотермічних реакцій енергія системи збільшується, і тепловий ефект реакції ΔH зазначають зі знаком «плюс» ($+\Delta H$).

Завдання для самоконтролю

- З наведених параметрів під час перебігу хімічної реакції завжди залишається незмінною (незмінним)
А маса; **В** тиск;
Б об'єм; **Г** концентрація.
- Що таке величина ΔH ? Як ти розумієш її фізичний зміст?
- З наведених рівнянь ендотермічним реакціям відповідають
А $C + O_2 = CO_2$; $\Delta H = -393$ кДж;
Б $C + H_2O = CO + H_2$; $\Delta H = +131,4$ кДж;
В $2NH_3 = N_2 + 3H_2$; $\Delta H = +92,4$ кДж;
Г $2C + O_2 = 2CO$; $\Delta H = -221$ кДж.
- Склади термохімічне рівняння взаємодії фосфору з хлором, якщо при цьому на кожний моль утвореного фосфор(V) хлориду виділяється 375 кДж теплоти.



5. За термохімічним рівнянням згоряння сірки $S + O_2 = SO_2$; $\Delta H = -297$ кДж визнач масу сірки та об'єм кисню (н. у.), що були витрачені, якщо відомо, що під час їх взаємодії виділилося 594 кДж теплоти.

Додаткові завдання

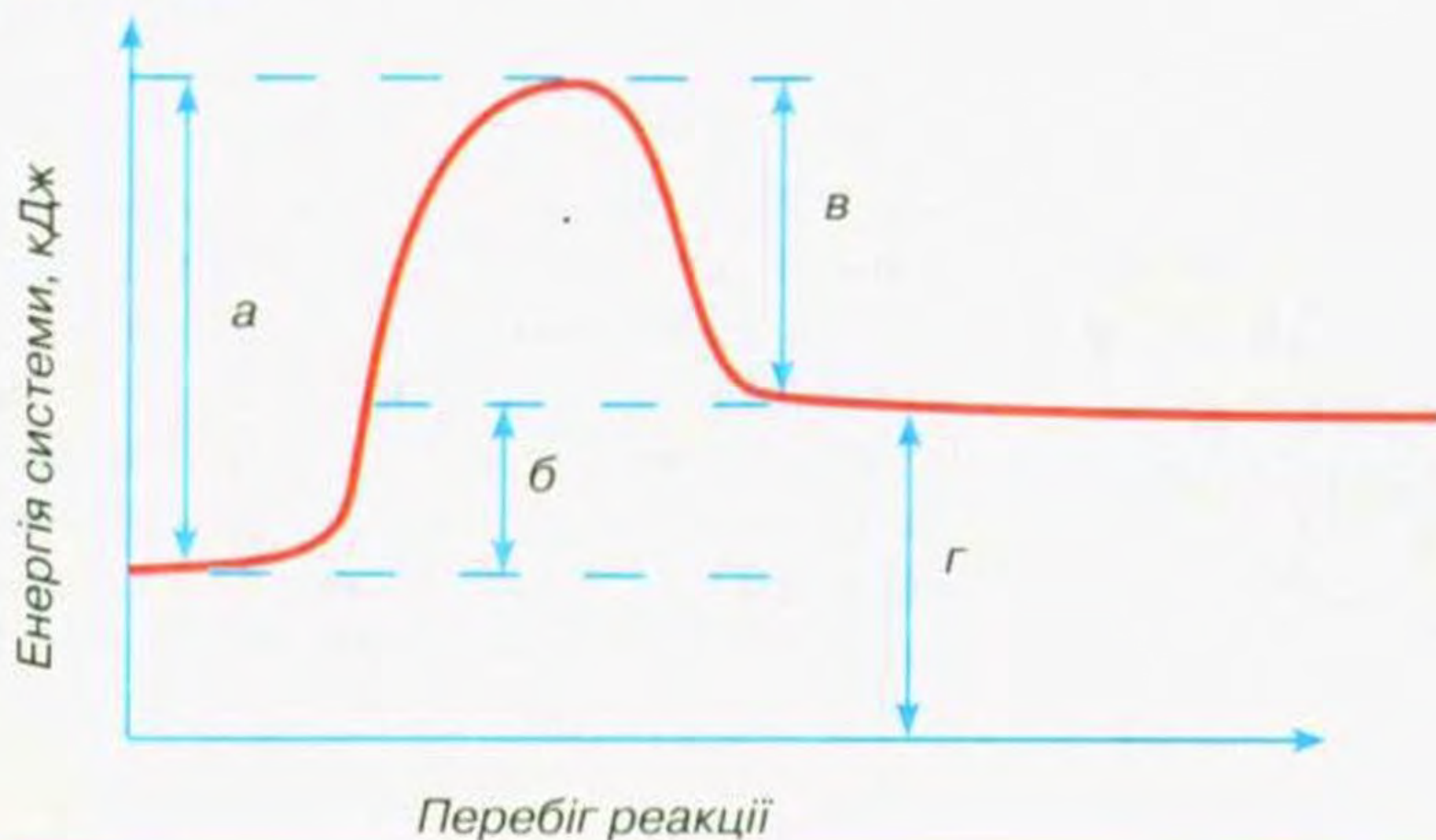
6. Унаслідок згоряння в кисні магнію масою 3 г вивільнилася теплота кількістю 75 кДж. Склади термохімічне рівняння реакції та зазнач, який процес відбувся: екзо- чи ендотермічний.
- 7*. Тепловий ефект реакції ΔH (кДж) перетворення речовини А на речовину В, згідно зі схемою,



дорівнює

| | | |
|---------------|----------------|----------------|
| А +50; | В +100; | Д +150; |
| Б -50; | Г -100; | Е -200. |

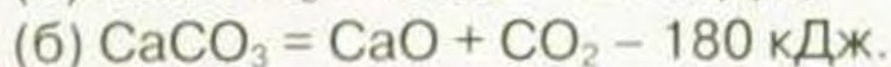
- 8*. На діаграмі



значення теплового ефекту реакції вказує відрізок

А а; **Б** б; **В** в; **Г** г.

9*. Наведені термохімічні рівняння напиши так, як прийнято в термодинаміці:



Визнач, який із процесів є екзо-, а який ендотермічним. Обчисли кількість теплоти: а) що виділилася, якщо окиснилася мідь масою 6,4 г; б) що ввібра-лася, якщо утворилося негашене вапно масою 1 кг.

§ 16. ШВИДКІСТЬ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Тобі треба

розуміти суть понять: швидкість хімічної реакції;

знати: чинники, від яких залежить швидкість хімічної реакції;

вміти: пояснювати залежність від того чи того чинника.

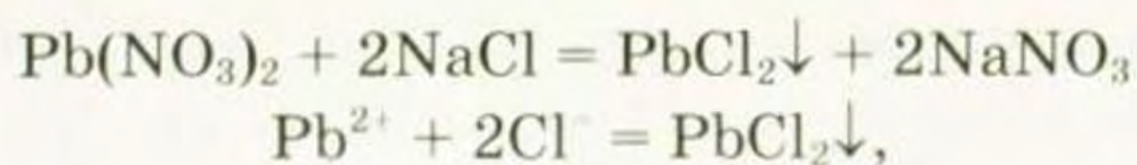
Ти вже знаєш основні типи хімічних реакцій, умієш відрізняти їх від фізичних явищ і здійснювати розрахунки за хімічними рівняннями, а тепер настав час дізнатися, як можна керувати хімічними реакціями.

Для цього потрібно з'ясувати суть поняття «швидкість хімічної реакції». Це поняття вивчає розділ хімії, що називається *хімічною кінетикою*.

Тобі відомо, що вироби із золота (мал. 56) зберігають свою красу та блиск віками, а виготовлені із заліза — швидко іржавіють, особливо у вологому повітрі, і з часом перетворюються на брухт. Йонні реакції відбуваються практично миттєво, наприклад:



Мал. 56. Золота пектораль
(Скіфія, IV ст. до н. е.)



а вивітрювання гірських порід — перетворення граніту на пісок, глину та інші речовини, триває віками. Отже, хімічні реакції відбуваються з різною швидкістю.

Про швидкість хімічної реакції можна судити за зміною кількості речовини реагента або продукту реакції за одиницю часу в одиниці об'єму.

Кількість речовини в одиниці об'єму називається молярною концентрацією. Вона вимірюється у моль/л. Час вимірюється в секундах. Отже, одиниця швидкості хімічної реакції — моль/(л · с):

$$v = \pm \frac{[(C_2 - C_1)/V]}{\tau_2 - \tau_1} = \frac{(\Delta C/V)}{\Delta \tau},$$

де v — швидкість хімічної реакції; C_2 і C_1 — початкова і кінцева концентрації; V — об'єм; τ_2 і τ_1 (грецька літера, читається «тау») — початковий і кінцевий час перебігу хімічної реакції; (грецька літера, читається «дельта» — синонім слова «зміна») — зміна концентрації (збільшення або зменшення) у ході реакції за відтинок часу $\Delta \tau$.

Оскільки концентрація вихідних речовин у процесі реакції зменшується, у виразі швидкості ставиться знак «мінус». Якщо швидкість реакції визначається за продуктом, а його концентрація збільшується, то величина дробу буде додатна. Зважаючи на те, що швидкість реакції можна вимірювати за зміною концентрації будь-якого з учасників процесу, в загальному виразі швидкості хімічної реакції ставлять знак \pm .

Приклад. У закритій посудині об'ємом 1 л взаємодіють гази А і В згідно з рівнянням $A + B = AB$. Концентрація газу А в якийсь



Мал. 57. Богдан Хмельницький. Бронзовий пам'ятник у вологому повітрі покривається зеленим нальотом основного купрум(ІІ) карбонату $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$

момент часу була 0,04 моль/л, а через 50 с стала 0,01 моль/л. Визнач швидкість хімічної реакції.

Дано:

$$C_2 = 0,04 \text{ моль/л}$$

$$C_1 = 0,01 \text{ моль/л}$$

$v = ?$

Розв'язування:

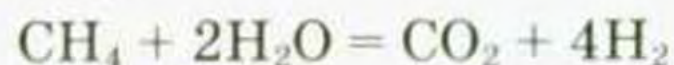
$$v = \pm \frac{(\Delta C/V)}{\Delta \tau}$$

$$v = \pm \frac{[(C_2 - C_1)/V]}{\Delta \tau}$$

$$v = \pm \frac{(0,04 \text{ моль/л} - 0,01 \text{ моль/л})/1}{50 \text{ с}} = \pm 0,0006 \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}}$$

Відповідь: $v = \pm 0,0006 \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}}$.

Швидкості зміни концентрацій вихідних речовин і кінцевих продуктів — взаємозв'язані величини. Якщо перед формулами всіх реагентів у рівнянні реакції однакові коефіцієнти, то зміна концентрацій цих реагентів у часі також однакова. Для реакцій із різними коефіцієнтами перед формулами реагентів у рівнянні швидкості зміни концентрацій реагентів будуть різними. Наприклад, із рівняння реакції



видно, що концентрація H_2O змінюється у 2 рази, а концентрація H_2 — у 4 рази швидше, ніж концентрація CH_4 і CO_2 . Це й зрозуміло, оскільки в процесі реакції на 1 моль CH_4 витрачається 2 моль H_2O і утворюється 1 моль CO_2 і 4 моль H_2 .

Отже, аби визначити, з якою швидкістю відбувається реакція, треба знати:

а) яка кількість речовини витрачається (для вихідної речовини) або утворюється (для продукту реакції);

б) за який час це відбувається;

в) в якому об'ємі здійснюється реакція.

У житті часто виникає потреба керувати швидкістю хімічної реакції. Для розпалювання вогню, наприклад, треба прискорити реакцію горіння, а для гасіння пожежі — сповільнити і припинити зовсім. Небажаною реакцією є іржавіння заліза. Якщо ми не можемо припинити цей процес зовсім, то можемо хоча б загальмувати його.

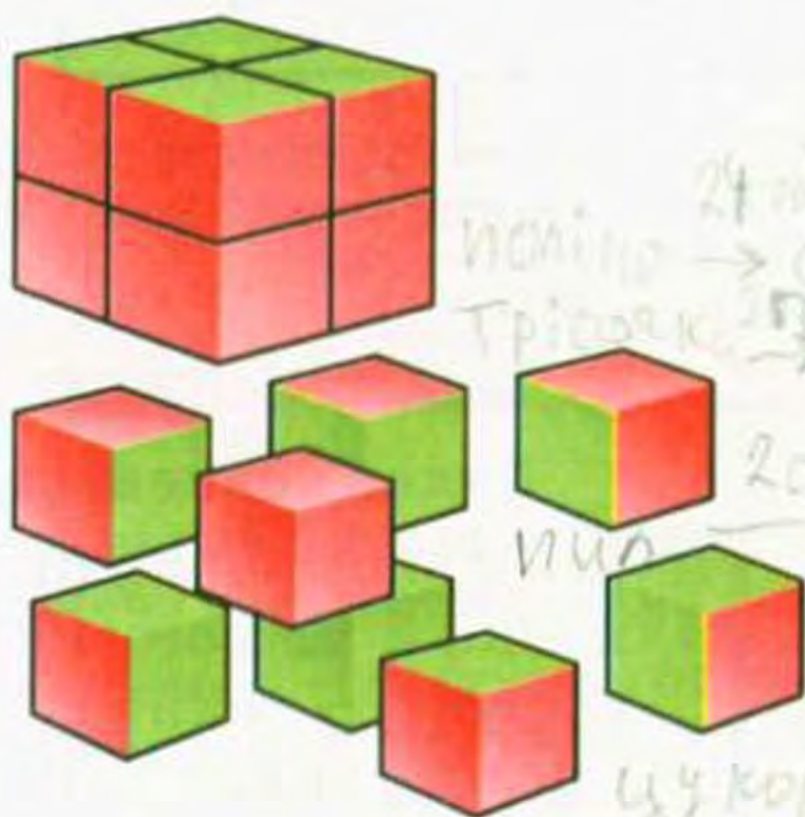
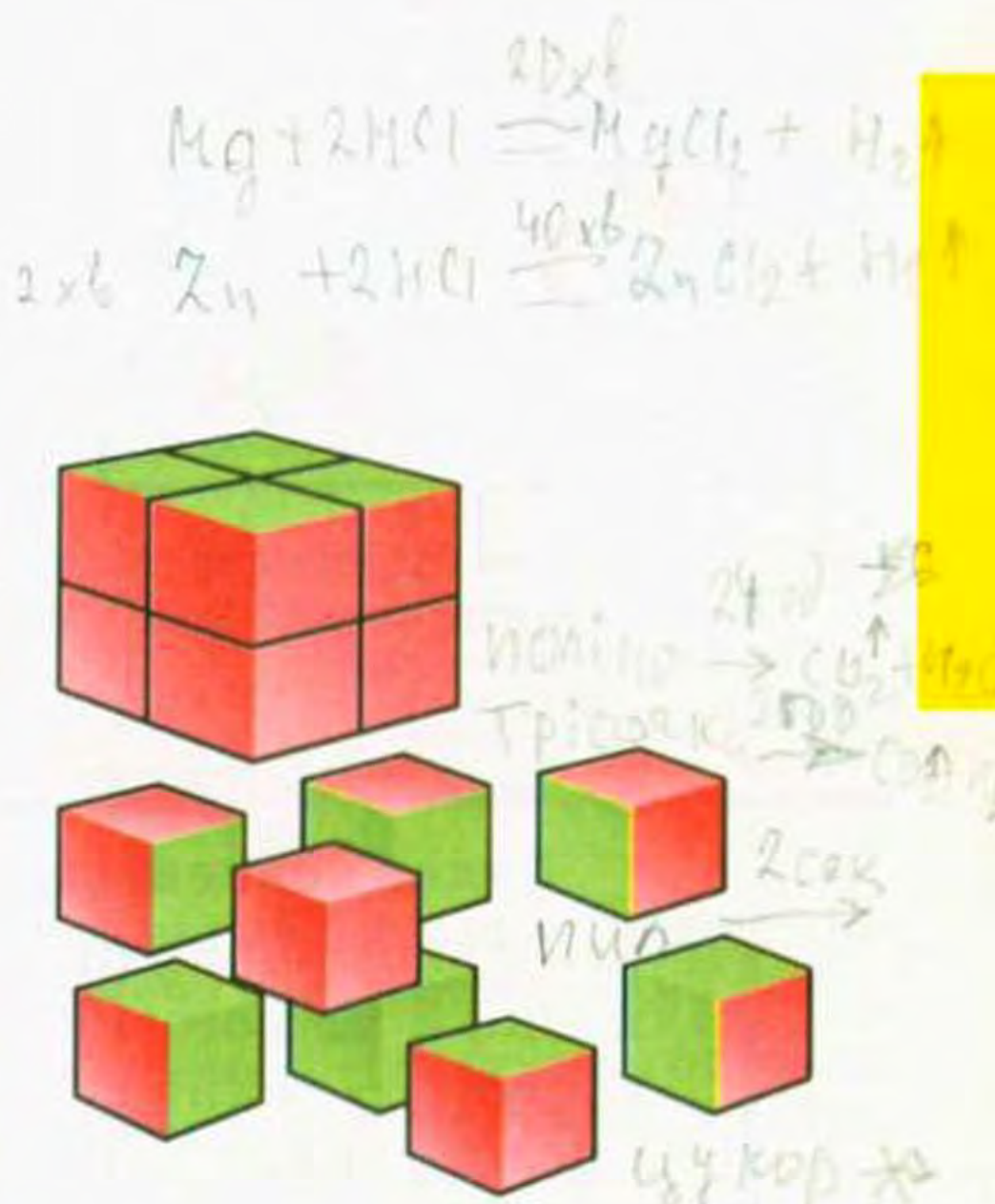
Отже, одні реакції треба прискорювати, а інші — сповільнювати. Для цього потрібно знати, від чого залежить їхня швидкість. Розгляньмо чинники, які впливають на швидкість перебігу хімічних реакцій.

1. Природа реагуючих речовин. Тобі вже відомо, що в процесі реакції відбувається руйнування хімічних зв'язків. Отже, міцність зв'язків впливає на швидкість реакції. Так, швидкість взаємодії металів з кислотами залежить від того, який узят метал (і яку взято кислоту). Наприклад, під час взаємодії магнію з хлоридною кислотою швидкість виділення водню більша, ніж під час взаємодії цинку з цією самою кислотою. Своєю чергою, залізо взаємодіє з хлоридною кислотою ще повільніше, ніж цинк, а мідь зовсім не взаємодіє (мал. 58).

2. Ступінь подрібнення речовин. Безперечно, ти знаєш, що дрова легше запалити, якщо спочатку порубати поліна на тріски. Важко запалити кусок цукру, а цукровий пил може миттєво спалахнути й навіть вибухнути. Це пояснюється тим, що в твердій речовині частинки не можуть вільно переміщуватися, вони лише коливаються. Тому реакція відбувається



Мал. 58. Залежність швидкості виділення водню від природи металу, який взаємодіє з кислотою



Мал. 59. Додаткова поверхня після руйнування

ошурки 40x6
 $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 \uparrow$
 порошок 10x6

тільки на поверхні твердої речовини. Якщо ж речовину подрібнити, то поверхня стикання речовин збільшується і відповідно збільшується швидкість реакції між ними (мал. 59).

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 9

Вплив площі поверхні стикання речовин на швидкість хімічної реакції

В одну пробірку насип трохи порошку заліза, у другу — стільки само за масою залізних ошурок. В обидві пробірки налий по 2 мл розбавленої хлоридної кислоти (1 : 2). Що спостерігається? Поясни спостереження і зроби висновок.



Швидкість реакції збільшується з підвищенням концентрації реагентів

3. Концентрація реагуючих речовин. Якщо порівняти горіння речовин на повітрі та в чистому кисні, легко помітити, що в чистому кисні горіння відбувається інтенсивніше (чому?). Ти знаєш, що в повітрі на частку молекул кисню припадає приблизно $1/5$ молекул усіх газів, тобто концентрація молекул кисню в повітрі приблизно у 5 разів менша, ніж у чистому кисні. Тому число зіткнень молекул у чистому кисні буде більшим, отже, і швидкість реакції горіння вища.

5x6
 1x6
 5x6 сірник + повітря 240 сек.
 кисень 10 сек.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 10

Вплив концентрації речовин на швидкість реакції

У дві пробірки поклади по 2 гранули цинку в кожну. У першу налий 2 мл розбавленого розчину сульфатної кислоти (1 : 5), а в другу — такий самий об'єм розбавленого розчину сульфатної кислоти (1 : 10). Що спостерігається? Поясни свої спостереження і зроби висновок.

10x6

Якщо реакція відбувається між газами, то її швидкість можна збільшити за допомоги тиску, бо в разі підвищення тиску концентрація газу збільшується.

4. Температура. Ти вже знаєш, що для перебігу реакції частинки вихідних речовин повинні зіткнутися. Якщо реакційну суміш нагріти, то частинки, з яких складаються вихідні речовини, починають швидше рухатися, і їхнє зіткнення стає ймовірнішим. Тому переважна більшість реакцій за нагрівання відбувається швидше, ніж без нього.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 11

Вплив температури на швидкість реакції

У дві пробірки поклади по 2 гранули цинку в кожну. В обидві пробірки налий по 2 мл розбавленого розчину сульфатної кислоти (1 : 10). Одну пробірку трохи нагрій, а другу залиши для порівняння. Що спостерігається? Поясни свої спостереження і зроби висновок.

Підвищення температури як фактор прискорення процесу широко використовується на підприємствах у виробництві різних продуктів. Це дає змогу підвищувати економічність процесу, знижувати собівартість продукції.

ВИСНОВКИ

Швидкість хімічної реакції визначається кількістю речовини, що прореагувала (або утворилася) за певний період часу в певному об'ємі.

Швидкість хімічної реакції залежить від природи реагуючих речовин, ступеня їх подрібнення (збільшення поверхні зіткнення), концентрації та температури.

Завдання для самоконтролю

1. Відомо, що для повного гниття залишеної у лісі газети потрібен рік, для іржавіння консервної бляшанки — десять років, а скло практично не руйнується і протягом століть. Що ти можеш сказати про швидкість зазначених хімічних процесів? Який практичний висновок можеш зробити з наведених прикладів?
2. Як ти розумієш швидкість хімічних реакцій? Від яких чинників вона залежить? Відповідь обґрунтуй.
3. Чому в кам'яновугільних шахтах у разі нагромадження вугільного пилу виникає загроза вибуху? Як запобігти цьому?
4. Чому реакції горіння сірки, фосфору, заліза у повітрі відбуваються повільніше, ніж у чистому кисні? Відповідь мотивуй.

Додаткові завдання

- 5*. Визнач швидкість реакції, якщо відомо, що вихідна концентрація одного з реагентів становила 1 моль/л, а за 4 с після початку реакції вона вже дорівнювала 0,6 моль/л.
- 6*. Є дві посудини однакового об'єму. У першій посудині кількість речовини А за 10 с змінилася з 6 до 3 моль, а в другій — за 20 с з 10 до 5 моль. Справедливим буде твердження
 - А швидкість реакції у другій посудині більша, ніж у першій;
 - Б швидкості реакцій в обох посудинах однакові;
 - В швидкість реакції у першій посудині більша;
 - Г швидкість реакції у першій посудині у 2 рази менша, ніж у другій.
- 7*. Для реакції, перебіг якої здійснюється в об'ємі, що дорівнює 3 л, кількість речовини реагента за 5 с змінилася з 5 до 2 моль. Визнач швидкість реакції за цим реагентом.
- 8*. У посудині місткістю 2 л взаємодіють гази А і В згідно з рівнянням $A + B = 2C$. На початку реакції газу А було 0,4 моль, через 2 с виявлено 0,2 моль продукту. Визнач швидкість даної реакції.

§ 17. КАТАЛІЗ

Тобі треба

розуміти суть понять: каталіз; каталітична реакція; отруєння каталізатора; інгібітор;

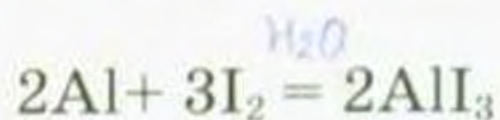
вміти пояснювати: суть каталітичної дії; значення каталітичних процесів.

Тобі вже відомі чинники, що впливають на швидкість хімічної реакції. Це — природа реагуючих речовин, ступінь їх подрібнення (збільшення поверхні зіткнення), концентрація і температура. Ще одним важливим чинником, що впливає на швидкість реакції, є наявність каталізатора.

- Пригадай, які речовини називаються каталізаторами. Назви один із них.

Звернімося до дослідів.

Дослід 1. На аркуші паперу змішуємо приблизно однакові об'єми алюмінієвого пилю і розтертого у порошок кристалічного йоду (мал. 60). Суміш купкою висипаємо на керамічну плитку (чи бляху) і в заглибинку на купці капаємо з довгої піпетки (або скляної трубки) 1—2 краплі води (більша кількість води гальмуватиме перебіг реакції). Починається бурхлива реакція



Вода у цьому разі є каталізатором взаємодії алюмінію з йодом (мал. 61).

Як пояснити спостережувані явища — появу фіолетової пари, вогню тощо?

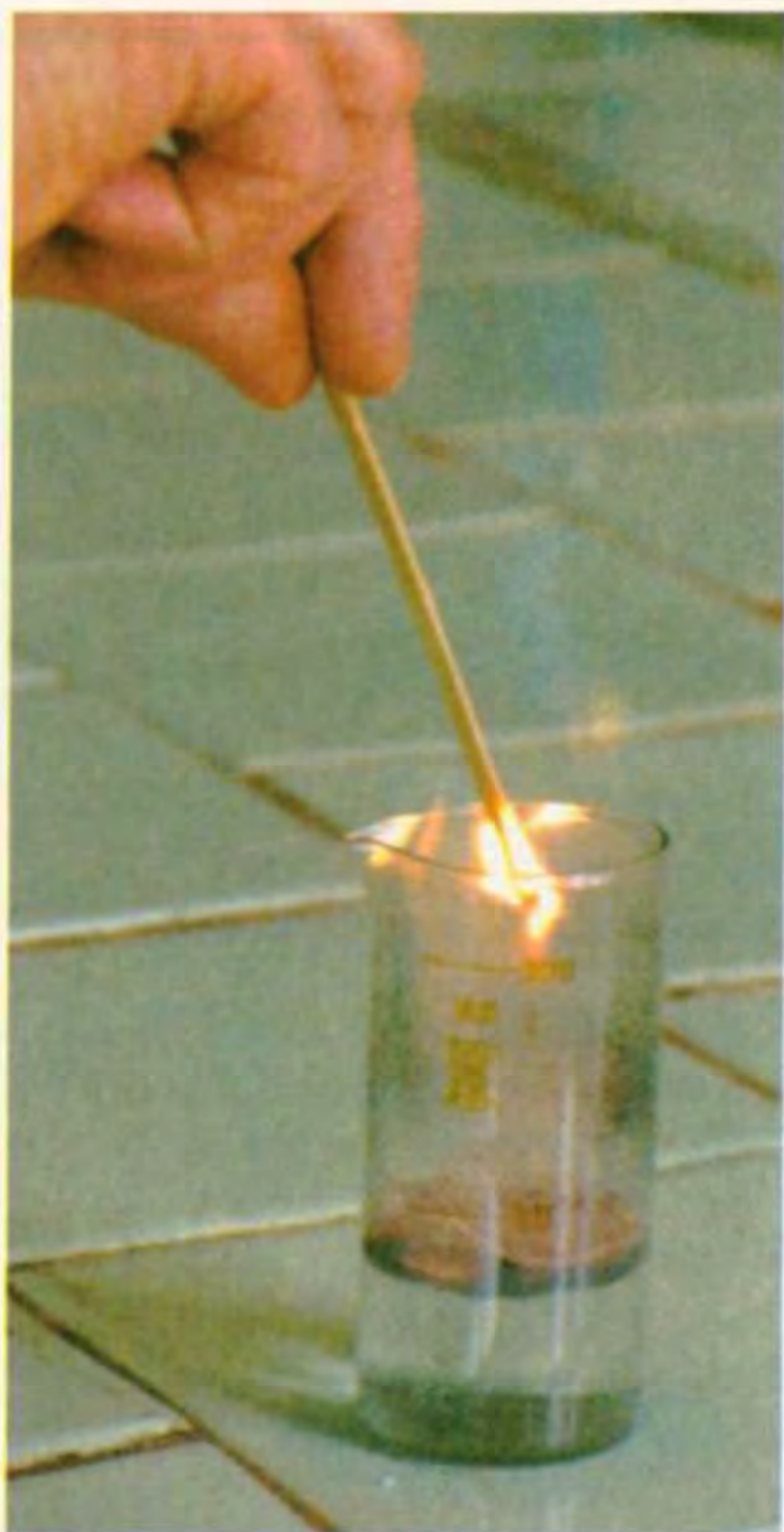
Ця реакція — екзотермічна. Від теплоти, що виділяється, утворений алюміній



Мал. 60. Приготування суміші алюмінієвого пилю й порошку кристалічного йоду



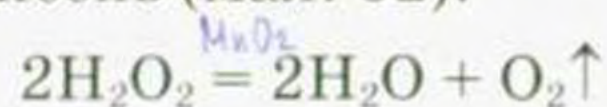
Мал. 61. Вода — каталізатор



Мал. 62. Каталітичний розклад гідроген пероксиду

трийодид випаровується, а за умов високої температури згоряє у кисні повітря з утворенням алюміній оксиду (білого порошку), іскор та простої речовини йоду, що відлітає у вигляді фіолетової хмари.

Дослід 2. У колбу наливаємо 20—30 мл розчину гідроген пероксиду з масовою часткою H_2O_2 10 % і додаємо трохи (на кінчику шпателя) манган(IV) оксиду MnO_2 . Спостерігається бурхливе виділення газу (ефект кипіння). Як довести, що цей газ — кисень? До отвору колби підносимо жевріючу трісочку. Вона спалахує, бо гідроген пероксид під впливом каталітичної дії MnO_2 розкладається, виділяючи кисень (мал. 62):



А як довести, що манган(IV) оксид MnO_2 виконує в цій реакції роль каталізатора?

Щоб це довести, спочатку відфільтруємо чорний порошок MnO_2 , а потім додамо його до нової порції гідроген пероксиду. Ефект той самий: манган(IV) оксид знову спричинює розклад нової порції гідроген пероксиду H_2O_2 .

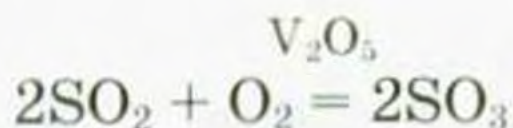
Зверни увагу: після розкладання всього гідроген пероксиду H_2O_2 каталізатор MnO_2 залишився на дні колби у незмінному вигляді. Саме через цей факт ти можеш помилково подумати, що каталізатор не бере участі в реакції. Тоді виникає запитання, як же він впливає на її швидкість?

Доведено, що каталізатор бере участь у реакції. Наприклад, реакція між речовинами A і B відбувається за рівнянням $A + B = AB$ з дуже малою швидкістю.

Ситуацію змінює каталізатор K . Він легко взаємодіє з одним із реагентів, наприклад з речовиною A , утворюючи проміжну сполуку AK . Остання швидко взаємодіє з речовиною B з утворенням бажаного AB і вивільненням каталізатора.

Реакції, що відбуваються за наявності каталізатора, називаються **каталітичними**, а сам процес зміни швидкості реакції під впливом каталізатора — **каталізом**.

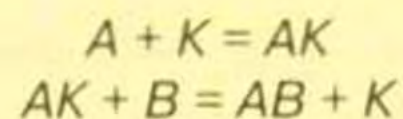
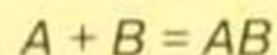
Термін «каталіз» зазвичай стосується прискорення реакції. Так, ванадій(V) оксид прискорює окиснення сульфур(IV) оксиду у виробництві сульфатної кислоти:



Однак бувають випадки, коли необхідно зменшити швидкість процесу, наприклад корозію металу. Для цього підбирають відповідні сповільнювачі реакції, їх називають *інгібіторами*.

Проте буває й так, що каталізатор утворює з реагуючою речовиною (або домішками в ній) дуже міцну проміжну сполуку, з якої він самочинно вивільнитися не може. Тоді його каталітична дія припиняється. Таке явище називають *отруєнням каталізатора*.

Каталізатори характеризуються специфічністю дії: вони вибірково прискорюють якусь одну реакцію, а на швидкість інших не впливають. Універсального каталізатора не існує. Для кожної реакції специфічним є свій каталізатор.



Дія каталізатора: утворення проміжної сполуки

Каталізатор спрямовує хімічну реакцію по новому, енергетично вигіднішому шляху

Інгібітори — сповільнювачі реакції

Хоча інколи буває й так, що одна й та сама речовина може впливати на швидкість кількох різних реакцій.

Значення каталітичних реакцій. У сучасній хімічній промисловості переважна більшість процесів — каталітичні. Перероблення нафти, добування барвників, виробництво сульфатної кислоти, амоніаку, полімерів, синтетичного каучуку та багато інших не можуть обійтися без каталізаторів.

Каталізатори відіграють істотну роль і в тих реакціях, які відбуваються в живих організмах. Біологічні каталізатори — *ферменти* — забезпечують стабільний безперервний перебіг біохімічних процесів. Однак і в організмі може статися отруєння біологічних каталізаторів. Ферменти можуть бути отруєні алкоголем (або продуктами його окиснення), нікотином або іншими шкідливими речовинами. У такому разі перебіг багатьох процесів порушується, і організм починає хворіти, буває, що й зовсім гине.

Ферменти — біологічні каталізатори. Трапляються в живих організмах, збільшують швидкість природних біохімічних процесів

Алкоголь, нікотин отруюють ферменти

ВИСНОВКИ

Каталізатори — це речовини, що прискорюють хімічні реакції, а самі залишаються у незмінній кількості. Реакції, що відбуваються за участі каталізаторів, називають каталітичними, а сам процес прискорення швидкості реакції під впливом каталізатора — каталізмом.

Каталізатор бере участь у хімічній реакції. Він сприяє розривові зв'язків у вихідних речовинах і робить реакцію енергетично вигіднішою.

Для каталізаторів є характерним явище отруєння, коли їхня каталітична дія припиняється. Тому важливо обережати каталізатори, зокрема біологічні (ферменти), від каталітичних отрут — алкоголю, нікотину, інших шкідливих речовин.

Сучасна хімічна промисловість неможлива без каталізаторів, та й саме життя людини й тварин, існування рослинного світу — все це ґрунтується на каталітичних процесах.

Завдання для самоконтролю

1. Що таке каталізатор? Поясни механізм його каталітичної дії.
2. Сухий хлор на залізо не діє, тому його можна зберігати в залізних балонах. Вологий хлор залізо руйнує. Як ти можеш це пояснити?
3. Чи впливає каталізатор на значення теплового ефекту реакції? Відповідь поясни.
4. Каталітична дія з усіх наведених нижче випадків має місце тоді, коли
 - А швидкість реакції взаємодії водню з бромом зростає під час нагрівання;
 - Б інтенсивність реакції горіння вугілля підвищується після його подрібнення;
 - В швидкість реакції горіння фосфору зростає у разі внесення його в атмосферу чистого кисню;
 - Г швидкість реакції розкладу бертолетової солі KClO_3 збільшується внаслідок додавання до неї манган(IV) оксиду MnO_2 .

§ 18. ХІМІЧНА РІВНОВАГА

Тобі треба

розуміти суть понять: пряма реакція; зворотна реакція; оборотна реакція; необоротна реакція; хімічна рівновага; принцип Ле Шательє;

вміти: пояснювати вплив різних чинників на стан хімічної рівноваги; складати рівняння оборотних і необоротних реакцій.

Тобі відомо, що хімічні реакції полягають у взаємодії вихідних речовин (реагентів) й утворенні кінцевих продуктів. Проте не слід думати, що напрямок хімічної реакції тільки один (реагенти → продукти). Насправді хімічні реакції відбуваються в прямому і в зворотному напрямках.

Реагенти ↔ Продукти



Мал. 63. Взаємодія магнію з сульфатною кислотою — необоротна реакція

Дослід 1. У пробірку з розбавленою сульфатною кислотою опускаємо стружку магнію:

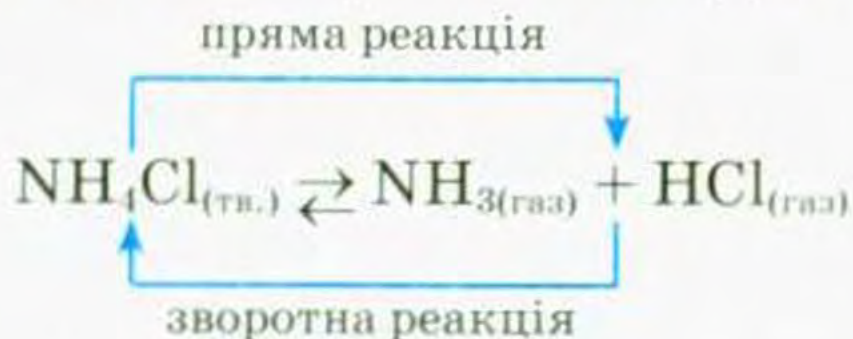


Реакція закінчується тоді, коли весь магній прореагує (мал. 63). Якщо спробувати здійснити цю реакцію у зворотному напрямі, тобто пропускати водень у розчин магній сульфату, то металічний магній і сульфатна кислота при цьому не утворюються. Отже, ця реакція не може відбуватися у зворотному напрямі, вона є необоротною.

Дослід 2. У велику демонстраційну пробірку поміщаємо кристали амоній хлориду NH_4Cl масою 2—3 г, злегка прикриваємо отвір пробірки скловатою і нагріваємо. Амоній хлорид розкладається з утворенням двох газів — амоніаку NH_3 і гідроген хлориду HCl , які у верхній, холоднішій частині пробірки взаємодіють один з одним із утворенням дрібних кристаликів амоній хлориду NH_4Cl (мал. 64), і ми бачимо густий білий дим:



Мал. 64. Оборотна реакція



Реакція, під час якої з вихідних речовин утворюються кінцеві продукти, називається *прямою реакцією*. У рівнянні реакції це позначають стрілочкою, спрямованою зліва направо.

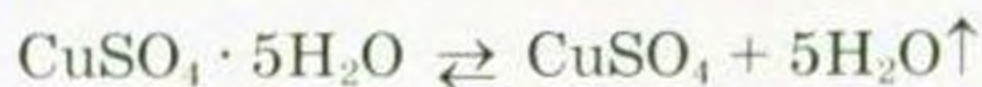
Реакція, під час якої вихідні речовини служать продуктами реакції, називається *зворотною реакцією*. У рівнянні реак-

ції це позначають стрілочкою, спрямованою справа наліво.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 12

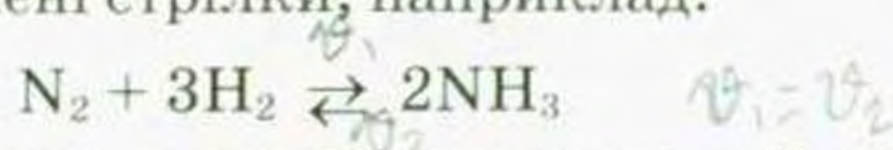
Оборотні реакції

Помісти в пробірку трохи блакитних кристалів мідного купоросу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (тільки покрити дно) і нагривай. Що спостерігається? До білого порошку, який утворився в пробірці, додай піпеткою кілька крапель води (мал. 65). Поясни свої спостереження.

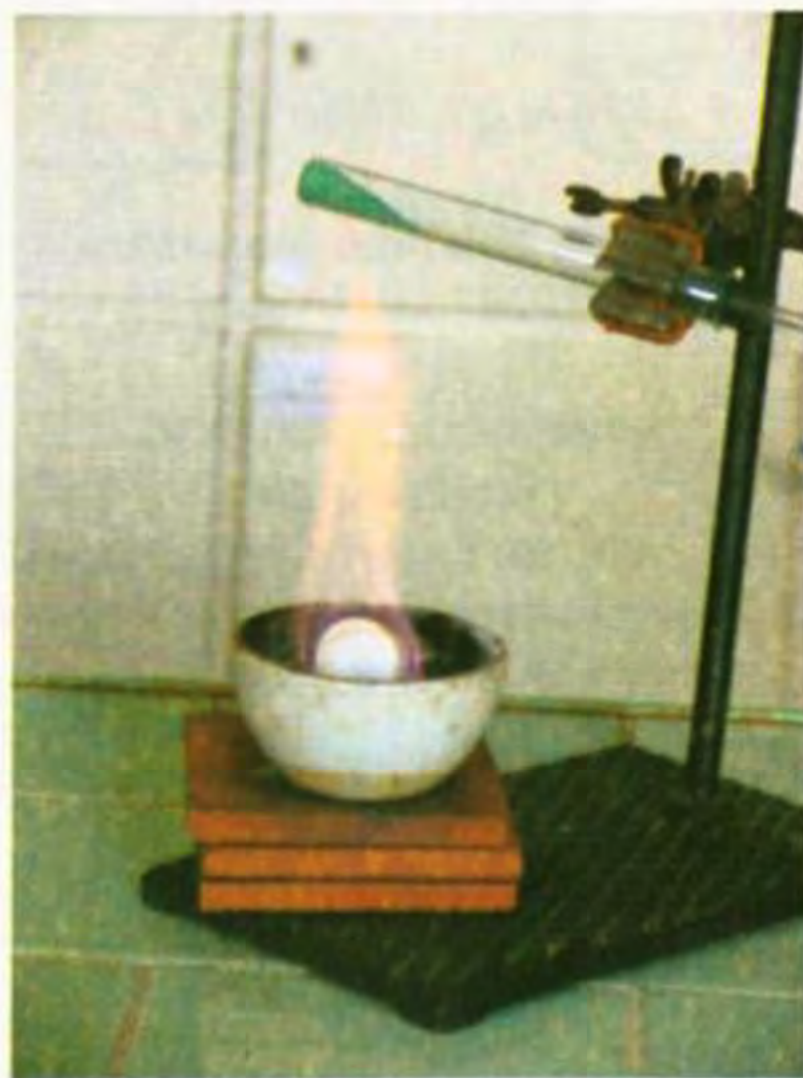


Хімічні реакції, що відбуваються у протилежних напрямках, називаються **оборотними**.

У рівняннях оборотних реакцій замість знака «дорівнює» ставлять дві протилежно напрямлені стрілки, наприклад:



На початку реакції концентрації вихідних речовин азоту і водню — великі, і швидкість прямої реакції — також велика. В міру витрачання вихідних речовин швидкість прямої реакції зменшується. Водночас починає нагромаджуватися продукт реакції амоніак NH_3 . Доки його мало, швидкість зворотної реакції незначна. З нагромадженням амоніаку швидкість зворотної реакції зростає. Настає такий момент, коли швидкості прямої та зворотної реакцій зрівнюються (мал. 66). Це означає, що настає *хімічна рівновага: скільки частинок вихідних речовин вступає в пряму реакцію, стільки саме їх утворюється в результаті зворотної реакції, тобто концентрації речовин залишаються незмінними*.

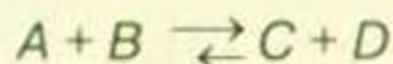


Мал. 65. Зневоднення мідного купоросу



Мал. 66. Хімічна рівновага

більше А



Збільшення концентрації А зміщує рівновагу праворуч

Після досягнення стану рівноваги оборотні реакції не припиняються, а продовжують відбуватися з однаковою швидкістю, через що ніяких змін у реакційній системі не помітно. Таку рівновагу називають *динамічною*. На момент її встановлення завжди можна виявити як продукти реакції, так і вихідні речовини.

Іноді буває необхідним виділити один із продуктів оборотної реакції, найчастіше прямої. У цьому разі впливають на рівновагу, яка встановилася, і зміщують її у потрібному напрямі. Після цього рівновага знову встановлюється.

Які ж чинники впливають на стан хімічної рівноваги? Хімічну рівновагу можна змістити, змінюючи концентрацію речовин, температуру, а для газуватих сполук — тиск.

1. Вплив концентрації. Якщо під час синтезу амоніаку NH_3 збільшити концентрацію азоту N_2 або водню H_2 , то рівновага зміститься у бік прямої реакції, й амоніаку можна буде добути більше. Це зрозуміло, бо число молекул N_2 або H_2 на одиницю об'єму збільшується, зіткнення між ними стають частішими, тому амоніаку утворюється більше.

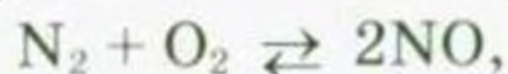
Можна діяти інакше: зменшувати концентрацію продукту реакції. Якщо під час взаємодії азоту з воднем весь час видаляти амоніак, що утворюється, то рівновага зміщуватиметься праворуч, бо нові й нові порції азоту й водню реагуватимуть з утворенням амоніаку, щоб компенсувати його видалення.

2. Вплив температури. Реакція синтезу амоніаку екзотермічна, тобто відбувається з виділенням теплоти. Виходить,

якщо треба добути більше амоніаку NH_3 , то систему слід охолоджувати. Тоді втрачена теплота поповнюватиметься за рахунок перебігу прямої реакції, що відбувається з виділенням теплоти. Отже, нові й нові порції азоту й водню реагуватимуть між собою. І навпаки, підвищення температури викличе прискорення зворотної реакції, тобто розкладання амоніаку.

3. Вплив тиску. Якщо стискувати газу, то реакція між ними змушена відбуватися в бік утворення речовин, які займають менший об'єм (мал. 67). Зверни увагу на число молів у лівій і правій частинах рівняння синтезу амоніаку. У лівій частині разом 4 моль, а в правій — 2 моль. Отже, реакція відбувається зі зменшенням об'єму, тому збільшення тиску сприятиме зміщенню рівноваги праворуч, у бік утворення амоніаку.

Якщо реакція відбувається без зміни об'ємів реагуючих газів, наприклад:



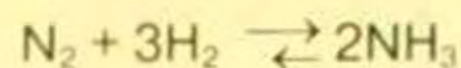
то тиск не впливатиме на стан рівноваги.

Зверни увагу, що каталізатор, який помітно впливає на швидкість реакції, зовсім не впливає на зміщення рівноваги, оскільки він однаковою мірою прискорює як пряму, так і зворотну реакції.

Усі наведені міркування про способи зміщення хімічної рівноваги дослідив французький учений Ле Шательє. Він сформулював загальний принцип зміщення хімічної рівноваги, який названо на його честь *принципом Ле Шательє*:

зовнішній вплив на систему, яка перебуває у стані рівноваги, сприяє перебігу тієї реакції, яка послаблює цей вплив.

Екзотермічна реакція



Ендотермічна реакція



Мал. 67. Вплив тиску на рівновагу

Підвищення тиску зміщує рівновагу в бік зменшення числа молів газу, тобто зниження тиску



Ле Шательє Анрі-Луї
(1850—1936)

Французький фізико-хімік і металознавець. Установив (1884) закон зміщення термодинамічної рівноваги (принцип Ле Шательє). Досліджував процеси, що відбуваються за високих температур, металічні сплави. Сконструював металографічний мікроскоп



Мал. 68. Між осадом і його насиченим розчином існує хімічна рівновага: частина речовини з осаду безперервно переходить у розчин, а з розчину — в осад. Кількість речовини осаду і концентрація розчину при цьому не змінюються

Виходить, що система ніби намагається протистояти зміні зовнішніх умов (зміні температури, тиску, концентрації). Коли, наприклад, температуру екзотермічної реакції підвищують за допомоги нагрівання, то зрозуміло, сама система не може послабити зовнішнє нагрівання. Проте рівновага в системі зміщується у бік ендотермічної реакції, яка відбувається із вбиранням теплоти.

Проведення оборотних реакцій у промисловості не вигідне, оскільки вихід продукту занадто малий. Однак це неминуче. Тому високо цінується вміння керувати хімічною рівновагою, створювати для оборотних реакцій такі умови, за яких рівновага зміщується в бік утворення кінцевих продуктів, і оборотна реакція практично стає необоротною.

У необоротних реакцій зворотний процес також має місце. Проте виражений він дуже слабо. Тому необоротні реакції практично відбуваються до кінця. До них відносять зазвичай ті реакції, під час перебігу яких:

- ✓ один із продуктів, що утворюється, виходить зі сфери реакції — випадає в осад або виділяється у вигляді газу:

$$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{BaCO}_3\downarrow + 2\text{NaNO}_3;$$

$$\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O};$$
- ✓ утворюється малодисоційована сполука (слабкий електроліт):

$$\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O};$$
- ✓ реакція супроводжується виділенням великої кількості енергії:

$$2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}; \quad \Delta H = -1\,205 \text{ кДж.}$$

ВИСНОВКИ

Хімічні реакції поділяються на оборотні й необоротні.

Оборотні реакції одночасно відбуваються у двох протилежних напрямках — у прямому і зворотному. Самочинний перебіг оборотних реакцій відбувається не до кінця, а до певної межі — до встановлення в системі хімічної рівноваги. Після настання рівноваги концентрації речовин як вихідних, так і продуктів реакції за цих умов залишаються незмінними.

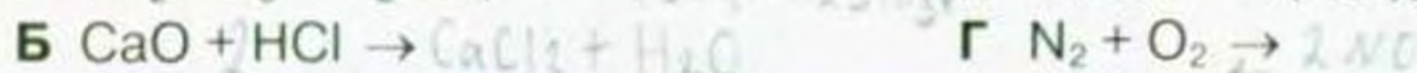
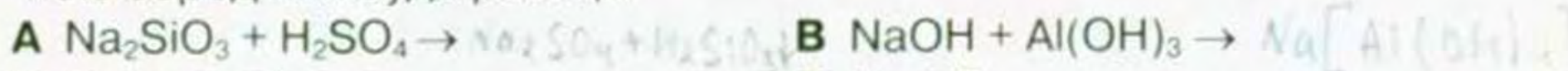
На стан хімічної рівноваги впливають концентрація речовин, температура і тиск (для газів). Під їх впливом рівновага зміщується в той бік — у бік прямої чи зворотної реакції, — що послаблює цей вплив (суть принципу Ле Шательє).

Завдання для самоконтролю

1. За якою ознакою реакції поділяють на оборотні та необоротні? За яких умов реакція буде необоротною? Наведи відповідні рівняння.

2. Що таке хімічна рівновага та чому вона називається динамічною? Відповідь мотивуй.

3. Напиши рівняння реакцій між зазначеними речовинами і вкажи, що оборотною серед них буде реакція



4. Із зазначених нижче чинників на стан хімічної рівноваги не впливає

A температура;

В концентрація реагуючих речовин;

Б тиск;

Г збільшення площі поверхні реагуючих речовин.

5. Рівновага термохімічної реакції, що відбувається за рівнянням



зміщується ліворуч у разі

A підвищення температури;

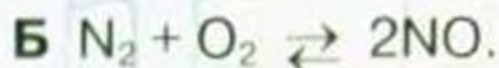
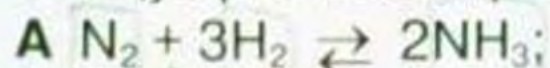
В зменшення тиску;

Б зниження температури;

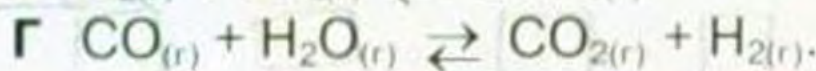
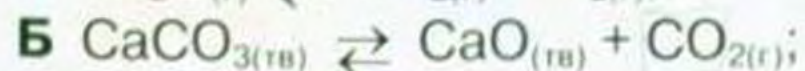
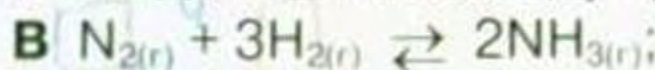
Г збільшення тиску.

Додаткові завдання

6. Поясни, чому підвищення тиску зміщує (в який бік?) рівновагу реакції **A** і не зміщує рівноваги реакції **Б**

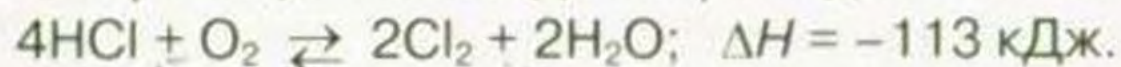


7. Збільшення тиску в системі спричинить підвищення виходу продукту в реакції



8*. З підвищенням температури рівновага реакції, що відбувається за рівнянням
$$2\text{SO}_{2(r)} + \text{O}_{2(r)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(r)}; \quad (-\Delta H) \text{ або } \Delta H = -7 \text{ кДж}$$
зміщується ліворуч. Зроби висновок про знак теплового ефекту реакції. Відповідь обґрунтуй.

9*. У замкнутій системі реакція взаємодії хлороводню з киснем є оборотною



Хімічну рівновагу зміщують у бік збільшення концентрації хлору такі чинники, як

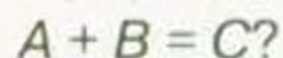
A збільшення тиску;

B підвищення температури;

Б наявність каталізатора;

Г збільшення концентрації кисню.

10*. Що ти можеш сказати про реакцію, загальний вигляд якої



На підставі наведеної діаграми:

A реакція відбувається дуже швидко;

Б реакція екзотермічна;

B реакція ендотермічна;

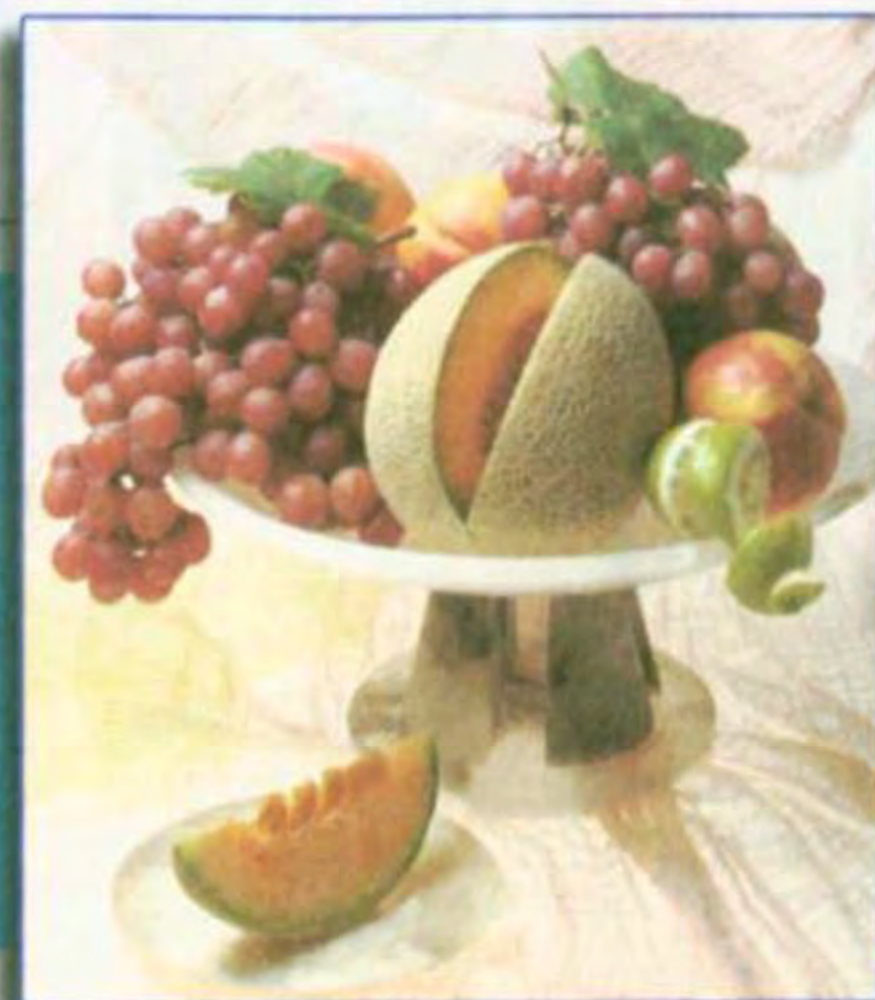
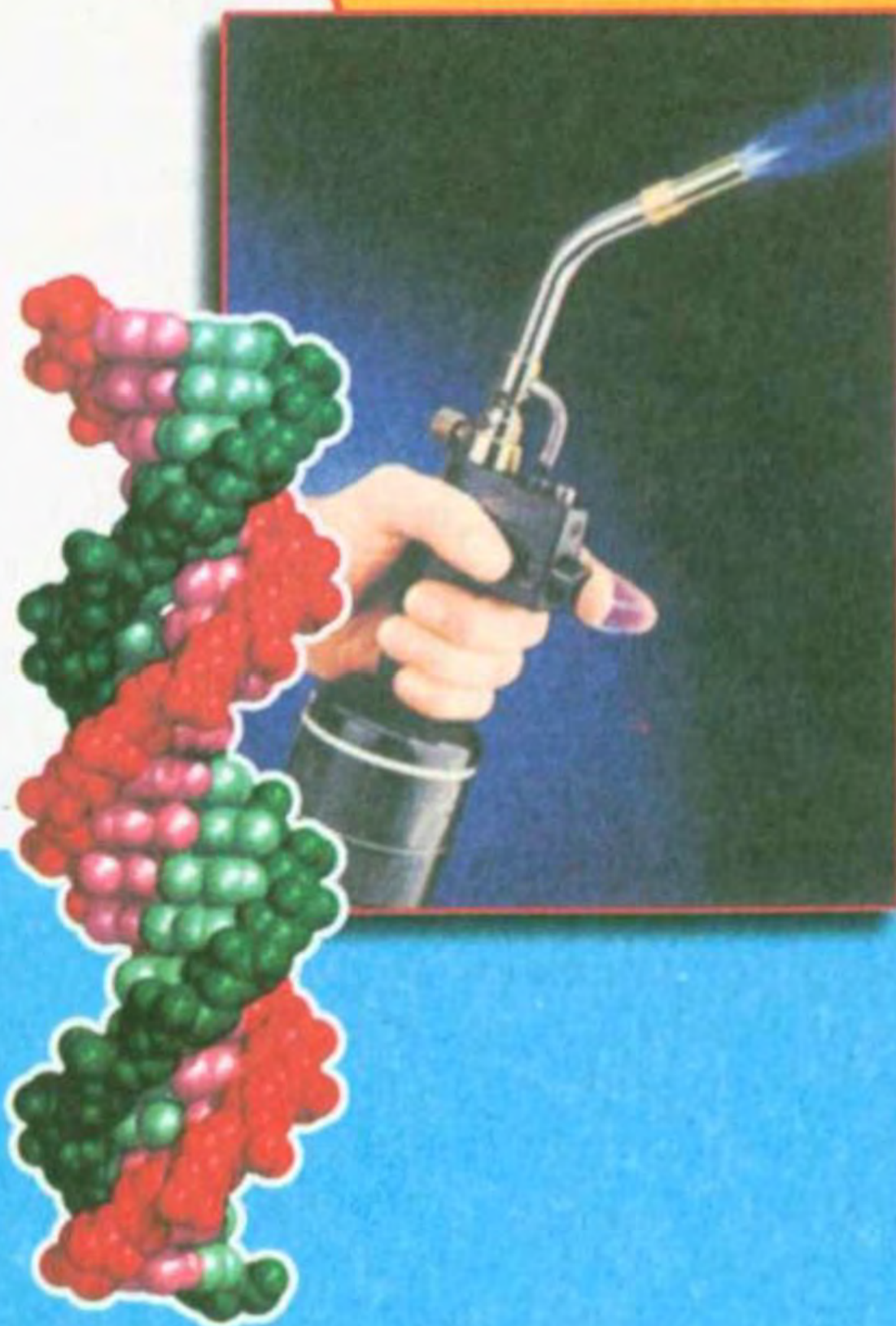
Г діаграма показує стан рівноваги.



РОЗДІЛ

III

НАЙВАЖЛИВІШІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ



§ 19. ЩО ТАКЕ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

Тобі треба

розуміти суть понять: органічні сполуки, органічна хімія;

розрізняти: органічні й неорганічні сполуки;

називати: характерні особливості органічних речовин

Карбон — основний хімічний елемент органічних сполук



Мал. 69. Продукти і матеріали органічної хімії

Мило, оцет, олія, цукор, папір, гума складаються з органічних речовин

Органічні речовини навколо нас. Серед сполук різних елементів окрему групу становлять ті, що утворені Карбоном, так звані *органічні сполуки*. Цей термін виник на початку ХІХ ст. і не випадково має спільний корінь зі словом «організм». Тоді вважалося, що органічні речовини можна виділяти з продуктів рослинного й тваринного походження і вивчати їх у готовому вигляді, але неможливо добути в лабораторії з інших речовин, тобто хімічним способом.

Справді, живі організми є ніби хімічними лабораторіями, де утворюються і розкладаються органічні речовини. Проте, як виявилось, їх можна добути і в лабораторних умовах. З часом було розроблено безліч способів добування органічних речовин синтезом, зокрема з неорганічних речовин. Але назва «органічні сполуки» збереглася, і галузь хімічної науки, яка вивчає сполуки Карбону, традиційно називають *органічною хімією*. Зазначимо, що оксиди Карбону, карбонати та деякі інші сполуки Карбону належать до неорганічних.

Навколо нас — переважно органічні речовини: з них виготовлено меблі, одяг, взуття. Харчові продукти — жири, цукор — також належать до органічних

сполук. Папір для книжки, яку ти зараз читаєш, виготовлений із целюлози, що є органічною речовиною (мал. 69). З органічних речовин будуються рослинні та тваринні організми, а життєво важливі біохімічні процеси, що відбуваються в них, є реакціями органічних сполук.

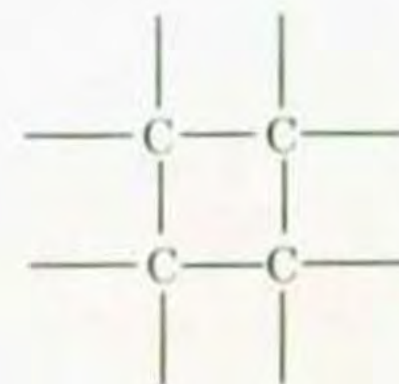
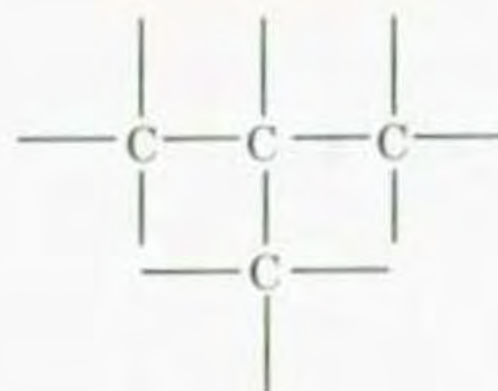
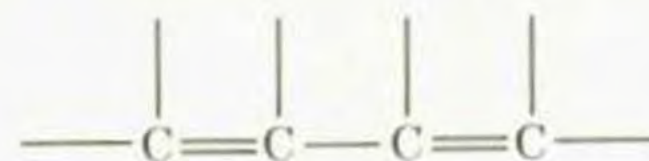
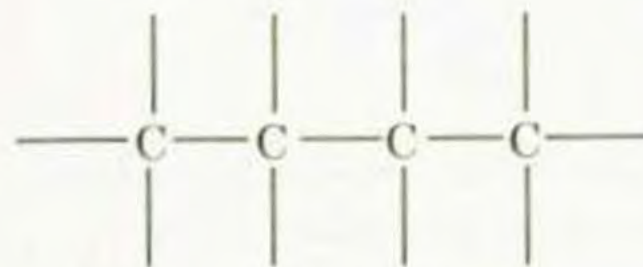
Люди здавна використовували органічні речовини та їхні перетворення. Обробкою жирів рослинним попелом добували мило — органічну сполуку, виробляли барвники рослинного й тваринного походження — індиго, пурпур та ін. Вино, оцет виготовляли бродінням виноградного соку (при цьому взаємодіють органічні речовини). До складу засобів стародавньої медицини та косметики також входили органічні речовини.

Особливості органічних сполук. Які ж особливості сполук Карбону зумовлюють вивчення їх окремо від сполук інших елементів? Насамперед, сполук Карбону у багато разів більше, ніж тих, що його не містять. Нині відомо понад 20 мільйонів органічних речовин. Щороку їх кількість поповнюється 200—300 тисячами нових, добутих синтетично. Зважте, що неорганічних речовин відомо лише близько 200 тисяч.

Атоми Карбону здатні послідовно сполучатися між собою, утворюючи молекули різноманітної форми: прямі й розгалужені, довгі й короткі ланцюги, кільця.

Є сполуки, що містять у молекулі один атом Карбону, як у відомому тобі газі метані CH_4 , є такі, до складу яких входять тисячі цих атомів, як у поліетилені. Крім них, молекули органічних речовин можуть містити атоми Гідрогену, Оксигену,

Атоми Карбону утворюють молекули різноманітної форми:



CH_4
Метан



Фрагмент молекули поліетилену

Нітрогену, галогенів, Сульфуру, Фосфору та деяких інших елементів.

№3 На відміну від неорганічних речовин, якісний склад органічних сполук обмежений кількома хімічними елементами, проте кількісний — значно багатший.

№6 Валентність більшості елементів у неорганічних сполуках є змінною (пригадай сполуки, в яких Сульфур, Фосфор, Нітроген мають різну валентність), а елементи органічних сполук виявляють значно менше валентних станів. Карбон в органічних речовинах завжди чотиривалентний.

В органічних сполуках Карбон завжди чотиривалентний

В органічних речовинах переважають ковалентні зв'язки між атомами

Різноманітніші й види хімічних зв'язків у неорганічних речовинах — йонний, ковалентний, металічний. Органічні ж речовини утворюються переважно завдяки ковалентним зв'язкам, хоча є серед них і йонні сполуки.

Кристалічні ґратки більшості органічних сполук молекулярні, через це вони легкоплавні, часто мають запах. Йонні неорганічні речовини важкоплавкі, стійкі проти нагрівання (температура плавлення натрій хлориду становить 800°C). Органічні сполуки згоряють з утворенням води й вуглекислого газу і виділенням теплоти або розкладаються під час нагрівання до $300\text{—}400^{\circ}\text{C}$ (мал. 70). Горючість органічних речовин зумовлює їх використання у вигляді палива і пального (вугілля, деревина, гас, бензин тощо).

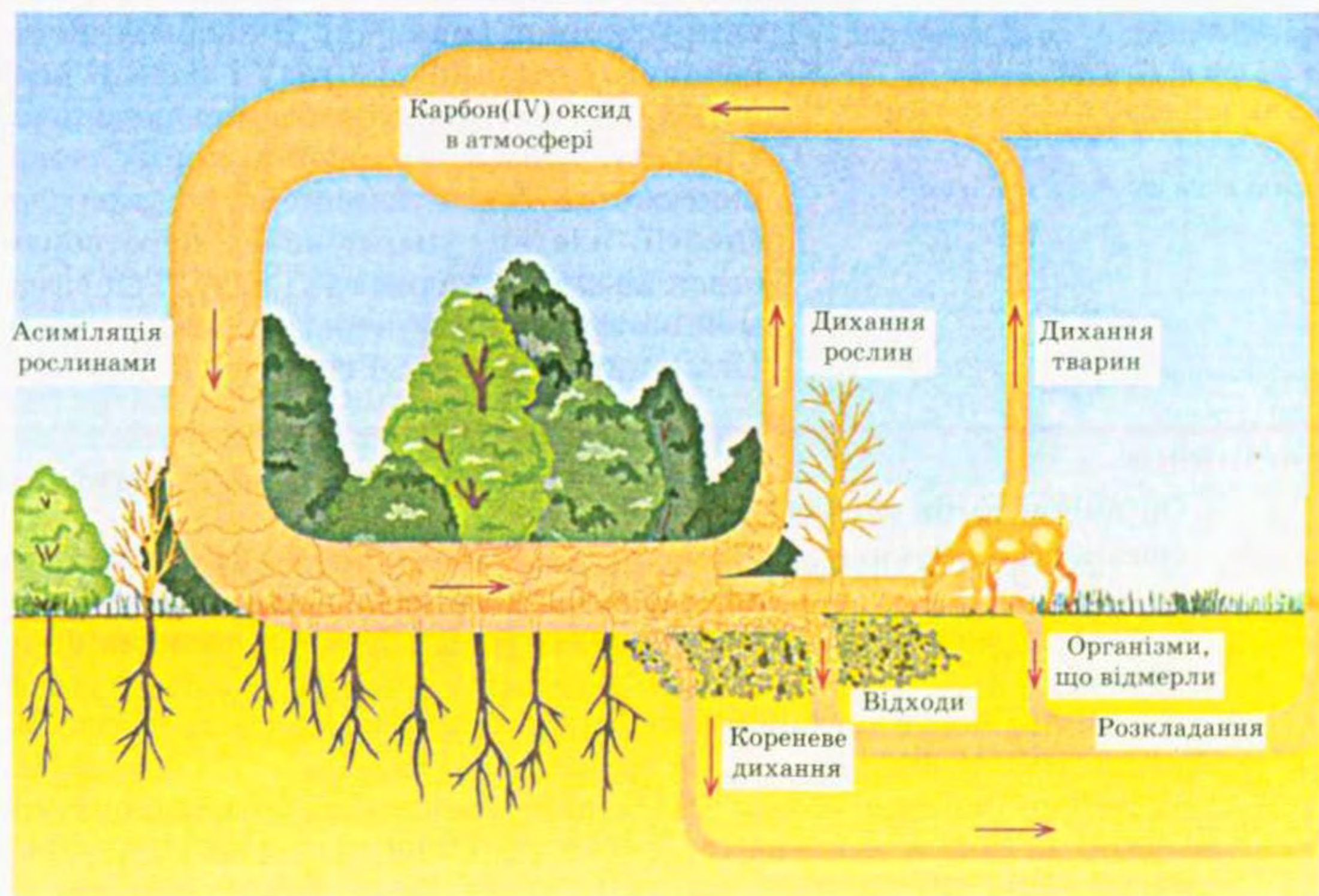
Проводячи реакції між неорганічними речовинами, ти часто використовував їхні водні розчини. Органічні ж речовини здебільшого не розчиняються у воді. Для вибавлення з тканини плям органічного походження, наприклад, масних, треба



Мал. 70. Під час горіння деревини утворюються вуглекислий газ і вода

застосовувати спеціальні органічні розчинники, а не воду.

Вивчаючи хімічні властивості неорганічних речовин, ти спостерігав утворення осадів, газів, зміну забарвлення тощо, при цьому ефект з'являвся одразу ж після змішування речовин, тобто реакції відбувалися швидко, практично миттєво. Органічні речовини реагують між собою зазвичай повільно, до того ж реакції можуть мати кілька напрямків, з утворенням різних побічних продуктів. У рівняннях реакцій органічних сполук записують лише основні продукти, тож замість знака рівності прийнято ставити стрілку.



Мал. 71. Колообіг Карбону

114

Однак, незважаючи на істотні відмінності між органічними та неорганічними речовинами, поділ їх на ці дві групи є умовним. Утворення і реакції органічних речовин відбуваються за тими самими законами, що й для неорганічних речовин. Серед органічних речовин є розчинні у воді сполуки, електроліти (наприклад, солі органічних кислот), є термостійкі (наприклад, відомий тобі тефлон, з якого виготовляють жаростійке покриття посуду).

Органічні й неорганічні речовини здатні до взаємного перетворення

Органічні та неорганічні речовини об'єднує і те, що вони можуть взаємно перетворюватися. Пригадай колообіг речовин у природі (мал. 71). З неорганічних речовин вуглекислого газу і води в рослинах синтезується органічна речовина глюкоза. Спожита у вигляді корму, вона використовується тваринами як джерело енергії, але при цьому знову перетворюється на вуглекислий газ і воду. Так само можна простежити перетворення сполук Нітрогену, Оксигену, Гідрогену, Фосфору.

ВИСНОВКИ

Органічна хімія вивчає сполуки Карбону.

Органічні сполуки дуже поширені: з них виробляють харчові продукти, тканини, ліки, папір, пальне та багато іншого.

Органічні речовини становлять основу рослинних і тваринних організмів.

Атоми Карбону в органічних сполуках можуть утворювати молекули різноманітної форми.

Органічні сполуки мають такі характерні ознаки: переважно ковалентні зв'язки між атомами, молекулярні кристалічні ґратки, горючість, погана розчинність у воді. Поділ на органічні й неорганічні речовини — умовний.

Завдання для самоконтролю

1. Який елемент становить основу складу органічних сполук?
2. Чому, на твою думку, кількість органічних речовин значно переважає кількість неорганічних речовин?
3. Чим відрізняються органічні та неорганічні речовини?
4. Поясни умовність терміна «органічна хімія».
5. Розглянь предмети навколо себе. Які з них, на твою думку, виготовлені з матеріалів на основі органічних речовин?

Додаткові завдання

6. Склади порівняльну таблицю неорганічних і органічних речовин за ознаками, що розглядалися в тексті параграфа.
7. Доповни мал. 71 відомими тобі прикладами колообігу Карбону.

§ 20. МЕТАН

Тобі треба знати: молекулярну і структурну формули, застосування метану; фізичні й хімічні властивості метану;

вміти пояснювати: будову атома Карбону в основному і збудженому станах, утворення хімічних зв'язків у молекулі метану;

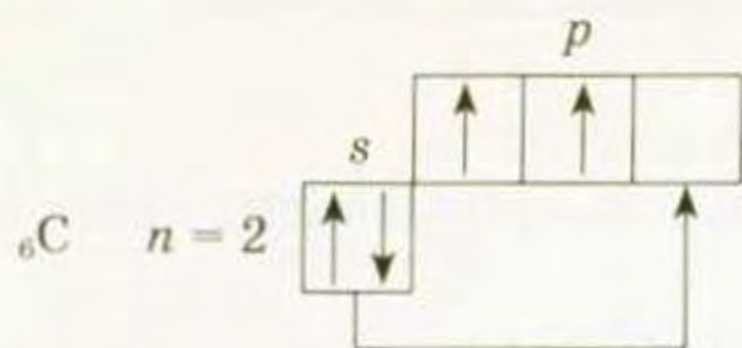
вміти складати: рівняння хімічних реакцій метану;

розуміти суть понять: повне і часткове окиснення.

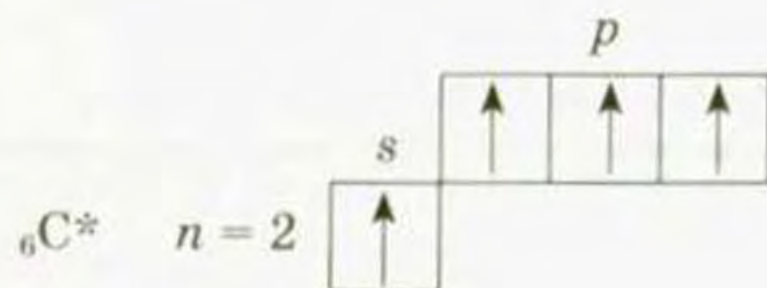
Склад і будова молекули. Найпростішою органічною сполукою, до складу якої входять лише один атом Карбону і чотири атоми Гідрогену, є **метан**, його молекулярна формула CH_4 .

Щоб з'ясувати електронну будову молекули метану, пригадай електронну будову атома Карбону.

Його електронна формула $1s^2 2s^2 2p^2$. В основному стані у зовнішньому електронному шарі атома містяться 4 елек-



Мал. 72. Основний стан атома Карбону



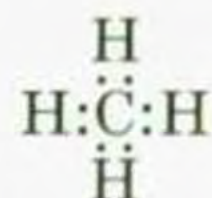
Мал. 73. Збуджений стан атома Карбону

трони: два s - і два p -електрони, а одна p -орбіталь є вільною (мал. 72).

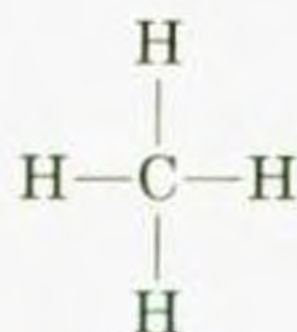
Під час утворення сполуки атом Карбону переходить у збуджений стан, при цьому один s -електрон переміщується на вільну p -орбіталь (мал. 73). Відтак у атомі Карбону в зовнішньому шарі містяться чотири неспарені електрони, завдяки яким можуть утворюватися чотири зв'язки з іншими атомами, тобто Карбон виявляє валентність чотири.

Атоми Гідрогену мають по одному електрону і є одновалентними. Надаючи у спільне користування чотири електрони, атом Карбону утворює чотири ковалентні зв'язки з чотирма атомами Гідрогену.

Позначивши валентні електрони крапками, дістанемо електронну формулу метану:



Замінімо крапки, що позначають електронні пари, рисками — матимемо структурну формулу метану:



Структурні формули, якими часто користуються в органічній хімії, є площинними схемами молекул, що відбивають лише послідовність розміщення атомів у молекулах. Реальна ж їхня будова відрізняється від схематичного зображення, оскільки атоми розміщуються у триви-

мірному просторі. Доведено, що молекула метану має форму правильної тригональної піраміди (тетраедра). Якщо атом Карбону вписати в середину цієї геометричної фігури, то чотири валентні зв'язки спрямовуються під кутом $109,5^\circ$ до вершин тетраедра, де розміщуються атоми Гідрогену (мал. 74).

Тетраедричний напрям зв'язків дає змогу валентним електронам перебувати на максимальній відстані один від одного. Така будова молекули зумовлена електронною будовою атома Карбону і підтверджується фізико-хімічними дослідженнями.

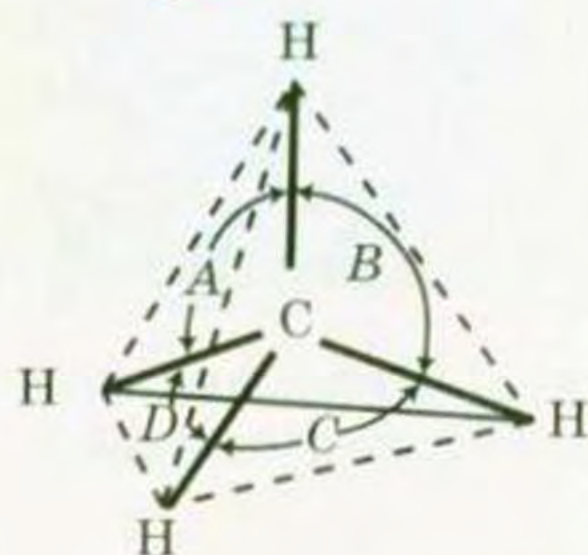
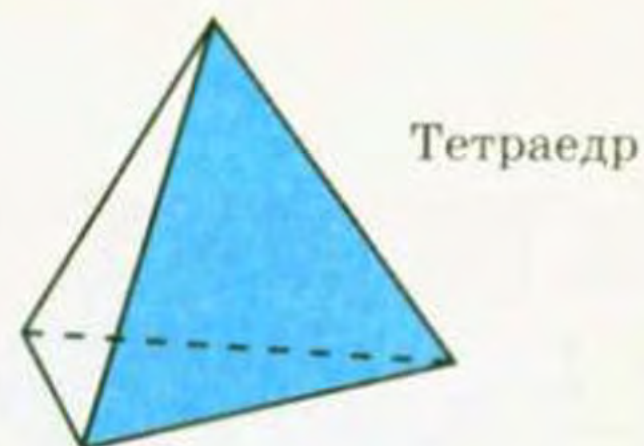
Реальну будову молекул можна передати за допомоги моделей. Для конструювання моделей атома Карбону і Гідрогену виготовляють у вигляді кульок, а хімічні зв'язки — у вигляді стержнів, тому такі моделі називають *кулестержневими* (мал. 75).

Використовують також *масштабні* моделі, в яких розміри атомів і зв'язків передаються точніше, пропорційно реальним розмірам молекул (мал. 76).

Фізичні властивості й поширення у природі. За нормальних умов метан — газ, безбарвний, без запаху, майже вдвічі легший за повітря. У воді майже не розчиняється, але добре розчинний в органічних розчинниках.

Природний газ, що надходить до газової магістралі, на 98 % складається з метану і має, як ти знаєш, неприємний запах. Він спричинений добавлянням спеціальних речовин, що пахнуть.

- З якою метою, на твою думку, це роблять?



$$A = B = C = D = 109,5^\circ$$

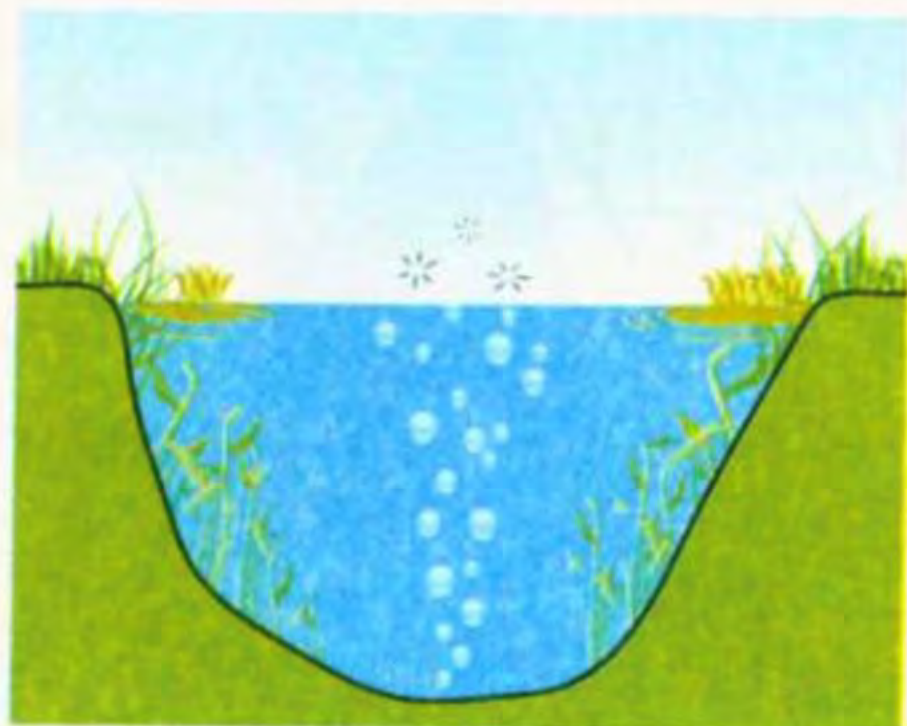
Мал. 74. Тетраедрична будова молекули метану



Мал. 75. Метан: кулестержнева модель молекули



Мал. 76. Метан: масштабна модель молекули



Мал. 77. Утворення метану в заболоченій водоймі

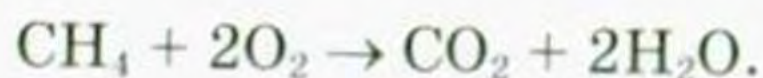
Як основа природного газу метан утворився в надрах Землі. Учені припускають, що це відбулося внаслідок високо-температурних реакцій.

У природі можна спостерігати метан, що утворюється під час гниття рослинних решток без доступу повітря. На болотах він утворює бульбашки на поверхні води (болотний газ) (мал. 77). У вугільних шахтах є рудниковий газ — це теж метан.

Метан є не тільки на Землі. Він становить основу атмосфери планет Юпітера і Сатурна.

Хімічні властивості

1 **Реакції окиснення.** Одна з найважливіших хімічних властивостей метану знайома тобі з побуту — реакція горіння. Ця реакція відбувається під час згоряння природного газу, який надходить газопроводами. У результаті згоряння метану так само, як і інших органічних речовин, утворюються вода й вуглекислий газ:



Продукти реакції можна виявити за допомоги досліду.

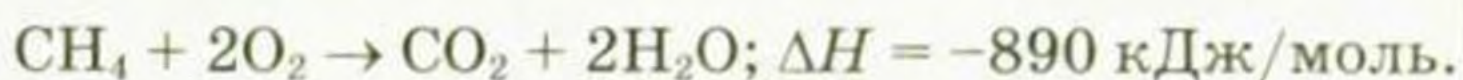
Дослід. Підпалимо метан, зібраний у циліндрі, або опустимо газовідвідну трубку з полум'ям метану у скляний циліндр. По деякім часі помітимо утворення роси на стінках циліндра. Додавимо в циліндр вапняної води; стікаючи по стінках циліндра, вона стає каламутною. Отже, внаслідок горіння метану виділяються вода і вуглекислий газ. Ці продукти утворилися з Карбону і Гідрогену, які

H_2O
 CaCO_3

є у складі метану. Дослід підтверджує якісний склад цієї сполуки.

- Пригадай, як відбувається реакція вуглекислого газу з вапняною водою. Склади хімічне рівняння. Чому вапняна вода стає каламутною?

Крім продуктів окиснення, виділяється також велика кількість теплоти (мал. 78). Термохімічне рівняння реакції горіння метану записують так:



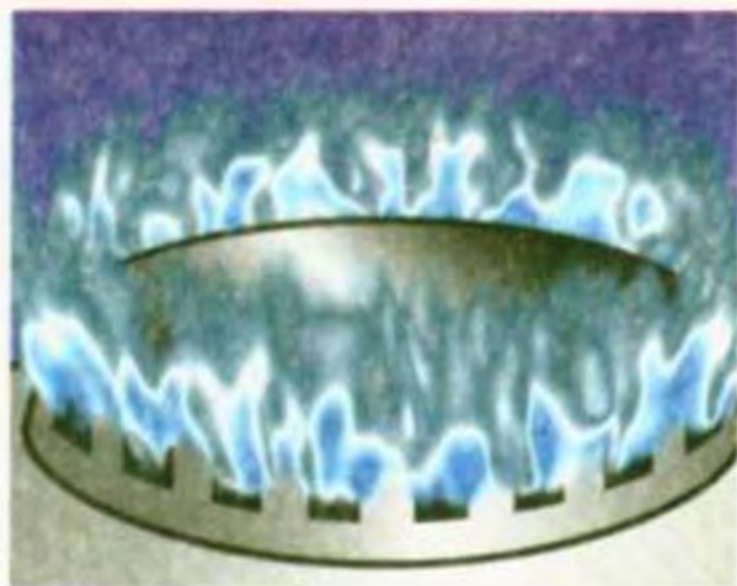
- Пригадай, як називають реакції, що відбуваються з виділенням теплоти.

З хімічного погляду, горіння метану — це реакція **повного окиснення**. У разі нестачі кисню метан окиснюється неповністю — відбувається реакція **часткового окиснення** і замість карбон(IV) оксиду утворюється вуглець (у вигляді сажі) та карбон(II) оксид. Це — дуже токсична речовина без запаху і кольору. Слід знати, що за умов неповного окиснення метану в побутових газових приладах його полум'я набуває жовтого забарвлення завдяки розжареним частинкам вуглецю.

- Пригадай із курсу біології, що відбувається в організмі під дією чадного газу. Яким чином можна вберегтися від отруєння ним?

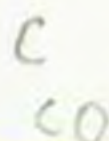
Метан утворює вибухонебезпечні суміші з киснем і повітрям. Вибух може статися навіть від іскри, якщо концентрація метану досягає критичної, ось чому слід дотримуватися правил безпеки, постійно провітрювати приміщення, де встановлено газові опалювальні прилади.

2 За стандартних умов метан не взаємодіє з окисниками, наприклад, із калій перманганатом KMnO_4 .



Мал. 78. Горіння метану в газовій конфорці кухонної плити

Горіння — це реакція повного окиснення



Жовте полум'я газового пальника свідчить про неповне згоряння метану й утворення токсичних речовин

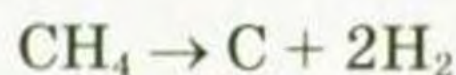
Метан — вибухонебезпечна сполука

Метан стійкий проти дії окисників

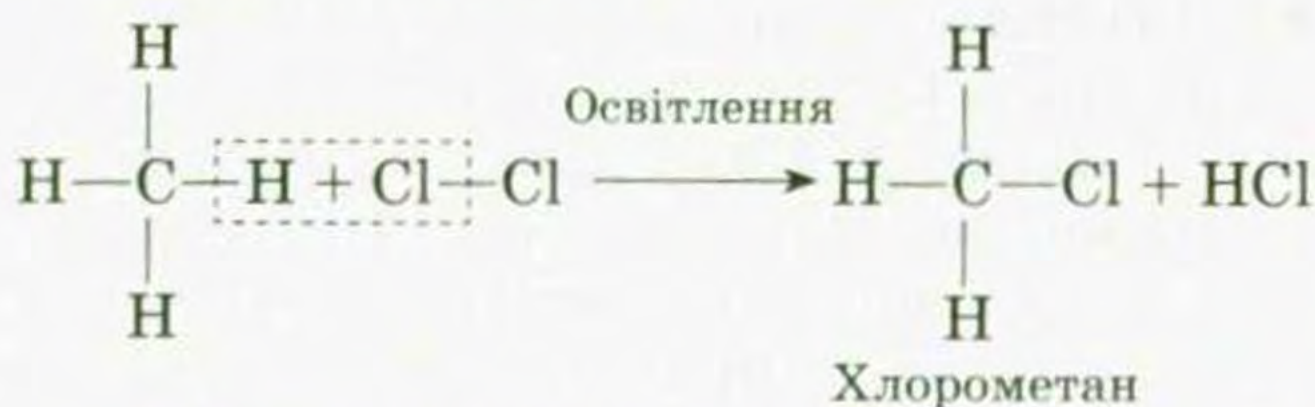
Дослід. Пропустімо метан крізь розчин калій перманганату. Фіолетове забарвлення розчину не зникне, реакція не відбувається.

Не діють на метан і кислоти та луги.

Реакція розкладу. З нагріванням метану до високої температури (понад 1000 °C) без доступу кисню відбувається реакція розкладу з утворенням вуглецю і водню:

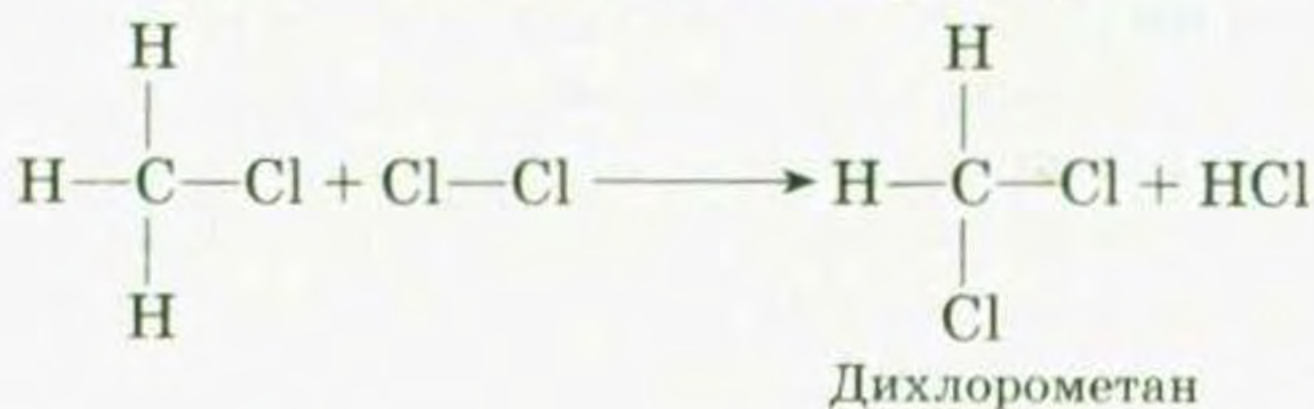


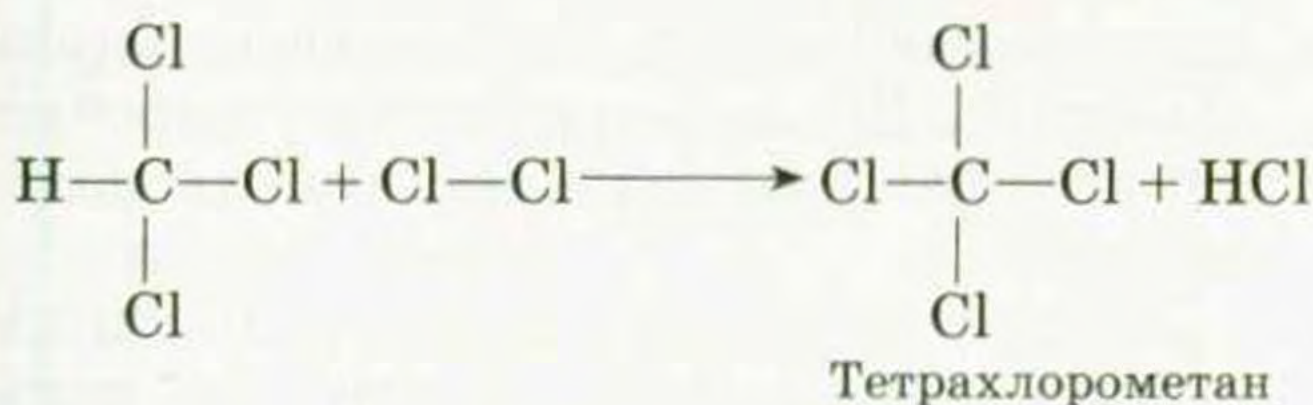
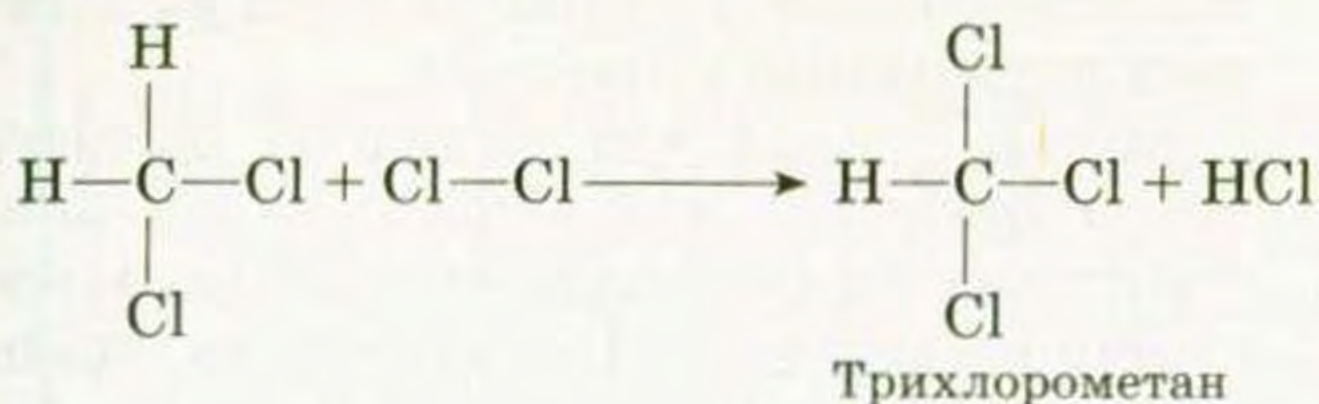
Реакція заміщення. Метан вступає в реакцію з хлором Cl_2 . Під час освітлення скляної посудини з сумішшю цих двох газів ультрафіолетовим промінням або під час нагрівання відбувається реакція **хлорування метану**:



На розсіяному сонячному світлі реакція відбувається повільно, можна спостерігати поступове зникнення жовто-зеленого забарвлення хлору, що витрачається на взаємодію з метаном.

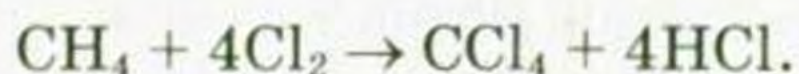
За хімічним характером це — реакція заміщення. Вона не припиняється на першій стадії, а відбувається до повного заміщення всіх атомів Гідрогену:





- Напиши рівняння наведених реакцій, використовуючи молекулярні формули.

Сумарне рівняння повного хлорування метану:



На практиці утворюється суміш одно-, дво-, три-, чотиризаміщених сполук, так званих *хлоропохідних* метану.

На основі викладеного вище зробимо висновки щодо хімічної активності метану. Для того щоб він прореагував, потрібно нагріти його до високої температури або підпалити, застосувати такий активний реагент, як хлор. Отже, метан — доволі інертна сполука. Для нього є характерними реакції заміщення, він не вступає в реакції приєднання.

Застосування метану. Хоча склад метану як основи болотного і рудникового газів було визначено на початку XIX ст., його широке використання почалося лише за сто років після цього. Завдяки теплоті, що виділяється внаслідок згоряння метану, він використовується як

Для метану є характерними реакції заміщення

За звичайних умов метан — інертна сполука



Мал. 80. Тетрахлорометан — засіб гасіння вогню

відносно дешеве паливо у побуті та багатьох промислових процесах.

Метан — основна складова біогазу, що утворюється внаслідок розкладання побутових та сільськогосподарських органічних відходів. Біогаз можна використовувати для опалення приміщень, економлячи природний газ, запаси якого обмежені. Це водночас вирішує проблему утилізації відходів органічного походження.

Широко застосовуються продукти хімічних перетворень метану: вуглець (сажа) — для виготовлення гуми, друкарських фарб; водень — у синтезі амоніаку; хлорометан CH_3Cl використовується в органічному синтезі; дихлорометан CH_2Cl_2 , трихлорометан CHCl_3 — розчинники; трихлорометан (інша назва хлороформ) CHCl_3 довгий час використовувався в медицині як знеболювач під час хірургічних операцій; тетрахлорометан CCl_4 — засіб гасіння вогню (мал. 80). Продукти термічного розкладу та неповного окиснення метану є вихідними для виготовлення пластмас, використовуються в органічному синтезі.

ВИСНОВКИ

Метан — найпростіша органічна сполука.

У молекулі метану, як і в інших органічних сполуках, атом Карбону — чотиривалентний, тобто утворює чотири ковалентні зв'язки.

Молекула метану має тетраедричну будову.

Метан — хімічно стійка сполука за стандартних умов. У спеціальних умовах він вступає в реакції окиснення й заміщення.

Метан горить з утворенням вуглекислого газу і води.

Метан — основа природного газу.

Метан використовують як паливо, а продукти його хімічної переробки — в різних галузях господарства.

Завдання для самоконтролю

1. Що означає риска у структурній формулі органічної речовини? *с 126 ↑ р. 3, 10, 15, 16*
2. Як можна довести на досліді хімічний склад метану? *с 128 ↑ р. 7-1 с 129 ↓ р. 1, 2*
3. Який тип зв'язків між атомами в молекулі метану? *с 126 ↓ р. 15-17*
4. Поясни просторову будову молекули метану. *с 127 ↓ р. 1-8*
5. Завдяки якій властивості метану його можна спостерігати у вигляді бульбашок на поверхні заболочених водойм? *с 127 ↑ р. 7-9*
6. В які реакції вступає метан? Напиши рівняння, визнач типи реакцій. *с 128-131*
7. Познач речовини, що утворюються в результаті неповного згоряння метану.
А Карбон(IV) оксид і вода;
Б вуглець і водень;
В карбон (II) оксид і вуглець;
Г карбон(II) оксид і водень.
8. Назви хлоропохідні сполуки метану.
9. Поясни, виходячи з рівняння реакції горіння метану, чому він використовується як паливо.
10. Метан містить 5 % (за об'ємом) негорючих домішок. Для добування 2 670 кДж теплоти треба спалити такий газ об'ємом (н. у.)
А 67,2 л; **В** 22,4 л;
Б 70,6 л; **Г** 11,2 л.

Додаткові завдання

11. Метан можна синтезувати з простих речовин. Склади рівняння реакції.
12. Чи має попередня реакція практичне значення; теоретичне? Дай пояснення.
13. Обґрунтуй хімічними властивостями галузі застосування метану. Склади рівняння реакцій.
14. Порівняй реакції заміщення в органічній (метан з хлором) і неорганічній (метал з кислотою) хімії. Які відмінності ти виявив?
15. Сформулюй правила безпечного поводження з метаном у побуті.
16. Що тобі відомо про використання біогазу? Склади розповідь про це.

§ 21. ГОМОЛОГИ МЕТАНУ

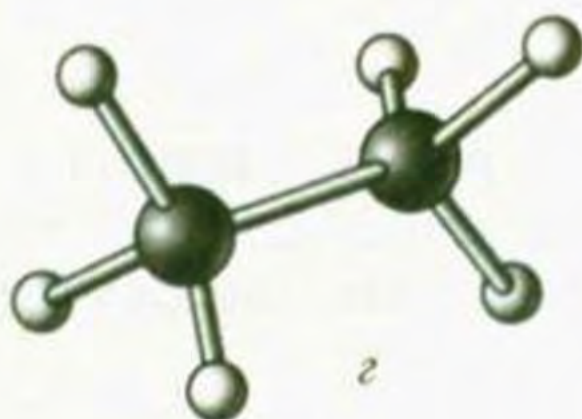
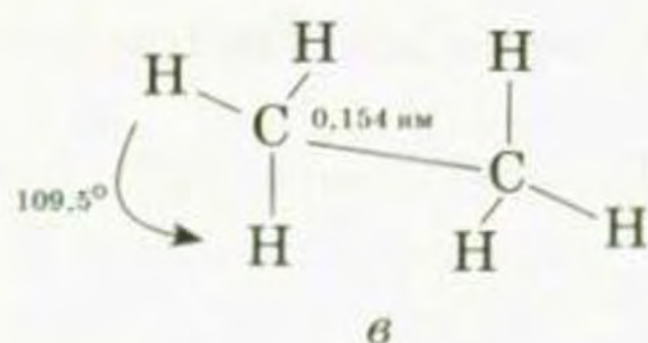
Тобі треба

знати: молекулярні й структурні формули, назви десяти гомологів метану, їхню загальну формулу;

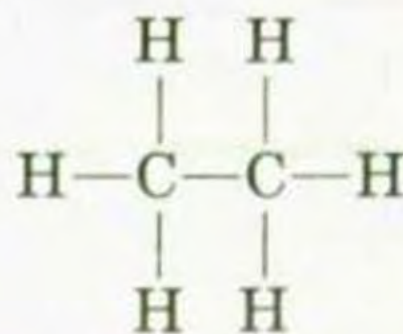
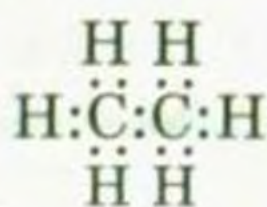
розуміти суть понять: насичені вуглеводні, парафіни, гомологи, гомологічний ряд;

вміти: пояснювати просторову будову карбонового ланцюга насичених вуглеводнів; складати рівняння хімічних реакцій гомологів метану, пояснювати їх застосування;

порівнювати: фізичні властивості гомологів метану.

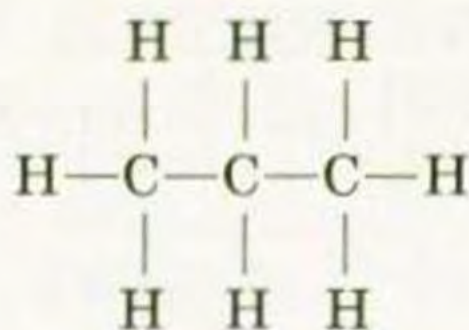


Склад і будова молекул. Ти вже знаєш, що атоми Карбону мають здатність сполучатися між собою, утворюючи ланцюги. Якщо два атоми Карбону сполучаються між собою ковалентним зв'язком, надаючи у спільне користування по одному електрону, то у кожного з атомів залишаються по три електрони, що можуть утворити спільні електронні пари з трьома атомами Гідрогену. Хімічний склад такої сполуки C_2H_6 . Її електронна та структурна формули:



Цю сполуку називають **етан** (мал. 81). Запишімо електронну формулу сполуки Карбону з Гідрогеном, у якій містяться три послідовно з'єднані атоми Карбону, пам'ятаючи, що Карбон чотири-, а Гідроген одновалентний:

Мал. 81. Етан: а — молекулярна формула; б — електронна формула; в — геометрія молекули; г — кулестержнева модель молекули; д — масштабна модель молекули



Структурні формули можна записувати у спрощеному вигляді. Наприклад, для етану CH_3-CH_3 , для пропану $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

Молекулярна формула **пропану** (саме так називають цю сполуку) — C_3H_8 .

До складу наведених сполук входять лише атоми Карбону і Гідрогену, що повністю використали свої валентності, інакше кажучи, валентності атомів Карбону повністю насичені атомами Гідрогену. Такі сполуки називають *насиченими вуглеводнями* (за старими назвами елементів вуглець і водень). До них належить і метан.

У таблиці 6 наведено характеристики насичених вуглеводнів за зростанням кількості атомів Карбону в молекулах.

Назви перших чотирьох сполук цього ряду склалися історично, а починаючи з пентану, утворюються від грецьких або латинських числівників додаванням суфікса *-ан*.

Таблиця 6. Насичені вуглеводні

| Назва сполуки | Молекулярна формула | Структурна формула (скорочена) | $t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$ |
|---------------|------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|
| Метан | CH_4 | | -162 |
| Етан | C_2H_6 | CH_3-CH_3 | -89 |
| Пропан | C_3H_8 | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | -42 |
| Бутан | C_4H_{10} | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$ | -0,5 |
| Пентан | C_5H_{12} | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3$ | 36 |
| Гексан | C_6H_{14} | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$ | 69 |
| Гептан | C_7H_{16} | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}_3$ | 98 |
| Октан | C_8H_{18} | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_6-\text{CH}_3$ | 126 |
| Нонан | C_9H_{20} | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}_3$ | 151 |
| Декан | $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_8-\text{CH}_3$ | 174 |

алкан

$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 13

Виготовлення моделей молекул вуглеводнів

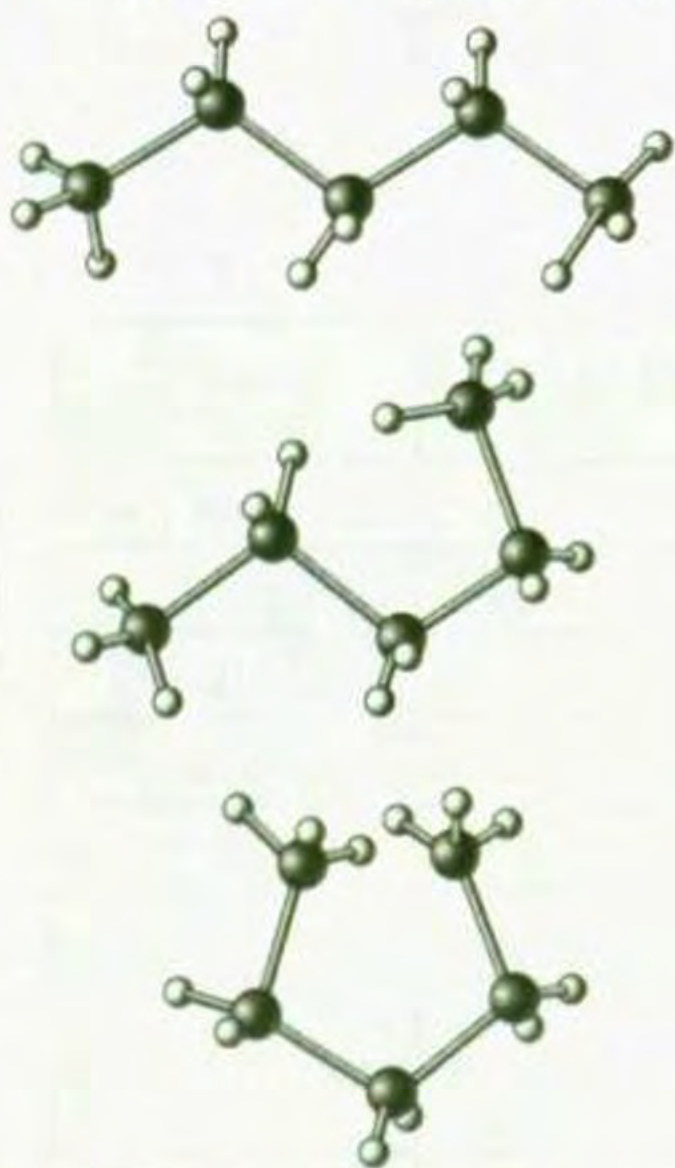
Моделі молекул можна зібрати з деталей стандартного набору заводського виробництва або виготовити самостійно з пластиліну й сірників.

Тобі знадобиться пластилін двох кольорів. Виготов п'ять кульок одного кольору більшого діаметра (атоми Карбону) і дванадцять кульок іншого кольору й меншого діаметра (атоми Гідрогену).

Щоб зібрати модель молекули метану, до однієї кульки більшого діаметра приєднай за допомоги сірників (хімічні зв'язки) кульки меншого діаметра. Дотримуйся тетраедричного напрямку хімічних зв'язків, тобто під кутом $109,5^\circ$ один до одного.

Для виготовлення моделей молекул гомологів метану послідовно сполучай між собою кульки більшого діаметра та потрібну кількість кульок меншого діаметра. Пильнуй, щоб атоми Карбону були чотиривалентні!

З'єднуючи атоми Карбону з дотриманням тетраедричного напрямку хімічних зв'язків, зверни увагу, що ланцюг атомів може набувати різної форми, як це показано на мал. 82.



Мал. 82. Моделі просторових форм молекули пентану

У молекулах насичених вуглеводнів навколо карбон-карбонових зв'язків за нормальних умов є можливим вільне обертання. Внаслідок цього молекула може набувати інших форм, як ти міг переконатися на досліді з моделями молекул. Зигзагувата будова карбонового ланцюга — енергетично найвигідніша, оскільки атоми в цьому разі максимально віддалені один від одного (мал. 82).

Слід пам'ятати: хоч би якої форми набував карбоновий ланцюг, послідовність сполучення атомів у молекулі залишається в усіх випадках тією самою і виражається структурною формулою. Сталими залишаються кути між атомами Карбону ($109,5^\circ$) та довжина зв'язків. Між атомами Карбону вона становить $0,154$ нм (мал. 81).

Фізичні властивості. Агрегатний стан речовин ряду, родоначальником якого є метан, змінюється (за нормальних умов) поступово від газуватого до твердого зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулі.

Як свідчать константи, наведені у таблиці 6, перші чотири речовини за нормальних умов — гази, далі йдуть рідини, а починаючи з вуглеводню складу $C_{18}H_{38}$ (у таблиці не наведено), — тверді речовини.

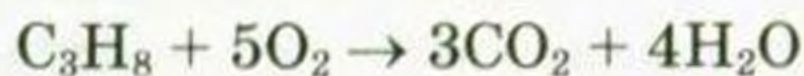
Насичені вуглеводні не розчиняються у воді, але розчинні в органічних розчинниках.

Сполуки складу $C_5—C_{17}$ мають характерний «бензиновий» запах.

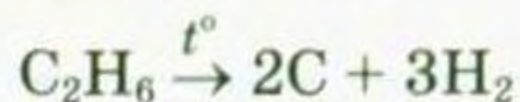
Пропан та бутан легко скраплюються за підвищеного тиску. Суміш цих газів (балонний газ) використовується в побуті як паливо.

Основне природне джерело насичених вуглеводнів — нафта.

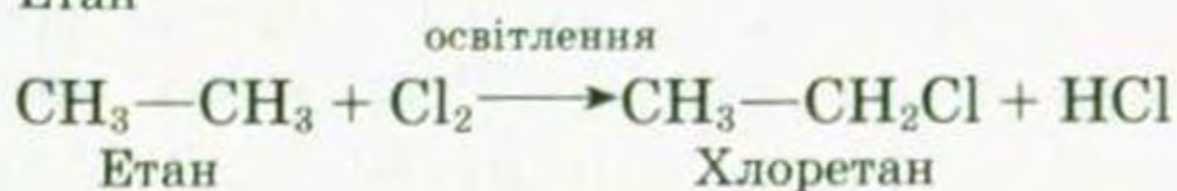
Хімічні властивості. За хімічними властивостями ці вуглеводні дуже схожі на метан: ¹горять, ²розкладаються під час нагрівання, ³вступають у реакції заміщення з хлором, ⁴не вступають у реакції приєднання:



Пропан



Етан



Етан

Хлоретан

- Порівняй ці реакції з реакціями метану.

Насичені вуглеводні є основою хімічного складу нафти

Насичені вуглеводні вступають у реакції горіння, розкладу, заміщення

Усі ці реакції відбуваються за певних додаткових умов: нагрівання до температури розкладання чи займання, світлового опромінення.

А за стандартних умов насичені вуглеводні доволі інертні, не реагують із кислотами, лугами, не окиснюються таким сильним окисником, як калій перманганат. У цьому можна переконатися на досліді, діючи на різні насичені вуглеводні розчинами названих речовин.

Саме хімічною стійкістю насичених вуглеводнів, відносною інертністю пояснюється їхня інша назва — *парафіни*.

Отже, насичені вуглеводні, або парафіни, мають подібні властивості, хоча й відрізняються кількісним складом молекул.

Уважно розглянувши таблицю 6, ти помітиш, що ця різниця виражається кількістю груп CH_2 :

| | |
|---------------------------------------------------|--------|
| CH_3-CH_3 | Етан |
| $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | Пропан |
| $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | Бутан |

Сполуки, що мають подібну будову молекул і подібні хімічні властивості й різняться між собою за складом на одну чи кілька груп CH_2 , називають **гомологами**, а ряд таких сполук — **гомологічним рядом** (від грец. *ὁμολογία* — відповідність). Група CH_2 — гомологічна різниця складу.

Явище гомології дуже поширене серед органічних речовин. Розглянуті нами метан, етан, пропан, бутан та інші вуглеводні належать до *гомологічного ряду метану*.

Термін *парафіни* походить від лат. *parum* — мало та *affinis* — споріднений



Мал. 83. Газозаправна станція

Загальна формула парафінів C_nH_{2n+2} . Знаючи її, можна вивести формулу будь-якої з цих сполук. Наприклад, формула насиченого вуглеводню, що містить 15 атомів Карбону, $C_{15}H_{32}$ (пентадекан).

Застосування. Як і метан (див. с. 131), його гомологи широко застосовують у різних галузях. *Пропан* та *бутан* — гази, що легко скраплюються. Це зумовлює їх використання у вигляді скрапленого балонного газу в побуті, на транспорті тощо (мал. 83, 84). З погляду екології цей вид пального прийнятніший для довкілля. Як і метан, його гомологи є сировиною для добування багатьох органічних речовин, із яких, своєю чергою, отримують інші сполуки.

Гомологи метану складу $C_5—C_{11}$ є основою пального для автомобільних двигунів (мал. 85).

Парафін є сумішшю твердих вуглеводнів із числом атомів Карбону в молекулі від 18 до 35. Його використовують у медицині, виробництві мийних засобів, пластмас, свічок, жувальної гумки тощо.

Медичне застосування має озокерит, або гірський віск, — викопна речовина нафтового походження, що є сумішшю вуглеводнів, смол, мінеральних речовин.



Мал. 84. Запальничка працює на скрапленому газі



Мал. 85. Автозаправна станція

ВИСНОВКИ

Гомологи метану належать до групи насичених вуглеводнів, або парафінів.

Загальна формула насичених вуглеводнів C_nH_{2n+2} .

Молекули парафінів мають зигзаговату будову карбонового ланцюга.

Температури плавлення і кипіння парафінів зростають зі зростанням їхніх молекулярних мас.

У природі насичені вуглеводні містяться в нафті.

Парафіни — хімічно інертні за стандартних умов, але за певних умов вступають у реакції окиснення, розкладу, заміщення.

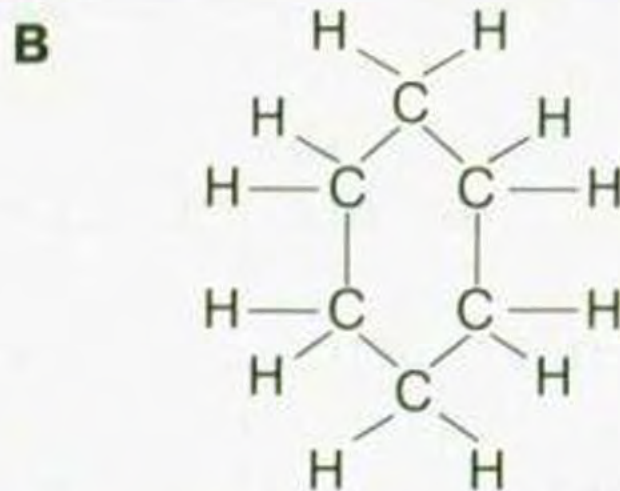
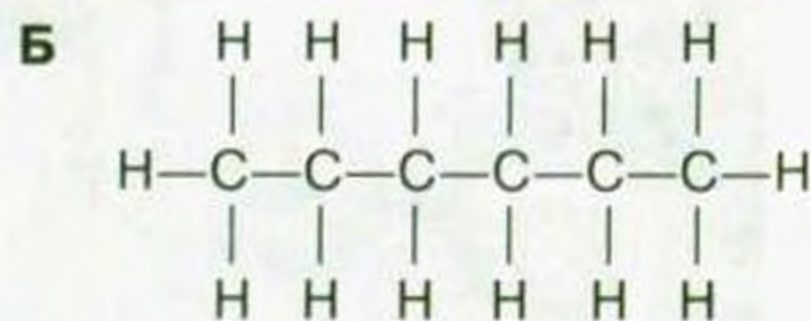
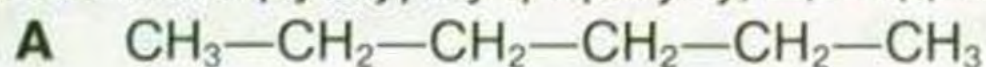
Парафіни горять з утворенням вуглекислого газу і води.

Парафіни застосовують у різних галузях: як паливо, сировину для синтезу інших речовин, у медицині тощо.

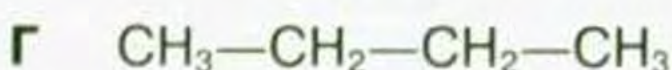
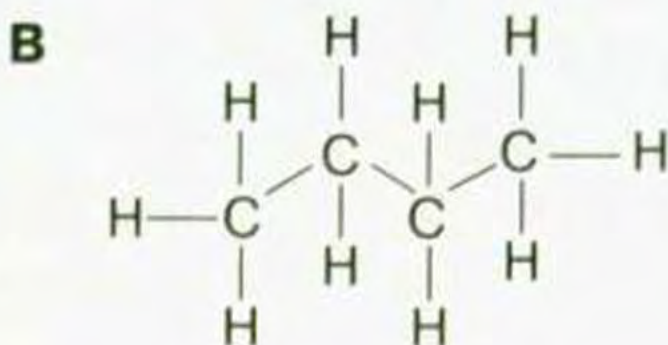
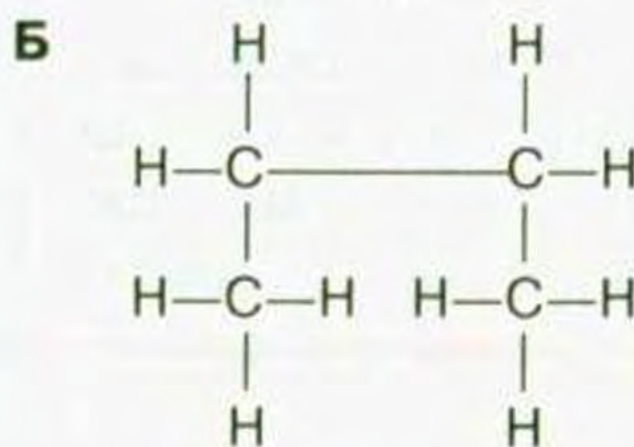
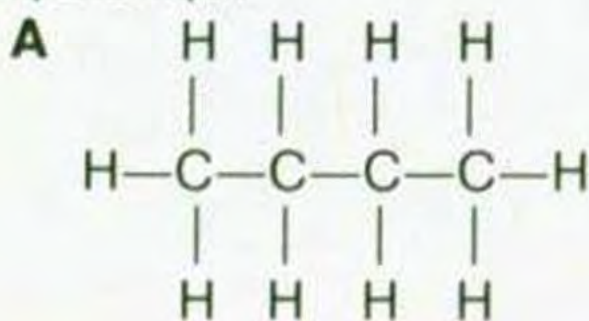
Завдання для самоконтролю

1. Які сполуки називають насиченими вуглеводнями?
2. Наведи загальну формулу гомологів метану.
3. Склади молекулярну, структурну (скорочену) формули гомолога метану, що містить дванадцять атомів Карбону.
4. Як називається насичений вуглеводень, що має відносну молекулярну масу 114; 72?

5. Познач структурну формулу, що відповідає гексану.



6. Познач структурну формулу, що ближча до реального розміщення атомів у просторі.



7. Чи можна змити водою нафтову пляму з тканини? Чому?
8. Поясни, чи існує залежність між агрегатним станом гомологів метану та їхньою відносною молекулярною масою.
9. Назви спільні й відмінні ознаки гомологів.
10. Чи виправдана, з погляду хімії, інша назва насичених вуглеводнів — парафіни? Доведи це.
11. Які хімічні реакції властиві насиченим вуглеводням? Наведи приклади хімічних рівнянь.
12. Парафін для свічок складається переважно з вуглеводню, що містить у молекулі 25 атомів Карбону. Склади молекулярну формулу сполуки та рівняння реакції її горіння.
13. Познач речовину, з якою реагує етан:

| | |
|-----------------------------|------------------|
| A сульфатна кислота; | B кисень; |
| Б водень; | Г луг. |

Додаткові завдання

14. Намалюй графік зміни температури кипіння гомологів метану. Продовж графік пунктиром. Яку температуру кипіння можна припустити для сполуки складу $C_{14}H_{30}$?
15. Користуючись довідником, спробуй виявити закономірність у зміні густини в ряду гомологів метану.
16. Проаналізуй дані, наведені в таблиці 7. Яким чином теплота згоряння пов'язана зі складом молекул парафінів?

Таблиця 7. Теплота згоряння вуглеводнів

| Назва | Формула | Теплота згоряння, кДж/моль |
|--------|-------------|----------------------------|
| Метан | CH_4 | 890 |
| Етан | C_2H_6 | 1560 |
| Пропан | C_3H_8 | 2220 |
| Бутан | C_4H_{10} | 2878 |
| Пентан | C_5H_{12} | 3536 |
| Гексан | C_6H_{14} | 4141 |
| Гептан | C_7H_{16} | 4817 |
| Октан | C_8H_{18} | 5474 |

17. Чому, на твою думку, в побутових газових балонах використовують пропан-бутанову суміш, а не метан?

18. На основі даних, наведених у таблиці 7, та враховуючи, що теплота згоряння вугілля (в перерахунку на чистий вуглець) становить 394 кДж/моль, поясни, який продукт — метан чи вугілля — доцільніше (за масою) використовувати як паливо у побуті. Які переваги і недоліки кожного з цих видів палива?

§ 22. ЕТИЛЕН І АЦЕТИЛЕН*

Тобі треба

знати: молекулярні й структурні формули етилену й ацетилену;

розуміти: суть понять ненасичені вуглеводні, реакція гідрування;

уміти: складати рівняння хімічних реакцій етилену й ацетилену, доводити наявність кратних зв'язків у молекулах; пояснювати застосування етилену й ацетилену;

порівнювати: реакції приєднання для етилену й ацетилену.

Склад і будова молекул. Існують вуглеводні, що містять Гідрогену ніби менше, ніж це необхідно для насичення чотиривалентності Карбону. Наприклад, у сполуці складу C_2H_4 ніби не вистачає двох атомів Гідрогену, а у сполуці складу C_2H_2 — аж чотирьох атомів Гідрогену. Цією ненасиченістю і пояснюється назва групи сполук — *ненасичені вуглеводні*.

Звернімося до хімічної будови згаданих речовин.

Особливість її полягає в тому, що атоми Карбону в цих сполуках зв'язані між собою подвійним або потрійним зв'язками.

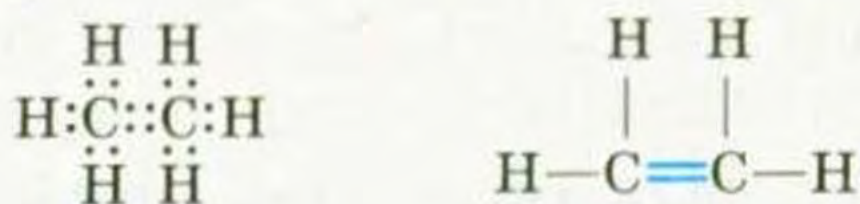
У молекулі етилену C_2H_4 атоми Карбону надають у спільне користування не по одному електрону, як у молекулі етану C_2H_6 , а

Етилен і ацетилен — ненасичені вуглеводні

* За правилами, визначеними міжнародною науковою спільнотою, у науковій хімічній літературі використовують, відповідно, назви *етен* і *етин*.

по два електрони, й утворюють дві спільні електронні пари, тобто два ковалентні зв'язки. По два валентні електрони, що залишились у атомів Карбону, використовуються для зв'язків з атомами Гідрогену.

Електронна та структурна формули етилену:



Валентні кути в молекулі етилену — 120° , довжина карбон-карбонового зв'язку — $0,134 \text{ нм}$ (мал. 86).

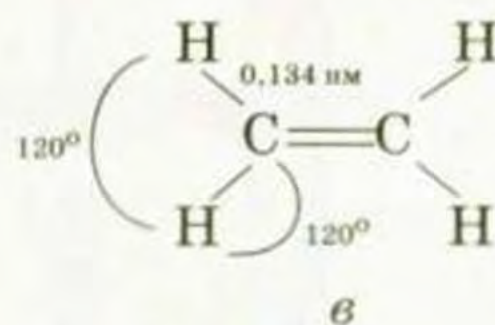
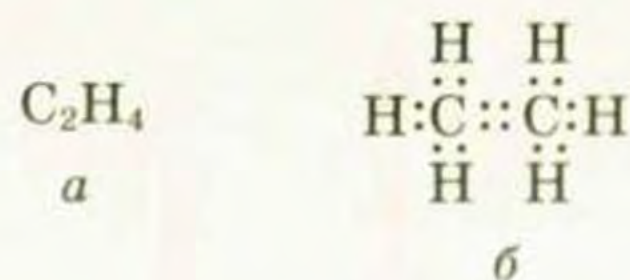
У молекулі **ацетилену** C_2H_2 атоми Карбону використовують для зв'язку між собою по три електрони, утворюючи три спільні електронні пари, тобто потрійний зв'язок. Кожен атом Карбону надає по одному електрону, що залишився у нього, для утворення зв'язку з атомом Гідрогену.

Електронна формула ацетилену $\text{H}:\text{C}::\text{C}:\text{H}$, структурна формула ацетилену $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$.

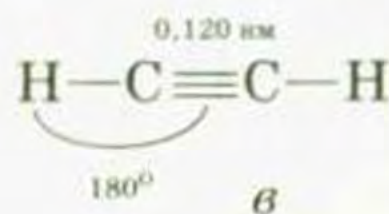
Валентні кути в молекулі ацетилену — 180° , довжина карбон-карбонового зв'язку — $0,120 \text{ нм}$ (мал. 87).

Подвійний і потрійний зв'язки називають *кратними*, на відміну від ординарних (звичайних, простих) у насичених вуглеводнів.

Фізичні властивості етилену й ацетилену. Етилен — безбарвний газ, майже без запаху, малорозчинний у воді, трохи легший за повітря. Ацетилен — також безбарвний газ, зі слабеньким фрукто-



Мал. 86. Етилен: *a* — молекулярна формула; *б* — електронна формула; *в* — геометрія молекули; *г* — кулестержнева модель молекули; *д* — масштабна модель молекули



Мал. 87. Ацетилен: *a* — молекулярна формула; *б* — електронна формула; *в* — геометрія молекули; *г* — кулестержнева модель молекули; *д* — масштабна модель молекули

вим запахом, малорозчинний у воді, трохи легший за повітря.

У природі ацетилен не зустрічається у вільному стані через високу активність молекул. Етилен виділяється під час деяких процесів обміну в тканинах рослинних і тваринних організмів. Етилен утворюється під час переробки нафти, ацетилен добувають способами синтезу, зокрема і з неорганічних речовин.

Хімічні властивості етилену й ацетилену.

Реакції окиснення. Як і інші вуглеводні, етилен і ацетилен горять (тобто повністю окиснюються) з утворенням карбон(IV) оксиду й води та виділенням теплоти:



Дослід 1. Добудьмо етилен за допомогою приладу, зображеного на мал. 88. Підпалімо газ біля кінця газовідвідної трубки — спостерігається світіння полум'я.

Пригадай, що метан горить майже безбарвним полум'ям.

Пояснити цю відмінність можна виходячи зі складу молекул метану й етилену. Масова частка Карбону в метані становить 75 %, а в етилені — 86 %.

Отже, етилен, розкладаючись у полум'ї, утворює, порівняно з метаном, більше частинок вуглецю, що розжарюються і зумовлюють свічення. У верхній частині полум'я вони згоряють до вуглекислого газу.

Можна припустити, що ацетилен горітиме ще яскравішим полум'ям, оскільки масова частка Карбону в його молекулі



Мал. 88. Добування етилену в лабораторії

9 А 18/01

3.3

35

9 Б 18/01

3.7

становить 92 %. Переконаймося у цьому на досліді.

Дослід 2. Добудьмо ацетилен у приладі, зображеному на мал. 89. Підпалімо газ, що виділяється, і переконаймося, що, справді, ацетилен горить кіптявим полум'ям.

Для повного згоряння ацетилену, наприклад, у разі ацетиленового зварювання металів, у полум'я додатково подається повітря або кисень.

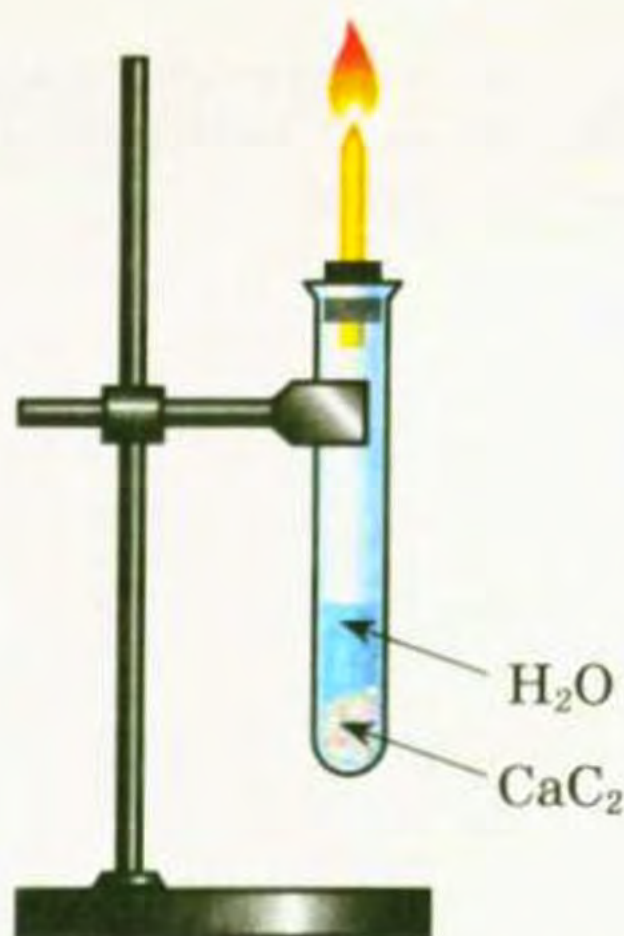
Ненасичений характер карбон-карбон-ових зв'язків зумовлює характерні хімічні властивості етилену й ацетилену.

З'ясовуючи хімічну активність метану, ми проводили випробування розчином калій перманганату: його забарвлення не змінювалося. Ненасичені вуглеводні етилен і ацетилен виявляють значну активність у цій реакції.

Дослід 3. Пропустімо етилен або ацетилен у пробірку з розчином калій перманганату. Фіолетове забарвлення розчину зникає, що свідчить про перебіг хімічної реакції.

Етилен і ацетилен вступають у реакцію **часткового окиснення** під дією такого окисника, як калій перманганат. Внаслідок реакції утворюються продукти складної будови, тому ми не записуємо рівняння реакції. Вона є характерною для всіх ненасичених сполук і *використовується як якісна реакція для виявлення кратного зв'язку в молекулі*.

Реакція приєднання. Якщо для насичених вуглеводнів характерною була реакція заміщення, то для ненасичених — реакція **приєднання**. За наявності ка-



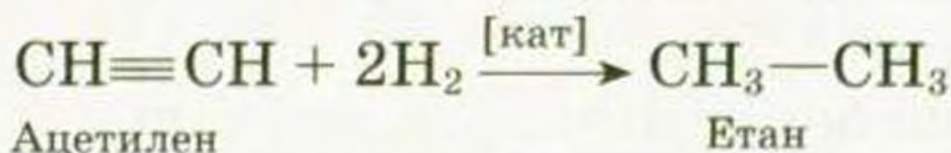
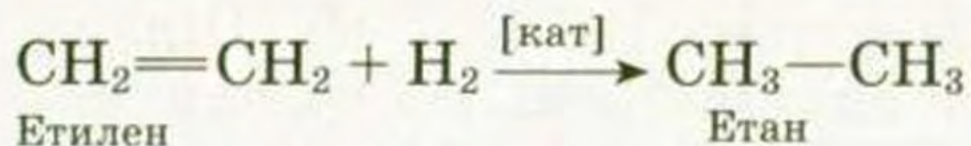
Мал. 89. Добування ацетилену в лабораторії

Порівняно з метаном етилен і ацетилен виявляють значну хімічну активність

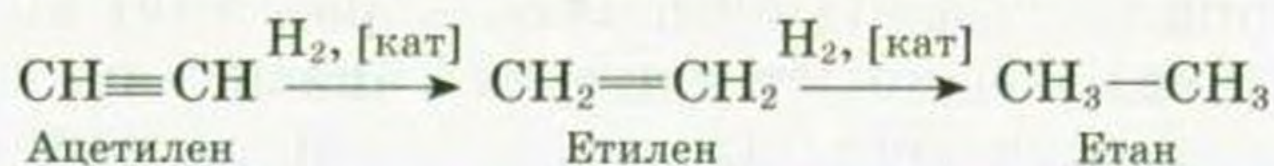
Молекули ненасичених вуглеводнів містять кратні зв'язки між атомами Карбону

Для етилену й ацетилену є характерною реакція приєднання за кратним зв'язком

талізатора (платини, нікелю) за місцем кратного зв'язку може приєднуватися водень:



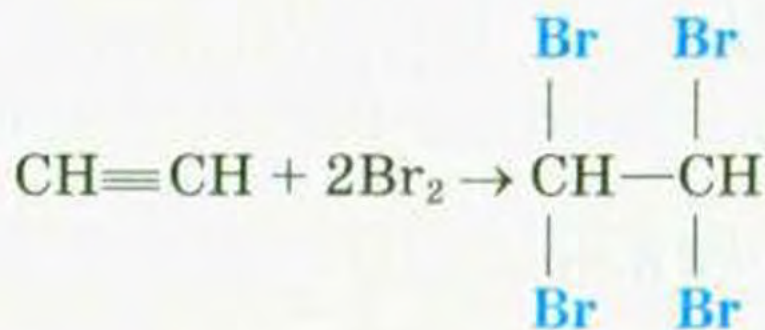
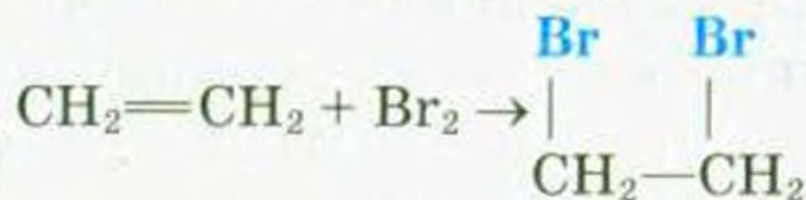
Оскільки ацетилен має більш ненасичений характер, остання реакція може розглядатись як двостадійна: спершу утворюється етилен, потім — етан:



Реакцію приєднання атомів Гідрогену називають **реакцією гідрування**.

Дослід. Пропустімо газ етилен або ацетилен крізь бромну воду, налиту в колбу. По деякім часі спостерігається її знебарвлення, що свідчить про приєднання молекул броду за кратними зв'язками молекул етилену й ацетилену.

У випадку з ацетиленом приєднують-ся дві молекули броду. (Чому?)



Реакція з бромною водою також використовується для виявлення у молекулі кратного зв'язку.

Гідруванням можна перетворити ненасичені вуглеводні на насичені

3.
Якісна реакція на
ненасичені вуглеводні
знебарвлення бромної
води.

З усього сказаного можна зробити висновки, що ацетилен і етилен — речовини з високою хімічною активністю. Як для ненасичених сполук для них є характерними реакції приєднання. Різний склад молекул і різна кратність карбон-карбонових зв'язків зумовлюють відмінності в перебігу цих реакцій для етилену та ацетилену.

Застосування етилену й ацетилену. Етилен і ацетилен належать до багатотоннажних промислових продуктів, вони утворюються у процесі перероблення вуглеводнів, що містяться в нафті. З етилену добувають багато цінних продуктів. Це, насамперед, поліетилен, який використовується для виробництва пластмаси. З етилену добувають і етиловий спирт, що має застосування у виробництві цінних органічних продуктів. Продукт приєднання хлору до етилену — дихлоретан є розчинником і засобом знищення шкідників сільськогосподарських культур. А продукт приєднання хлороводню — хлоретан є анестезійною речовиною.

- Напиши структурні формули хлоретану та дихлоретану, зважаючи на те, що атоми Хлору містяться біля різних атомів Карбону.

Фрукти й овочі виділяють етилен під час дозрівання. Ти, напевне, помічав, що зелені помідори, загорнуті в пакунок разом із червоними, по деякій часі також червоніють. Це відбувається під дією етилену, що його виділяють стиглі плоди. Етилен використовують для прискорення дозрівання овочів і фруктів. Є сполуки, здатні розкладатись з утворенням етилену. Якщо таку сполуку ввести в

Етилен і ацетилен — хімічно активні сполуки

Етилен і ацетилен — цінна хімічна сировина

Нафтопродукти — джерело добування етилену й ацетилену



Мал. 90. Ацетиленовий пальник

рослину під час досягання плодів, то можна прискорити цей процес завдяки дії етилену, що виділяється.

Із відкриттям способу добування ацетилену з кальцій карбіду наприкінці XIX ст. його почали використовувати для освітлення. Проте ця галузь застосування не набула розвитку через нещасні випадки, спричинювані вибухами суміші ацетилену з повітрям.

Завдяки високій теплотворній здатності ацетилен використовується для газового різання і зварювання металів. Ацетиленово-кисневе полум'я має температуру 2800°C і легко плавить сталь (мал. 90).

З ацетилену добувають вихідні речовини для виготовлення пластмас і синтетичних каучуків, він є сировиною для синтезу оцтової кислоти.

ВИСНОВКИ

Етилен і ацетилен — ненасичені вуглеводні. У молекулі етилену атоми Карбону сполучені подвійним, а в молекулі ацетилену — потрійним зв'язком.

Хімічна активність етилену й ацетилену зумовлена ненасиченим характером хімічних зв'язків.

Етилен і ацетилен горять світним полум'ям, окиснюються активними окисниками, вступають у реакції приєднання. Реакцією гідрування можна перетворити ненасичені вуглеводні на насичені.

Етилен використовують для виробництва пластмаси та інших органічних речовин і матеріалів.

З ацетилену синтезують цінні органічні речовини, його використовують для газозварювальних робіт.

Завдання для самоконтролю

1. Чим відрізняються за складом етилен і ацетилен?
2. Чому метан горить майже безбарвним полум'ям, а ацетилен — світним?
3. Яка найхарактерніша хімічна властивість ненасичених вуглеводнів?
4. Поясни, чим відрізняються реакції приєднання до етилену та ацетилену.
5. Запиши рівняння двох стадій реакції ацетилену з бромом.
6. Чи існують у вільному стані у природі етилен і ацетилен? Дай обґрунтовану відповідь.
7. Як можна хімічним способом виявити ненасичену сполуку?
8. Ацетилен утворює вибухові суміші з повітрям. Реагенти взаємодіють повністю за умови об'ємного співвідношення кисню й ацетилену:

| | |
|---------------|----------------|
| А 1:2; | В 5:1; |
| Б 5:2; | Г 1:20. |
9. Установи відповідність між реагентами та продуктами реакцій.

| | |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow$ | А $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O};$ |
| 2 $\text{CH} \equiv \text{CH} + 2\text{Br}_2 \rightarrow$ | Б $\text{CH}_3 - \text{CH}_3;$ |
| 3 $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow$ | В $\text{CHBr}_2 - \text{CHBr}_2;$ |
| 4 $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow$ | Г $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl};$ |
| | Д $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Cl}.$ |

Додаткові завдання

10. Наведи два способи добування хлоретану.
11. Порівняй хімічну активність етилену й метану. Зроби висновок.
12. Склади структурну формулу найближчого гомолога етилену.
13. Склади структурну формулу гомолога ацетилену, що містить чотири атоми Карбону.
14. Склади загальні формули гомологів етилену й ацетилену.

§ 23. ПОЛІЕТИЛЕН

Тобі треба

знати: загальну формулу поліетилену;

розуміти: суть реакції полімеризації;

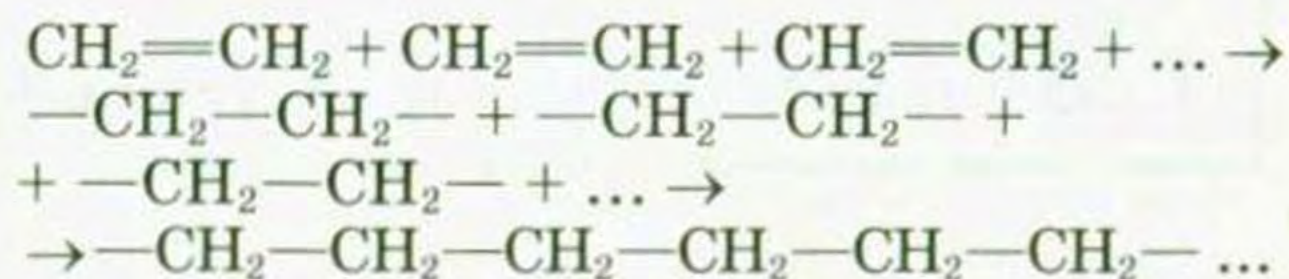
розрізняти: мономер і полімер, полімер і пластмасу;

пояснювати: властивості й застосування поліетилену.

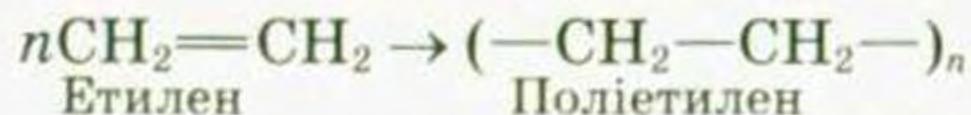
Склад і будова поліетилену. Молекули етилену здатні вступати в реакцію сполучення між собою, утворюючи довгі ланцюги з високими значеннями молекулярних мас. У результаті реакції утворюється так званий *полімер*.

Процес послідовного сполучення молекул низькомолекулярної речовини з утворенням високомолекулярної називають **полімеризацією** (від грец. *πολύς* — численний і *μέρος* — частина).

Унаслідок полімеризації етилену утворюється полімер етилену **поліетилен**:



Або у скороченому вигляді:



Реакція відбувається за підвищених тиску і температури та за наявності каталізатора.

Вихідні низькомолекулярні речовини називають *мономерами* (від грец. *μόνος* — один). Етилен — мономер у реакції полімеризації.

Поліетилен утворюється в результаті реакції полімеризації етилену

У структурі полімеру можна визначити фрагменти, що повторюються по всій довжині ланцюга, у поліетилені це групи



Такі групи атомів, що повторюються і становлять основу хімічної будови полімерного ланцюга, називають *мономерними ланками*.

Число n у формулі полімеру, що показує, скільки мономерних ланок сполучається, називають *ступенем полімеризації*.



У масі полімеру є молекули довші й коротші, з вищим і нижчим ступенями полімеризації, відповідно з більшою і меншою молекулярними масами. Тому заведено говорити про середню молекулярну масу полімеру.

Властивості поліетилену. На дотик поліетилен ніби масний, нагадує твердий парафін. Причина цього — подібність складу й будови цих речовин: парафін належить до вищих вуглеводнів ($\text{C}_{18}-\text{C}_{35}$), у його структурі, як і в структурі поліетилену, повторюються групи $-\text{CH}_2-$.

Поліетилен — тверда речовина білого кольору, але легко забарвлюється в різні кольори, не тоне у воді. Плавиться у межах $102-105^\circ\text{C}$ або $125-137^\circ\text{C}$, залежно від способу добування полімеру.

Процес плавлення полімерів має свої особливості, зумовлені взаємодією між



Мал. 91. Пакувальну плівку з поліетилену виготовляють витискуванням розплавленого полімеру крізь кільцюватий отвір. У полімерну трубу накачують повітря

Поліетилен — термопластичний полімер

Поліетилен — хімічно інертна сполука

молекулами, що мають значну довжину і в масі полімеру сплутані в клубки. У процесі нагрівання в розплавлений стан переходять насамперед коротші молекули, потім — довші, тому в полімерів широкий інтервал температур плавлення, а не точка плавлення, як у низькомолекулярних речовин.

У розплавленому стані поліетилену можна надати будь-якої форми, що зберігається після охолодження полімеру (мал. 91). Таку властивість називають *термопластичністю*.

- Пригадайте, що таке пластичність.

Поліетилен — доволі міцний матеріал. Плівку з поліетилену можна зігнути, зім'яти, але важко розірвати. Поліетилен не проводить електричного струму. Він стійкий проти дії кислот, лугів, бромної води, розчину калій перманганату і цим нагадує насичені вуглеводні, до яких, власне, і належить за своєю будовою.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 14

Ознайомлення зі зразками виробів із поліетилену

Розглянь видані зразки поліетиленової плівки, ємкостей, ізоляційного покриття для електропроводів тощо.

Випробуй матеріал на дотик, на пластичність, на міцність. Шматочок поліетилену нагрій над полум'ям спиртівки, зміни його форму, охолоди. Повтори цей дослід. Про що він свідчить?

Поклади шматочки поліетилену в пробірки з розчинами кислоти, лугу, калій перманганату. Чи взаємодіє поліетилен із цими речовинами?

Зроби висновок про пластичні властивості й хімічну активність поліетилену.

Застосування поліетилену. Властивості поліетилену зумовлюють його широке застосування. Ці дані наведено в таблиці 8.

Щоб надати полімеру потрібних експлуатаційних властивостей, тобто перетворити його на **пластмасу** — матеріал, з якого можна виготовляти різні вироби, до полімерної маси добавляють спеціальні речовини. Наприклад, завдяки *пластифікаторам* твердий полімер перетворюється на еластичний матеріал. Щоб зробити пластичну масу поруватою, до неї додають речовини, в результаті розкладання яких виділяються гази; таким чином виготовляють *пінопласти*. Для підвищення термо-, світло- і хімічної стійкості добавляють стабілізатори й

Пластмаса =
полімер +
пластифікатор +
стабілізатор +
антиоксидант +
пігмент +
антистатик +
наповнювач

- З'ясуй за тлумачним словником суть цих термінів.

Таблиця 8. Властивості й застосування поліетилену

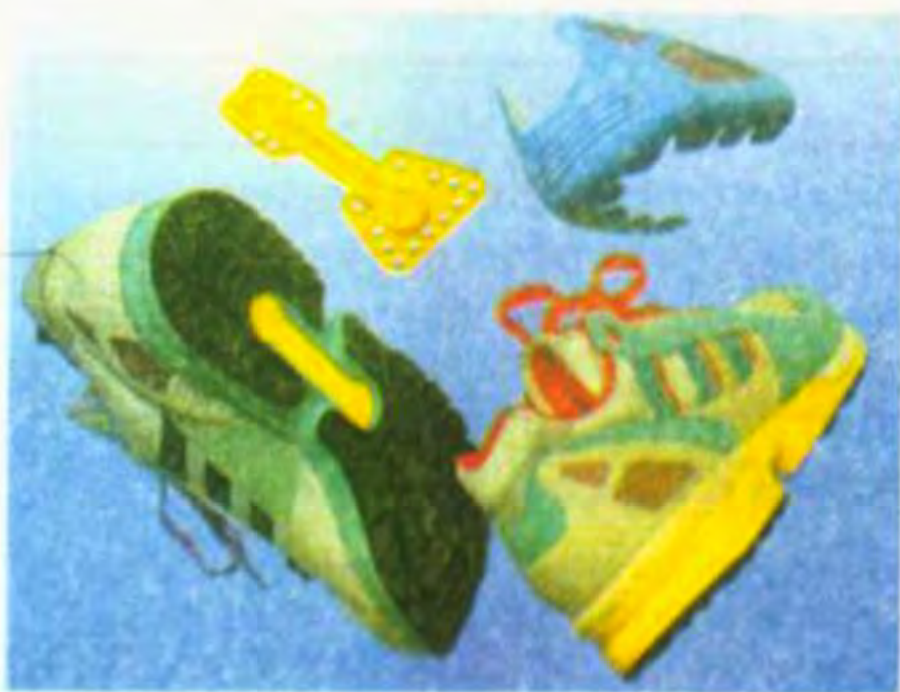
| Властивості | Галузі застосування |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Хімічна стійкість | Виготовлення деталей апаратів, що працюють в агресивному середовищі; виготовлення тари для зберігання хімічно агресивних рідин; виготовлення посуду та водогінних труб, антикорозійних покриттів |
| Водо- і газонепроникність | Виготовлення пакувальних матеріалів, плівки для теплиць |
| Електроізоляційні властивості | Виготовлення ізоляційних матеріалів для електричного дроту |

антиоксиданти, для забарвлення — *пігменти*, щоб запобігти наелектризованості — *антистатики*; у пластмаси вводять також *наповнювачі* — кварц, крейду, волокна тощо, які знижують вартість матеріалу й поліпшують його механічні властивості. Завдяки різним добавкам з того самого полімеру можна виробляти різні за властивостями матеріали, а з них ви-



Мал. 92.

Сучасний спортивний інвентар, взуття, одяг виготовляють з використанням різноманітних полімерних матеріалів



Мал. 93.

готовляти різні вироби, наприклад, деталі конструкцій і взуття.

Пластмаси належать до найважливіших сучасних матеріалів, що застосовуються в техніці, сільському господарстві, побуті (мал. 92, 93). Це зумовлено тим, що вони мають властивості, завдяки яким їх використання є економічно вигідним. До них належать: низька густина (легкість), хімічна стійкість, низька теплопровідність, можливість забарвлювання, високі оптичні якості, а також можливість змінювати ці властивості в широких межах через зміну структури полімерів.

Значні переваги пластмас полягають у технічній і технологічній простоті виготовлення виробів, маловідхідності методів добування і перероблення, низькій енергомісткості цих процесів, а звідси — високій продуктивності виробництва.

Експлуатаційні недоліки пластмас пов'язані переважно з їхньою низькою термостійкістю, горючістю, крихкістю. Використання поліетилену, наприклад, обмежується його низькою температурою плавлення.

Поліетилен може вбирати жири, масильні матеріали, різні забруднення, через це з часом втрачає свої властивості.

Ти ознайомився лише з одним видом пластмас, а саме — на основі поліетилену. Промисловість виробляє величезну кількість пластмас на основі інших полімерів. До них належать відомі тобі полістирол, поліхлорвініл, поліпропілен, тефлон та ін.

- З якими перевагами і недоліками пластмасових виробів ти стикався у процесі їх використання? Наведи приклади.

ВИСНОВКИ

Поліетилен утворюється в результаті реакції полімеризації.

У реакції полімеризації етилен є мономером, поліетилен — полімером.

Через наявність молекул різної довжини полімер не має сталих молекулярної маси і температури плавлення.

Поліетилен — термопластичний матеріал.


Поліетиленові властива хімічна стійкість, водо- і газонепроникність, електроізоляційні властивості.

Щоб виготовити пластмасу, до полімеру добавляють спеціальні речовини.

Завдання для самоконтролю

1. Що таке мономер; полімер?
2. Реакція полімеризації належить до типу
А обміну; В приєднання;
Б заміщення; Г розкладу.
3. Познач відносну молекулярну масу поліетилену, якщо n становить 1000.
А 14 000; В 56 000;
Б 30 000; Г 28 000.
4. Поліетиленові пакети виготовляються методом зварювання. Яка властивість поліетилену при цьому використовується?
5. Чим відрізняються пластмаси від власне полімерів? Завдяки чому з поліетилену можна виробляти і плівку, і посуд?
6. Розкажи про застосування поліетилену в побуті.

Додаткові завдання

7. Поясни, чому етилен взаємодіє з бромною водою, а поліетилен — ні.
8. Обґрунтуй хімічну подібність поліетилену й вищих парафінів.
9. Полімерний матеріал тефлон, що використовується для виготовлення посуду з антипригарними властивостями, виробляють із мономеру, що має формулу $\text{CF}_2=\text{CF}_2$. Склади загальну формулу полімеру.
10. Знак  ставлять на виробках, виготовлених із матеріалів, придатних для повторного перероблення. Яке значення це має для збереження довкілля? Чи можна, на твою думку, ставити такий знак на виробках із поліетилену?
11. Схарактеризуй значення полімерів у техніці.

§ 24. МЕТАНОЛ І ЕТАНОЛ

Тобі треба

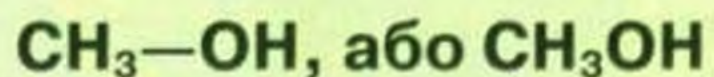
знати: молекулярну, структурну та електронну формули етанолу й метанолу;

розуміти: суть поняття функціональна група; негативний вплив етанолу на організм;

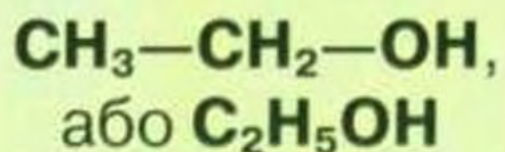
уміти: складати рівняння реакцій спиртів, пояснювати їх застосування.

Склад та будова молекул. Як уже зазначалося, молекули органічних сполук, окрім атомів Карбону і Гідрогену, можуть містити атоми Оксигену. Уяви, що в молекулі метану один атом Гідрогену замінений гідроксильною групою —ОН. Хімічна будова такої сполуки — **метанол** — виражається структурною формулою:

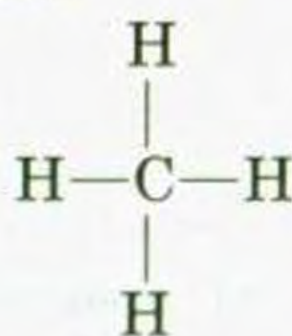
Формули спиртів записують скорочено:



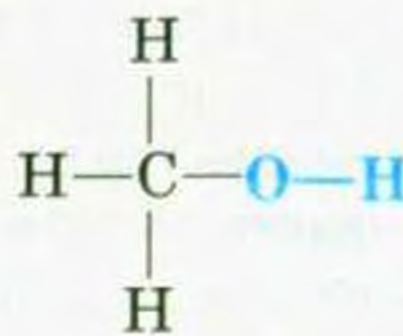
Метанол (метиловий спирт)



Етанол (етиловий спирт)

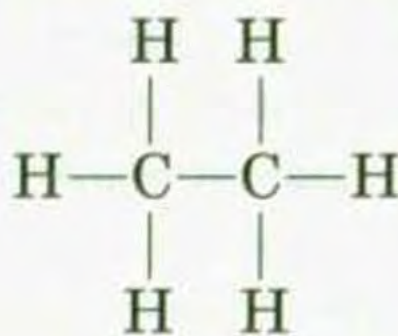


Метан

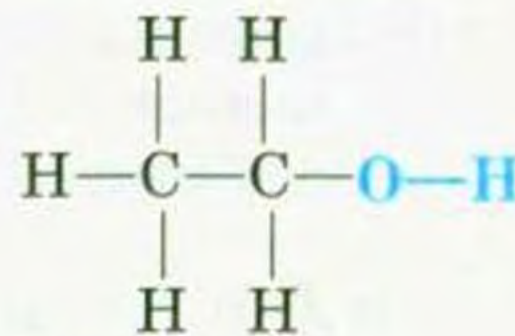


Метанол

Заміщуючи атом Гідрогену в молекулі етану, дістанемо сполуку **етанол** такої хімічної будови:



Етан

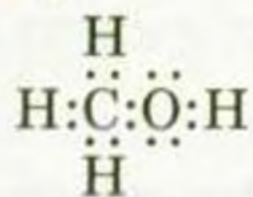


Етанол

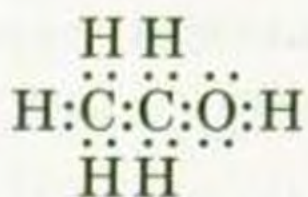
Ці сполуки належать до класу **спиртів**. Оскільки в складі молекул наведених спиртів міститься одна гідроксильна

група, такі спирти називають *одноатомними* (мал. 94).

Зважаючи на чотиривалентність атомів Карбону і двовалентність атомів Оксигену, запишімо електронні формули найпростіших спиртів метанолу й етанолу

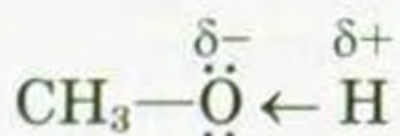


Метанол



Етанол

Атом Оксигену як більш електронегативний відтягує на себе електронну густину зв'язку O—H. У результаті такого зміщення на атомі Гідрогену утворюється частковий позитивний заряд, а на атомі Оксигену — частковий негативний заряд (позначається грецькою літерою «дельта» δ):



У такому разі говорять, що зв'язок — поляризований, молекула — полярна. Полярність спиртів позначається на їхніх фізичних та хімічних властивостях.

Фізичні властивості метанолу й етанолу. Метанол і етанол за стандартних умов — рідини, легші за воду, мають специфічний запах, як полярні сполуки, вони добре розчинні в полярному розчиннику — воді. $T_{\text{кип.}}$ метанолу дорівнює 65°C , етанолу — 78°C .

- Пригадай розчинність у воді неполярних насичених вуглеводнів, порівняй її з розчинністю полярних спиртів. Зроби висновок.

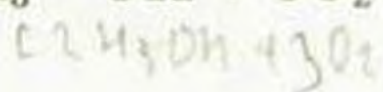
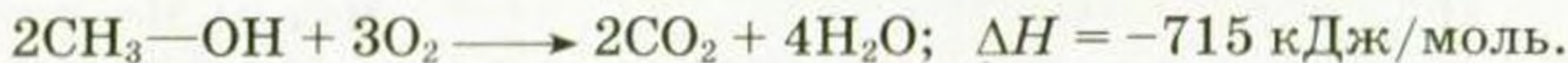


Мал. 94. Масштабна модель молекули метанолу

Молекули метанолу й етанолу — полярні

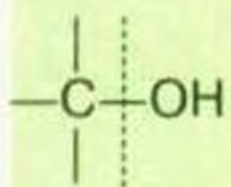
Хімічні властивості метанолу й етанолу

1 **Реакція повного окиснення.** Спирти, як і всі органічні сполуки, горять. Метанол і етанол миттєво спалахують за підпалювання й горять синюватим, майже непомітним полум'ям із виділенням великої кількості теплоти. Відбувається реакція повного окиснення:

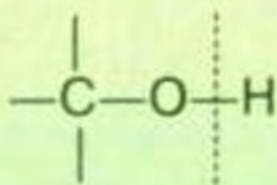


- Склади рівняння реакції горіння етанолу.

Реакції спиртів відбуваються з розриванням зв'язку



або



15/02
3.7.2012

95

38

2 **Реакції заміщення.** Завдяки тому, що електронна густина зв'язку О—Н зміщена до атома Оксигену, атом Гідрогену набуває більшої рухливості й легше відщеплюється. Під дією активних металів, таких як натрій, калій, магній, алюміній, відбувається заміщення атома Гідрогену гідроксильної групи на атом металу.

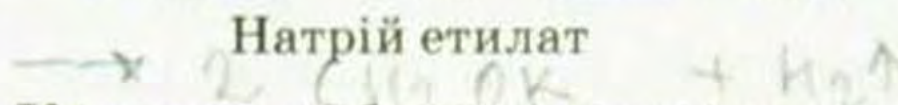
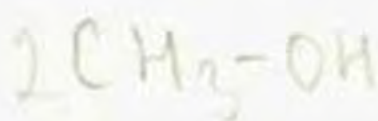
Дослід. У пробірку з етиловим спиртом покладімо шматочки натрію. Одразу відбувається реакція з виділенням газу. Це — водень.

- Пригадай, як його можна виявити.

Унаслідок взаємодії утворюється також натрій етилат:



Натрій етилат

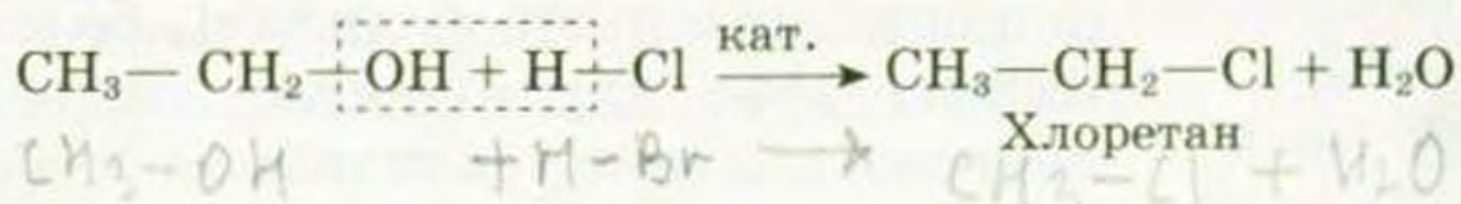


Краплю добутого розчину перенесімо з пробірки на скло і випарімо — на склі утворяться кристали натрій етилату.

- Напиши рівняння реакції метанолу з калієм. Назви продукт реакції.

Реакції спиртів можуть відбуватися і з відщепленням гідроксильної групи.

Спирти взаємодіють з гідроген галогенідами. Наприклад, якщо сухий гідроген хлорид пропускати крізь спирт, відбувається реакція заміщення гідроксильної групи на атом галогену:



- Напиши рівняння реакції метанолу з бромоводнем. Назви продукт реакції.

Як ти міг переконатися, властивості (функції) спиртів визначаються наявністю гідроксильної групи. Така група називається *функціональною*. У молекулах органічних сполук можуть міститись одна або кілька різних чи однакових функціональних груп.

Фізіологічна дія метанолу й етанолу. Метанол — дуже отруйна рідина. По-трапляння в організм метанолу об'ємом 10 мл спричинює сліпоту, а 25 мл — смерть.

Метанол і етанол — дуже подібні рідини, розрізнити їх можна лише хімічним способом або за температурою кипіння. Трапляються випадки, коли люди помилково вживають метанол замість етанолу, що призводить до фатальних наслідків.

Етанол, за дією на організм, є наркотиком, що в невеликих дозах спричинює сп'яніння, у великих — навіть смерть. Зловживання напоями, що містять етанол (інакше алкоголь), викликає страшне захворювання — алкоголізм.

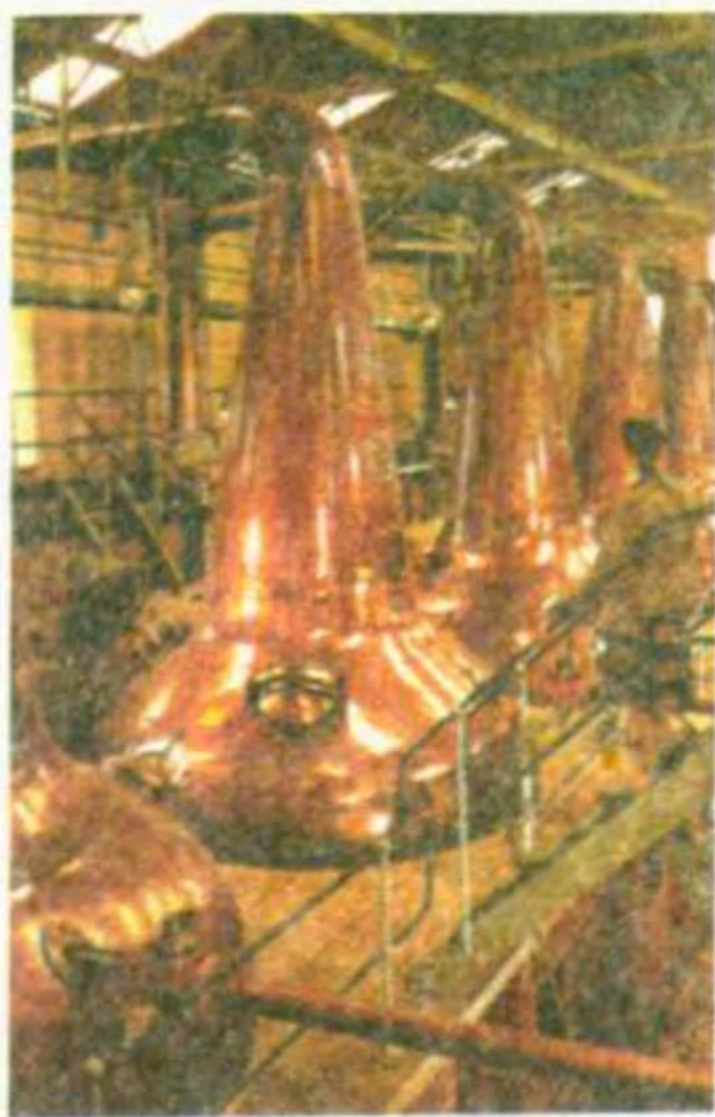
Особливо небезпечний алкоголь для молодого організму. Навіть невеликі дози впливають на швидкість реакцій,

Групу атомів, що визначає хімічні властивості (функції) речовини, називають **функціональною групою**.

Вживання алкоголю особливо небезпечне для молодого організму



Мал. 95. Підготовка винограду до виготовлення вина у Стародавньому Єгипті



Мал. 96. Установка для дистиляції спирту

здатність зосереджуватись, виконувати розумову роботу. Спожитий у великих дозах алкоголь діє як отрута на всі системи людського організму. Специфічна зміна настрою після вживання алкоголю, пожвавлення дуже оманливі, бо згодом настає фаза пригнічення центральної нервової системи, фізичної та психічної загальмованості.

У молодих людей захворювання на алкоголізм розвивається швидше, оскільки в їхньому організмі інтенсивніше відбуваються процеси обміну.

Застосування метанолу й етанолу. Метанол, або метиловий спирт, був уперше добутий у XVII ст., а вивчений — у першій половині XIX ст. Його називають ще деревним спиртом за першим із відомих методів добування, у спосіб сухої перегонки деревини.

Етиловий спирт, етанол, винний спирт, алкоголь — назви-синоніми однієї сполуки, що є основою алкогольних напоїв і найвідоміша з класу спиртів. Археологічні розкопи засвідчують, що в епоху найдавніших цивілізацій уміли виробляти вино й пиво (мал. 95, 96). Скидається на те, що алкоголь був найпершою сполукою, синтезованою людиною. Перша літературна згадка про власне етиловий спирт як «горючу воду», добуту перегонкою вина, належить до VIII ст., а елементний склад етанолу було з'ясовано на початку XIX ст.

Метанол і етанол — розчинники. Ця їхня властивість використовується в органічному синтезі та лабораторній практи-

ці. Етанол як розчинник застосовується у фармації, медицині (екстрагування, виготовлення настоянок тощо), харчовій промисловості (мал. 97).

За допомоги хімічних перетворень із цих спиртів добувають речовини, що є вихідними для виробництва пластмас і каучуку.

Етанол використовується для синтезу оцтової кислоти, у суміші з бензином — як пальне.



Мал. 97. Етанол використовують у фармації як розчинник

ВИСНОВКИ

До одноатомних спиртів належать сполуки, у складі яких вуглеводнева група сполучена з однією функціональною гідроксильною групою.

Функціональна група визначає властивості речовин.

Спирти — полярні сполуки. Електронна густина зв'язку $C-O$ зміщена до електронегативного Оксигену.

Метанол і етанол горять із виділенням великої кількості теплоти.

За гідроксильною групою спирти вступають у реакції заміщення з розриванням зв'язків $O-H$ і $C-OH$.

Метанол і етанол використовують як розчинники в органічному синтезі; етанол — у харчовій промисловості, фармації, медицині.

Спирти — вихідні речовини для виробництва пластмас і каучуку.

Метанол і етанол (у значній кількості) — отруйні.

Завдання для самоконтролю

1. Які сполуки належать до спиртів?
2. Що таке функціональна група?
3. На твою думку, спирти хімічно активні чи інертні сполуки? Чим визначається їхня поведінка?
4. Наведи приклади реакції заміщення у спиртів.
5. Поясни, на якій властивості етанолу ґрунтується його застосування у вигляді пального?

6. Сума коефіцієнтів у рівнянні реакції повного окиснення етанолу становить
А 6; Б 7; В 8; Г 9.
7. У результаті добування натрій етилату масою 68 г виділився водень (н. у.) об'ємом
А 22,4 л; Б 11,2 л; В 44,8 л; Г 5,6 л.
8. Поясни, чи є гомологами метанол і етанол.
9. Склади структурні формули одноатомних спиртів, що містять три, чотири атоми Карбону.
10. Поясни вплив атома Оксигену на розподіл електронної густини в молекулі метанолу.

Додаткові завдання

11. Обчисли масу етанолу, необхідного для добування хлоретану масою 129 г, якщо вихід продукту становить 80 %.
12. Напиши рівняння послідовного перетворення метанолу на хлороформ.
13. Як двома способами добути хлоретан? Напиши рівняння реакцій.
14. Надмірне вживання алкоголю руйнує психіку людини. Поясни це, спираючись на знання з курсу біології.

95 17/02
5.3.2012
Ур38

§ 25. ГЛІЦЕРИН

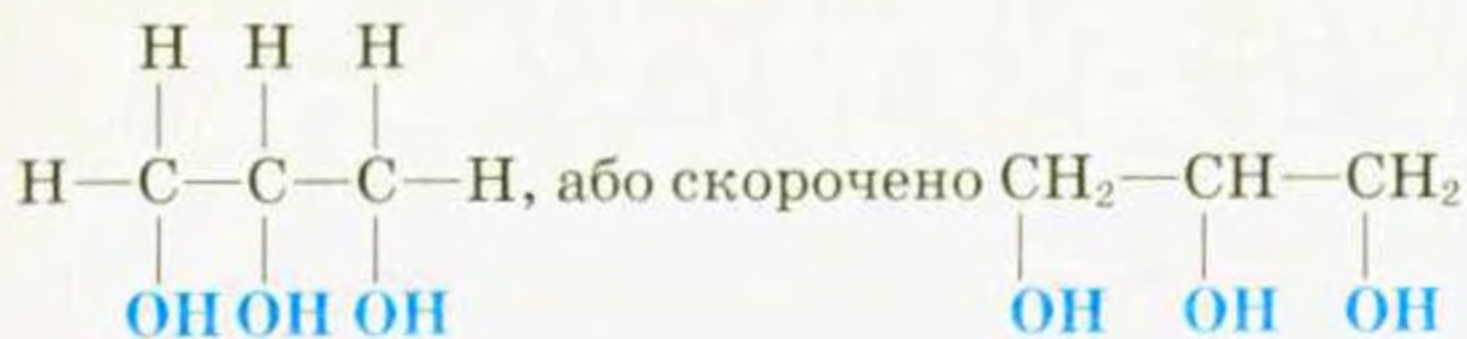
Тобі треба

знати: хімічний склад і структурну формулу гліцерину;

вміти: складати рівняння реакцій гліцерину; виявляти хімічним способом гліцерин серед інших сполук; пояснювати застосування гліцерину на основі його властивостей.

Гліцерин — триатомний спирт

Склад і будова молекули. Крім одноатомних спиртів, себто тих, що містять у молекулі одну функціональну гідроксильну групу, існують багатоатомні спирти, до складу яких входять дві та більше гідроксильні групи. Найважливіший із них **гліцерин** (вживають також назву *гліцерол*) — триатомний спирт. Структурна формула гліцерину



Фізичні властивості гліцерину. Це — густа сиропоподібна рідина без запаху і кольору, солодка на смак, добре розчинна у воді. Властивості гліцерину відбиває його назва «олійний цукор», вживана у XVIII ст., коли гліцерин було добуто вперше з оливкової олії.

Гліцерин — від грец. γλυκύς — солодкий

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 15

Розчинність гліцерину у воді

Змішай у пробірці воду і гліцерин (об'ємами близько 1 мл). Додай до суміші ще гліцерин об'ємом 1 мл. Чи розчиняється він? Зроби висновок про розчинність гліцерину у воді.

Хімічні властивості гліцерину. Наявність гідроксильних груп зумовлює подібність гліцерину до одноатомних спиртів, він вступає в ті самі реакції, але за участі трьох гідроксильних груп.

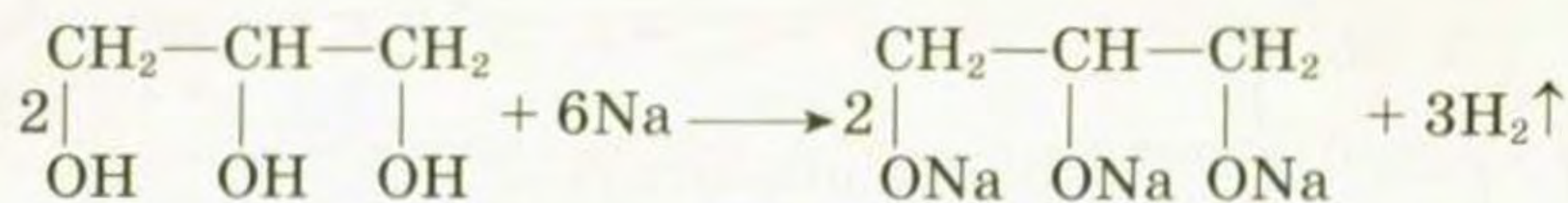
1 **Реакція повного окиснення (горіння)** відбувається, як і в інших органічних речовин, з утворенням вуглекислого газу і води.

- Склади рівняння реакції горіння гліцерину.

2 **Реакція заміщення.** Гліцерин вступає в реакцію заміщення з металічним натрієм.

Дослід. У пробірку з гліцерином опустімо шматочок натрію, нагріймо. Реакція відбувається з виділенням водню.

Властивості гліцерину зумовлені наявністю в молекулі трьох функціональних гідроксильних груп



3 **Реакція з гідроксидами металів.** На відміну від одноатомних спиртів, багатоатомні взаємодіють із гідроксидами лужних і важких металічних елементів. У результаті реакції гліцерину з купрум(II) гідроксидом утворюється розчин синього кольору. Продукт реакції — сполука складної будови, тому ми не записуємо рівняння реакції.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 16

Взаємодія гліцерину з купрум(II) гідроксидом

У пробірку налий розчину натрій чи калій гідроксиду об'ємом 1 мл і додай кілька крапель розчину купрум(II) сульфату. Спостерігай утворення блакитного драглистого осаду купрум(II) гідроксиду. До осаду додай гліцерин, суміш збовтай. Спостерігай утворення прозорого розчину синього кольору.

Ця хімічна спроба слугує для виявлення багатоатомних спиртів серед інших речовин.

Застосування гліцерину. Гліцерин — продукт, що має широке застосування. Завдяки гігроскопічності він використовується в парфумерії та фармації як зм'якшувальний засіб або основа мазей, добавка до мила, у харчовій промисловості — як добавка до напоїв (лікерів). У шкіряному виробництві та текстильній промисловості — для оброблення пряжі й шкіри з метою їх пом'якшення та надання еластичності. З гліцерину добувають вибухову речовину нітрогліцерин, що використовується для виготовлення



Мал. 98. Нітрогліцерин — лікарський засіб

динаміту. Нітрогліцерин має судинорозширювальну дію та у вигляді ліків використовується за серцевих захворювань (мал. 98).

ВИСНОВКИ

Гліцерин — триатомний спирт.

Гліцерину властиві реакції, типові для одноатомних спиртів, а також зумовлені наявністю кількох гідроксильних груп.

Реакцію гліцерину з купрум(II) гідроксидом використовують для аналітичного виявлення гліцерину.

Гліцерин застосовують у шкіряній, харчовій, текстильній промисловості, виробництві мила, косметичних кремів, ліків.

Завдання для самоконтролю

1. До якого класу сполук належить гліцерин? Чому?
2. Порівняй склад і властивості етанолу й гліцерину. Чим зумовлена відмінність між цими сполуками?
3. Якщо в реакцію з гліцерином вступає натрій масою 69 г, виділяється водень об'ємом (н. у.):
А 22,4 л; **Б** 44,8 л; **В** 33,6 л; **Г** 11,2 л.
4. У двох пробірках містяться етанол і гліцерин. Як хімічним способом розрізнити ці рідини?
5. Чи відомий тобі гліцерин із побутового застосування? Розкажи про це.
6. Трускавецька мінеральна вода «Юзя» містить гліцерин. Здавна місцеві дівчата вмиваються нею «для краси». На яких властивостях, на твою думку, ґрунтується дія цієї води?

Додаткове завдання

7. Двоатомний спирт етиленгліколь має формулу
$$\begin{array}{cc} \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 \\ | & & | \\ \text{OH} & & \text{OH} \end{array}$$

Напиши рівняння хімічних реакцій, що характеризують властивості етиленгліколю, за аналогією до гліцерину.
8. Пригадай означення гомології. Поміркуй, чи є гомологами гліцерин і етиленгліколь.
9. З'ясуй за довідником фізичні властивості двоатомного спирту — етиленгліколю. Поміркуй, чому його використовують як антифриз для автомобільних двигунів.

§ 26. ОЦТОВА КИСЛОТА*

Тобі треба

знати: молекулярну, структурну та електронну формули оцтової кислоти, функціональну карбоксильну групу;

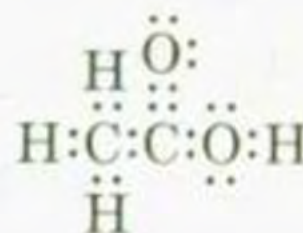
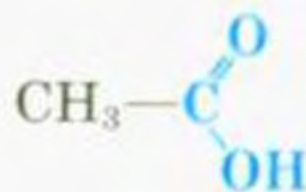
вміти: складати рівняння хімічних реакцій оцтової кислоти; виявляти кислотні властивості оцтової кислоти дослідним способом; пояснювати застосування оцтової кислоти;

розуміти: суть реакції естерифікації.



Мал. 99. Карбонові кислоти містяться в багатьох харчових продуктах

Склад і будова молекули. Характерний запах столового оцту відомий усім. Він зумовлений **оцтовою кислотою** CH_3COOH . Структурна й електронна формули оцтової кислоти:



Ця сполука належить до класу **карбонових кислот**, ознакою яких є наявність функціональної **карбоксильної групи** $-\text{COOH}$.

З деякими карбоновими кислотами тобі доводиться стикатись. Відчуття пашіння після укусу мурашки спричинюється мурашиною кислотою, що входить до складу отрути, яку виділяє комаха. Масляна кислота надає неприємного запаху прогірклому вершковому маслу, виділяється потовими залозами людини. Столовий оцет — це розчин оцтової кислоти. У квашених огірках і капусті, кислому молоці міститься молочна кислота, у цитрині — цитратна (лимонна) кислота (мал. 99).

* Міжнародна наукова назва — *етанова кислота*.

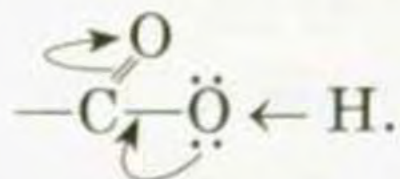
Фізичні властивості оцтової кислоти.

Оцтова кислота — безбарвна рідина, летка, має різкий специфічний запах, змішується з водою в будь-яких пропорціях, розчин кислий на смак. У побуті відома у вигляді 3—9-відсоткового водного розчину (столовий оцет) або 30-відсоткового водного розчину (оцтова есенція).

Хімічні властивості оцтової кислоти.

Вони зумовлені наявністю функціональної карбоксильної групи.

Електронна густина зв'язку O—H зміщується до атома Оксигену як більш електронегативного елемента



Внаслідок цього зв'язок O—H поляризується, атом Гідрогену в результаті набуває додаткової рухливості (здатності відщеплюватися), що й зумовлює кислотні властивості оцтової кислоти.

Електролітична дисоціація. Щоб переконатись у кислотних властивостях оцтової кислоти, проведемо дослід.

Завдяки відщепленню атома Гідрогену карбоксильної групи оцтова кислота виявляє кислотні властивості

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 17

Дія оцтової кислоти на індикатори

У дві пробірки налий порції розчину оцтової кислоти об'ємом 1—2 мл. До вмісту однієї пробірки додай кілька крапель розчину лакмусу, до іншої — розчину метилового оранжевого. Спостерігай зміну забарвлення індикаторів.

Яких кольорів набувають індикатори в досліджуваних розчинах?

Зміна забарвлення індикаторів свідчить про кислотне середовище, що створюється завдяки оцтовій кислоті.

- З утворенням яких йонів дисоціюють неорганічні кислоти? Склади рівняння електролітичної дисоціації нітратної кислоти.

Ступінь дисоціації оцтової кислоти дуже низький: у розчині об'ємом 1 л, що містить 0,1 моль кислоти, за н. у. лише три молекули зі ста мільйонів розпадаються на йони Гідрогену H^+ та ацетат-іони CH_3COO^- . Отже, оцтова кислота — слабкий електроліт, через це в йонних рівняннях реакцій її формулу записують у молекулярному вигляді.

Взаємодія з металами², лугами³, основними оксидами⁴, солями⁵. З цими сполуками оцтова кислота реагує подібно до неорганічних кислот. У цьому ти можеш пересвідчитися на дослідах.

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДИ 18

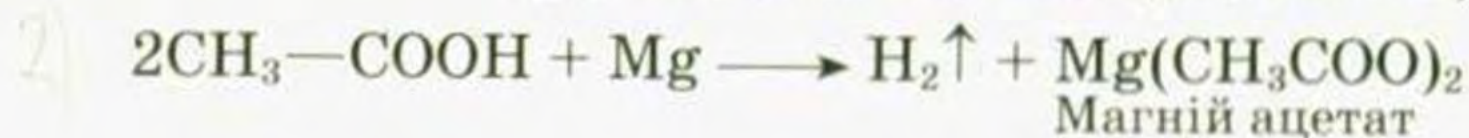
Взаємодія оцтової кислоти з металами, лугами, солями

Дослід 1. *Взаємодія оцтової кислоти з магнієм.* До розчину оцтової кислоти в пробірці додай порошок магнію або помісти в неї стружку магнію. Спостерігай виділення газу.

- Пригадай, як взаємодіє магній з розбавленою сульфатною кислотою. Який газ при цьому виділяється? Склади рівняння реакції.

У результаті реакції між оцтовою кислотою і магнієм утворюються водень і сіль (магній ацетат). *Ацетати* — загальна назва солей оцтової (ацетатної) кислоти.

Міжнародна назва оцтової кислоти — ацетатна кислота;
Солі ацетатної кислоти — ацетати

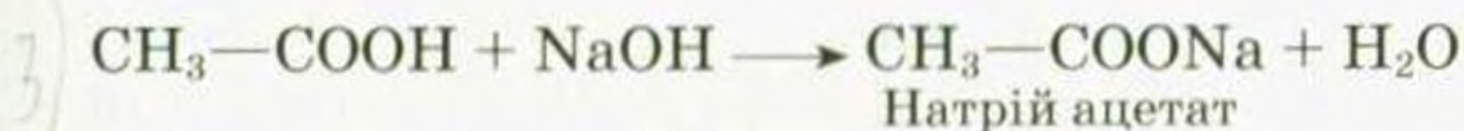


Дослід 2. Взаємодія оцтової кислоти з натрій гідроксидом. До 1—2 мл розчину натрій гідроксиду в пробірці додай кілька крапель розчину фенолфталеїну. До забарвленого розчину краплями додавай розчин оцтової кислоти до знебарвлення вмісту пробірки.

Про що це свідчить?

- Пригадай взаємодію неорганічних кислот із лугами. Як називається ця реакція? Наведи приклад, склади рівняння реакції.

Оцтова кислота реагує з лугом, утворюючи сіль і воду:



Перевір на досліді взаємодію оцтової кислоти з основним оксидом. Напиши рівняння реакції.

Оцтова кислота — слабка кислота, але вона може витіснити ще слабші кислоти з їхніх солей, наприклад, карбонатів.

5) **Дослід 3.** Взаємодія оцтової кислоти з натрій або кальцій карбонатом. До розчину оцтової кислоти в пробірці додай шматочок крейди або порошку питної соди. Спостерігай бурхливе виділення газу (мал. 100).

Який газ виділяється? Склади рівняння реакції.

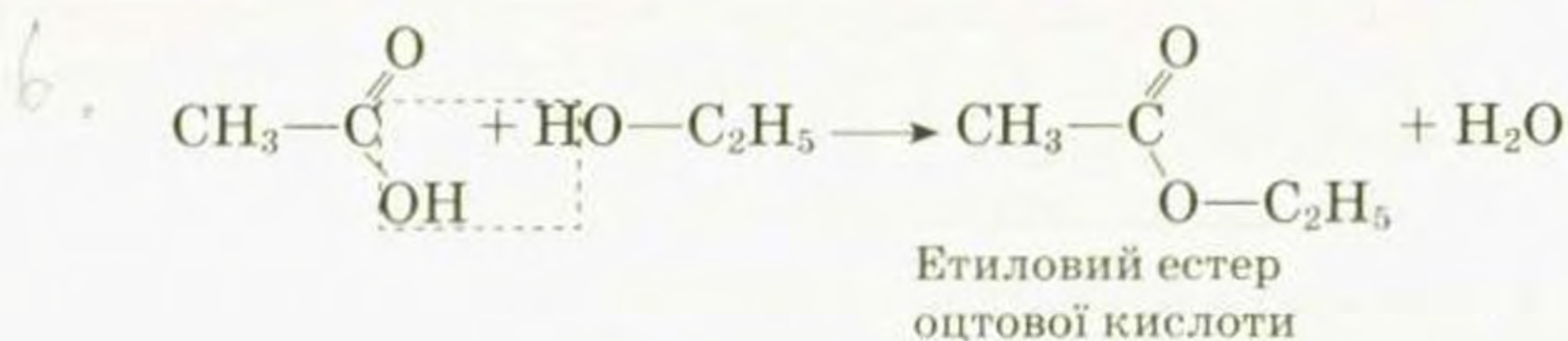
- Пригадай, як взаємодіє кальцій карбонат із хлоридною кислотою. Який газ при цьому виділяється? Склади рівняння реакції.

6. **Взаємодія зі спиртами.** Як представник класу карбонових кислот оцтова кислота взаємодіє зі спиртами. Якщо до суміші етилового спирту з сульфатною кислотою (це каталізатор реакції) додати оцтової кислоти і суміш нагріти, з'являється приємний ефірний запах. Він свідчить про утворення етилового естеру



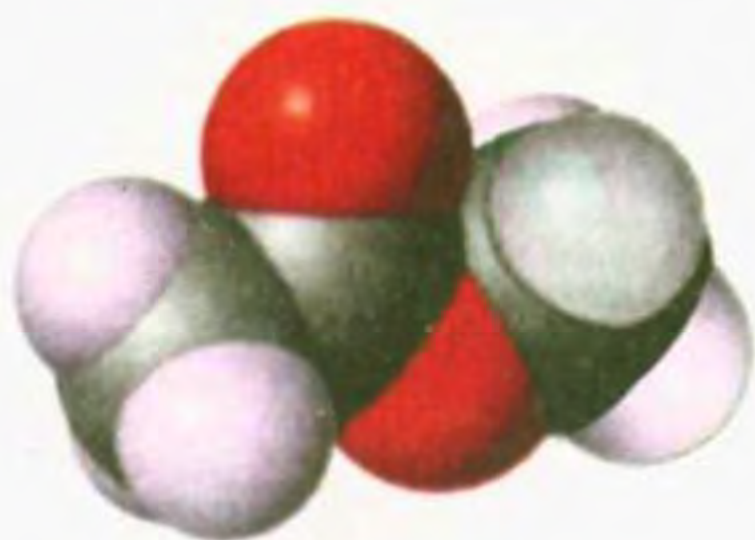
Мал. 100. Взаємодія оцтової кислоти з натрій гідрокарбонатом

оцтової кислоти — речовини, що належить до класу **естерів** (мал. 101):



Відбувається реакція **естерифікації**.

Естери — дуже поширені сполуки. Запах фруктів, квітів, спецій зумовлений переважно естерами (мал. 102). Зазвичай естери мають приємний запах. У промисловості виробляють різноманітні синтетичні естери. З них виготовляють есенції, які додають до прохолоджувальних напоїв, цукерок, кремів, парфумерних і косметичних виробів. Наприклад, етиловий естер оцтової кислоти, про який ішлося, використовують як ароматизатор мила.



Мал. 101. Масштабна модель молекули метилового естеру оцтової кислоти



Мал. 102. Запах спецій зумовлений переважно естерами

Застосування оцтової кислоти. Оцтова кислота у вигляді винного оцту відома людям здавна, оскільки утворюється в результаті оцтовокислого бродіння (скисання) вина. Проте виділили її в майже чистому вигляді лише у XVIII ст. На початку XIX ст. було визначено склад оцтової кислоти, а її структурну формулу було запропоновано в середині XIX ст.

У великих кількостях оцтова кислота використовується в органічному синтезі, під час виробництва лікарських препаратів, штучного волокна, хімічних засобів захисту рослин. Вона має широке застосування і як розчинник. У харчовій промисловості застосовується як консервувальний засіб і смакова приправа.

ВИСНОВКИ

Оцтова кислота належить до класу карбонових кислот.

Молекули карбонових кислот містять функціональну карбоксильну групу, сполучену з вуглеводневою групою.

Карбоксильна група поляризована, електронна густина зв'язку O—H зміщена до більш електронегативного атома Оксигену, тому полегшується відщеплення атома Гідрогену.

Оцтова кислота взаємодіє з металами, лугами, солями, спиртами.

Оцтова кислота — широкоживаний продукт у різних галузях господарства та в побуті.

Завдання для самоконтролю

1. Які сполуки належать до класу карбонових кислот?
2. Познач речовини, з якими реагують карбонові кислоти завдяки зміщенню електронної густини зв'язку O—H.
А луг; **Б** спирт; **В** гідроген хлорид; **Г** магній.
3. Перелічи реакції оцтової кислоти, у результаті яких утворюються солі. Склади рівняння реакцій.
4. Оцтова кислота реагує з натрій карбонатом як сіллю слабкішої кислоти. Познач ознаку реакції.
А утворення осаду; **Б** виділення газу; **В** зміна забарвлення.
5. Під час приготування кондитерських виробів використовують «гасіння» питної соди оцтом. Склади рівняння цієї реакції.
6. Змішали розчин оцтової кислоти масою 20 г (масова частка кислоти становить 25 %) з розчином, який містить натрій гідроксид масою 3,3 г. Вміст пробірки випарили. Яка сполука і якої маси утворилася?
7. Для приготування розчину оцтової кислоти масою 20 г з масовою часткою кислоти 9 % треба взяти кислоту і воду відповідно
А 2 г і 5 мл; **В** 1,8 г і 18,2 мл;
Б 13,6 г і 6,4 мл; **Г** 0,18 г і 19,82 мл.
8. Плюмбум(II) ацетат (отруйна речовина) називається ще «свинцевим цукром» через солодкий смак. Напиши його формулу.
9. Яку реакцію називають реакцією естерифікації?
10. Склади рівняння реакції між оцтовою кислотою і метиловим спиртом.
11. Обчисли масу естеру, що утвориться в результаті взаємодії етанолу масою 69 г з оцтовою кислотою.
12. Склади структурну формулу гомолога оцтової кислоти.

13. Склади рівняння реакції естерифікації етанолу з кислотою, формулу якої ти склав за попереднім завданням.
14. Назви подібні та відмінні властивості оцтової та хлоридної кислот. Склади рівняння реакцій.

Додаткове завдання

15. Яка реакція відбувається швидше — між магнієм і сульфатною кислотою чи між магнієм і оцтовою кислотою? Відповідь поясни.
16. Установи відповідність між речовинами та їх застосуванням.

| Назва речовини | Галузь застосування |
|------------------|-------------------------------|
| 1 поліетилен | А добавка до пального |
| 2 ацетилен | Б вибухівка |
| 3 етанол | В харчова добавка |
| 4 оцтова кислота | Г зварювання металу |
| | Д електроізоляційний матеріал |

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

Властивості оцтової кислоти

Дослід 1. *Дія оцтової кислоти на індикатори.*

До розчину оцтової кислоти добав розчин лакмусу чи метилового оранжевого.

Як змінилося забарвлення розчину? Що це засвідчує?

Дослід 2. *Взаємодія оцтової кислоти з основами.*

До розчину натрій гідроксиду, забарвленого фенолфталеїном, краплями додавай розчин оцтової кислоти до знебарвлення розчину фенолфталеїну.

Про що свідчать результати дослідів? Склади рівняння реакцій у молекулярній та йонній формах.

Дослід 3. *Взаємодія оцтової кислоти з металами.*

У пробірку з розбавленою оцтовою кислотою помісти стружку магнію. Спостерігай виділення газу. Який газ виділяється? Склади рівняння реакції в молекулярній та йонній формах.

Дослід 4. *Взаємодія оцтової кислоти з солями.*

У пробірку з розчином оцтової кислоти добав сіль кислоти, слабкішої, ніж оцтова, наприклад, натрій карбонат. Спостерігай виділення газу.

Який газ виділяється? Склади рівняння реакції в молекулярній та йонній формах.

§ 27. ЖИРИ

Тобі треба

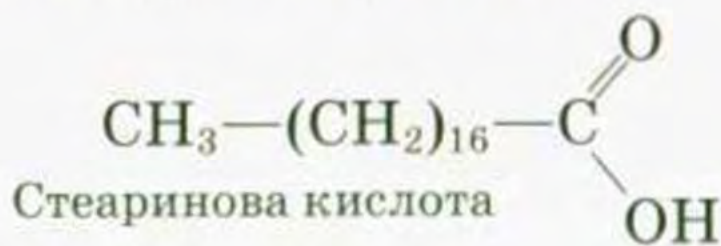
знати: склад молекул жирів;

наводити приклади: вищих карбонових кислот;

вміти: пояснювати хімічну природу жирів, суть їхніх хімічних реакцій — гідролізу та гідрування;

розуміти: біологічну роль жирів.

Склад і будова молекул. Естери можуть утворюватися найрізноманітнішими карбоновими кислотами і спиртами. Але найбільше значення мають ті, що утворені триатомним спиртом гліцерином і вищими карбоновими кислотами. До останніх належать, наприклад, стеаринова кислота складу $C_{17}H_{35}COOH$ й олеїнова кислота складу $C_{17}H_{33}COOH$. Перша — насичена кислота, друга — ненасичена, в її вуглеводневій частині є подвійний зв'язок між атомами Карбону, через це у молекулі олеїнової кислоти на два атоми Гідрогену менше:

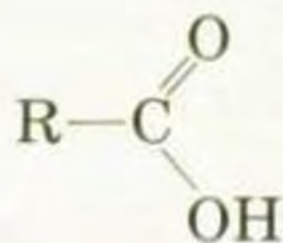


Вищі карбонові кислоти — ті, що містять не менше 6 атомів Карбону

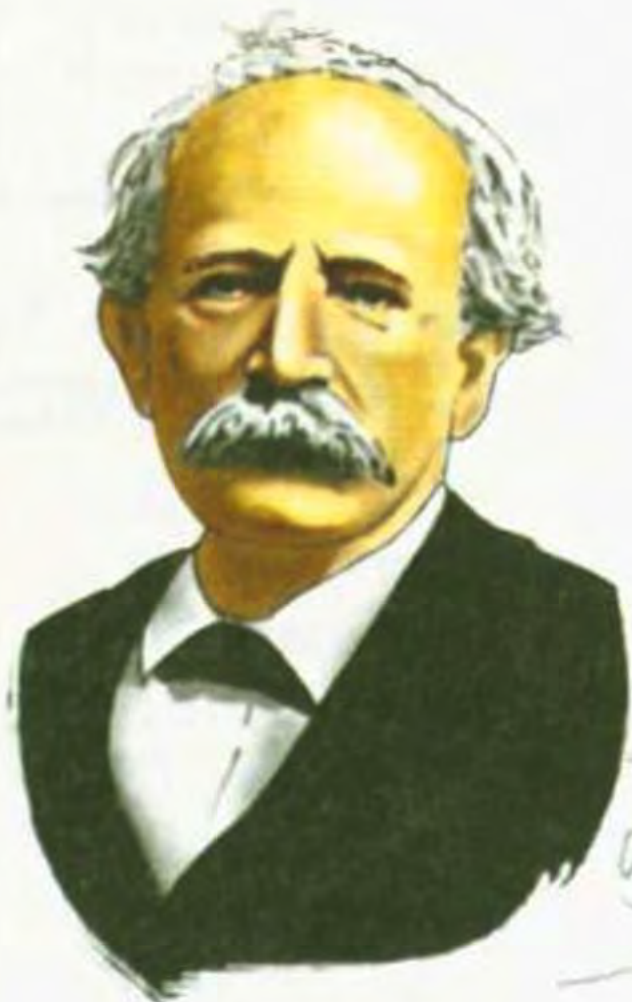
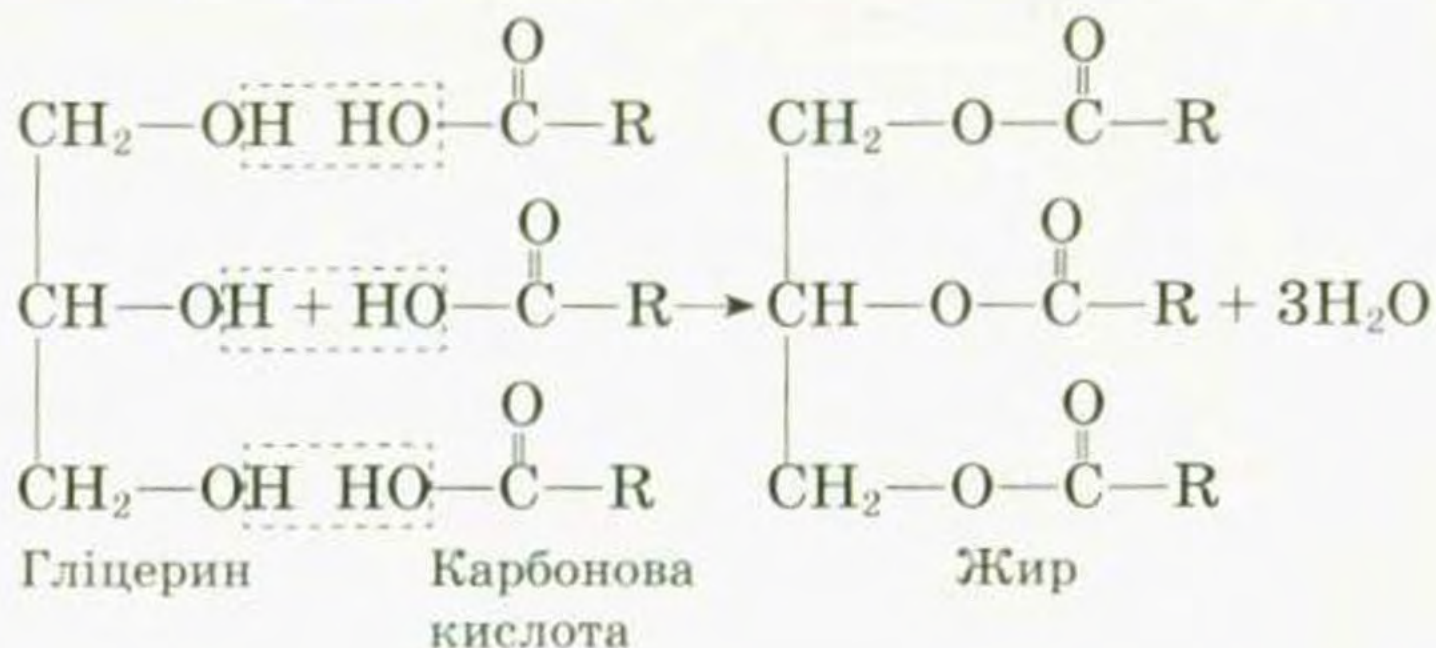
- Напиши повну структурну формулу олеїнової кислоти.

Якщо вуглеводневу групу молекули карбонової кислоти позначити як R, то формулу кислоти можна записати в загальному вигляді:

Жири — естери гліцерину і вищих карбонових кислот



Утворення жиру можна подати рівнянням реакції естерифікації:



БЕРТЛО
П'ЄР ЕЖЕН МАРСЕЛЕН
(1827—1907)

Французький хімік, член Паризької АН. Один із фундаторів синтетичної органічної хімії. Учений синтезував ацетилен, бензен, фенол, метан, жири та інші сполуки, виготовив бездимний порох.

Автор праць у галузі термохімії, хімічної кінетики, агрохімії, історії хімії. Громадський діяч, педагог.

Хімічну природу жирів почали вивчати в першій половині XIX ст. Синтез жиру тристеарину вперше здійснив французький хімік М. Бертло у 1854 р.

Фізичні властивості жирів. Склад та будова вуглеводневих груп впливають на властивості жирів.

Ось як, наприклад, змінюються їхні температури плавлення:

| Склад вуглеводневої групи | Назва жиру | $t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$ |
|-------------------------------|------------|----------------------------------|
| $-\text{C}_{17}\text{H}_{35}$ | Тристеарин | 65 |
| $-\text{C}_{17}\text{H}_{33}$ | Триолеїн | -4 |

Як бачимо, жир, утворений насиченою кислотою, твердий за стандартних умов, ненасиченою — рідкий. Рідкі рослині жири ще називають оліями (мал. 103). До складу олій (соняшникової, кукурудзяної, оливкової та ін.) входять залишки переважно ненасичених кислот,

до складу тваринних жирів (яловичого, баранячого та ін.) — залишки насичених кислот. До складу вершкового масла входять змішані естери насичених і ненасичених кислот.

Жири легші за воду і нерозчинні в ній, але розчиняються в органічних розчинниках.

- Порівняй на досліді розчинність олії у воді, спирті, бензині. Опиши (усно) цей дослід.

Хімічні властивості жирів

1 **Реакція окиснення.** Під час тривалого зберігання на повітрі під дією теплоти і світла жири гіркнуть, у них з'являються неприємні запах і смак. Це є результатом процесів окиснення жирів, що супроводжується утворенням вільних карбонових кислот та інших оксигеновмісних органічних сполук, нерідко шкідливих для здоров'я.

2 **Реакція приєднання.** У молекулах рідких жирів, на відміну від твердих, є подвійні карбон-карбонові зв'язки. Як тобі вже відомо, за місцем подвійного зв'язку можлива реакція приєднання, зокрема атомів Гідрогену (реакція гідронування). У результаті цієї реакції ненасичена сполука перетворюється на насичену, а рідкий жир — на твердий.

- Пригадай, як відбувається реакція гідронування етилену. Склади рівняння реакції.

Гідронування жирів відбувається за такою схемою:

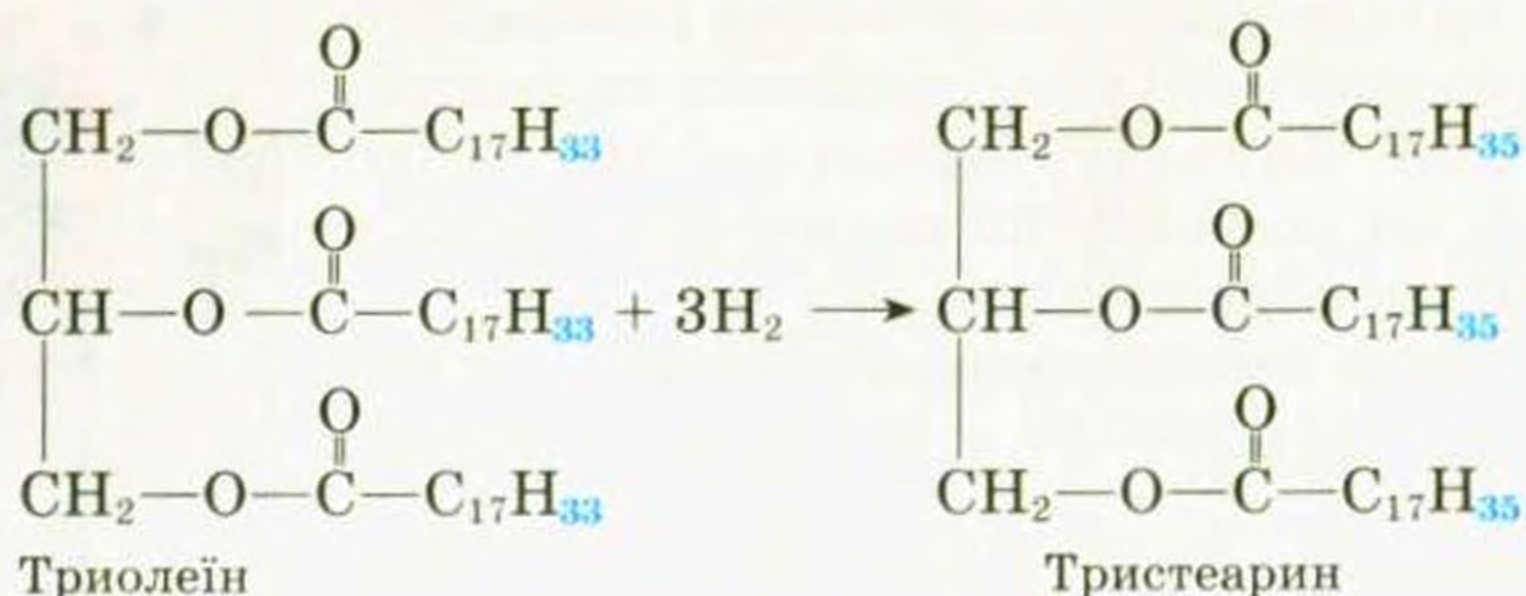


Мал. 103. Рослинні жири

95 29/02
3,7 2012
42

Поява неприємного запаху, смаку чи кольору жиру свідчить про його окиснення і непридатність для харчування

Хімічним способом можна перетворити олію на твердий жир



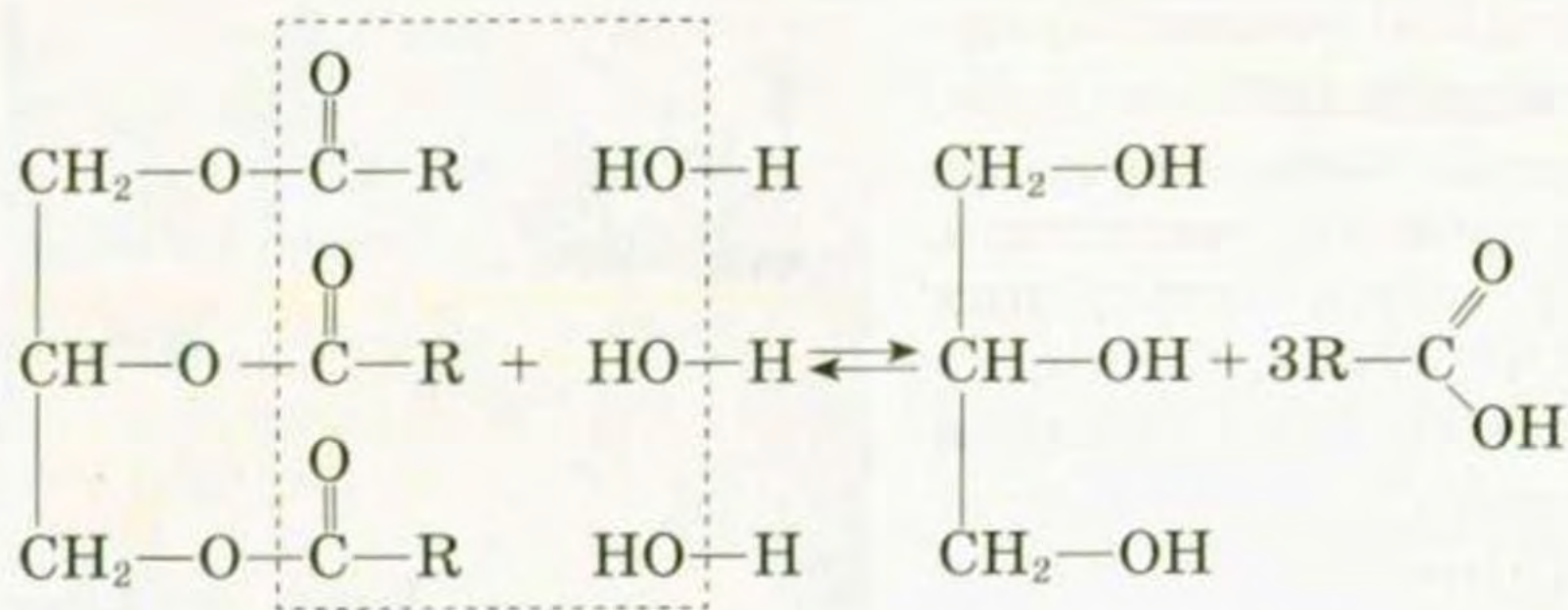
Процес тверднення (гідрування) жирів лежить в основі виробництва маргарину (від грец. *μάργαρον* — «перлина»). Негідровані жири легко окиснюються за подвійними зв'язками, а гідрування уповільнює ці процеси, крім того, дає змогу добувати тверді жири, подібні до вершкового масла. На маргарин переробляють дешеві олії, риб'ячий і китовий жири. Тверді жири мають переваги над рідкими, оскільки не містять подвійних зв'язків, отже, повільніше окиснюються, їх легше транспортувати, фасувати тощо.

Щоб зробити гідрований жир придатним до вживання, до нього добавляють смакові, ароматичні речовини, барвники.

Гідроліз (від грец. *ὕδωρ* — вода і *λύσις* — розкладання) це реакція обміну між речовиною і водою. У цьому разі говорять, що речовина *гідролізує*.

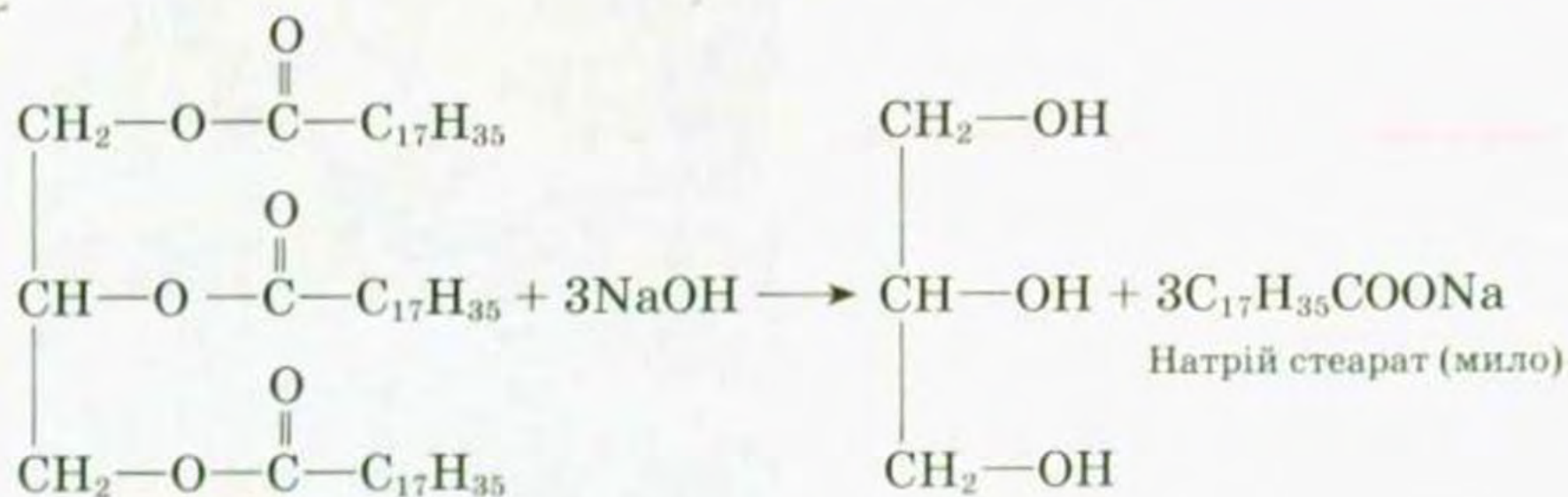
3 Реакція гідролізу. Важливою реакцією жирів є реакція гідролізу.

Жири гідролізують з утворенням триатомного спирту гліцерину і карбонових кислот:



Якщо проводити гідроліз жиру за наявності лугу, утворюється сіль відповідної карбонової кислоти. Солі вищих карбонових кислот називають **милами**.

Основу твердого мила становить натрій стеарат



Оскільки в результаті лужного гідролізу жиру утворюється мило, цю реакцію називають **омиленням жиру**.

Біологічне значення жирів. Жири разом із білками та вуглеводами належать до біологічно активних речовин. Вони входять до складу клітин рослинних і тваринних організмів і є для них джерелом енергії. У результаті окиснення 1 г жиру виділяється 37,7 кДж енергії, що удвічі більше, ніж під час окиснення 1 г білка чи вуглеводу.

Основна кількість жирів, що споживаються людиною, міститься у м'ясі, рибі, молочних і зернових продуктах. У разі, коли в організм людини з їжею надходить більше енергії, ніж витрачається нею,



Мал. 104. Соняшник — основне джерело рослинної олії в Україні

утворюються жироподібні речовини, що відкладаються в тканинах організму. Таким чином він акумулює енергію.

Згідно з даними сучасної медицини, надмірне вживання жирів, утворених насиченими кислотами, себто тваринних жирів, може призвести до накопичення речовин, що утруднюють рух крові в артеріях, зокрема тих, що постачають кров'ю мозок. Кориснішими для вживання визнаються жири, утворені ненасиченими кислотами, тобто олії. У соняшниковій олії, наприклад, масова частка ненасичених карбонових кислот становить 91 % (мал. 104).



Мал. 105. Квітує рапс — джерело технічної олії



Мал. 106. Біодизельне паливо виготовляють із рапсової олії

ВИСНОВКИ

Жири — естери гліцерину і вищих карбонових кислот.

Тверді жири утворюються насиченими карбоновими кислотами, рідкі — ненасиченими.

Жири вступають у реакції окиснення, гідрування, гідролізу.

Гідруванням рідких жирів добувають маргарин.

Гідролізом (омиленням) жирів добувають мило.

Жири — біологічно активні речовини.

Завдання для самоконтролю

1. За хімічною природою жири належать до
А солей; Б естерів; В карбонових кислот; Г спиртів.
2. У результаті якої хімічної реакції утворюються жири?
3. Чим відрізняються жири від інших естерів?
4. У чому відмінність хімічного характеру рідких і твердих жирів?
5. Яку хімічну реакцію покладено в основу виготовлення маргарину?

6. Мило належить до класу
А солей; Б спиртів; В естерів; Г карбонових кислот.
7. Схарактеризуй значення процесу гідролізу жирів.
8. Які ознаки окиснення жирів?

Додаткове завдання

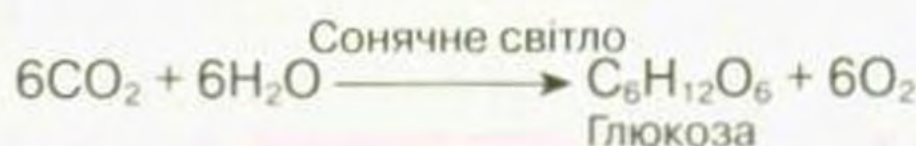
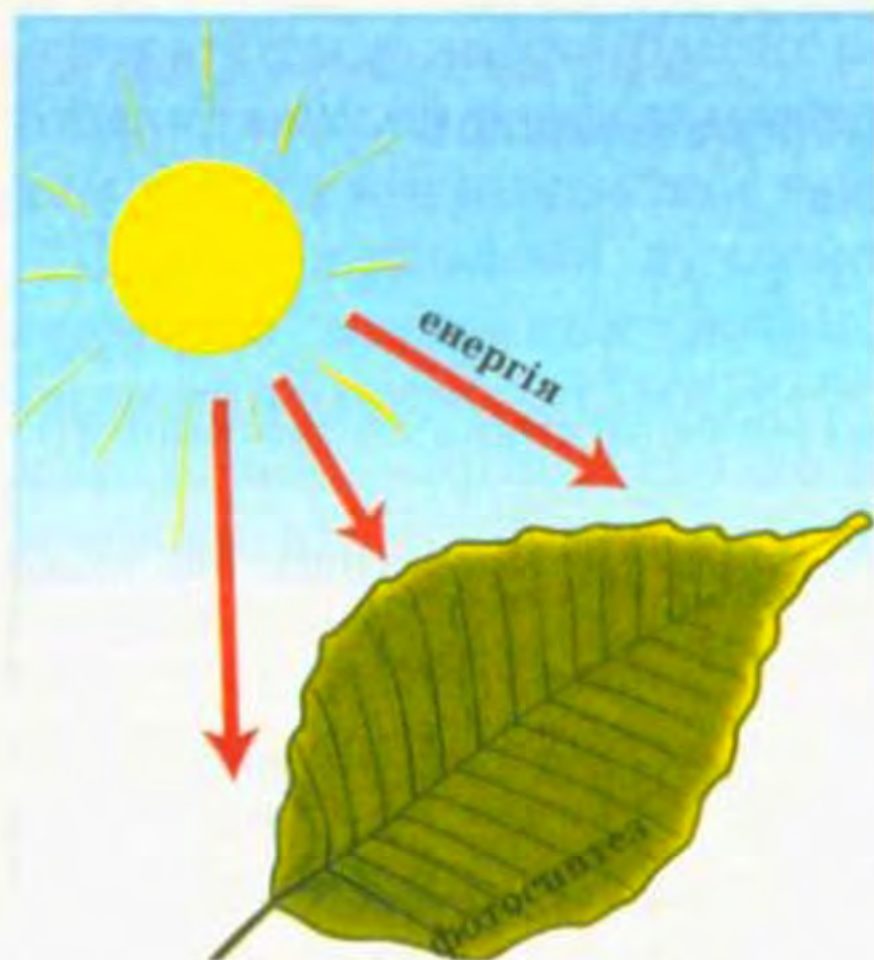
9. Запропонуй спосіб, яким можна відрізнити олію від розтопленого тваринного жиру.
10. На упакованні маргарину написано: «Містить лише рослинні олії». Чи правильно це?
11. Що таке «омилення жирів»?
12. Основу рідкого мила становлять калійні солі вищих карбонових кислот. Склади рівняння реакції утворення такої солі.
13. Пригадай відомі тобі реакції гідрування. Схарактеризуй значення цих реакцій для синтезу органічних речовин.
14. Яку сполуку ти можеш запропонувати як ароматизатор мила?
15. Підготуй повідомлення про використання рапсової олії для виробництва дизельного палива (мал. 105, 106).

§ 28. ВУГЛЕВОДИ. ГЛЮКОЗА

Тобі треба

- знати:** склад вуглеводів, молекулярну формулу глюкози;
- вміти:** визначати глюкозу за допомоги якісної реакції;
- складати:** рівняння реакцій спиртового бродіння та окиснення глюкози;
- пояснювати:** біологічну роль глюкози.

Досі ти вивчав хімічні реакції, в результаті яких одні органічні сполуки перетворювалися на інші або окиснювалися до вуглекислого газу і води. У природі постійно відбувається зворотний процес: із вуглекислого газу і води утворюються органічні речовини, з яких побудовано рослинні організми. Наприклад, під впливом сонячної енергії в зелених

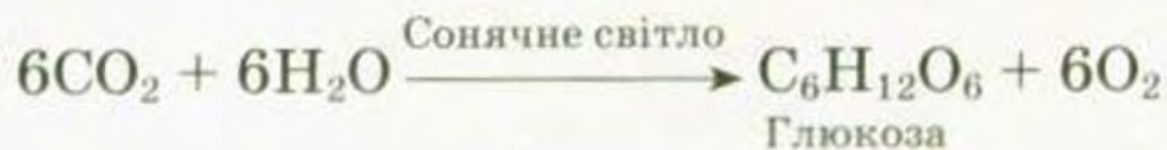


Мал. 107. Глюкоза утворюється в рослинах у результаті фотосинтезу



Мал. 108. Я. Ван Утрехт. Натюрморт із виноградом

листках рослин відбувається реакція фотосинтезу, внаслідок якої утворюється глюкоза (мал. 107). У процесі бере участь зелений пігмент хлорофіл, що вбирає сонячну енергію. У загальному вигляді процес фотосинтезу виражається рівнянням:



У рослинах із глюкози утворюються сахароза, крохмаль і целюлоза. Ці сполуки належать до класу **вуглеводів**. Така назва склалася історично, оскільки перші з вивчених сполук цього класу містили в молекулах, крім атомів Карбону (колишня назва вуглець), атоми Гідрогену й Оксигену у співвідношенні Н : О як 2 : 1, тобто як у воді H_2O , — звідси «вуглеводи».

Склад та будова молекули. Молекулярна формула глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. У молекулі глюкози, складну будову якої ми не розглядаємо, є п'ять гідроксильних груп —ОН.

Фізичні властивості глюкози. Глюкоза дуже поширена у природі. Це — безбарвна кристалічна речовина, добре розчинна у воді, солодка на смак. У вільному стані вона міститься в багатьох фруктах, зокрема у винограді (звідси назва глюкози — виноградний цукор), у медові, є вона і в корінні, листках і квітках рослин, у крові людини і тварин (близько 0,1 %) (мал. 108).

- Пригадай походження назви триатомного спирту — гліцерину. Користуючись словником, з'ясуй, від якого слова походить назва

глюкози, порівняй назви цих сполук та їхні фізичні властивості.

Хімічні властивості глюкози.

Реакція окиснення. Внаслідок повного окиснення глюкози сильними окисниками утворюються вуглекислий газ і вода.

1. • Склади рівняння реакції повного окиснення глюкози.

2. **Взаємодія з купрум(II) гідроксидом.** Оскільки молекула глюкози містить функціональні гідроксильні групи, можна припустити, що ця речовина вступає в реакцію, характерну для багатомисливних спиртів.

- Пригадай, яку реакцію ти проводив для розпізнавання гліцерину. Які ознаки цієї реакції? Проведи подібний дослід із глюкозою.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 19

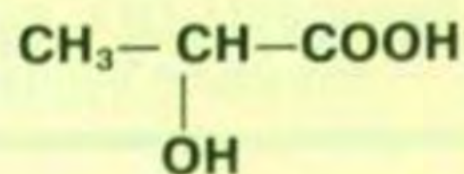
Взаємодія глюкози з купрум(II) гідроксидом

У пробірку налий 1 мл розчину натрій гідроксиду і додай кілька крапель розчину купрум(II) сульфату. Спостерігай утворення осаду купрум(II) гідроксиду. До осаду додай розчин глюкози і суміш збовтай. Спостерігай утворення прозорого розчину синього кольору (рівняння реакції не записуємо через складність будови продукту).

Ця реакція свідчить про наявність у молекулі глюкози кількох гідроксильних груп.

3. **Реакція бродіння.** Серед хімічних властивостей глюкози чи не найважливішими є реакції бродіння. Це — такий вид хімічної взаємодії, що відбувається під впливом каталізаторів — ферментів, які виробляються мікроорганізмами. Напри-

Під час скисання молока, квашення капусти глюкоза перетворюється на молочну кислоту





Мал. 109. Глюкоза — лікарський засіб

клад, під впливом ферментів дріжджів та без доступу повітря глюкоза може перетворюватися на етиловий спирт — відбувається *спиртове бродіння*.

Процес можна спрощено виразити таким рівнянням:



Застосування та біологічне значення глюкози. Людський організм легко засвоює глюкозу і використовує її як джерело енергії, що виділяється внаслідок окиснення глюкози в клітинах. Сумарно цей процес можна виразити рівнянням:



Як поживна речовина глюкоза використовується в медицині для підтримання життєдіяльності ослабленого організму. Її розчин вводять прямо в кров, оскільки саме вона переносить глюкозу до клітин організму (мал. 109).

ВИСНОВКИ

Глюкоза належить до класу вуглеводів.

Глюкоза — поширена у природі сполука, утворюється в рослинах у результаті реакції фотосинтезу.

Як багатоатомний спирт глюкоза взаємодіє з купрум(II) гідроксидом.

Важливою реакцією глюкози є бродіння.

Глюкоза — біологічно активна речовина.

Завдання для самоконтролю

1. Як ти розумієш назву «вуглеводи»?
2. У чому полягає подібність глюкози і гліцерину? Як довести це дослідами?
3. Яке, на твою думку, значення мають процеси бродіння глюкози?

4. У результаті бродіння глюкози утворився етанол масою 69 г.
Якого об'єму вуглекислий газ можна зібрати?
5. Доведи, що глюкоза справді може бути джерелом енергії в організмі.

Додаткові завдання

6. Склади рівняння реакції молочнокислого бродіння глюкози, якщо в результаті утворюється лише одна сполука.
7. Поясни взаємозв'язок між органічними і неорганічними речовинами на прикладі глюкози.

§ 29. САХАРОЗА

Тобі треба

знати: хімічний склад сахарози;

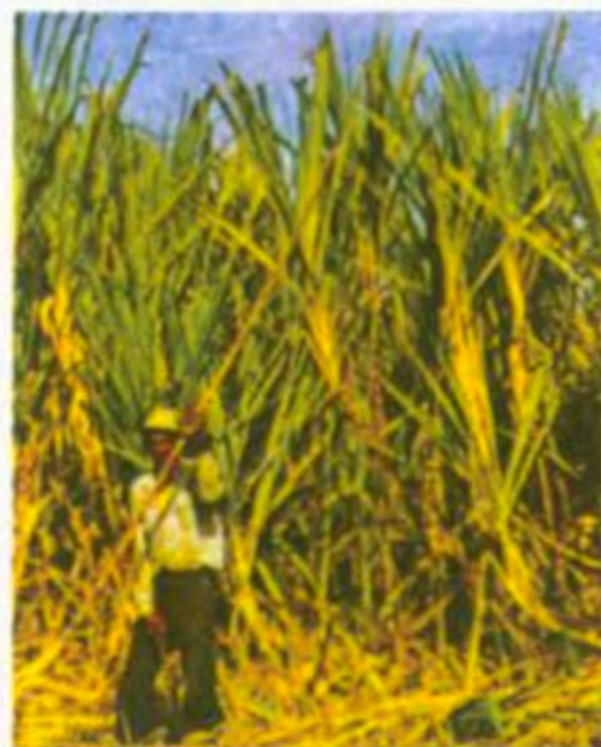
пояснювати: загальну схему виробництва цукру.

Склад молекули. До класу вуглеводів належить також сахароза, або буряковий, тростинний (очеретяний) цукор. Молекулярна формула $C_{12}H_{22}O_{11}$. У природі синтезується з глюкози.

Фізичні властивості сахарози. Це — безбарвна кристалічна речовина, солодка на смак, добре розчинна у воді. Під час нагрівання до $190—200\text{ }^{\circ}\text{C}$ кристали плавляться, розплавлена маса після застигання утворює льодяник, а відтак карамель.

Сахароза міститься в рослинах, особливо багато її в коренеплодах цукрового буряку (16—20 %) та стеблах цукрової тростини (14—26 %) (мал. 110).

Сахароза у вигляді тростинного цукру була відома у стародавні часи і ви-



Мал. 110. Цукровий буряк і цукрова тростина — джерела сахарози

Україна — один із найбільших виробників цукру у світі



Бунге Микола Андрійович
(1842—1915)

Український хімік. Закінчив Київський університет, професор цього навчального закладу. Працював у галузі електрохімії та хімічної технології. Досліджував електроліз розчинів неорганічних і органічних сполук, удосконалив методику газового аналізу. Вивчав процес виробництва цукру з цукрового буряку та умови перебігу цього процесу. Зробив значний науковий внесок у розвиток вітчизняної цукрової промисловості.

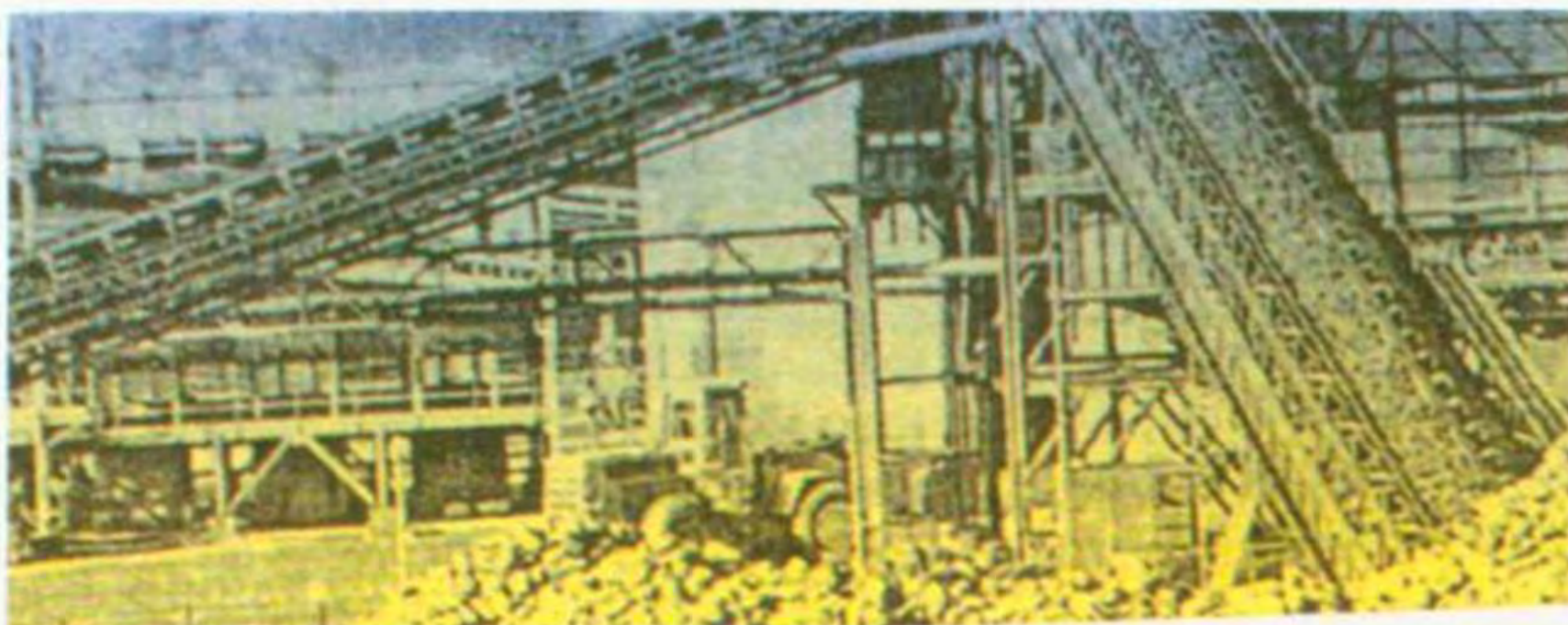
користовувалась як лікувальний засіб. Батьківщиною цукру вважають Індію.

У Європі цукор-сирець із цукрової тростини з'явився в XVI ст., а з цукрового буряку був виділений уперше в середині XVIII ст.

Україна належить до найбільших у світі виробників цукру.

Оскільки сахароза — цінний харчовий продукт, її добувають у великій кількості (мал. 111). Добування полягає у виділенні її з природної сировини, наприклад, цукрового буряку, очищенні та кристалізації продукту. Для цього насамперед ¹миють і ²подрібнюють коренеплоди, потім ³обробляють масу гарячою водою. Як добре розчинна у воді сполука сахароза переходить у розчин. Висолоджений залишок (жом) використовується для годівлі худоби. Щоб очистити розчин сахарози, його спершу обробляють вапняним молоком, а потім пропускають крізь нього вуглекислий газ. В осаді залишається кальцій карбонат, а прозорий розчин знебарвлюють, обробляючи сульфур(IV) оксидом. Далі розчин випарюють, сахароза кристалізується — утворюється цукровий пісок. Побічні продукти кристалізації — патока і меляса — використовуються для виробництва дріжджів, етанолу, кондитерських виробів. Способом повторного розчинення і кристалізації отримують цукор-рафінад, що містить 99,9 % сахарози.

Важливим показником для виробництва цукру є цукристість буряку. Селекціонери працюють над виведенням сортів цієї культури з високим вмістом цукру. Цукристість втрачається в разі тривалого



Мал. 111. Загальний вигляд цукрового заводу

зберігання коренеплодів, а тому на цукрових заводах намагаються переробляти їх якомога швидше.

ВИСНОВКИ

Сахароза — вуглевод.

Сахароза синтезується в рослинах, відома як буряковий або тростинний цукор.

Сахароза — цінний харчовий продукт.

Завдання для самоконтролю

1. Склади загальну схему виробництва цукру.
2. Які побічні продукти цукрового виробництва? Де їх можна використовувати?
3. Чи належить виробництво цукру до хімічних виробництв?
4. Чому цукроваріння належить до сезонних виробництв, адже коренеплоди можна зберігати протягом усієї зими?
5. Масова частка цукру у склянці чаю (250 г), куди поклали дві чайні ложки цукру (по 8 г у кожній), становить
А 7,8 %; **Б** 12,8 %; **В** 3,1 %; **Г** 6,4 %.

Додаткові завдання

6. Якщо у вашій місцевості вирощують чи переробляють цукрові буряки, розкажи про це.
7. Склади розповідь про застосування сахарози.

§ 30. КРОХМАЛЬ

Тобі треба

знати: хімічний склад крохмалю;
пояснювати: утворення і гідроліз крохмалю;
проводити: якісну реакцію на крохмаль;
розуміти: біологічну роль крохмалю.

Склад і будова молекули. Склад молекули крохмалю виражається загальною формулою $(C_6H_{10}O_5)_n$ (n становить від кількох сотень до кількох тисяч).

Фрагмент полімерного ланцюга можна записати так:



Крохмаль — природний полімер

Крохмаль — природний полімер, що синтезується в рослинах із глюкози за реакцією:



Властивості крохмалю. Крохмаль — білий аморфний порошок. У холодній воді — нерозчинний, осідає на дні посудини, у гарячій воді набрякає, утворюючи клейстер. У цьому можна переконатись на досліді.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 20

Відношення крохмалю до води

У пробірку насип трохи крохмалю, додай холодної води. Розмішай суміш, дай їй відстоятися. Що спостерігається? Чи розчинився крохмаль у холодній воді?

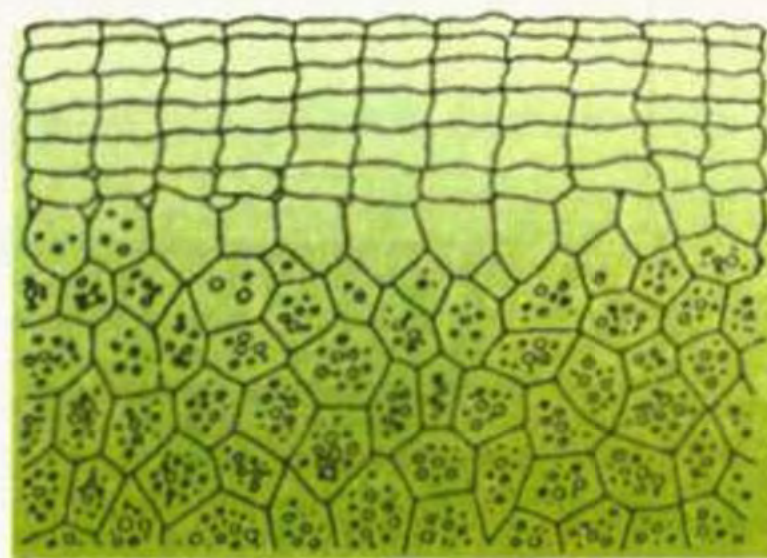
Закип'яти воду у склянці. Вилий суміш із пробірки, перемішуючи, у гарячу воду. Що спостерігається? Зроби висновок про відношення крохмалю до води.

Збережи крохмальний клейстер для наступного досліді.

Крохмаль можна добути з картоплі механічним способом. Розглянь малюнок 112. Зерна крохмалю плавають у клітинному сокові, їх можна видалити звідти.

Для цього картоплю подрібнюють, промивають водою і відціджують. Разом із водою крохмаль проходить крізь сито, відстоюється. Потім воду зливають і продукт висушують.

Характерною хімічною властивістю крохмалю є **реакція з йодом** (йодокрохмальна реакція).



Мал. 112. Зріз картоплини під мікроскопом

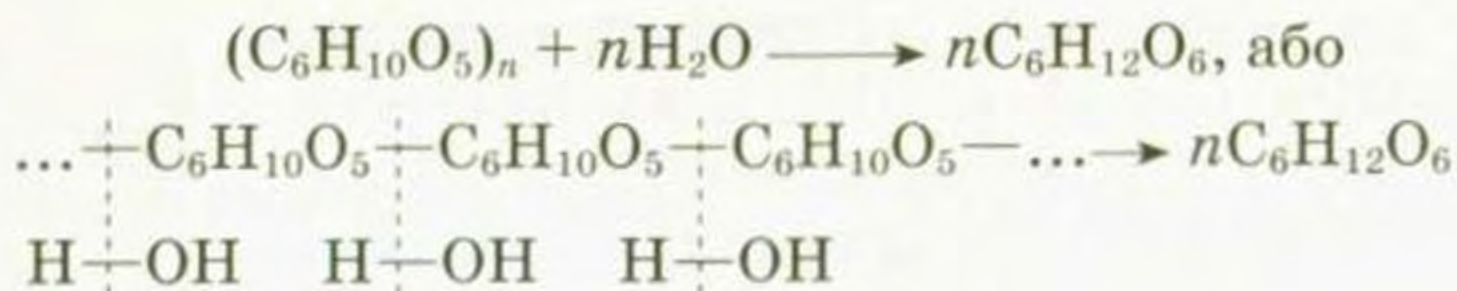
ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 21

Взаємодія крохмалю з йодом

До приготовленого в попередньому досліді крохмального клейстеру додай краплину спиртового розчину йоду. Спостерігай появу синього забарвлення.

Ця реакція використовується для виявлення як крохмалю, так і йоду.

Біологічне значення крохмалю. Накопичений рослинами крохмаль розщеплюється під дією ферментів з утворенням глюкози, у результаті окиснення якої вивільнюється енергія. Якщо рослини запасують енергію у вигляді крохмалю, то тварини — у вигляді глікогену (вуглеводу, близького за структурою до крохмалю). Процес засвоєння крохмалю організмом людини починається з ротової порожнини, з його гідролізу під впливом ферментів до глюкози. Процес гідролізу можна подати в загальному вигляді: до кожної мономерної ланки крохмалю приєднується молекула води, полімерний ланцюг розривається, і утворюються молекули глюкози:



- Пригадай, яким способом можна виявити наявність глюкози в розчині.

Надлишки глюкози відкладаються в печінці у вигляді «запасного» вуглеводу глікогену. У разі потреби, наприклад, під час фізичних навантажень, глікоген перетворюється, як крохмаль у рослинах, на глюкозу, що живить організм.

Тепер ти знаєш, що в людському організмі енергія запасається у вигляді жирів та вуглеводів і вивільнюється під час їхнього окиснення. На думку фахівців, енергетичні потреби людини повинні задовольнятися на 60 % за рахунок рослинної їжі, зокрема овочів і фруктів.

Наведене вище рівняння реакції — сумарне. Насправді гідроліз відбувається послідовно, з утворенням проміжних продуктів — декстринів, які мають меншу, ніж у крохмалю, молекулярну масу. Варіння і смаження картоплі, випікання хліба, прасування накрохмаленої білизни пов'язані з частковим гідролізом крохмалю й утворенням декстринів. У складі їжі декстрини засвоюються організмом легше, ніж крохмаль (мал. 113).



Мал. 113. К. Білокур.
Снідання

ВИСНОВКИ

Крохмаль — природний полімер.

Рослини запасують енергію у вигляді крохмалю.

У гарячій воді крохмаль утворює клейстер.

Важливою реакцією крохмалю є реакція гідролізу.

Для виявлення крохмалю використовують йодокрохмальну реакцію.

Завдання для самоконтролю

1. Схарактеризуй крохмаль як природний полімер. У чому його відмінність від відомого тобі поліетилену?
2. На яких властивостях крохмалю ґрунтується його добування з картоплі?
3. Чим зумовлене утворення смачної скоринки на хлібі?
4. Чому декстрини засвоюються організмом легше, ніж крохмаль?
5. Завдяки окисненню жирів у організмі виділяється вдвічі більше енергії, ніж під час окиснення вуглеводів. Яке значення має ця обставина для підтримання нормальної маси тіла?
6. Випробуй на наявність крохмалю борошно, печиво, зубний порошок, косметичну пудру тощо.
7. Пригадай з курсу біології, як утворюється крохмаль у рослинах.

Додаткові завдання

8. Маса глюкози, добутої з крохмалю, більша за масу вихідного продукту. Поясни чому. Чи узгоджується це із законом збереження маси речовин?
9. Глюкоза належить до моносахаридів, а крохмаль — полісахарид. Поясни цей термін.
10. Установи відповідність між назвами сполук та хімічними реакціями, в які ці сполуки вступають.

| Назва сполуки | Хімічна реакція, в яку вступає сполука |
|---------------|----------------------------------------|
| 1 глюкоза | А омилення |
| 2 крохмаль | Б з купрум(II) гідроксидом |
| 3 триолеїн | В з натрієм |
| 4 етанол | Г з йодом |
| | Д з купрум(II) сульфатом |

§ 31. ЦЕЛЮЛОЗА

Тобі треба

знати: хімічний склад целюлози;

порівнювати: крохмаль і целюлозу за складом та будовою;

пояснювати: застосування целюлози.

Склад та будова молекул целюлози. Із ланок складу $\text{—C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5\text{—}$, такого самого, як у крохмалю, побудовано ланцюгові

Целюлоза (від лат. *celula* — комірка, клітина) — основна складова оболонки клітин рослин



Мал. 114. Зріз оболонки рослинної клітини під електронним мікроскопом (видно волокнисту структуру целюлози)

молекули іншого природного полімеру — **целюлози, або клітковини.**

Целюлоза дуже поширена у природі, оскільки з неї побудовані оболонки рослинних клітин. Якщо крохмаль — джерело енергії, то целюлоза — будівельний матеріал рослин. Рослинні волокна (бавовняні, конопляні, лляні) і деревина на 45 % складаються з целюлози. Майже чиста целюлоза відома тобі у вигляді вати і фільтрувального паперу.

Зовнішня різниця між цими волокнами і крохмалем очевидна, хоча полімерні ланцюги крохмалю і целюлози побудовані з однакових ланок. У чому ж причина відмінності? Загальна формула целюлози, як і крохмалю, — $(C_6H_{10}O_5)_n$. Але ступінь полімеризації, молекулярна маса целюлози набагато більші, ніж у крохмалю: n становить 10—14 тисяч, відносна молекулярна маса — кілька мільйонів.

Крім того, частина молекул крохмалю мають розгалужену будову, а молекули целюлози — ниткоподібні, лінійні, через це вони можуть утворювати волокна (мал. 114).

Є ще й інші суттєві особливості внутрішньої будови, яких ми не розглядаємо, але які також зумовлюють відмінності між крохмалем і целюлозою.

Застосування целюлози. Віками целюлозу у вигляді деревини використовували як паливо.

- Склади рівняння реакції горіння целюлози.

Проте з целюлози можна добути багато корисних речовин, піддаючи її хімічній переробці. Серед них — штучний шовк, вибухові речовини, спирти. З целюлози

виготовляють папір. Зважаючи на величезне значення паперу, можна стверджувати, що сучасна цивілізація значною мірою завдячує целюлозі.

У жуйних тварин і термітів в органах травлення під впливом ферментів відбуваються гідроліз клітковини та її засвоєння (мал. 115).

- Склади рівняння реакції гідролізу целюлози за прикладом гідролізу крохмалю.

В організмі людини целюлоза, спожита нею з рослинною їжею, не гідролізує, отже, не засвоюється.

У біомасі рослин, основним компонентом якої є целюлоза, на земній кулі заощаджено величезну кількість енергії. Виявляється, цю енергію можна вивільнити, використовуючи продукти перероблення біомаси (мал. 116). Сучасна наука розглядає її як перспективну сировину для добування вуглеводнів та інших органічних речовин. Це досягається методами біотехнології, що передбачають використання ферментів (біохімічних каталізаторів). Добути таким чином продукти поки що мають порівняно високу вартість, але до нафти, природного газу і кам'яного вугілля як джерел органічних сполук додасться ще й біомаса.



Мал. 115. Жуйні тварини здатні перетравлювати целюлозу



Мал. 116. Біомаса рослин заощаджує величезну кількість енергії

ВИСНОВКИ

Целюлоза — вуглевод полімерної будови.

Целюлоза — будівельний матеріал рослин.

Целюлоза горить із виділенням великої кількості теплоти.

Хімічним переробленням целюлози добувають багато цінних речовин.

Завдання для самоконтролю

1. Порівняй склад та будову крохмалю і целюлози.
2. Іноді можна зустріти неправильне вживання терміна «вуглеводи» замість «вуглеводні», і навпаки. Поясни ці терміни.
3. Завдяки якій особливості будови целюлози, на відміну від іншого полімера-крохмалю, можна виготовляти з целюлози штучні волокна?
4. Вислов своє ставлення щодо доцільності спалювання чи хімічного перероблення целюлози.

Додаткові завдання

5. Клітковина гідролізує подібно до крохмалю. Склади рівняння реакції. Яким способом, на твою думку, можна перетворити клітковину на етиловий спирт? Які реакції відбуваються при цьому? Склади їх рівняння.
6. Підготуй повідомлення про розвиток біотехнології.

§ 32. АМІНОКИСЛОТИ

Тобі треба

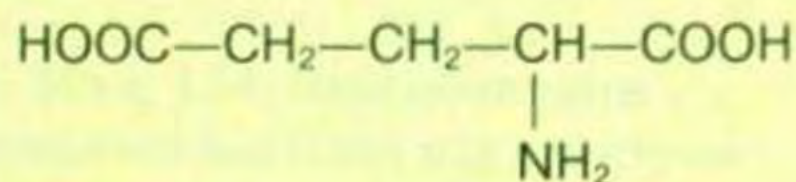
знати: хімічний склад амінокислот, їхні функціональні групи; формулу амінооцтової кислоти;

пояснювати: амфотерні властивості амінокислот;

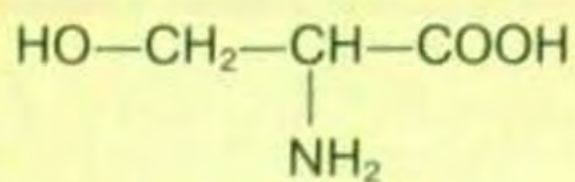
складати: рівняння реакції утворення поліпептидів;

розуміти: біологічну роль амінокислот.

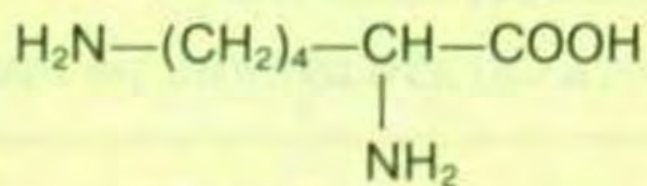
Приклади амінокислот:



Глутамінова кислота



Серин



Лізін

Склад і будова молекули. Ти вже знаєш, що до складу рослинних і тваринних організмів входять представники таких класів органічних сполук, як жири та вуглеводи. Не менш важливими для функціонування живих організмів є білки. Це — високомолекулярні сполуки, утворені з ланок амінокислот.

Думку про те, що амінокислоти є «цеглинами», з яких побудовано білки,

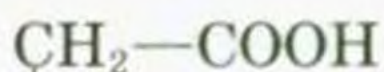
уперше висловив видатний український біохімік і хімік Іван Якович Горбачевський.

У чому полягає відмінність амінокислот від карбонових кислот, які ти вивчав раніше? Карбонові кислоти містять функціональну карбоксильну групу —COOH, а амінокислоти — дві функціональні групи: карбоксильну та аміногрупу —NH₂.

Якщо в молекулі оцтової кислоти CH₃COOH один атом Гідрогену в метильній групі замінити на аміногрупу, утвориться амінооцтова кислота

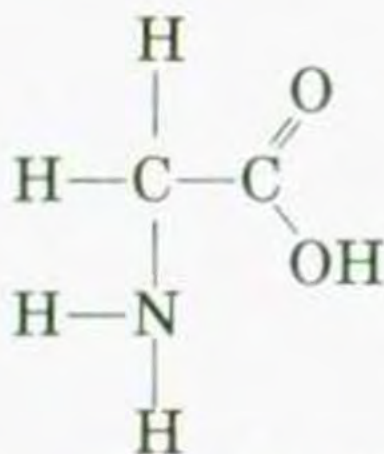
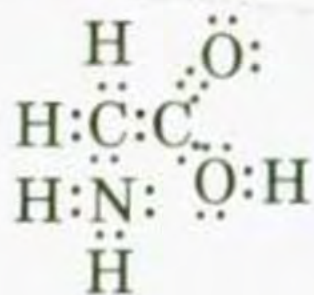


Оцтова кислота



Амінооцтова кислота

Електронна і структурна формули амінооцтової кислоти:



Амінооцтова кислота — найпростіша з амінокислот. Серед них є такі, що містять дві карбоксильні групи або дві аміногрупи, гідроксильні та сульфуровмісні групи.

Фізичні властивості. Амінокислоти — безбарвні кристалічні речовини з високими температурами плавлення, більшість із них добре розчинні у воді.

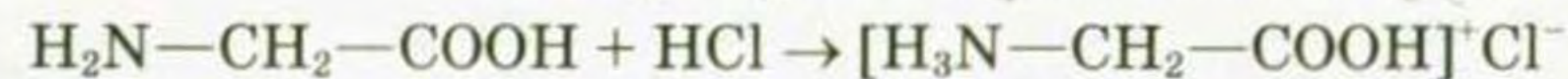
Хімічні властивості. Карбоксильна й аміногрупа протилежні за хімічним



Горбачевський Іван Якович
(1854—1942)

Український учений, академік АН України. Народився в Україні, працював у Відні, Празі, професор, ректор Українського Вільного університету в Празі. Наукові праці стосуються органічної хімії та біохімії. Вперше синтезував сечову кислоту і з'ясував способи її утворення в організмі. Висловив думку про амінокислотний склад білків. Уперше виділив чисті нуклеїнові кислоти із тваринних організмів. Зробив внесок у розвиток української наукової термінології. Автор підручників з хімії українською мовою

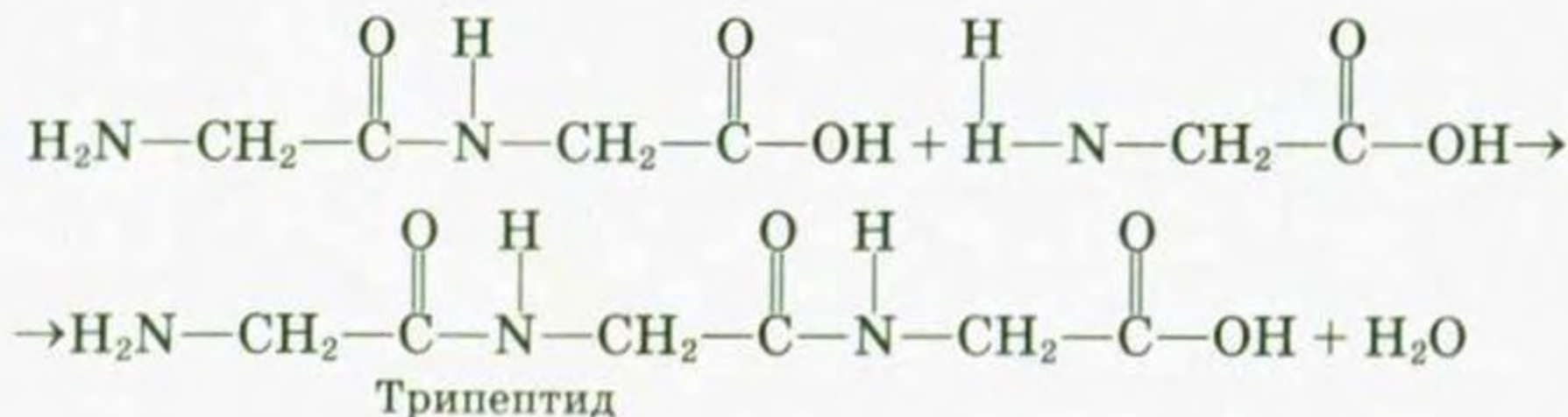
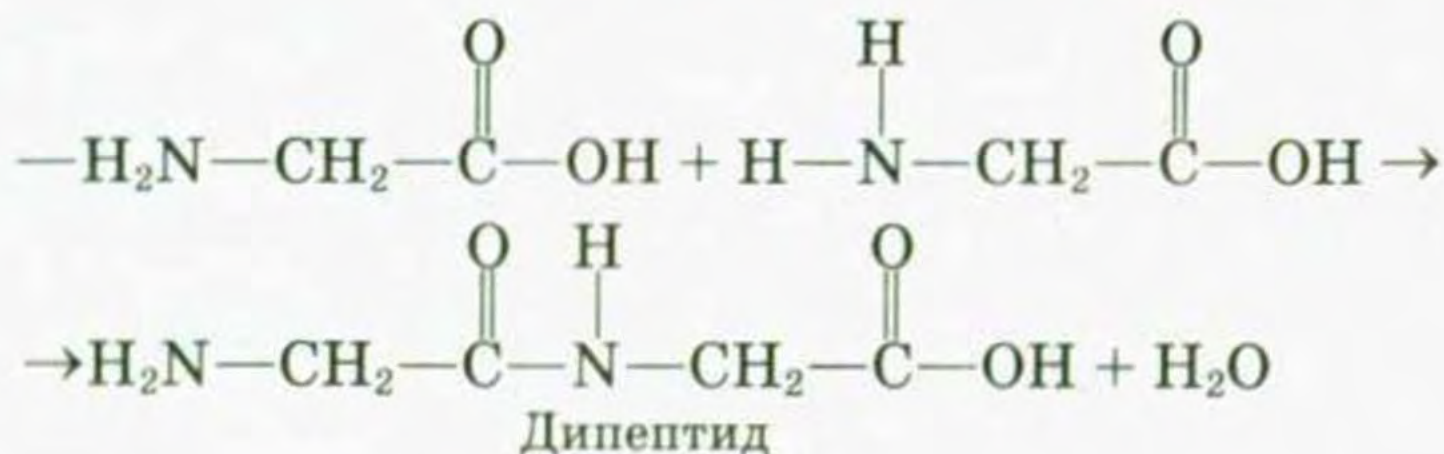
характером: перша є носієм кислотних властивостей, друга — основних. Отже, амінокислоти — **амфотерні** сполуки, вони реагують і з кислотами, і з лугами.



- Пригадай, у чому полягають особливості амфотерних неорганічних сполук, наведи приклади реакцій.

Найважливішою особливістю амінокислот є взаємодія молекул між собою. У реакцію вступають протилежні за функціями групи: карбоксильна група однієї молекули й аміногрупа іншої. Унаслідок реакції утворюються **ди-, три-, поліпептиди** і виділяється вода.

Зв'язок між залишками амінокислот називають **пептидним зв'язком**, а групу



Саме завдяки пептидним зв'язкам амінокислоти сполучаються в молекулах білків.

Біологічне значення амінокислот. До складу білків входять 20 амінокислот, причому 8 з них належать до *незамінних*. Їх називають так через те, що тваринні організми, на відміну від рослинних, нездатні самотійно синтезувати ці амінокислоти. Отже, необхідні для життєдіяльності амінокислоти мають надходити в готовому вигляді, у складі їжі (мал. 117). Нестача амінокислот може спричинити хворобу, тому виснаженим людям амінокислоти, як ліки, вводять просто у кров.

Амінокислоти, добуті способом синтезу, використовують для підгодівлі худоби.



Мал. 117. Риба містить багато незамінних амінокислот

ВИСНОВКИ

Молекули амінокислот містять дві функціональні групи: аміно- й карбоксильну групи.

Амінокислоти належать до амфотерних сполук.

Утворення поліпептидів — найважливіша хімічна властивість амінокислот.

Амінокислотні залишки сполучаються між собою завдяки пептидним зв'язкам.

Амінокислоти мають біологічне значення.

Завдання для самоконтролю

1. Сформулюй означення амінокислот, виходячи з їхньої будови.
2. Чим, на твою думку, зумовлюється багатоманітність амінокислот?
3. Яка причина амфотерності амінокислот?
4. Чому амінокислоти називають «цеглинками» білків?
5. Яка реакція амінокислот лежить в основі утворення білків?
6. Що таке пептидна група; пептидний зв'язок?

Додаткові завдання

7. Вислов припущення щодо дії на індикатори глютамінової кислоти й серину.
8. Схарактеризуй значення амінокислот, використовуючи знання з курсу біології людини.

§ 33. БІЛКИ

Тобі треба

знати:

хімічний склад білків;

пояснювати: утворення білків з амінокислот;

розрізняти: гідроліз і розкладання білків;

проводити: кольорові реакції білків;

розуміти: складність будови і біологічну роль білків.



Фішер Еміль Герман
(1852—1919)

Німецький хімік, член Берлінської АН. Наукові праці присвячено хімії фізіологічно активних речовин.

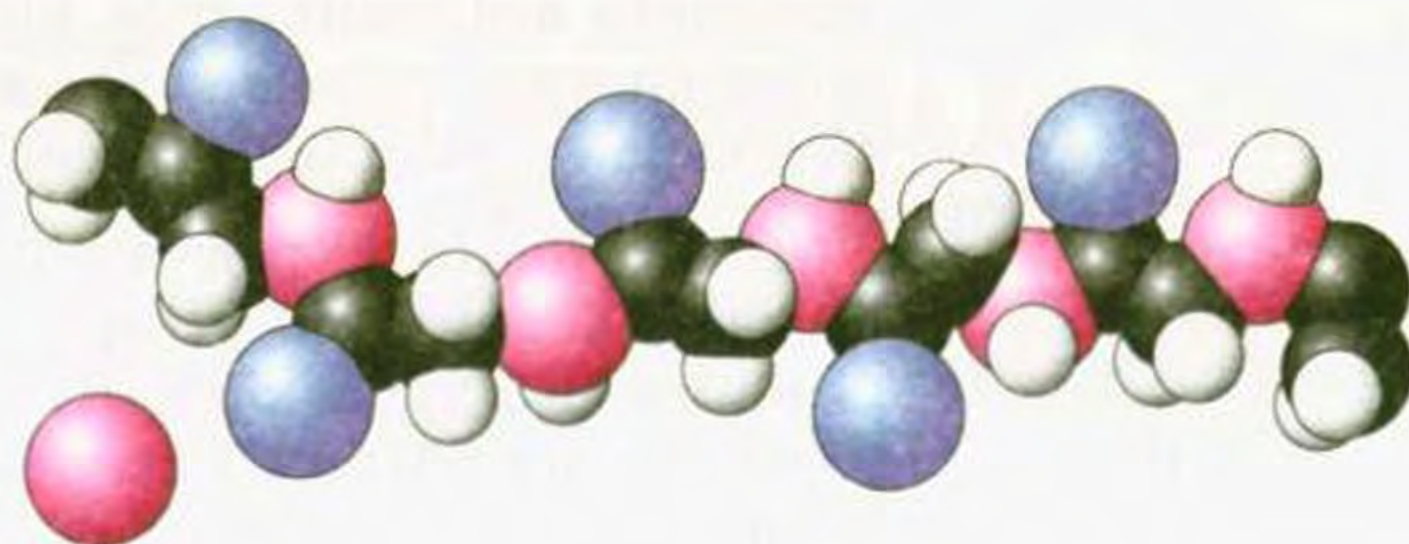
Синтезував низку вуглеводів, зокрема глюкозу і фруктозу. Встановив, що амінокислоти зв'язуються між собою за допомоги пептидних зв'язків, утворюючи поліпептиди, уперше добув дипептид. Лауреат Нобелівської премії 1902 р.

Будова білків. Полімерний поліпептидний ланцюг — основа молекули будь-якого білка. Перші синтези поліпептидів здійснив німецький учений Е. Фішер у 1903—1907 роках.

Кожен білок має набір амінокислот, сполучених у певній, властивій тільки йому послідовності.

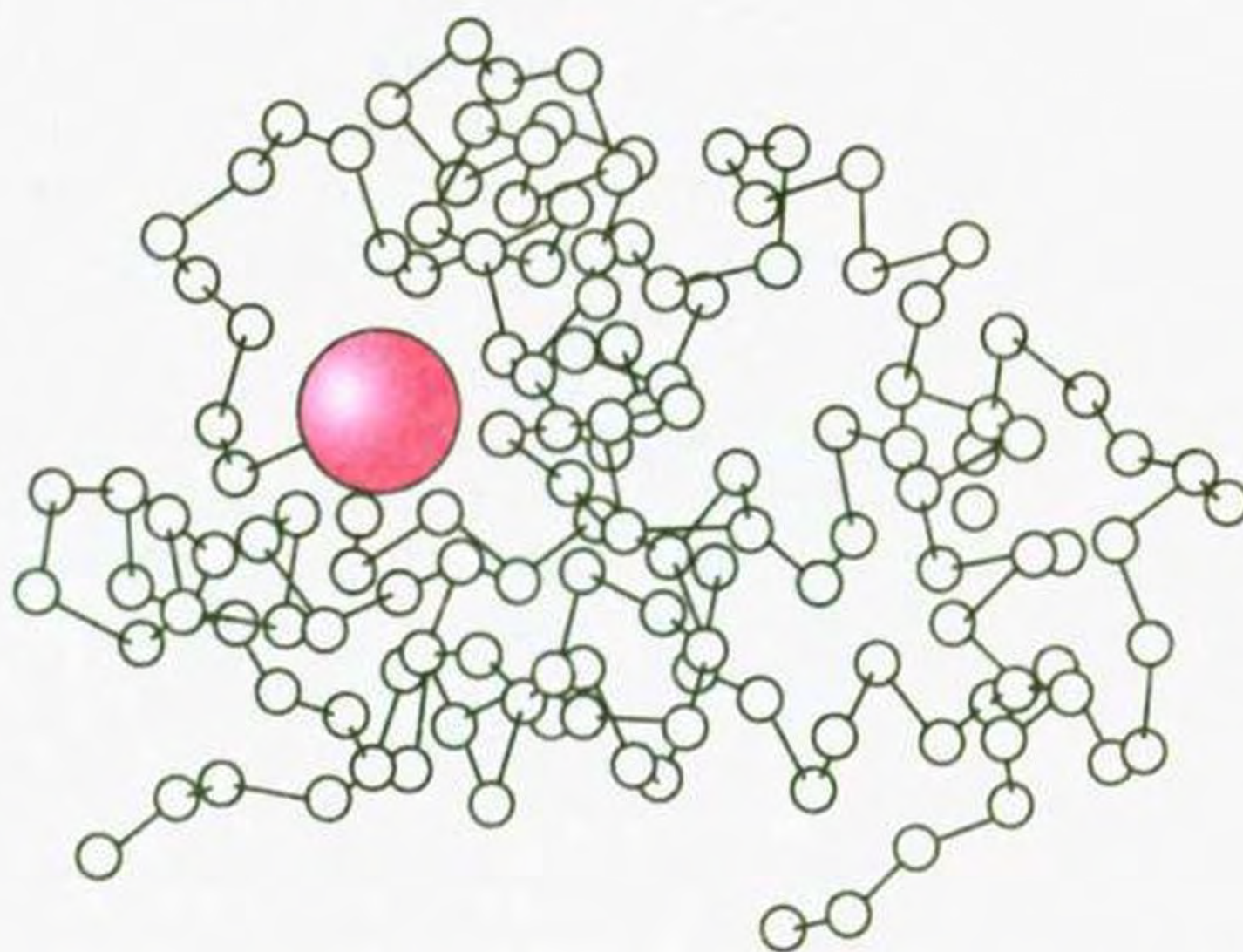
Як тобі відомо, лише 20 амінокислот беруть участь у побудові білкових макромолекул, а кількість комбінацій з'єднаних у різній послідовності амінокислотних залишків сягає 10^{18} . Молекулярна маса деяких білків становить сотні мільйонів.

Будова білків дуже складна і зумовлюється не лише послідовністю амінокислотних залишків. Довгі ланцюги білкових молекул скручуються у спіралі, спіралі — у клубки, що певним чином розміщуються у просторі (мал. 118, 119).



атом Нітрогену

Мал. 118. Фрагмент моделі поліпептидного ланцюга



Мал. 119. Модель одного з чотирьох поліпептидних ланцюгів білка гемоглобіну (у центрі — йон Fe^{2+})

Усе це в сукупності визначає особливості кожного білка зокрема. Через таку складність розшифрування структури природних білків — надзвичайно складне завдання.

Властивості білків. Білки дуже різняться між собою за властивостями, що залежать від наявності в їхньому складі

залишків амінокислот із різними функціональними групами, здатними вступати в характерні для них реакції.

Денатурація. Серед білків є нерозчинні у воді й такі, що утворюють колоїдні розчини. До других належить білок курячого яйця. Саме з цим розчином зручно проводити досліди.

Дослід. До білка курячого яйця у пробірці добавмо води, суміш розмішаймо. Переконаймося, що утворився прозорий розчин. Нагріймо розчин білка і спостерігаймо, як він зсідается, або денатурує.

Саме цей процес **денатурації** має місце під час кулінарного оброблення білкових харчових продуктів — м'яса, яєць, риби.

З хімічного боку, денатурація — руйнування складної структури білка, що призводить до втрати ним біологічної активності (мал. 120). Це — необоротний процес. Саме тому, наприклад, висока температура небезпечна для людського організму. При цьому білки втрачають біологічну активність, живі клітини гинуть.



Мал. 120. Схема денатурації білка

Те саме відбувається і під дією сильних кислот, наприклад, сульфатної. У разі потрапляння кислоти на шкіру може статися хімічний опік.

Кольорові реакції

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД 22

Кольорові реакції білків

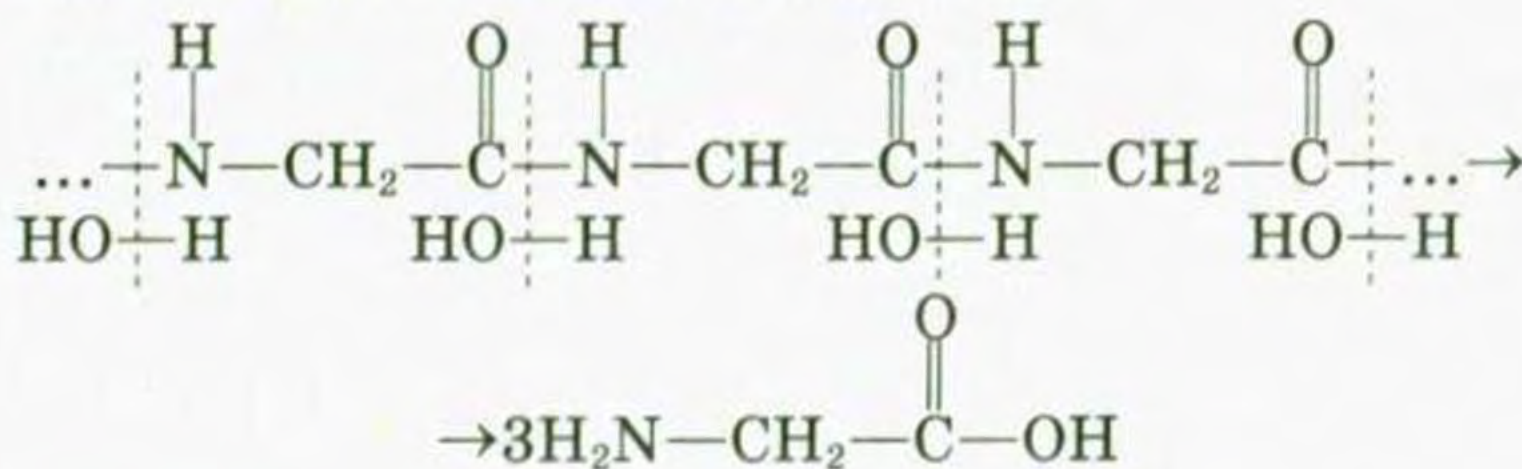
До розчину білка у пробірці додай такий самий об'єм розчину лугу і кілька крапель слабкого розчину купрум(II) сульфату.

Що спостерігається? Як змінилося забарвлення розчину?

До розчину білка додай концентрованої нітратної кислоти, білок згортається і поступово забарвлюється в жовтий колір.

Взаємодія білків із концентрованою нітратною кислотою і купрум(II) гідроксидом — це так звані **кольорові реакції** білків, що використовуються для їх аналітичного визначення.

Гідроліз. За наявності кислот, лугів або ферментів (коли йдеться про живий організм) відбувається розщеплення полімерної білкової молекули на амінокислоти. Гідроліз — процес, зворотний утворенню поліпептидного ланцюга. Під час гідролізу молекули води приєднуються за місцем пептидних зв'язків, останні руйнуються, замість пептидних груп утворюються карбоксильні й аміногрупи. Так білок розщеплюється на окремі амінокислоти, з яких він побудований:



Білки можуть розкладатися під дією мікроорганізмів. У результаті утворюються не амінокислоти, а амоніак, сір-

За низької температури процес розкладання білка уповільнюється



Мал. 121. З м'ясом організм людини отримує значну кількість білків

ководень, фенол, інші речовини з неприємним запахом. Його поява свідчить про те, що відбувається процес розкладання (гниття) білка. Пригадайте, який огидний запах мають протухле яйце, несвіжі м'ясо чи риба. Заморожування продуктів, маринування, копчення знижують активність мікроорганізмів або навіть знищують їх, процес розкладу уповільнюється, і продукти зберігаються значно довше.

Біологічне значення білків. Білки їжі безпосередньо не засвоюються організмом, спершу вони гідролізують до амінокислот під впливом речовин, що містяться у травному тракті, потім амінокислоти всмоктуються у кров, а вже нею переносяться до клітин організму, де синтезуються білки, характерні саме для нього.

Білки є основним будівельним матеріалом тваринних організмів. М'язи, гемоглобін крові, волосся, шкіра, ферменти мають білкову природу.

Запас амінокислот, необхідний для нормального функціонування, має поповнюватись в організмі людини за рахунок білків їжі (мал. 121). Це особливо важливо для молодого організму, який росте і розвивається. Тому їжа молодої людини повинна містити достатню кількість білків. Найбагатші на білки м'ясо, риба, молоко, сир, яйця, бобові, горіхи.

Для підгодівлі сільськогосподарських тварин використовують білкову масу, яку добувають із вуглеводнів нафти, природного газу чи відходів переробки деревини способом мікробіологічного синтезу. Деякі види мікроорганізмів здатні

використовувати вуглеводні як живильне середовище і виробляти на його основі білкову масу.

ВИСНОВКИ

Білки — природні полімери, що утворюються з амінокислот.

Склад білків надзвичайно різноманітний завдяки різній послідовності амінокислотних залишків.

Будова білків відзначається великою складністю.

Кожний білок має властиву тільки йому послідовність залишків амінокислот.

Важливе біологічне значення має здатність білків до гідролізу.

Білки можна виявити за допомоги кольорових реакцій.

Білки — основний будівельний матеріал клітин тваринних організмів.

Завдання для самоконтролю

1. Чим зумовлюється надзвичайна різноманітність білків?
2. Що означає денатурація білка з хімічного погляду? Де можна спостерігати явище денатурації?
3. Схарактеризуй процес гідролізу білків.
4. Чим відрізняються процеси гідролізу і розкладання білків?
5. Білки належать до біополімерів. Чи можна назвати так клітковину; крохмаль; глюкозу?
6. Чи можна повністю замінити білкову їжу на вуглеводну? Чому?

Додаткові завдання

7. Схарактеризуй значення процесу гідролізу білків, жирів, вуглеводів для функціонування організму.
8. Білки горять з утворенням характерного запаху. Переконайся в цьому, обережно підпаливши пір'їну, вовняну нитку. Порівняй із запахом бавовняної нитки, що горить.
9. Знаючи властивості білків, поясни, чому посуд із-під молочних продуктів слід мити спершу холодною водою, а потім гарячою, а не навпаки.
10. Які органічні речовини, на твою думку, є у складі вареників із сиром?

§ 34. НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ

Тобі треба

знати: хімічний склад і загальну схему будови нуклеїнових кислот;

розуміти: принцип комплементарності азотних основ; реплікацію ДНК;

розуміти: біологічну роль нуклеїнових кислот.

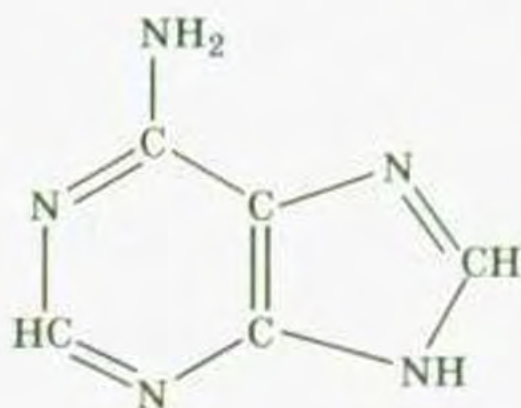
Склад та будова молекул. Серед природних органічних речовин важливу роль відіграють **нуклеїнові кислоти (НК)**. Вони присутні в кожній живій клітині й контролюють її роботу.

Чисті нуклеїнові кислоти вперше добув у 90-і роки XIX ст. І. Я. Горбачевський.

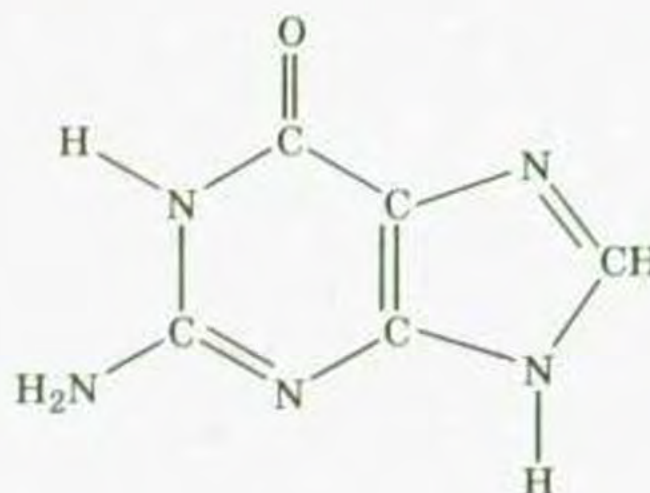
На початку XX ст. було визначено, що до складу НК входять *азотні основи* (аденін, гуанін, тимін, урацил, цитозин), *моносахариди* (рибоза $C_5H_{10}O_5$ й дезоксирибоза $C_5H_{10}O_4$) та *залишок ортофосфатної кислоти*.

Моносахариди — загальна назва вуглеводів простої будови. Глюкоза теж належить до моносахаридів

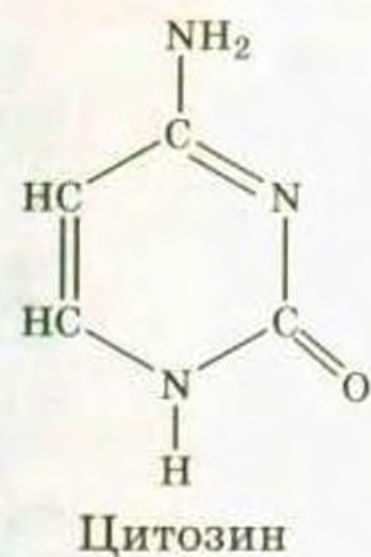
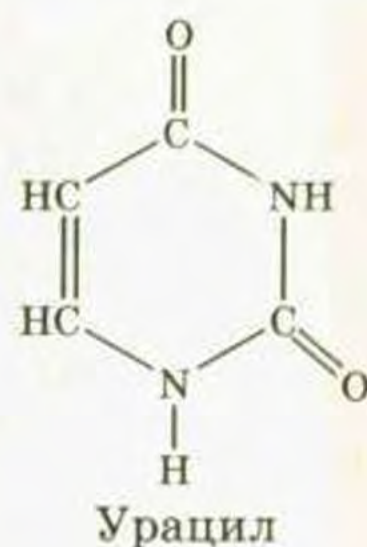
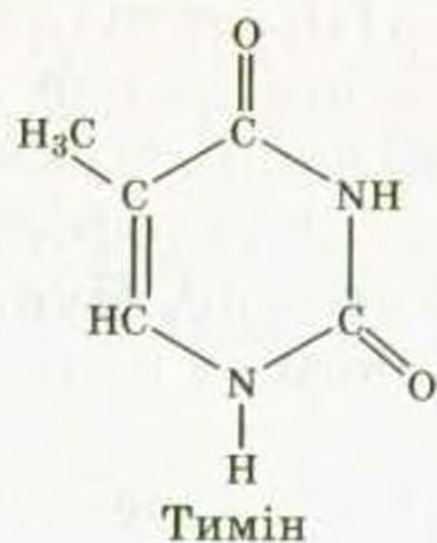
Азотні основи



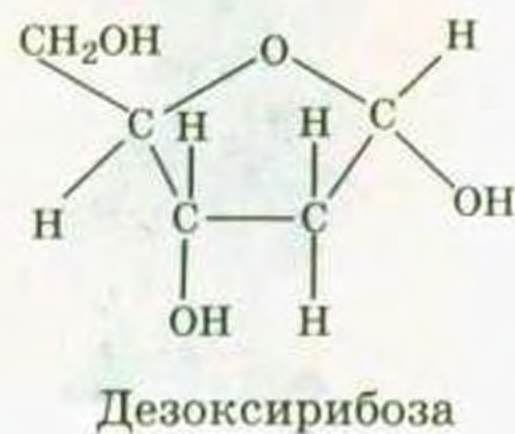
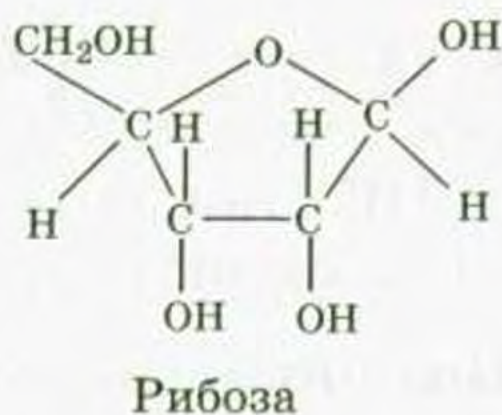
Аденін



Гуанін



Моносахариди

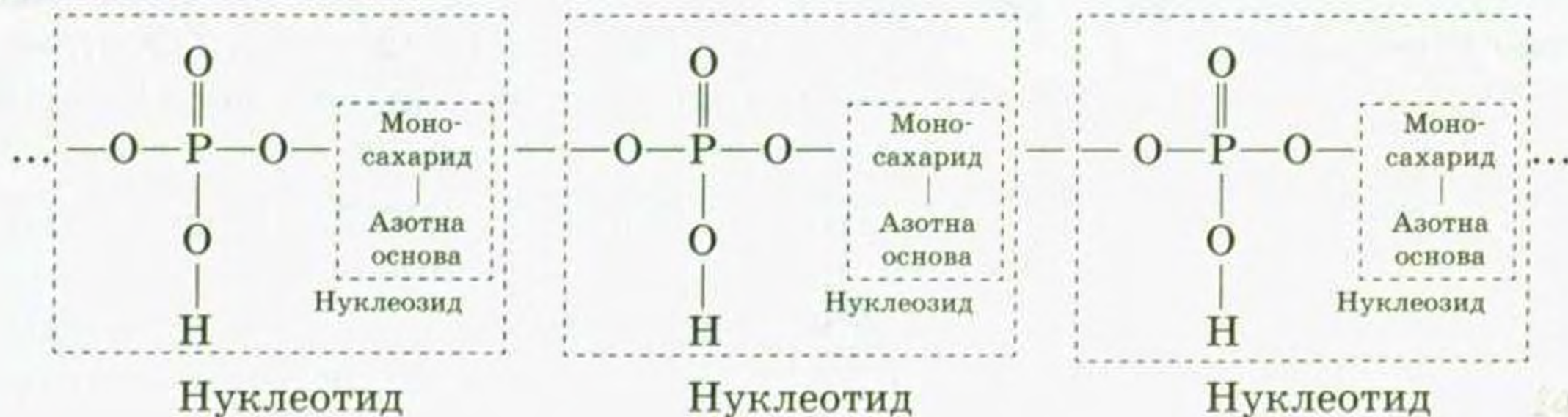


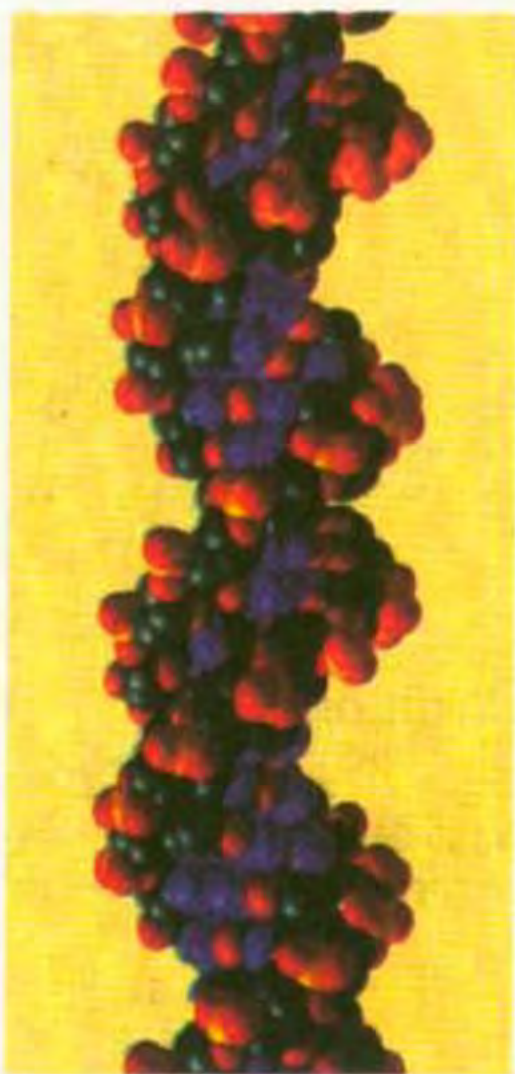
- Формули наведено для ознайомлення, а не для запам'ятовування.

З'ясовано, що існують два типи НК: до складу одних входить рибоза, до складу інших — дезоксирибоза. Відповідно кислоти були названі рибонуклеїною (РНК) і дезоксирибонуклеїною (ДНК).

Отже, у складі НК поєднуються фрагменти нітрогеновмісних сполук, вуглеводів і ортофосфатної кислоти.

НК — полімерні сполуки. У загальному вигляді схему полімерного ланцюга можна подати так:





Мал. 122. Модель подвійної спіралі ДНК

У молекулі НК азотна основа сполучена з моносахаридом — цей фрагмент називають *нуклеозидом*. Нуклеозид, сполучений із залишком ортофосфатної кислоти, утворює *нуклеотид*. Нуклеотиди є мономерними ланками в полімері НК.

ДНК і РНК містять різні азотні основи. У складі ДНК — аденін, гуанін, тимін, цитозин, РНК — аденін, гуанін, цитозин, урацил.

У макромолекулах ДНК і РНК з'єднуються тисячі нуклеотидів. Молекулярна маса НК становить від кількох сот тисяч до кількох мільярдів.

Подвійна спіраль ДНК. Вона являє собою два полінуклеотидні ланцюги, закручені у подвійну спіраль (мал. 122). Кожна азотна основа одного ланцюга направлена всередину спіралі і зв'язана слабкими міжмолекулярними зв'язками з азотною основою іншого ланцюга. Важливим є те, що аденін завжди розміщується в парі з тиміном, а цитозин — з гуаніном.

Отже, азотні основи ніби доповнюють одна одну. Інакше кажучи, вони розміщуються згідно з принципом *комплементарності*.

Модель подвійної спіралі ДНК запропонували в 1953 р. американський учений Д. Уотсон і англійський учений Ф. Крик, їхню працю було відзначено Нобелівською премією 1962 р.

Біологічна роль ДНК. Розкриття структури ДНК має величезне наукове значення, оскільки ця структура пов'язана з функціями ДНК в організмі. Подвійна

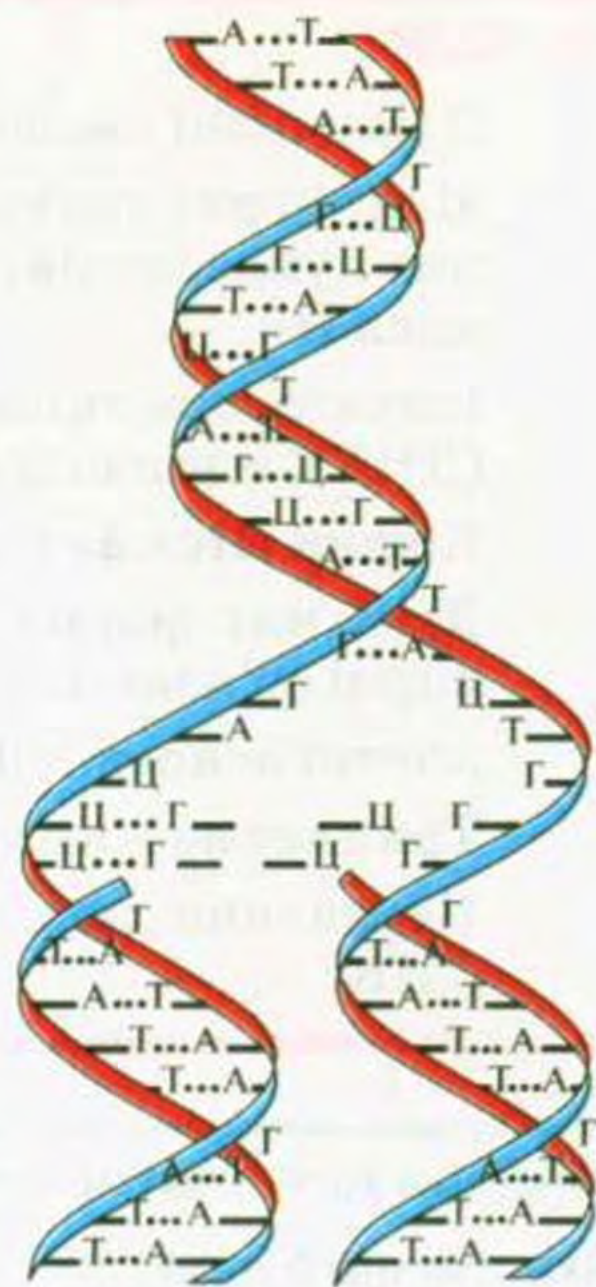
Комплементарний (від лат. complementum — доповнення) — взаємодоповнювальний

спіраль ДНК є сховищем спадкової інформації. Її записано (закодовано) у вигляді послідовності азотних основ у полі-нуклеотидному ланцюзі. Кожна трійка послідовно розміщених основ (триплет) є ніби «буквою» генетичного коду, одиницею спадкової інформації, її називають *кодоном*.

Передання інформації відбувається завдяки здатності ДНК до *реплікації* (від лат. *replicatio* — віддзеркалення). ДНК подвоюється, щоб забезпечити дочірню клітину повним набором відповідних молекул. У момент поділу клітини розриваються міжмолекулярні зв'язки, подвійна спіраль починає розкручуватися, розділяючись на два ланцюги. На кожному з них будується додатковий ланцюг за рахунок нуклеотидів, що постачаються з навколишнього середовища і розміщуються за принципом комплементарності. Утворюються нові зв'язки між азотними основами. У результаті відбувається точне відтворення вихідної подвійної спіралі (мал. 123).

Цей процес є молекулярною основою спадковості. Будь-яка помилка у відтворенні подвійної спіралі спричинює мутацію.

Не менш важливою є ще одна функція ДНК: вона спрямовує синтез білка в організмі. Послідовність азотних основ у НК визначає послідовність амінокислотних залишків у білку. Кожній амінокислоті відповідає свій кодон. Отже, структура молекул НК визначає структуру молекул білків.



Мал. 123. Схема подвійної спіралі ДНК та її реплікації

ВИСНОВКИ

Нуклеїнові кислоти — природні полімери.

Мономерні ланки НК — нуклеотиди — складаються із хімічно зв'язаних нуклеозидів (азотна основа + вуглевод) і залишків ортофосфатної кислоти.

Існують два типи НК: рибонуклеїнові (РНК) і дезоксирибонуклеїнові (ДНК). Вони відрізняються складом вуглеводів та азотних основ.

Кожна НК має властиву тільки їй послідовність нуклеотидів.

ДНК має форму подвійної спіралі, в якій утворюються міжмолекулярні зв'язки між азотними основами.

Азотні основи в ДНК розміщено за принципом комплементарності.

Триплет азотних основ є кодоном генетичної інформації.

Передача генетичної інформації відбувається завдяки реплікації ДНК.

Вправи для повторення

1. Яка хімічна будова НК?
2. Дай означення понять: нуклеїнова кислота, нуклеотид, нуклеозид.
3. Чим відрізняється склад ДНК і РНК?
4. Що означає парність азотних основ у структурі ДНК?
5. Що таке кодон?
6. До чого може призвести помилка в послідовності нуклеотидів?
7. Схарактеризуй значення відкриття структури ДНК.

Додаткові завдання

8. Зроби припущення, як відбувається частковий і повний гідроліз НК? Які сполуки при цьому можуть утворитися?
9. Обчисли кількість можливих кодонів за формулою числа сполучень: m^n , де m — число азотних основ, а n — число основ у кодоні.

§ 35. ПРИРОДНІ Й СИНТЕТИЧНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

Тобі треба

розрізняти: природні й синтетичні органічні речовини;

наводити приклади: природних і синтетичних органічних речовин;

пояснювати: значення органічного синтезу;

розуміти: роль органічних речовин у суспільному господарстві та житті людини.

Ти ознайомився з найважливішими органічними речовинами, які є представниками різних класів: вуглеводнів, спиртів, карбонових кислот, естерів, вуглеводів, амінокислот, білків, нуклеїнових кислот. Ці сполуки — різні за складом, будовою і властивостями, але за всієї різноманітності вони здатні до взаємних перетворень. Із найпростіших можна добути складніші, від сполук одного класу перейти до сполук іншого.

- Пригадай із вивченого приклади таких перетворень органічних речовин.

Які ж джерела добування органічних речовин? Розрізняють органічні сполуки, що існують у природі або добуті з природних речовин, і ті, що виготовлені синтетичним способом, за допомоги хімічних перетворень з інших органічних чи неорганічних речовин. До природних органічних продуктів належать нафта, природний газ, вугілля, тобто корисні копалини органічної природи, продукти рослинного походження, такі як деревина, цукор, крохмаль, олії, природний каучук, волокна бавовни, льону, продук-

Питання



Мал. 124. Кам'яне вугілля, як і нафта, є невичерпним джерелом добування органічних сполук



Мал. 125. Резервуар для зберігання скрапленого природного газу

ти тваринного походження — амінокислоти, білки, жири, волокна шерсті (мал. 124—126). Багато органічних речовин містить планктон.

До синтетичних органічних продуктів належать пластичні маси, синтетичні волокна та каучуки, хімічні засоби захисту рослин, лікарські препарати, барвники, мило та інші мийні засоби, фотоматеріали, запашні, смакові речовини та багато інших (мал. 127—129).

Завдяки взаємним перетворенням органічних речовин можна проводити синтези, спрямовані на добування речовин із заздалегідь заданими властивостями. Так, із порівняно простих за будовою вуглеводнів, які містяться в нафті чи кам'яному вугіллі, можна синтезувати багато складних речовин, потрібних і корисних людині.

Синтетична органічна хімія подарувала людству величезну кількість речовин, що не існують у природі, до того ж, значно дешевших порівняно з виділеними з природної сировини. Розпитай літніх людей, як змінилися протягом їхнього життя матеріали, з яких виготовляють одяг, предмети побуту, які зміни відбулися на транспорті, в будівництві, у приготуванні та зберіганні їжі, у пранні та чищенні одягу тощо. Ти переконаєшся, що продукти синтетичної органічної хімії змінили наше життя, зробили його комфортнішим.



Мал. 126. Органічні продукти природного походження



Мал. 127. Ці предмети з твого письмового столу виготовлено з синтетичних матеріалів



Мал. 128. На синтетичній гумі їздять усі автомобілі



Мал. 129. Синтетичні мийні засоби

ВИСНОВКИ

Джерела добування органічних речовин — виділення з природної сировини та хімічний синтез.

За допомоги синтезу можна добувати речовини із заздалегідь заданими властивостями.

Синтетична органічна хімія забезпечує цінними речовинами всі галузі суспільного господарства.

Завдання для самоконтролю

1. Схарактеризуй джерела органічних сполук.
2. Поясни значення органічного синтезу.
3. Установи відповідність між речовинами та продуктами їх перероблення

| Назва речовини | Продукти перероблення |
|----------------|-----------------------|
|----------------|-----------------------|

| | |
|------------|-----------------|
| 1 целюлоза | А патока |
|------------|-----------------|

| | |
|---------|----------------|
| 2 метан | Б папір |
|---------|----------------|

| | |
|------------|-----------------|
| 3 крохмаль | В бензин |
|------------|-----------------|

| | |
|-------|---------------|
| 4 жир | Г мило |
|-------|---------------|

| | |
|--|---------------|
| | Д сажа |
|--|---------------|

4. Вибери з перелічених предметів і матеріалів ті, у складі яких є органічні речовини: електрична лампочка, тефлонове покриття пательні, пакувальна плівка, пухова подушка, перлове намисто, вино, кахлі, вершкове масло, варення. Склади формули цих органічних сполук.
5. Склади розповідь про добування і перероблення органічних речовин у регіоні, де ти мешкаєш.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

Розв'язування експериментальних задач на розпізнавання органічних речовин

Варіант 1

1. У пронумерованих пробірках містяться: а) гліцерин; б) розчин оцтової кислоти; в) розчин крохмалю. Визнач ці речовини.

2. Доведи, що натрій ацетат — сіль слабкої кислоти.

Результати дослідів підтверди, де це можливо, рівняннями хімічних реакцій.

Варіант 2

1. У пронумерованих пробірках містяться: а) розчин глюкози; б) розчин білка; в) розчин оцтової кислоти. Визнач ці речовини.

2. Доведи, що поліетилен — термопластичний матеріал.

Результати дослідів підтверди, де це можливо, рівняннями реакцій.

§ 36. МІСЦЕ ХІМІЇ СЕРЕД НАУК ПРО ПРИРОДУ

Тобі треба

пояснювати: суть поняття «матерія»;

характеризувати: хімічну форму руху матерії;

обґрунтовувати: місце хімії серед наук про природу;

аналізувати: хімічний склад оболонок Землі;

встановлювати: зв'язок між оболонками Землі.

Розрізняють три основні науки про природу — фізику, хімію, біологію, предметом вивчення яких є *матерія*, тобто все існуюче, суще, увесь світ, що нас оточує, з усією різноманітністю його існування і перетворень.

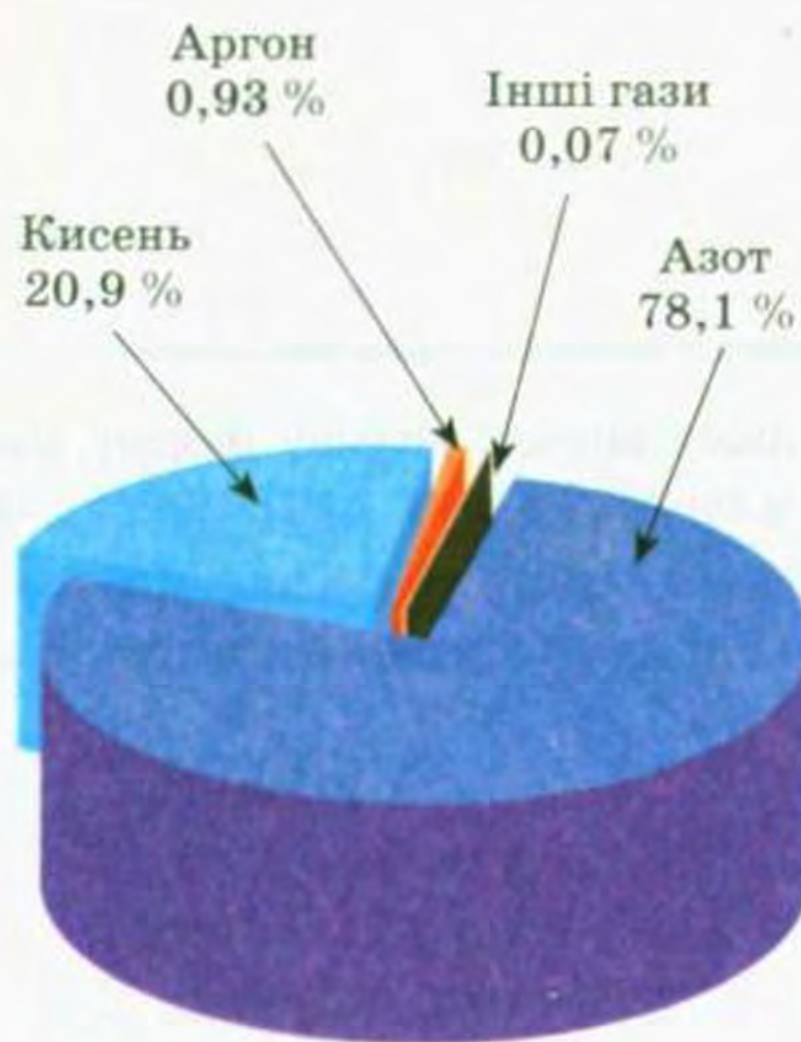
Невід'ємною властивістю існування матерії є рух. Матерія перебуває у безперервному русі. Форми цього руху — надзвичайно різноманітні та взаємопов'язані.

Кожна природнича наука вивчає певну форму руху матерії. Фізика вивчає механічний рух — переміщення тіл і мас у просторі, що є найпростішою формою руху, а також фізичні процеси — електромагнітні, гравітаційні, ядерні, які пов'язані з механічним рухом, але не зводяться до нього. Це так звана *фізична* форма руху матерії. Вона властива всім без винятку матеріальним об'єктам і тому лежить в основі всіх інших форм руху. Найпростішим її носієм є елементарні частинки — протони, нейтрони, електрони та інші.

Хімія вивчає *хімічну* форму руху матерії — хімічні реакції. Вони криють у собі фізичну форму руху, наприклад, перехід електронів від атомів одних елементів до

Хімія вивчає хімічну форму руху матерії

Хімія — це наука про хімічну форму руху матерії, яка лежить в основі розвитку живої й неживої природи



Мал. 130. Склад атмосфери Землі

атомів інших елементів, і супроводжуються фізичними процесами — вбиранням або вивільненням теплоти чи світла, зміною кольору тощо. Проте хімічні процеси не зводяться до фізичних форм руху. Найпростішим носієм хімічної форми руху матерії є атом, зокрема йонізований.

Отже, хімія — це наука про хімічну форму руху матерії, яка лежить в основі розвитку живої й неживої природи. Об'єктом вивчення хімії є хімічні елементи та їхні сполуки. Саме хімічні елементи — це ті цеглинки, з яких побудовано Всесвіт. Усі хімічні елементи утворилися внаслідок складних процесів ядерного синтезу в зірках і космічному просторі. Є багато теорій, що пояснюють походження хімічних елементів та їх поширення на Землі і в Космосі (ми їх не розглядаємо).

- Пригадай, які елементи є найпоширенішими у Всесвіті, та порівняй з їх поширенням на Землі.

Наша планета Земля, за сучасними уявленнями, утворилася близько 4,7 млрд років тому з розсіяної у протосонячній системі газопилової речовини. В результаті хімічної еволюції речовини Землі (під впливом її гравітаційного поля та в умовах розігрівання земних надр) виникли й розвинулись різні за хімічним складом, агрегатним станом і фізичними властивостями геосферні оболонки Землі, наприклад, атмосфера, гідросфера, літосфера та біосфера.

Атмосфера — повітряна оболонка Землі, вона має певну будову (мал. 130) і відповідний склад (табл. 9).

Таблиця 9. Приблизний склад повітря

| Газ | | Частка газу, % | |
|------------------|---------|----------------|--------|
| Назва | Формула | об'ємна | масова |
| Азот | N_2 | 78 | 75,5 |
| Кисень | O_2 | 21 | 23 |
| Аргон | Ar | 0,93 | 1,3 |
| Карбон(IV) оксид | CO_2 | 0,03 | 0,05 |
| Інші | | 0,04 | 0,15 |

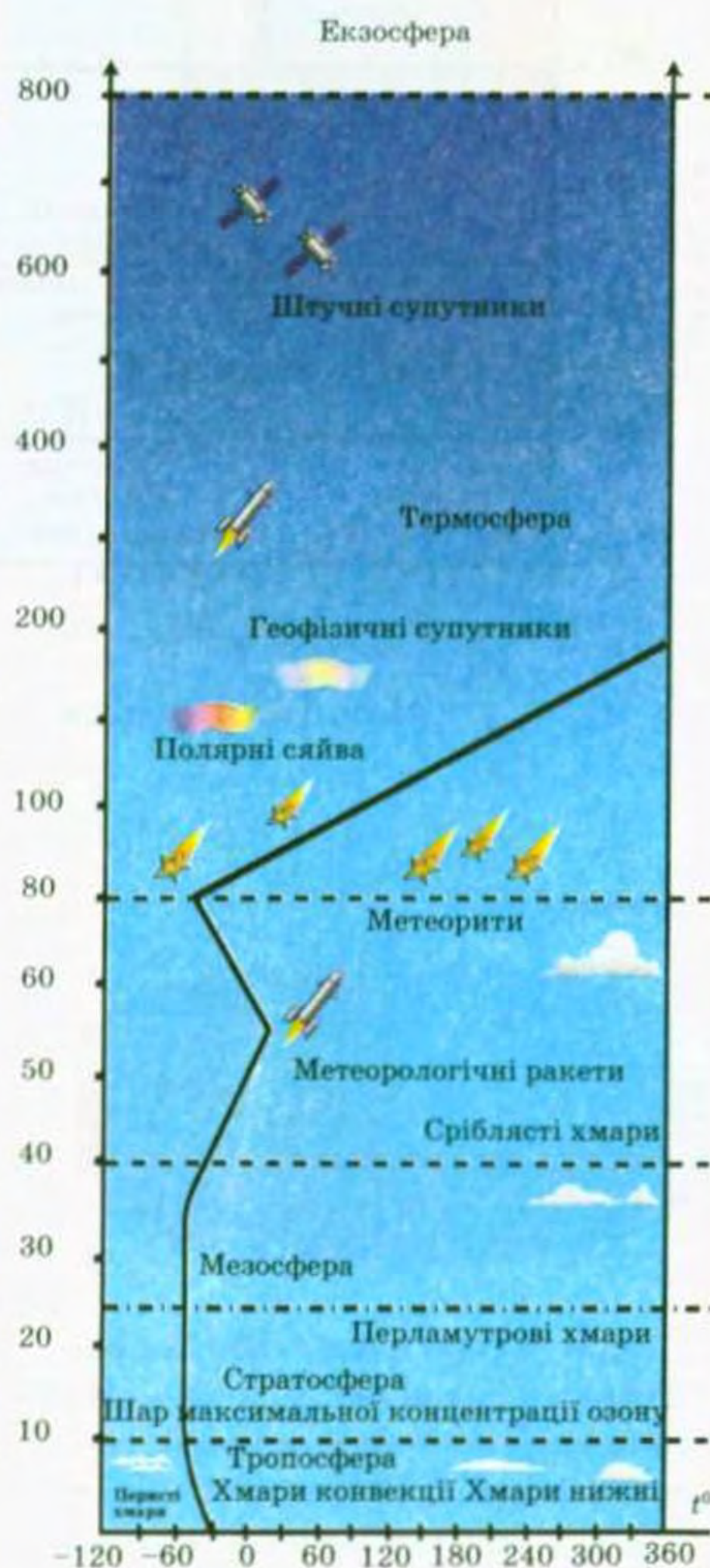
У повітрі є ще пил, водяна пара і домішки різних газів: SO_2 , CH_4 , NH_3 , CO тощо. Вони шкідливі для довкілля і здоров'я людини.

- За вказаними формулами газів наведи їхні назви.

Проте — повітря не завжди було таким. Склад атмосфери змінювався внаслідок хімічної еволюції речовини. Первісна атмосфера (кілька мільярдів років тому) складалася з карбон(IV) оксиду CO_2 , азоту N_2 і водяної пари H_2O . З появою зелених рослин в атмосфері з'явився кисень O_2 ($\approx 1,5$ —2 млрд років тому). Його вміст із часом збільшувався, а в останні 0,5 млрд років залишається приблизно на одному рівні.

В атмосфері під впливом ультрафіолетового випромінювання Сонця відбуваються різні хімічні процеси (фотодисоціація, фотойонізація та ін.), які частково вбирають згубне випромінювання Сонця і захищають життя на Землі (мал. 138). Але в атмосфері під впливом природних і особливо антропогенних факторів відбуваються й негативні явища — кислотні дощі, озонові дірки, парниковий ефект (вивчатимуться пізніше). Атмосферу слід захищати від забрудників, які

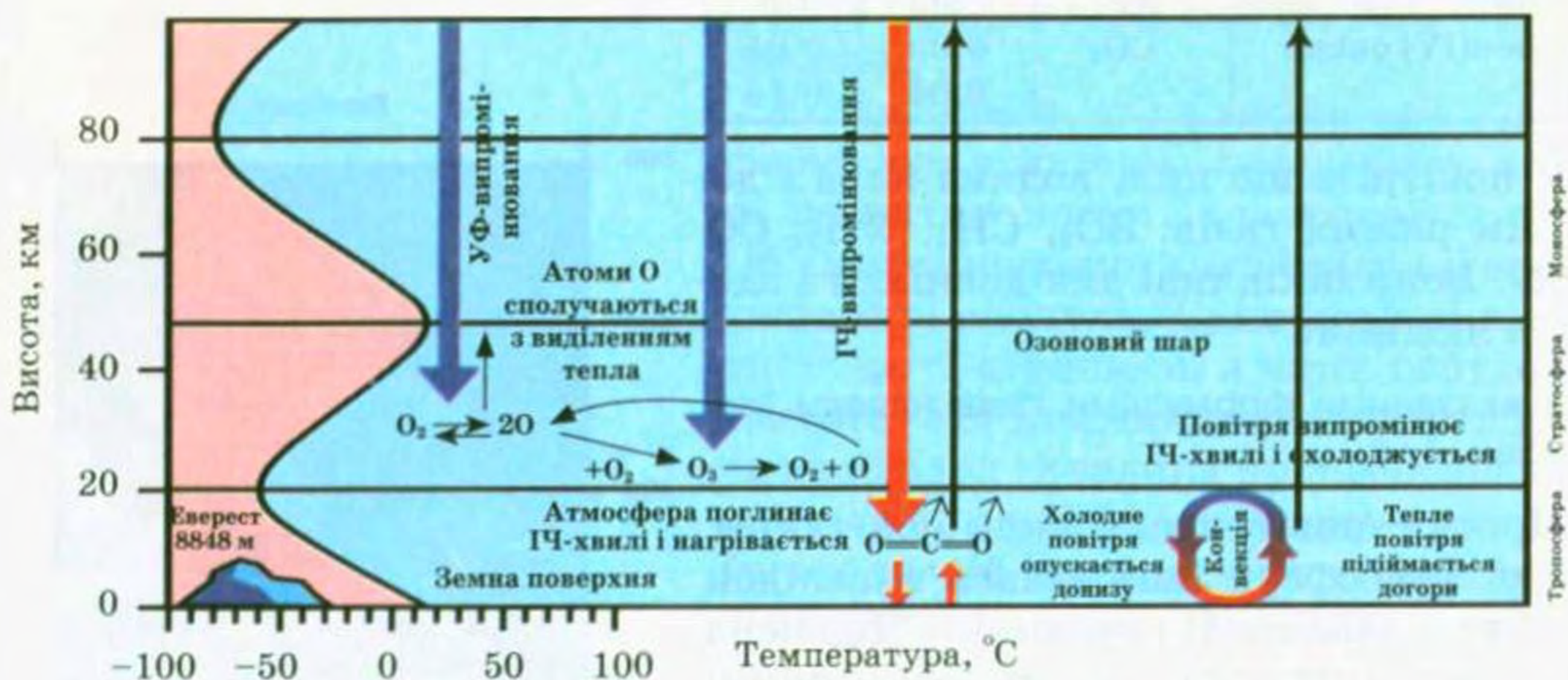
Геосферні оболонки Землі:
атмосфера,
гідросфера,
літосфера (земна кора),
біосфера



Мал. 131. Будова атмосфери
(За О. П. Мітрясовою)

Кисень O_2 з'явився в атмосфері Землі = 1,5—2 млрд років тому з появою зелених рослин

спричиняють негативні процеси. Треба пам'ятати, що атмосфера має винятково важливе значення як своєрідний регулятор обмінних процесів між Землею і космосом.



Мал. 132. Процеси, що відбуваються в атмосфері Землі

Гідросфера — водяна оболонка Землі. Воді належить найважливіша роль в геологічній історії планети. Життя на Землі зародилося у воді. Вода стала первісним середовищем для еволюції органічного світу. Вона входить до складу всіх живих істот, організм людини на 65 % складається з води.

- Пригадай, які фізичні властивості має вода.
- Напиши рівняння реакцій, які характеризують хімічні властивості води.
- Схарактеризуй значення води в житті природи і в промисловості.

Водяна оболонка Землі якнайтісніше поєднується з газовою оболонкою: атмосфера насичується водяною парою, а води Світового океану вбирають і розчиняють

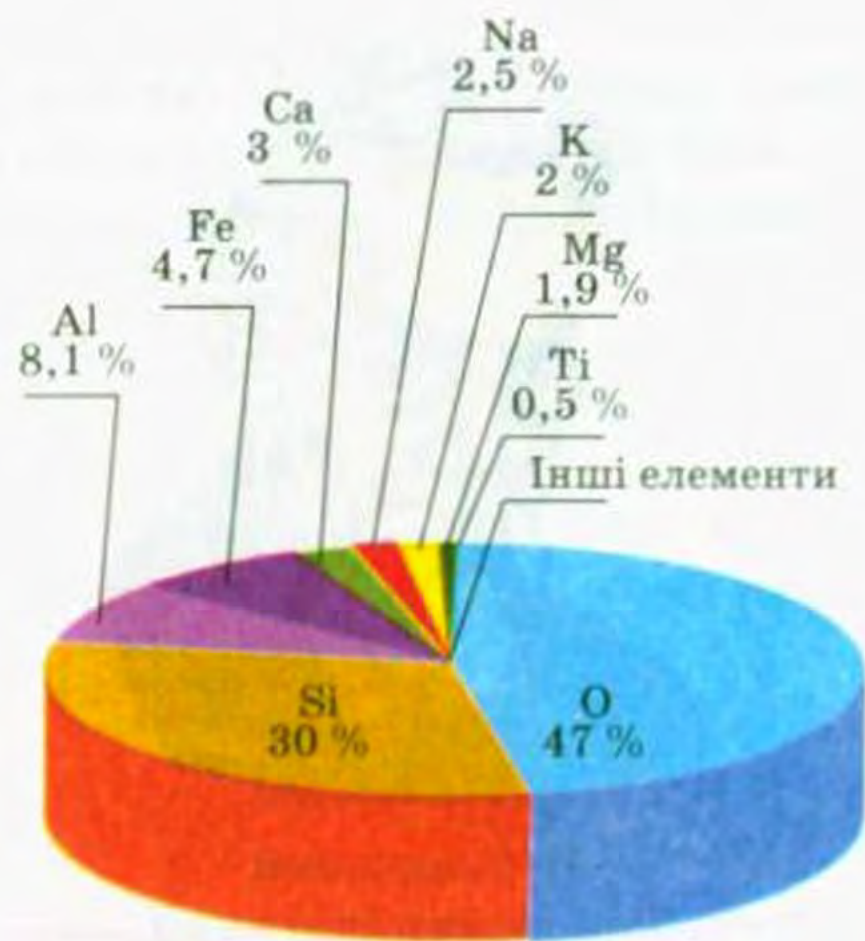
атмосферні гази. Тому гідросфера багатша на хімічні елементи, ніж атмосфера.

Будь-який хімічний елемент, сполуки якого розчинні, здійснює природний циклічний шлях — колообіг.

Колообіг речовин на Землі — циклічні процеси перетворень і міграції речовин у природі.

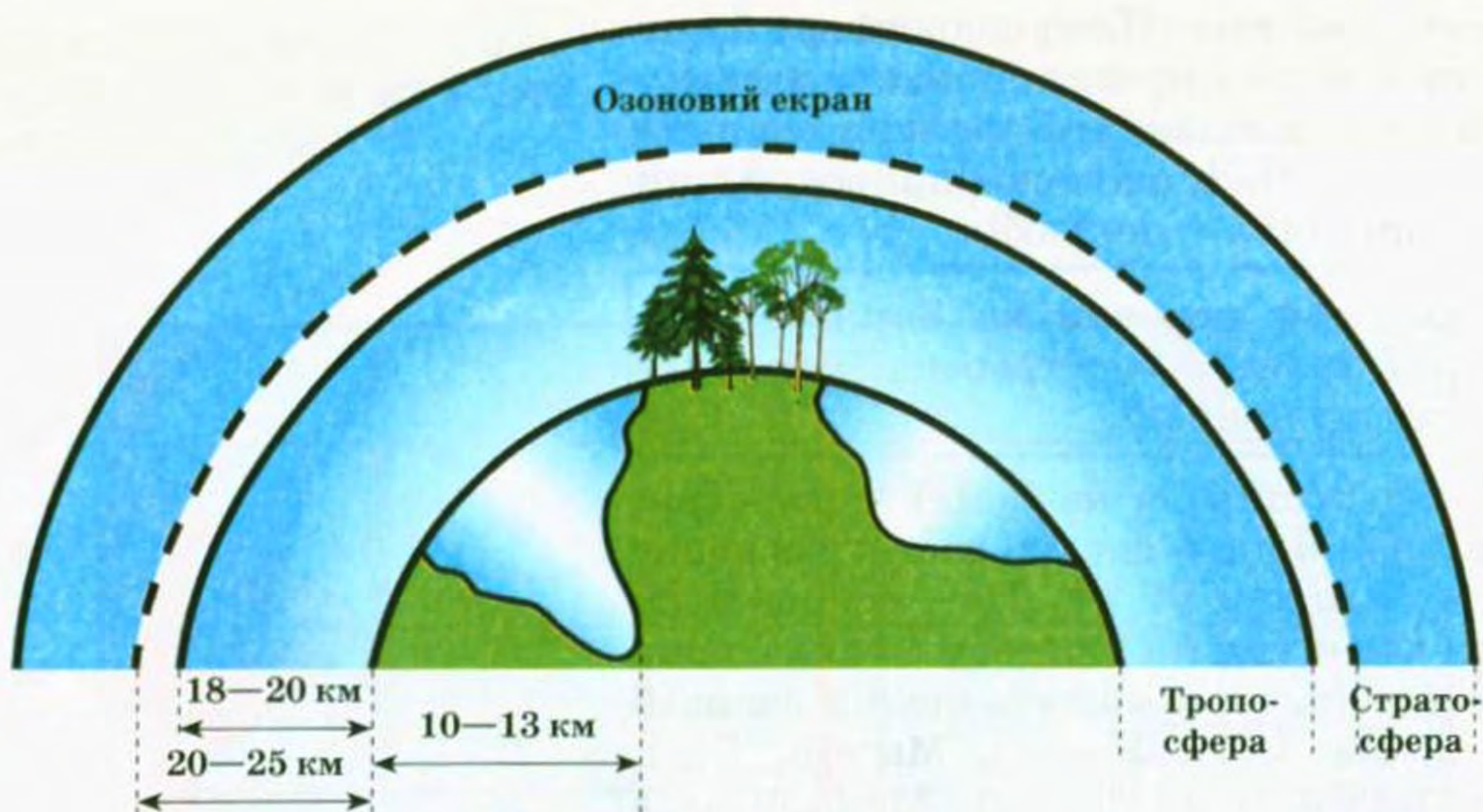
Вода поширена на Землі дуже нерівномірно. Моря й океани містять основну частину води — 97,3 %. Це — солоня вода; крім Оксигену й Гідрогену — складових самої води, вона містить ще й у великій кількості Хлор, Натрій, Магній, Сульфур, Калій, Бром, Карбон. Морська вода є непридатною для вживання. А прісної води на Землі мало, лише 2,7 %. Вона поширена на суходолі. Відомо багато районів, де води катастрофічно не вистачає, а в інших місцях вона втратила свої якості і стала непридатною через недбалі дії людини. Тому проблема охорони водних ресурсів має величезне значення.

Земна кора — верхня оболонка «твердої» Землі. Вона має різну товщину в різних місцях і складається з різноманітних гірських порід (базальти, граніти, осадові породи) та мінералів (силікати, алюмосилікати, карбонати, сульфідів й сульфати тощо). У їх складі містяться різні хімічні елементи, найпоширеніші з них Силіцій, Алюміній, Ферум, Кальцій, Натрій, Калій, Магній, Титан. Масова частка цих елементів (разом з Оксигеном) у земній корі становить майже 99,4 % (мал. 133).



Мал. 133. Склад земної кори. У земній корі містяться практично всі елементи періодичної системи. Проте понад 99 % всієї її маси припадає на 9 елементів:

O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti



Мал. 134. Складові біосфери



Вернадський
Володимир Іванович
(1863—1945)

Український академік і російський природознавець, засновник геохімії, біогеохімії.

Збагатив науку ідеями, що стали основою провідних напрямів у сучасній мінералогії, геології, гідрогеології. Започаткував пошук урану і радію, створив основу роз-

Біосфера — оболонка планети Земля, яка охоплює нижню частину атмосфери, гідросферу і верхню частину земної кори (мал. 134).

Термін «біосфера» введено в 1875 р. австрійським ученим Е. Зюссом. Вчення про біосферу як про активну оболонку Землі, в якій сукупна діяльність живих організмів, зокрема людини, проявляється як геохімічний фактор планетарного масштабу і значення, створено українським і російським ученим В. І. Вернадським у 1926 р.

У біосфері живі організми й середовище їх існування органічно поєднані та взаємодіють одне з одним. У живій природі саме речовини здійснюють взаємозв'язки між організмами і середовищем в екосистемах. Людина своєю діяльністю часто-густо погіршує стан тієї чи тієї частини біосфери, виникають еко-

логічні конфлікти, в основі яких лежать реальні хімічні процеси.

Отже, ми переконуємося, що матерія весь час рухається, змінюється у своїй речовинній формі. В результаті хімічна еволюція речовин спричинила появу *біологічної* форми руху матерії. Вона виникла внаслідок розвитку не лише речовин, а й їхніх агрегатів, хімічних систем і процесів, що в цих системах відбувалися.

Біологічна форма руху матерії неможлива без механічної, фізичної, хімічної форм руху, але не вичерпується ними, оскільки є якісно новою, відмінною від попередніх формою руху матерії. Найпростіший носій біологічної форми руху — клітина. На відміну від хімічних реакцій, що відбуваються в неживих системах і ґрунтуються на зіткненнях безладно розташованих у просторі молекул, у клітині взаємодіють молекули, що їх просторово там закріплено. Живі системи складаються в основному з Карбону, Гідрогену, Нітрогену, Оксигену і Фосфору. Правильне розуміння біології, зокрема молекулярної, ґрунтується на детальному знанні структур, властивостей і реакційної здатності біомолекул. Ці фундаментальні знання набуваються під час вивчення хімії.

витку теорії проблем довкілля. Головний ініціатор створення Академії наук України та її перший президент. Організатор Державної публічної бібліотеки в Києві, яка нині має його ім'я

Клітина — хімічний реактор. У живій клітині щосекунди відбуваються сотні й тисячі хімічних реакцій

ВИСНОВКИ

Поняття «матерія» охоплює всі об'єкти, системи, властивості, зв'язки і форми руху, що реально існують у світі, від елементарних частинок до Галактик. Особливий тип матеріальних систем — жива матерія.

Розрізняють кілька основних форм руху матерії, наприклад, фізична, хімічна, біологічна. Така класифікація має об'єктивний характер, оскільки відображує об'єктивний розвиток матерії від простого до складного, від нижчих форм до вищих. Водночас вона є й класифі-

кацією наук, які ці форми руху матерії вивчають. Згідно з цим *хімія серед наук про природу посідає місце між фізикою і біологією*. Хімічні знання значною мірою формуються на основі фізичних і, своєю чергою, стають основою для формування біологічних знань.

У природі існує коловий, циклічний рух атомів хімічних елементів, що охоплює всі оболонки Землі. Завдяки циклічній міграції атомів здійснюється обмін речовин (і енергії) між земною корою, гідросферою та атмосферою. Могутній фактор циклічної міграції — жива речовина, що діє на поверхні земної кори, у нижніх шарах атмосфери і в Світовому океані. Геохімічна діяльність живої речовини спричинила виникнення особливої оболонки Землі — біосфери.

На перебіг природних процесів впливає виробнича діяльність людини, в результаті якої виникають глобальні екологічні проблеми.

Завдання для самоконтролю

1. Як ти розумієш поняття «матерія»? Які форми руху матерії ти знаєш?
2. Поясни суть хімічної форми руху матерії на конкретному прикладі.
3. Порівняй склад сучасного і первісного повітря. Яка причина зміни складу?
4. Схарактеризуй водяну оболонку Землі, розкрий її роль у природі.
5. Обґрунтуй взаємодію оболонок Землі.
6. Що являє собою біосфера? Оціни вплив людства на стан біосфери.
7. Обґрунтуй місце хімії серед наук про природу.

1) Для того необхідне
пізнання хімії як
однієї з фундаментальних
природничих наук?

§ 37. РОЛЬ ХІМІЇ В ЖИТТІ СУСПІЛЬСТВА

Тобі треба

обґрунтовувати: роль хімії в різних галузях промисловості та сільського господарства;

наводити приклади: застосування хімічних сполук у різних галузях господарства та в побуті;

характеризувати: суть хімізації;

оцінювати: її користь і шкоду;

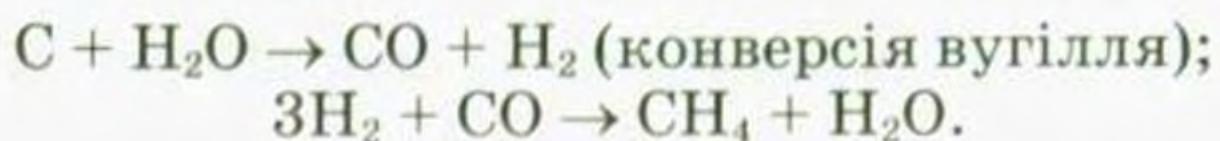
пояснювати: соціальне значення хімії.

Пізнання хімії як однієї з фундаментальних природничих наук необхідне для формування наукового світогляду,

розвитку образного і логічного мислення, творчого зростання майбутніх спеціалістів. Важливе значення має хімія і в житті кожної людини, в її практичній діяльності та в побуті.

«Широко простягає хімія руки свої у справи людські» — ці слова великого російського вченого Михайла Ломоносова, сказані ним майже 250 років тому, і тепер не втратили свого значення, а навпаки, звучать з особливою силою. Адже нині, як ніколи раніше, зросла роль хімічних сполук, процесів і взагалі роль хімічних знань у житті суспільства. «Вік хімії», «Вік полімерів» — ці образні характеристики аж ніяк не є надмірним перебільшенням. Вони наочно відображують об'єктивний факт безпрецедентного за своєю могутністю, масштабністю і наслідками вторгнення хімії у найрізноманітніші сфери діяльності людини, всього життя суспільства.

Відомо, що найважливіше значення для промисловості й сільського господарства, транспорту, оборони країни і побуту має тверде, рідке й газувате паливо. Хімії належить видатна роль у розробленні процесів виробництва різних видів палива, створенні ракетного палива та окисників для нього. Разом із фізикою хімія розробила наукові основи добування палива для ядерних реакторів. Через вичерпування запасів природного газу і нафти хіміки вже сьогодні дбають про паливо майбутнього. Так, розробляється проблема добування синтетичного газу метану з кам'яного вугілля:



Мал. 135. Хімічна лабораторія

«Широко простягає хімія руки свої у справи людські».

М. В. Ломоносов



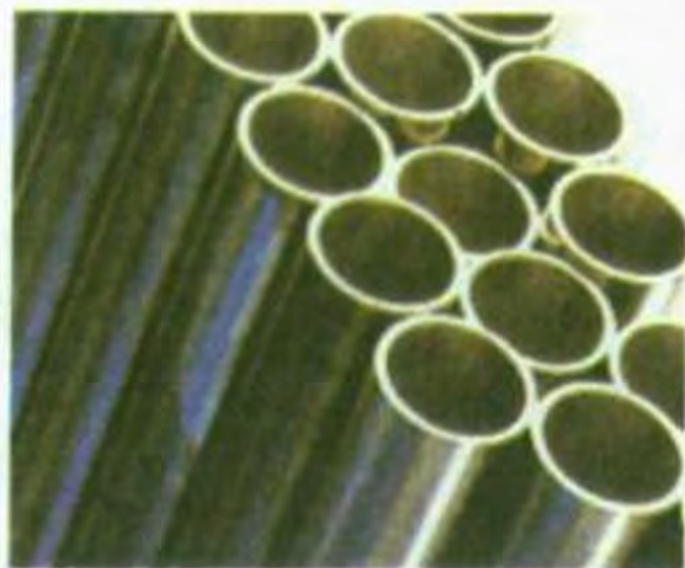
Мал. 136. Лікарські препарати



Мал. 137. Ядерний реактор



Мал. 138. Цементовоз



Мал. 139. Труби

Метод конверсії вугілля набуває важливого значення й у плані розвитку водневої енергетики. Водень як екологічно чисте паливо може використовуватись усіма видами транспорту.

Не менше значення має розроблення проблеми використання етанолу C_2H_5OH як пального замість бензину. Це буде величезним досягненням хіміків, оскільки продукти згоряння етанолу не забруднюють повітря.

- Напиши рівняння реакції горіння етанолу.

Отже, хімія відіграє важливу роль у сучасній енергетиці.

Промислове виробництво неможливе без машин та інструментів. Головними матеріалами, з яких вони виготовляються, є метали і сплави, що їх добувають на основі хімічного перероблення природних мінералів. Хімія дає металургії способи дослідження руд із метою визначення в них вмісту потрібних металів, способи збагачення сировини і добування корисних металів, інтенсифікації металургійних процесів, способи вловлювання і перероблення відходів. Так, доменні шлаки використовують для виробництва шлакоситалу — міцного й твердого матеріалу, що використовується у будівництві.

За комплексом властивостей і собівартістю він здатен конкурувати з будь-яким будівельним матеріалом. Отже, хімія має велике значення для розвитку і вдосконалення *металургії*.

Завдяки досягненням хімії виготовляються не лише металеві, а й *нові матеріали* — надпровідники, напівпровідни-

ки, ізолятори, які забезпечують розвиток електротехніки та радіоелектроніки. Нові матеріали — надміцні, жаротривкі тощо використовуються в конструкціях супутників, космічних кораблів, ядерних реакторів.

Швидкими темпами розвивається виробництво *полімерів*: пластмас для виготовлення деталей машин і механізмів, каучуків для виготовлення шин, покриттів, прокладок; ізоляційних матеріалів; синтетичних волокон; штучної шкіри та інших шкірозамінників тощо.

Хімія має велике значення і для виробництва *продуктів харчування*. Рослинництву вона дає мінеральні та органомінеральні добрива, засоби захисту рослин від бур'янів, шкідників, хвороб, а тваринництву — кормові добавки, вітаміни, лікувальні та санітарні засоби. Крім того, багато процесів харчової промисловості, яка переробляє первинні сільськогосподарські продукти, ґрунтується на хімії — виробництво оцту, спирту, цукру, маргарину, крохмальної патоки, консервантів тощо. Отже, хімія глибоко проникла в *сільське господарство і харчову промисловість*.

Велике значення має хімія і для *охорони здоров'я*. Хімічні продукти використовують як засоби лікування, дезінфекції, знеболювання, виробництва кровозамінників, штучних суглобів, зубних протезів тощо.

Завдяки таким продуктам, як парфуми, ванілін, мило і мийні засоби, розчинники, лаки, фарби, дезінфікуючі речовини, засоби для виведення плям, хімія глибоко увійшла і в *побут людей*.



Мал. 140. Жаротривкі матеріали використовують у конструкціях ракет



Мал. 141. Штучний суглоб

З титанових сплавів і сплавів кобальту з хромом (30 %) та молибденом (5—7 %) виготовляють тазостегновий суглоб, а для його чашечки використовують поліетилен

Стрімкий розвиток хімізації всіх галузей виробництва, який нині яскраво виявляється в усьому світі, змушує по-новому розуміти *соціальне значення хімії*.

Ще порівняно недавно кожний успіх у практичному освоєнні та в пізнанні хімічної дії речовин звеличувався як нове свідчення зростаючого панування людини над природою і оцінювався як *благодіяння людству*.

А сьогодні спостерігається інша крайність: з'явилася своєрідна мода критикувати хімію, засуджувати застосування хімічних продуктів і хімічних методів. Хімізація виробництва нерідко вважається головним винуватцем загрозливого забруднення навколишнього середовища, пропагується відмова від хімізації, від використання штучних і синтетичних продуктів. В обивательській свідомості хімічні продукти асоціюються з чимось *протиприродним*.

Водночас відомо, що хімізація як практичне використання властивостей речовин та їхніх перетворень у виробництві засобів життя для людини почалася ще з давніх-давен, коли первісна людина оволоділа вогнем. Реакція горіння — це *найперший хімічний процес*, практично освоєний людиною, що набув широкого і різноманітного застосування в житті суспільства, у створенні матеріальних благ, у практичному використанні речовин.

Сьогодні *хімізація — це використання хімічних процесів і хімічних матеріалів у всіх сферах господарства, комплексне використання речовини та енергії, що забезпечується хімічними методами*. Елементи хімізації трапляються навіть

у тих виробництвах, де переважають механічні операції та механічне оброблення речовин. Наприклад, використання бетону в будівництві, просочування деревини спеціальними речовинами для зменшення горючості або гниття, що збільшує термін служби виробів і в кінцевому підсумку підвищує продуктивність праці людини.

Отже, щодо негативного впливу на навколишнє середовище і здоров'я людини, то винна не хімія сама по собі, а винні люди, які недостатньо хімічно освічені, або люди, хімічні знання яких не набули функціональності чи вже втратили її. Такі люди зазвичай нехтують знаннями про речовини і хімічні процеси, легко порушують норми і правила їх використання, проектує виробництва без очисних споруд, заради його здешевлення, закупають відходи в землю або викидають у водойми, розпорошують хімікати тощо. Своєю діяльністю вони завдають шкоди здоров'ю людей і довкіллю. Такий рівень практичної хімізації спричинює зіткнення суспільної свідомості з низкою питань хімічного, технологічного, екологічного й соціального характеру.

Завершуючи базову хімічну освіту, ти, напевно, вже усвідомив діалектичну природу самої хімії, її користь і шкоду. Зрозумів, як і чому благом чи злом для людства і природи обертаються ті могутні й надзвичайно тонкі у своїй вибірковості хімічні дії речовин, що використовуються людьми. А тому, незважаючи на те, який профіль подальшого навчання ти обереш, завжди пам'ятай про гуманістичну спрямованість хімії та намагайся



Мал. 142. Бетонна гребля



Мал. 143. Аналіз якості води природної водойми

реалізовувати її у своїй практичній діяльності. Розуміючи, що таке хімія в руках людських, завжди вдосконалюючи свої хімічні знання, пам'ятаючи про їхнє соціальне й загальнокультурне значення.

ВИСНОВКИ

Хімія як наука сприяє не тільки пізнанню навколишнього світу, вона ще є галуззю виробничої діяльності людини. З давніх-давен і донині хімія завжди слугувала й продовжує слугувати людині та її практичній діяльності. У наш час без розвитку хімії неможливий розвиток паливно-енергетичного комплексу, металургії, транспорту, будівництва, електроніки, космічної техніки, побуту тощо. Проникнення нових речовин і нових матеріалів, хімічних методів у основні галузі промислового і сільськогосподарського виробництва, сферу побуту, охорону здоров'я дедалі більшою мірою забезпечує їх прогрес. Саме тому й відбувається хімізація практично всіх сфер людської діяльності.

Хімізація — це використання властивостей речовин і матеріалів, хімічних процесів і хімічних методів аналізу в практичній діяльності людини та у сфері матеріального виробництва. Хімізація дає змогу розв'язувати багато проблем господарського життя суспільства і в той самий час породжує нові проблеми, пов'язані зі станом природного середовища і здоров'ям людини. Сучасний стан хімізації гостро зіштовхує суспільну свідомість з низкою глобальних проблем, що хвилюють людство (енергетичною, сировинною, продовольчою, екологічною) та потребують негайного розв'язання.

Відповіді до завдань

§ 1 3. $n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 1$ моль.

8. Li.

§ 2 6. р 33; Р.

7. Ge.

§ 6 8. (В).

§ 7 3. (А), (Г).

§ 8 4. $V(\text{H}_2) = 5,6$ л.

7. Ва.

§ 9 1. (Г).

2. (В).

3. 17,9 %.

4. $m(\text{NaCl}) = 100$ г;

5. $W(\text{NaCl}) = 7$ %.

6. $c(\text{солі}) = 0,4$ моль/л.

7. $W(\text{FeSO}_4) = 4$ %.

8. $W(\text{NH}_3) = 36$ %.

9. $W(\text{NaOH}) = 32$ %.

10. 200 г розчину.

11. $c(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1,61$ моль/л.

12. $W(\text{H}_2\text{SO}_4) = 66,85$ %.

13. $m(\text{р-ну}) = 296,2$ г.

14. $c(\text{NaOH}) = 4,12$ моль/л.

§ 10 6. (б), (в), (г).

§ 11 3. В.

4. В.

5. Г.

6. В.

7. $m(\text{Al}^{3+}) = 5,4$ г.

8. H_3PO_4 , H_2S .

9. $n(\text{H}^+) = 0,015$ моль.

10. 0,5 моль.

§ 12 2. В.

5. Г.

6. Б, В.

8. В.

9. В.

10. Б.

§ 13 3. Д, Е.

4. А, В.

6. Б.

§ 14 5. А, Г.

6. А, Г.

7. Б.

8. Г.

§ 15 1. А.

3. Б, В.

5. $m(\text{S}) = 64$ г,

$V(\text{O}_2) = 44,8$ л.

7. Г.

8. Б.

9. 13,8 кДж, 3 214 кДж.

§ 16 5. $v = 0,1$ моль/(л · с).

6. В.

7. $v = 0,2$ моль/(л · с).

8. $\nu = 0,075$ моль/(л · с).

§ 17 4. Г.

§ 18 3. Г.

4. Г.

5. Б.

7. В.

8. мінус.

9. Г.

10. В.

§ 20 7. В.

10. Б

§ 21 5. А; Б.

6. В.

13. В.

§ 22 8. Б.

9. 1 — Б; 2 — В;

3 — А; 4 — Г.

§ 23 3. Г.

§ 24 6. Г.

8. Б.

11. $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 92$ г.

§ 25 3. В.

§ 26 2. А; Г.

4. Б.

6. $m(\text{CH}_3\text{COONa}) = 6,8$ г.

7. В.

11. $m(\text{естеру}) = 132$ г.

13. В.

16. 1 — Д; 2 — Г; 3 — А;

4 — В.

§ 27 1. Б.

6. А.

§ 28 4. $V(\text{CO}_2) = 33,6$ л.

§ 29 5. Г.

§ 30 10. 1 — Б; 2 — Г; 3 — А;

4 — В.

§ 35 3. 1 — Б; 2 — Д; 3 — А;

4 — Г.

Тлумачний словничок

Аніони — негативно заряджені йони. В електричному полі рухаються до анода.

Бродіння — хімічний процес перетворення глюкози, що відбувається під впливом мікроорганізмів, точніше, природних каталізаторів (ферментів). Розрізняють спиртове, оцтовокисле, молочнокисле та інші види бродіння.

Гідрофільний — такий, що має високу спорідненість до води, легко змочується водою, адсорбує молекули води у першу чергу.

Диполь — сукупність двох рівних за абсолютною величиною різнойменних електричних зарядів, розташованих на деякій віддалі один від одного.

Дисоціація — розклад молекул на прості молекули, атомні групи або йони.

Дисперсія — розсіювання, подібнення.

Йони — електрично заряджені частинки речовини, що утворилися з атомів або атомних груп унаслідок втрати або приєднання до них електронів.

Катіони — позитивно заряджені йони. В електричному полі рухаються до катода.

Класифікація — система підпорядкованих понять (класів об'єктів) будь-якої галузі знань або

діяльності людини, що використовується як засіб для встановлення зв'язків між цими поняттями або класами об'єктів.

Колоїдний — клеєподібний.

Конфігурація — 1) загальний вигляд, зовнішній обрис; 2) взаємне розміщення предметів, у цьому разі електронів у атомах.

Концентрація — відношення числа частинок компонента системи (суміші, розчину, сплаву), його кількості (молярна концентрація) або маси (масова концентрація) до об'єму системи.

Кристалізація — процес утворення кристалів із пари, розчину, розплаву. Відіграє важливу роль в атмосферних і ґрунтових явищах (сніг, лід); лежить в основі металургійних і ливарних процесів, одержання напівпровідникових, оптичних та інших матеріалів.

Мінерали — природні хімічні сполуки кристалічної будови, що виникають унаслідок фізико-хімічних процесів і входять до складу гірських порід, руд та інших мінеральних тіл. Переважають тверді мінерали, є також рідкі (вода, ртуть).

Неоднорідний — різний щодо свого складу; такий, що становить суміш двох чи більше компонентів.

Однорідний — такий, що належить до того самого роду, розряду;

характеризується однаковими рисами, ознаками.

Органічна хімія — наука, що вивчає органічні сполуки (були знайдені спершу в організмах рослин і тварин).

Пестициди — хімічні засоби боротьби зі шкідливими організмами (комахами, кліщами, грибами, бактеріями, гризунами тощо).

Смог — дуже забруднене повітря, суміш диму, кіптяви, туману й пилу.

Термодинаміка — розділ теоретичної фізики, в якому вивчаються властивості термодинамічних систем, що перебувають у стані теплової рівноваги, і процеси їхнього переходу з одного рівноважного стану в інший.

Термохімія — розділ хімічної термодинаміки, який вивчає теплові явища, що супроводжують хімічні реакції, нагрівання чи охолодження внаслідок розчинення речовини у воді.

Хімічна кінетика — розділ фізичної хімії, в якому вивчаються механізми і закономірності перебігу хімічних процесів у часі та проміжні продукти, що при цьому утворюються.

Іменний покажчик

| | |
|---------------------|-----|
| Арреніус С. А. | 66 |
| Бертло П. Е. М. | 174 |
| Бунге М. А. | 184 |
| Вернадський В. І. | 205 |
| Горбачевський І. Я. | 193 |
| Ле Шательє А. | 116 |
| Мейєр Ю. Л. | 12 |
| Менделєєв Д. І. | 12 |
| Полінг Л. | 32 |
| Тіндаль Дж. | 28 |
| Фарадей М. | 59 |
| Фішер Е. | 196 |

Предметний покажчик

| | | | | |
|-----------------------|--------|--|---------------------------|----------|
| А | | | Гідрування | 146, 175 |
| Аерозолі | 22 | | Глауберова сіль | 37 |
| Аміногрупа | 193 | | Гліцерин | 162 |
| Амінокислоти | 192 | | Глюкоза | 179 |
| Атом | | | Гомологи | 138 |
| — збуджений | 126 | | Гомологічний ряд | 138 |
| Ацетати | 168 | | Група | |
| Ацетилен | 143 | | — гідроксильна | 156 |
| | | | — карбоксильна | 166 |
| | | | — пептидна | 194 |
| Б | | | — функціональна | 159 |
| Білки | 196 | | | |
| Бродіння | 181 | | Д | |
| | | | Декстрини | 188 |
| В | | | Денатурація білка | 198 |
| Валентні електрони | 14 | | Дипептид | 194 |
| Відновлення | 87 | | Дисоціація карбонових | |
| Відновник | 88 | | кислот | 167 |
| Вода | 45 | | Дисперсна система | 22, 23 |
| — будова молекули | 47, 48 | | | |
| — колообіг | 46 | | Е | |
| — кристалізаційна | 37 | | Електроліти | 61 |
| — поширення в природі | 45 | | — сильні | 70, 71 |
| Вуглеводи | 179 | | — слабкі | 71 |
| Вуглеводні | | | Електролітична дисоціація | 60—65 |
| — насичені | 135 | | — кислот | 66, 67 |
| — ненасичені | 142 | | — механізми | 62, 63 |
| | | | — основ | 68 |
| Г | | | — солей | 69 |
| Газ | | | — ступінчаста | 67 |
| — болотний | 128 | | Електронні пари | 18 |
| — природний | 128 | | Емульсії | 23 |
| — рудниковий | 128 | | Енергія | 109, 111 |
| Гідратація | 37 | | — внутрішня | 94 |
| Гідроліз | | | Естер | 170 |
| — білків | 199 | | Естерифікація | 170 |
| — жирів | 176 | | Етанол | 156 |
| — крохмалю | 187 | | | |

| | | | |
|------------------|-----|----------------------|---------------|
| Етилен | 142 | Кристалічна сода | 37 |
| Ефект Тіндалля | 27 | Кристалогідрати | 36, 37 |
| | | Крохмаль | 186 |
| Ж | | М | |
| Жири | 173 | Маргарин | 176 |
| — рідкі | 174 | Масова частка | 51 |
| — рослинні | 174 | Метан | 125 |
| — тваринні | 175 | Метанол | 156 |
| — тверді | 174 | Мило | 177 |
| З | | Мідний купорос | 37 |
| Зависі | 23 | Молярна концентрація | 56 |
| Залізний купорос | 37 | | |
| І | | Н | |
| Інгібітори | 109 | Неелектроліти | 61 |
| | | Нуклеїнові кислоти | 202 |
| Й | | О | |
| Йон | | Окиснення | 87 |
| — гідратований | 63 | Окисник | 88 |
| — гідроксонію | 66 | Омилення жиру | 177 |
| | | Органічні речовини | 120 |
| К | | Основи | 68 |
| Каталіз | 109 | Оцтова кислота | 166 |
| Каталізатор | 107 | | |
| — отруєння | 109 | П | |
| Кислоти | 66 | Поліетилен | 150 |
| — амінооцтова | 192 | Полімер | 150 |
| — карбонова | 166 | Полімеризація | 150 |
| — олеїнова | 173 | Поліпептид | 194 |
| — оцтова | 166 | Принцип Ле Шательє | 115, 116 |
| — стеаринова | 173 | | |
| Класифікація | | Р | |
| — реакцій | 81 | Реакції | |
| — речовин | 9 | — гідролізу | 176, 187, 199 |
| Клітковина | 190 | — гідрування | 146, 175 |
| Коагулянт | 28 | — екзотермічні | 92, 93 |
| Коагуляція | 28 | — ендотермічні | 94 |
| Колообіг | 123 | — заміщення | 83 |
| Концентрація | 51 | — зворотні | 112 |

| | | | |
|-------------------|--------|----------------------------|---------|
| — каталітичні | 109 | — середні | 69 |
| — обміну | 83, 84 | Спирти | |
| — оборотні | 113 | — одноатомні | 157 |
| — окисно-відновні | 86, 87 | — багатоатомні | 162 |
| — прямі | 112 | Ступінь | |
| — розкладу | 82 | — дисоціації | 70 |
| — сполучення | 82 | — окиснення | 86 |
| — хлорування | 130 | — полімеризації | 151 |
| Рівняння | | Суспензії | 23 |
| — йонні | 74—77 | Т | |
| — термохімічні | 96 | Тепловий ефект | 94, 95 |
| Рівновага | | Триолеїн | 176 |
| — динамічна | 114 | Трипептид | 194 |
| — хімічна | 111 | Тристеарин | 176 |
| Розчини | | Х | |
| — істинні | 31—33 | Хімічний зв'язок | 16, 17 |
| — колоїдні | 25 | — водневий | 48, 49 |
| — концентровані | 43 | — йонний | 18 |
| — насичені | 40 | — ковалентний | 18, 19 |
| — ненасичені | 40 | — пептидний | 194 |
| — приготування | 53 | — подвійний | 142 |
| — розбавлені | 43 | — потрійний | 142 |
| Розчинення | 35, 36 | Хлорометан | 130 |
| Розчинник | 34 | Ц | |
| Розчинність | 39 | Целюлоза | 189 |
| — криві | 42 | Цукор | 183 |
| С | | Ш | |
| Сажа | 129 | Швидкість хімічної реакції | 100—105 |
| Сахароза | 183 | | |
| Солі | 69 | | |
| — кислі | 69 | | |
| — основні | 69 | | |

Навчальне видання

**Буринська Ніна Миколаївна
Величко Людмила Петрівна**

Хімія

9 клас

**Підручник для загальноосвітніх навчальних закладів
(за програмою 12-річної середньої школи)**

Відповідальна за випуск *Т. П. Боброва*
Фахове редагування *М. Д. Василега-Дерибас*
Коректор *О. І. Кухар*

Художнє оформлення обкладинки та шмуцтитулів *Т. В. Бусела*
Комп'ютерна верстка *В. І. Перекреста*
Координатори поліграфічного виконання: *Т. П. Боброва, Д. О. Петкевич*
Відповідальні за випуск від МОН України: *С. С. Фіцайло, О. А. Дубовик*

Підп. до друку 05.05.09. Формат 70×84/16. Гарнітура «School Book».
Папір офсетний. Друк офсетний.

Ум. друк. арк. 15,80. Ум. фарбовідб. 65,38. Обл.-вид. арк. 18,94. Зам. № 9-401. Тираж 118 513.

Видавничо-торгова фірма «Перун». 08200, Ірпінь, вул. Київська, 73-а.
Свідоцтво про внесення до державного реєстру: серія ДК № 18 від 20.03.2000 р.

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено.

Віддруковано у ВАТ «Поліграфкнига» корпоративне підприємство ДАК «Укрвидавполіграфія».
03057, Київ, вул. О. Довженка, 3.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 3089 від 23.01.2008 р.

Видруковано в Україні. Printed in Ukraine.