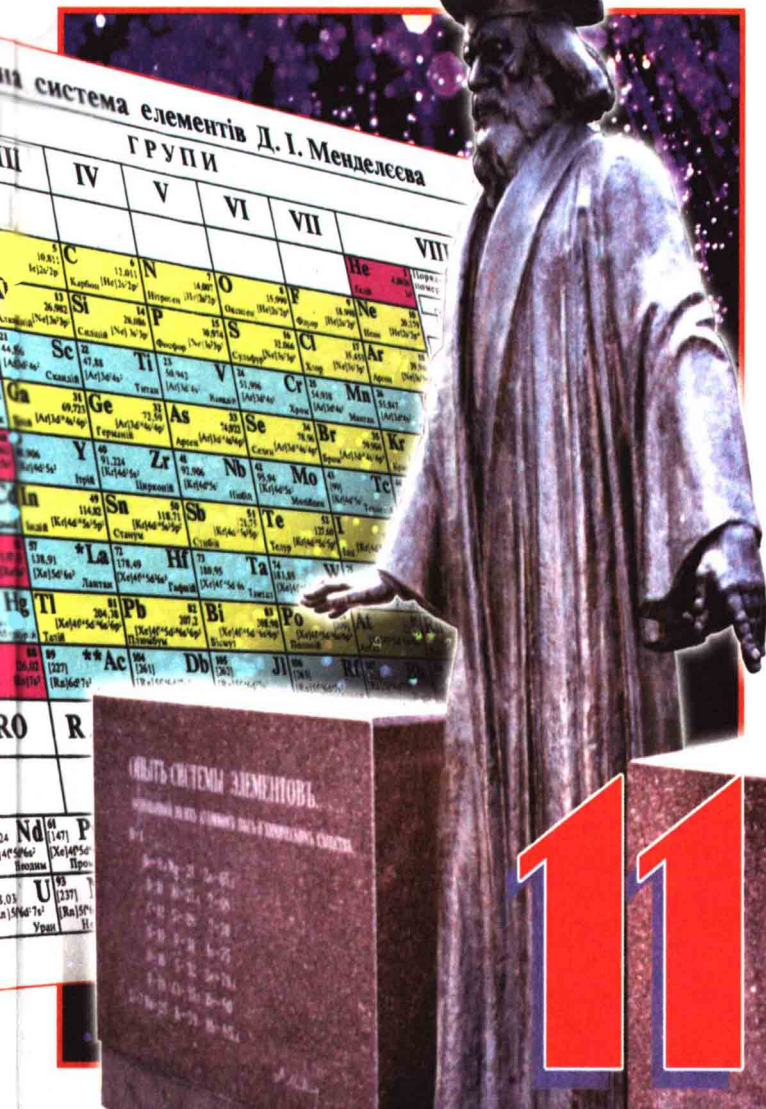


Н. М. БУРИНСЬКА, Л. П. ВЕЛИЧКО

Хімія



Періодична система хімічних елементів (коротка форма)

ПЕРІОДИ	ГРУПИ					ЕЛЕМЕНТІВ				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	H 1,0079 1s ¹ Гідроген							He 4,0026 1s ² Гелій	Порядковий номер	Назва елемента систематична
2	Li 6,941 [He]2s ¹ Літій	Be 9,0122 [He]2s ² Берилій	B 10,811 [He]2s ² 2p ¹ Бор	C 12,011 [He]2s ² 2p ² Карбон	N 14,007 [He]2s ² 2p ³ Нітроген	O 15,999 [He]2s ² 2p ⁴ Оксиген	F 18,998 [He]2s ² 2p ⁵ Флуор	Ne 20,179 [He]2s ² 2p ⁶ Неон	26 55,847 [Ar]3d ⁴ 4s ²	Fe Ферум
3	Na 22,990 [Ne]3s ¹ Натрій	Mg 24,305 [Ne]3s ² Магній	Al 26,982 [Ne]3s ² 3p ¹ Алюміній	Si 28,086 [Ne]3s ² 3p ² Силіцій	P 30,974 [Ne]3s ² 3p ³ Фосфор	S 32,066 [Ne]3s ² 3p ⁴ Сульфур	Cl 35,453 [Ne]3s ² 3p ⁵ Хлор	Ar 39,948 [Ne]3s ² 3p ⁶ Аргон	Атомна маса	Електронна конфігурація
4	K 39,098 [Ar]4s ¹ Калій	Ca 40,078 [Ar]4s ² Кальцій	Sc 44,956 [Ar]3d ¹ 4s ² Скандій	Ti 47,88 [Ar]3d ² 4s ² Титан	V 50,942 [Ar]3d ³ 4s ² Ванадій	Cr 51,996 [Ar]3d ⁵ 4s ¹ Хром	Mn 54,938 [Ar]3d ⁵ 4s ² Манган	Fe 55,847 [Ar]3d ⁶ 4s ² Ферум	Co 58,933 [Ar]3d ⁷ 4s ² Кобальт	Ni 58,69 [Ar]3d ⁸ 4s ² Нікел
	Zn 65,39 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² Цинк	Ga 69,723 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹ Галій	Ge 72,59 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ² Германій	As 74,922 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ³ Арсен	Se 78,96 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴ Селен	Br 79,904 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵ Бром	Kr 83,80 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ Криптон			
5	Rb 85,468 [Kr]5s ¹ Рубідій	Sr 87,62 [Kr]5s ² Стронцій	Y 88,906 [Kr]4d ¹ 5s ² Ітрій	Zr 91,224 [Kr]4d ² 5s ² Цирконій	Nb 92,906 [Kr]4d ⁴ 5s ¹ Ніобій	Mo 95,94 [Kr]4d ⁵ 5s ¹ Молибден	Tc 98,906 [Kr]4d ⁵ 5s ² Технецій	Ru 101,07 [Kr]4d ⁷ 5s ¹ Рутеній	Rh 102,91 [Kr]4d ⁸ 5s ¹ Родій	Pd 106,42 [Kr]4d ¹⁰ 5s ⁰ Паладій
	Ag 107,87 [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹ Аргентум	Cd 112,41 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² Кадмій	In 114,82 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹ Індій	Sn 118,71 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ² Станум	Sb 121,75 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ³ Стибій	Te 127,60 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴ Телур	I 126,90 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵ Іод	Xe 131,29 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶ Ксенон		
6	Cs 132,91 [Xe]6s ¹ Цезій	Ba 137,33 [Xe]6s ² Барій	*La 138,91 [Xe]5d ¹ 6s ² Лантан	Hf 178,49 [Xe]4f ¹⁴ 5d ² 6s ² Гафній	Ta 180,95 [Xe]4f ¹⁴ 5d ³ 6s ² Тантал	W 183,85 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ² Вольфрам	Re 186,21 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ² Реній	Os 190,2 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ² Осмій	Ir 192,22 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ² Іридій	Pt 195,08 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹ Платина
	Au 196,97 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹ Аурум	Hg 200,59 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² Меркурій	Tl 204,38 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹ Талій	Pb 207,2 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ² Плюмбум	Bi 208,98 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³ Бісмут	Po (209) [Xe]f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴ Полоній	At (210) [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵ Астат	Rn (222) [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶ Радон		
7	Fr (223) [Rn]7s ¹ Францій	Ra 226,02 [Rn]7s ² Радій	**Ac (227) [Rn]6d ¹ 7s ² Актиній	Rf (261) [Rn]5f ¹⁴ 6d ² 7s ² Резерфордій	Db (262) [Rn]5f ¹⁴ 6d ³ 7s ² Дубній	Sg (263) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁴ 7s ² Сиборгій	Bh (262) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁵ 7s ² Борій	Hs (265) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁶ 7s ² Гасій	Mt (266) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ² Майтнерій	Uun (267) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁸ 7s ² Унунілій
Вищі оксиди	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄		
Леткі водневі сполуки				RH ₄	RH ₃	H ₂ R	HR			
*	58 140,12 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ² Церій	59 140,91 [Xe]4f ¹ 5d ⁰ 6s ² Празеодим	60 144,24 [Xe]4f ² 5d ⁰ 6s ² Неодим	61 (147) [Xe]4f ³ 5d ⁰ 6s ² Прометій	62 150,36 [Xe]4f ⁴ 5d ⁰ 6s ² Самарій	63 151,96 [Xe]4f ⁵ 5d ⁰ 6s ² Європій	64 157,25 [Xe]4f ⁶ 5d ⁰ 6s ² Гадоліній	65 158,93 [Xe]4f ⁷ 5d ⁰ 6s ² Тербій	66 162,5 [Xe]4f ⁸ 5d ⁰ 6s ² Диспрозій	67 164,93 [Xe]4f ⁹ 5d ⁰ 6s ² Гольмій
**	90 232,04 [Rn]5f ¹⁴ 6d ² 7s ² Торій	91 (231) [Rn]5f ¹⁵ 6d ¹ 7s ² Протактиній	92 238,03 [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² Уран	93 (237) [Rn]5f ¹⁵ 6d ¹ 7s ² Нептуній	94 (244) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁰ 7s ² Плутоній	95 (243) [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² Америцій	96 (247) [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² Кюріцій	97 (247) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁰ 7s ² Берклій	98 (249) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁰ 7s ² Каліфорній	99 (252) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁰ 7s ² Ейнштейній
	68 167,26 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ² Ербій	69 168,93 [Xe]4f ¹³ 5d ⁰ 6s ² Тулій	70 173,04 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ² Ітербій	71 174,97 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ² Лютецій	100 (257) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁰ 7s ² Фермій	101 (258) [Rn]5f ¹⁵ 6d ⁰ 7s ² Менделевій	102 (259) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁰ 7s ² Нобелій	103 (260) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁰ 7s ² Лоуренцій		

Н. М. БУРИНСЬКА, Л. П. ВЕЛИЧКО

Хімія

Підручник
для
загальноосвітніх
навчальних
закладів

II

2-ге видання,
перероблене
та доповнене

Затверджено
Міністерством
освіти
і науки
України

КИЇВ  ІРПІНЬ

ББК 24я721
Б91

Розділи підготували: I — Л. П. Величко,
II, III — Н. М. Буринська

*Затверджено Міністерством освіти і науки України
(протокол рішення колегії № 7/5-19 від 25.07.2002)*

Увага! ©

Авторські та видавничі права ВТФ «Перун» захищені Законом України
«Про авторське право і суміжні права»

Буринська Н. М., Величко Л. П.

Б91 Хімія, 11 кл.: Підруч. для загальноосвіт. навч.
закл.— 2-ге вид., перероб. та доп.— К.; Ірпінь:
ВТФ «Перун», 2005.— 176 с.: іл.
ISBN 966-569-004-3

ББК 24я721

© ВТФ «Перун», 1999, 2005

Навчальне видання

**Буринська Ніна Миколаївна
Величко Людмила Петрівна**

ХІМІЯ

11 клас

Підручник для загальноосвітніх навчальних закладів

Відповідальна за випуск *С. В. Федченко*
Редактор-коректор *Н. М. Серафін*
Художник обкладинки *С. О. Ільницький*
Комп'ютерна верстка *С. В. Тарасової*
Координатори поліграфічного виконання
В. Д. Ковальчук, Т. А. Якимець

Підп. до друку 15.09.05. Формат 84×108/32. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Шкільна. Ум. друк. арк. 9,24.
Ум. фарбовідб. 20,16. Обл.-вид. арк. 9,93. Зам. № 5-150

Видає коштом видавництва ВТФ «Перун».

Видавничо-торгова фірма «Перун». 08200 Ірпінь, вул. Т. Шевченка, 4-а.
Свідоцтво про реєстрацію № 13710594 від 30.06.95.

Віддруковано в АТ «Книга». 04655 МСП, Київ-53, вул. Артема, 25.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру виготівників Серія ДК №1911

Видруковано в Україні. Printed in Ukraine.

ЯК КОРИСТУВАТИСЯ ПІДРУЧНИКОМ

ЮНІ ДРУЗІ!

У 11-му класі ви завершуєте вивчення органічних речовин і починаєте вивчати матеріал, який дасть вам змогу усвідомити суперечливу й неоднозначну роль хімії в житті суспільства. Важливо, щоб ви зрозуміли: кожна людина, незалежно від її професії, — пече вона хліб чи варить сталь, удобрює город мінеральними добривами чи виробляє аміак для добування цих добрив, заводить двигун автомобіля чи добуває з нафти бензин, що заливається в бак автомобіля, — так чи інакше безпосередньо використовує у своєму житті продукти хімії та хімічні перетворення. Отже, кожна людина повинна зрозуміти значення, яке має хімія в її житті і в житті суспільства, і правильно користуватися хімічними знаннями.

Ви ознайомитесь і з роллю хімії в розв'язанні таких глобальних проблем людства, як сировинна, енергетична, екологічна тощо. Дізнаєтесь, що нові синтезовані речовини і технології для їх добування не завжди байдужі до людини і довкілля. І хоча хімія дає змогу добувати дедалі більше нових корисних матеріалів, проте неграмотне використання її досягнень призводить до появи багатьох екологічних проблем.

Щоб зрозуміти всі ці проблеми і розумно використовувати блага, які дає хімізація всіх сфер життя суспільства, кожна людина мусить мати певний мінімум хімічних знань. Ви вже завершуєте набувати їх, опановуючи відомості про неорганічні й органічні речовини та хімічні процеси протягом усіх років вивчення хімії.

Зараз ваше завдання — повторити, систематизувати й узагальнити набуті знання з основ хімії. Саме розуміння і засвоєння цих основ, а також проблем, що стоять перед хімією, — і є той мінімум знань, що дає змогу сучасній людині вільно орієнтуватися в навколишньому світі і відповідально ставитися до свого довкілля — природи і суспільства. Зрештою, досягнення основ хімії може стати для вас стимулом до подальшого вдосконалення і розвитку своєї освіти у цій галузі.

Автори радять вам під час роботи з цим підручником, де матеріал викладений у доволі стислій формі, перед система-

тизацією та узагальненням знань з певної теми повернутися до відповідного розділу (параграфу) одного з підручників хімії для попередніх класів і погортати його сторінки, а може, й уважно почитати. Не знехтуйте цю пораду! Навіть тоді, коли ви переконані у своїх знаннях, вона виявиться корисною. Адже, прочитавши певний розділ (параграф), ви краще помітите і зрозумієте всі взаємозв'язки навчального матеріалу. Таке розуміння є однією з необхідних умов активного володіння знаннями.

Друга умова — тренування мислення. З цією метою до параграфів наводяться завдання для самоконтролю. Не шкодуйте часу на їх виконання! Намагайтеся виконувати якомога більше з них. Ви вже знаєте, що ускладнені завдання й такі, що виходять за межі програми, позначено зірочкою. Намагайтеся самостійно знаходити відповіді у прочитаному матеріалі. У разі потреби повертайтеся до раніше вивченого. Доцільно також обговорювати з товаришами по навчанню розв'язки та відповіді.

Під час розв'язування задач використовуйте одиниці фізичних величин згідно з Міжнародною системою одиниць (СІ). Зверніть увагу, що у зв'язку з цим для величини «кількість речовини» замість символу v (ню) використовується символ n (ен).

Пам'ятайте, що для назв хімічних елементів і простих речовин в Україні затверджено державний стандарт. Ви повинні додержуватись його положень. Підручник вам у цьому допоможе.

Для тих учнів, які глибше цікавляться хімією, настійно радимо не обмежуватися матеріалом підручника, а читати додаткову літературу з хімії — як навчальну, так і науково-популярну.

Бажаємо вам успіхів у засвоєнні хімічних знань!

Автори

ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

Минулого навчального року ви вивчали органічні сполуки, побудовані з атомів елементів Карбону і Гідрогену (раніше їх називали вуглець і водень) — вуглеводні. Довідалися про склад, структуру, властивості, застосування насичених, ненасичених, ароматичних вуглеводнів, про їхні природні джерела — газ, нафту, кам'яне вугілля.

- Наведіть приклади сполук названих груп вуглеводнів, їхні формули і назви.
- Що таке нафта? Які продукти можна добути з неї?

Карбонові скелети є основою будови молекул інших класів органічних речовин, у складі яких крім атомів Карбону й Гідрогену містяться атоми Оксигену й Нітрогену. Ці атоми надають речовинам специфічних властивостей, відмінних від властивостей вуглеводнів.

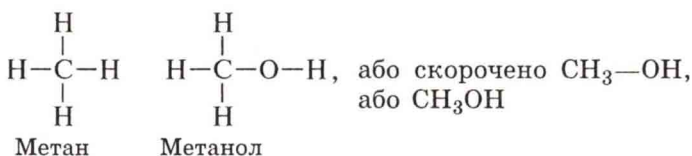
Оксигено- й нітрогеновмісні сполуки відіграють визначальну роль у функціонуванні живих організмів, уходять до складу їжі (це відомі вам з біології людини жири, білки, вуглеводи, вітаміни), є основою деревини, з якої виробляють папір, натуральних і хімічних волокон, мила, ліків, барвників тощо.

Знайомі всім терміни — спирт, оцтова кислота, естер — це назви оксигеновмісних органічних речовин порівняно простої будови. Саме з них ви й починаєте вивчення нового розділу курсу хімії.

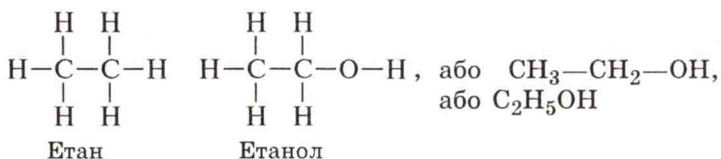
§ 1. НАСИЧЕНІ ОДНОАТОМНІ СПИРТИ

Склад і будова молекул спиртів. Як уже зазначалося, молекули органічних сполук, крім атомів Карбону і Гідрогену, можуть містити атоми Оксигену.

Уявімо, що в молекулі метану один атом Гідрогену заміщений гідроксильною групою. Хімічна будова такої сполуки — **метанолу** — виражається структурною формулою:

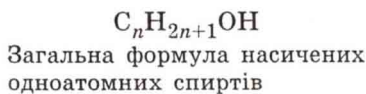
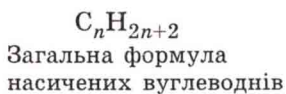


Заміщуючи атом Гідрогену в молекулі етану, дістанемо сполуку **етанол** такої хімічної будови:



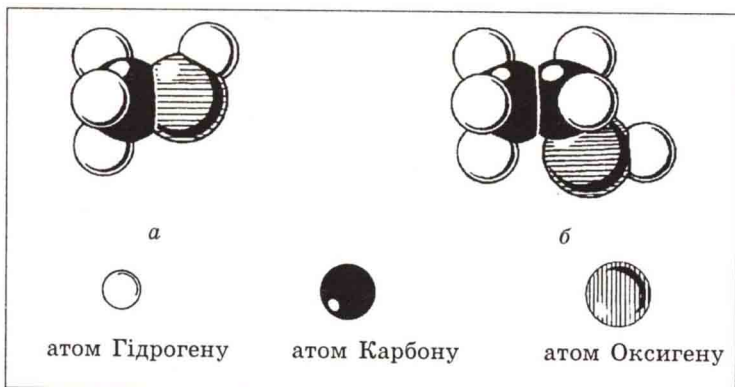
У цих сполуках вуглеводневі радикали метил $-\text{CH}_3$ й етил $-\text{C}_2\text{H}_5$ з'єднані з гідроксильною групою $-\text{OH}$. Наявність цієї групи є ознакою класу органічних речовин, що належать до класу **спиртів**.

Загальну формулу насичених одноатомних спиртів можна вивести із загальної формули насичених вуглеводнів шляхом заміщення атома Гідрогену на гідроксильну групу.



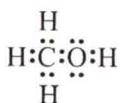
Якщо вуглеводневий радикал позначити літерою R, загальна формула спиртів позначається як $\text{R}-\text{OH}$.

Оскільки до складу молекул наведених спиртів входить одна гідроксильна група, такі спирти належать до одноатомних. Далі ви довідаєтеся про існування багатоатомних (двох-, трьохатомних і т. д.) спиртів.

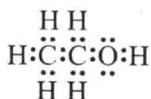


Мал. 1. Моделі молекул метанолу (а) й етанолу (б)

Зважаючи на чотиривалентність атомів Карбону і двохвалентність атомів Оксигену, запишемо електронні формули найпростіших спиртів метанолу й етанолу

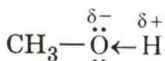


Метанол



Етанол

Атом Оксигену як більш електронегативного елемента відтягує на себе електронну густину зв'язку О—Н. У результаті такого зміщення цей зв'язок поляризується, на атомі Гідрогену утворюється частковий позитивний заряд, а на атомі Оксигену — частковий негативний заряд (позначається грецькою літерою дельта δ):



У такому разі говорять, що молекула полярна. Полярність спиртів позначається на їхніх фізичних та хімічних властивостях.

Насичені одноатомні спирти утворюють гомологічний ряд (табл. 1).

- Які гомологічні ряди вам відомі? Чим відрізняються гомологи? Напишіть структурні формули наведених у табл. 1 сполук. Доведіть, що вони є гомологами.

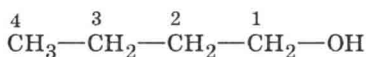
Таблиця 1. Насичені одноатомні спирти

Формула	Назва		$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
	міжнародна	традиційна	
$\text{CH}_3\text{—OH}$	Метанол	Метиловий	65
$\text{C}_2\text{H}_5\text{—OH}$	Етанол	Етиловий	78
$\text{C}_3\text{H}_7\text{—OH}$	Пропанол	Пропіловий	97
$\text{C}_4\text{H}_9\text{—OH}$	Бутанол-1	Бутиловий	118

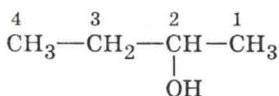
Насиченим одноатомним спиртам властива ізомерія, спричинена будовою карбонового скелета і положенням гідроксильної групи.

- Пригадайте, що таке ізомерія. Напишіть формули ізомерів складу C_4H_{10} .

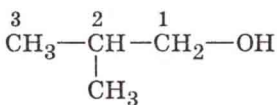
Для спирту складу $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ можливі ізомери:



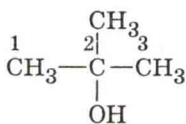
Бутанол-1



Бутанол-2



2-Метилпропанол-1



2-Метилпропанол-2

Міжнародні назви спиртів утворюють від назв відповідних вуглеводнів додаванням суфікса -ол. Щоб дати назву спирту, треба пронумерувати карбоновий ланцюг, починаючи від гідроксильної групи, перед назвою вказати місце і назву радикалу, після назви — місце гідроксильної групи.

Фізичні властивості метанолу й етанолу. Метанол і етанол за стандартних умов — рідини, легші за воду, мають специфічний запах, як полярні сполуки, вони добре розчинні у воді. $T_{\text{кип}}$ метанолу дорівнює 65°C , етанолу — 78°C .

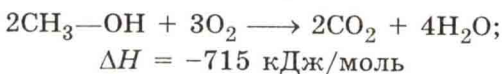
- Вода — полярний розчинник. Пригадайте розчинність неполярних насичених вуглеводнів, порівняйте її з розчинністю полярних спиртів. Зробіть висновок.

Фізіологічна дія метанолу й етанолу. Метиловий спирт — дуже отруйна рідина, у разі потрапляння в організм 10 мл метанолу спричинюють сліпоту, а 25 мл — смерть.

Етиловий спирт 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.

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 трагічних наслідків.

Хімічні властивості метанолу й етанолу. Спирти, як і всі органічні сполуки, горять. Метанол і етанол миттєво спалахують при підпалюванні й горять синюватим, майже непомітним полум'ям із виділенням великої кількості теплоти. Відбувається реакція повного окиснення:



- Напишіть рівняння реакції горіння етанолу.

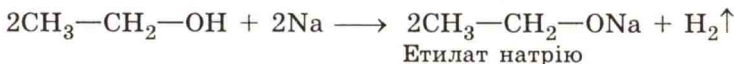
Про часткове окиснення спиртів ітиметься в наступних параграфах.

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 на атом металу.

У пробірку з етиловим спиртом покладемо шматочки натрію. Одразу відбувається реакція з виділенням газу. Це водень.

- Пригадайте, як його можна виявити.

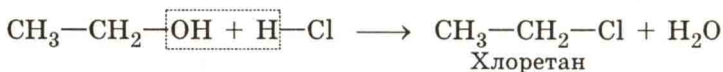
Унаслідок взаємодії утворюється також етилат натрію:



Якщо краплю добутого розчину перенести з пробірки на скло і випарити, то на склі утворяться кристали етилату.

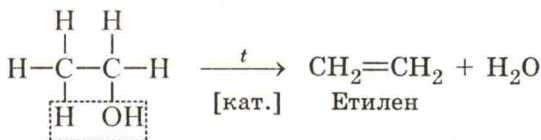
- Напишіть рівняння реакції метанолу з калієм. Назвіть продукт реакції.

Реакції спиртів можуть відбуватися і з відщепленням гідроксильної групи. Спирти взаємодіють з галогеноводнями. Наприклад, якщо сухий галогеноводень пропускати крізь спирт або нагрівати спирт з концентрованим розчином хлоридної кислоти, відбувається реакція заміщення гідроксильної групи на галоген:



- Напишіть рівняння реакції метанолу з бромоводнем. Назвіть продукт реакції.

Якщо етанол нагрівати вище 170 °С за наявності концентрованої сульфатної кислоти, відбувається реакція дегідратації (відщеплення води), спирт перетворюється на ненасичений вуглеводень етилен:



Про деякі інші властивості спиртів ви дізнаєтеся далі.

Як ви могли 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. Отже, можна дати таке означення класу спиртів:

|| це органічні речовини, в молекулах яких вуглеводневий радикал сполучений з однією або кількома функціональними гідроксильними групами.

Застосування метанолу й етанолу. 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, а саме шляхом сухої перегонки деревини.

Етиловий спирт, етанол, винний спирт, алкоголь — назви-синоніми однієї сполуки, що є основою алкогольних напоїв і найвідоміша із класу спиртів. Археологічні розкопки засвідчують, що в епоху найдавніших цивілізацій уміли виробляти вино й пиво. Скидається на те, що алкоголь був найпершою сполукою, синтезованою людиною. Перша літературна згадка про власне етиловий спирт як «горючу воду», добуту перегонкою вина, відноситься до VIII ст., а елементний склад етанолу було з'ясовано на початку XIX ст.

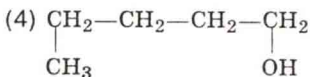
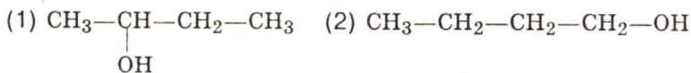
Метанол і етанол — розчинники. Ця їхня властивість використовується в органічному синтезі та лабораторній практиці. Етанол як розчинник застосовується у фармації, медицині (екстрагування, виготовлення настоянок тощо), харчовій промисловості.

За допомогою 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.

Завдання для самоконтролю

1. Які сполуки називаються спиртами?
2. Що таке функціональна група?
3. Чим зумовлена ізомерія спиртів?
4. Серед наведених формул знайдіть формули ізомерів і гомологів:



5. До яких сполук належать спирти — до хімічно активних чи інертних? Чим визначається їхня поведінка? Поясніть на основі електронних уявлень.

6. У яких напрямках може відбуватися реакція заміщення у спиртів? Наведіть приклади.

7. Поясніть, на якій властивості етанолу базується його застосування у вигляді пального?

8. Сума коефіцієнтів у рівнянні реакції повного окиснення етанолу становить

- (1) 6; (2) 7; (3) 8; (4) 9.

9. Обчисліть масу етанолу, необхідного для добування етилену (н. у.) об'ємом 44,8 л, якщо вихід продукту становить 80 %.

10. У результаті добування етилату натрію масою 68 г виділився водень (н. у.) об'ємом

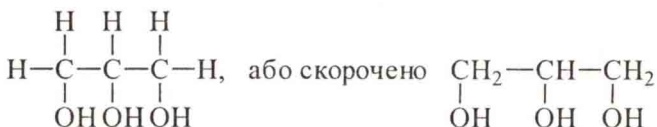
- (1) 22,4 л; (2) 11,2 л; (3) 44,8 л; (4) 5,6 л.

11. Напишіть рівняння послідовного перетворення етанолу на етан.

12*. Як трьома способами добути хлоретан? Напишіть рівняння реакцій.

§ 2. ГЛІЦЕРИН

Склад і будова молекули гліцерину. Крім одноатомних спиртів, тобто тих, що містять у молекулі одну функціональну групу, існують багатоатомні спирти, до складу яких входять дві і більше гідроксильні групи. Найважливіший із них **гліцерин** — трьохатомний 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 маслинової олії.

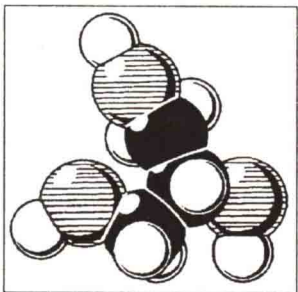
Лабораторна робота 1

Досліди з гліцерином

Дослід 1. Розчинність гліцерину у воді. Змішайте у пробірці воду і гліцерин (приблизно по 1 мл). Додайте до суміші ще 1 мл гліцерину. Чи розчиняється він? Зробіть 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 участю трьох гідроксильних груп.

Реакція повного окиснення (горіння) відбувається, як і в інших органічних речовин, з утворенням вуглекислого газу і води.



Мал. 2. Модель молекули гліцерину

- Складіть рівняння реакції горіння гліцерину.

Гліцерин вступає в реакцію заміщення з металічним натрієм. У пробірку з гліцериним опустимо шматочок натрію, нагріємо. Реакція відбувається з виділенням водню.



У реакціях з галогеноводнями відбувається заміщення гідроксильних груп гліцерину на галоген:



На відміну від одноатомних спиртів багатоатомні взаємодіють із гідроксидами лужних і важких металів. У результаті реакції гліцерину з гідроксидом купруму(II) утворюється розчин синього кольору. Продукт реакції — комплексна сполука складної будови, тому ми не записуємо рівняння реакції.

Дослід 2. Взаємодія гліцерину з гідроксидом купруму(II). У пробірку налейте 1 мл розчину гідроксиду натрію чи калію і додайте кілька крапель розчину сульфату купруму(II). Спостерігайте утворення осаду гідроксиду купруму(II). До осаду додайте гліцерин, суміш збовтайте. Спостерігайте утворення прозорого розчину синього кольору.

Ця хімічна спроба слугує для виявлення багатоатомних спиртів серед інших речовин.

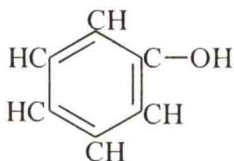
Застосування гліцерину. Гліцерин — продукт, що має широке застосування. Завдяки гігроскопічності він використовується в парфумерії та фармації як зм'якшувальний засіб або основа мазей, добавка до мила, у харчовій промисловості — як добавка до напоїв. У шкіряному виробництві та текстильній промисловості — для обробки пряжі і шкіри з метою їх пом'якшення та надання еластичності. З гліцерину добувають вибухову речовину нітрогліцерин, що використовується для виготовлення динаміту. Спиртовий розчин нітрогліцерину має судинорозширювальну дію й у вигляді ліків використовується при серцевих захворюваннях.

Завдання для самоконтролю

- 13.** До якого класу сполук належить гліцерин? Чому?
- 14.** Порівняйте склад і властивості етанолу й гліцерину. Чим зумовлена відмінність між цими сполуками?
- 15.** Якщо в реакцію з гліцерином вступає натрій масою 69 г, виділяється водень об'ємом (н. у.)
(1) 22,4 л; (2) 44,8 л; (3) 33,6 л; (4) 11,2 л.
- 16.** У двох пробірках містяться етанол і гліцерин. Як хімічним шляхом розрізнити ці рідини?
- 17.** Двохатомний спирт етиленгліколь має формулу
- $$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$$
- Чи можна стверджувати, що етиленгліколь і гліцерин — гомологи? Відповідь поясніть.
- 18.** Напишіть рівняння хімічних реакцій, що характеризують властивості етиленгліколю, за аналогією до гліцерину.
- 19.** Чи відомий вам гліцерин із побутового застосування? Розкажіть про це.
- 20.** Трускавецька мінеральна вода «Юзя» містить гліцерин. Здавна місцеві дівчата вмиваються нею «для краси». На яких властивостях, на вашу думку, заснована дія цієї води?

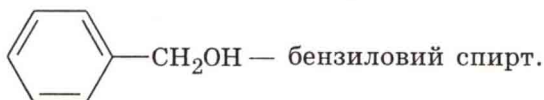
§ 3. ФЕНОЛ

Склад і будова молекули фенолу. У разі, коли гідроксильна група сполучена безпосередньо з бензеновим ядром, утворюється сполука фенол, представник класу фенолів. Структурна формула фенолу



, або скорочено C_6H_5-OH

Слід розрізняти фенол і ароматичні спирти, в яких гідроксильна група сполучена з бензеновим ядром через бічний вуглеводневий радикал. Наприклад, сполука



— бензиловий спирт.

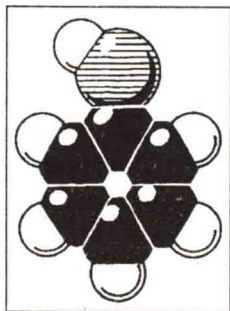
Фізичні властивості фенолу. Фенол — кристалічна речовина, безбарвна, має характерний запах. У разі зберігання в нещільно закритому посуді внаслідок окиснення набуває рожевого кольору. Фенол — низькоплавка речовина ($T_{пл.} + 42\text{ }^\circ\text{C}$).

Помістимо пробірку з фенолом у посудину з гарячою водою: речовина розплавиться.

У холодній воді фенол розчиняється погано. Але якщо додати у пробірку з фенолом гарячої води, спостерігатиметься його швидке розчинення.

Хімічні властивості фенолу. За наявністю в молекулі фенолу гідроксильної групи можна припустити подібність між фенолом і спиртами, а за наявністю бензенового ядра — до бензену. З'ясуємо це.

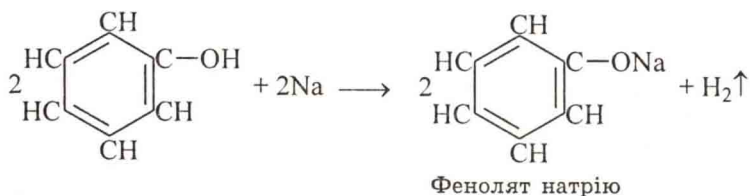
Спершу розглянемо реакції фенолу за гідроксильною групою.



Мал. 3. Модель молекули фенолу

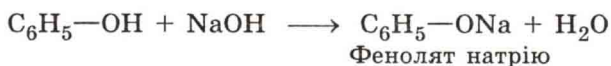
- Пригадайте, як взаємодіє етанол з металічним натрієм. Складіть рівняння реакції.

Нагріємо фенол у пробірці до плавлення і помістимо в нього шматочки металічного натрію. Спостерігається виділення водню, утворюється також фенолят натрію в результаті реакції заміщення гідроксильного Гідрогену на Натрій:



Отже, фенол реагує з натрієм так само, як спирти. Проте наявність у молекулі бензенового ядра зумовлює відмінність у хімічній поведінці фенолу і спиртів.

Наприклад, етанол не реагує з розчином лугу, а фенол вступає в цю реакцію, утворюючи фенолят:

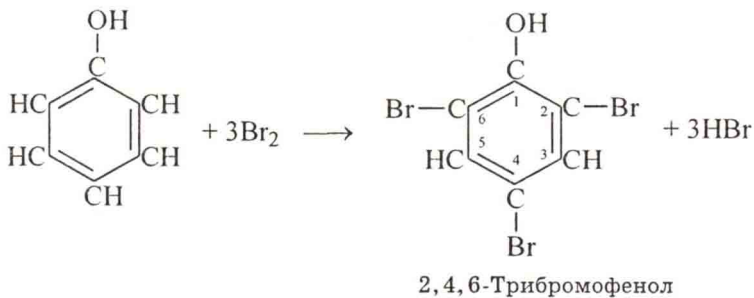


У цій реакції фенол поводить себе як кислота, що нейтралізує луг, утворюючи сіль і воду. Зважаючи на кислотні властивості фенолу, його називають ще карболовою кислотою. Це дуже слабка кислота, навіть слабкіша за карбонатну. Отже, сильніша кислота витискує фенол з феноляту:



Ми розглянули реакції фенолу за гідроксильною групою. Тепер розглянемо реакції за бензеновим ядром.

Ви вже знаєте, що бензен не реагує з бромною водою. Якщо ж до розчину фенолу додати бромну воду, відбудеться реакція заміщення (бромовання) з утворенням білого осаду трибромфенолу:



На прикладі реакцій фенолу ви ознайомилися з явищем взаємного впливу атомів у молекулі. Бензенове ядро так впливає на гідроксильну групу, що полегшується відщеплення гідроксильного Гідрогену і фенол виявляє кислотні властивості; гідроксильна група так впливає на бензенове ядро, що полегшується заміщення гідрогенових атомів ядра і фенол реагує з бромною водою.

Взаємний вплив атомів у молекулі має електронну природу і докладніше вивчається в повному курсі органічної хімії.

Характерною реакцією фенолу, за якою його можна виявити серед інших речовин, є реакція з розчином хлориду феруму(III). Унаслідок зливання розчинів речовин утворюється сполука фіолетового кольору. Її формула не наводиться через складність будови.

Застосування фенолу. Фенол було вперше виділено з кам'яновугільної смоли в першій половині XIX ст. Його застосування тісно пов'язане з розвитком синтетичної органічної хімії. Фенол є вихідною речовиною для виробництва барвників, ліків, пластичних мас, вибухових речовин.

Фенол має антисептичні властивості, які були виявлені ще у другій половині XIX ст. Вони зумовлюють використання його розчину (5%-го) для знезаражування приміщень, хірургічних інструментів, його додавають до деяких сортів мила, ним протравлюють деревину, щоб запобігти її гниттю.

Разом з тим це токсична речовина, що може спричинити опіки шкіри. Оскільки фенол є продуктом коксохімічної промисловості, то вкупі з іншими про-

мисловими викидами він потрапляє у стічні води, тим самим забруднює навколишнє середовище. Щоб запобігти цьому, фенол окиснюють до нешкідливих речовин або видаляють за допомогою розчинників.

Завдання для самоконтролю

21. Схарактеризуйте подібні хімічні властивості фенолу й одноатомних спиртів.

22. Яка особливість хімічної будови фенолу зумовлює його відмінність від представників класу спиртів?

23. До якого типу реакцій належить реакція фенолу з лугом?

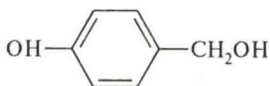
24. У трьох пробірках містяться етанол, гліцерин, розчин фенолу. Як розрізнити вміст пробірок за фізичними і хімічними властивостями цих сполук?

25. Поясніть взаємний вплив гідроксильної групи і бензенового ядра в молекулі фенолу.

26. До розчину феноляту натрію обережно краплями додають розчин сульфатної кислоти. Розчин каламутніє. Чому? Складіть рівняння реакції.

27. Обчисліть масу трибромфенолу, що утвориться в результаті бромовання фенолу масою 235 г, в якому масова частка домішок становить 20 %.

28*. Речовина, що має будову



вступатиме в реакції:

(1) з натрієм і з гідроксидом натрію;

(2) тільки з натрієм;

(3) тільки з гідроксидом натрію.

Складіть рівняння реакцій.

29. Розчином фенолу обробляють шпали для залізниць завдяки його

(1) кислотним властивостям;

(2) характерному запахові;

(3) антисептичним властивостям;

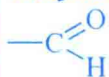
(4) здатності окиснюватись на повітрі.

30. Підготуйте стисле повідомлення про вплив фенолу на довкілля, користуючись додатковою літературою.

§ 4. АЛЬДЕГІДИ

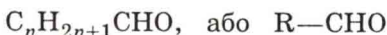
Склад і будова молекул альдегідів.

До класу альдегідів належать речовини, у молекулах яких функціональна альдегідна група



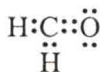
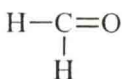
сполучена з вуглеводневим радикалом (у найпростішого альдегіду — з атомом Гідрогену).

Загальна формула альдегідів

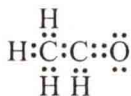
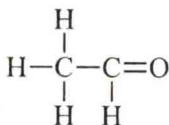
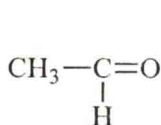


Порівняно зі спиртами у складі молекул альдегідів на два атоми Гідрогену менше. Це відбивається у назві «альдегіди», що походить від слів «алкоголь» і «дегідрування», тобто дегідрований алкоголь.

Назва першого члена гомологічного ряду — метаналь, або формальдегід, або мурашиний альдегід:

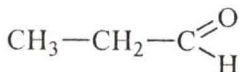


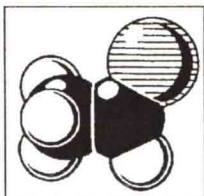
Наступний у гомологічному ряду — етаналь, або ацетальдегід, або оцтовий альдегід:



Традиційні назви альдегідів походять від назв кислот, на які ці альдегіди перетворюються в результаті окиснення (у наведених прикладах — від мурашиної та оцтової кислот).

Міжнародні назви альдегідів утворюють від відомих вам назв вуглеводнів з додаванням суфікса -аль. Отже, наступний у гомологічному ряду — пропаналь (традиційна назва пропіоновий альдегід):

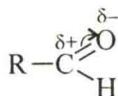




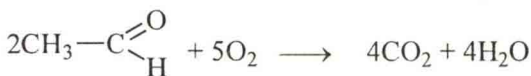
Мал. 4. Модель молекули ацетальдегіду

Фізичні властивості ацетальдегіду. Це летка безбарвна рідина, добре розчинна у воді, має різкий характерний запах.

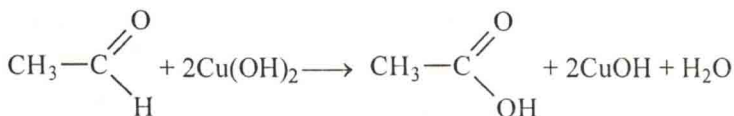
Хімічні властивості ацетальдегіду. Подвійний зв'язок між атомами Карбону й Оксигену в альдегідній групі поляризований за рахунок відтягування електронів до атома Оксигену як більш електронегативного елемента. На ньому виникає частковий негативний заряд, а на атомі Карбону — частковий позитивний заряд:



Саме це визначає хімічну активність альдегідів. Вони легко вступають у реакції окиснення. Повне окиснення (горіння) відбувається за схемою:



Часткове окиснення ацетальдегіду можна провести за допомогою гідроксиду купруму(II). До свіжоприготовленого осаду гідроксиду купруму(II), добутого внаслідок зливання розчинів сульфату купруму(II) і гідроксиду натрію, додамо розчин ацетальдегіду, нагріємо суміш. У пробірці утворюється жовтий осад гідроксиду купруму(I), що швидко розкладається на оксид купруму(I) червоного кольору і воду:

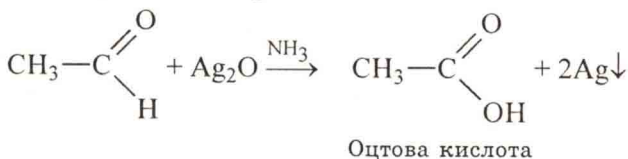


Оцтова кислота



Окиснити ацетальдегід можна й іншим реактивом — аміачним розчином оксиду аргентуму(I). Внаслідок нагрівання у ретельно вимитій колбі суміші

цього реактиву з оцтовим альдегідом на стінках посуду випадає осад металічного срібла, що вкриває стінки блискучим шаром. Через це реакція зветься реакцією «срібного дзеркала».

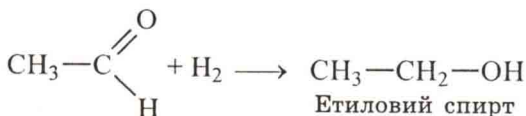


Наведені реакції характерні для альдегідів і використовуються з метою їх аналітичного визначення.

Зважаючи на те, що альдегідна група містить подвійний зв'язок, можна припустити, що альдегід вступатиме в реакцію приєднання за місцем цього зв'язку.

- Для якої групи органічних речовин характерні реакції приєднання? Наведіть рівняння реакції гідратування.

Приєднуючи водень, ацетальдегід перетворюється на етиловий спирт:



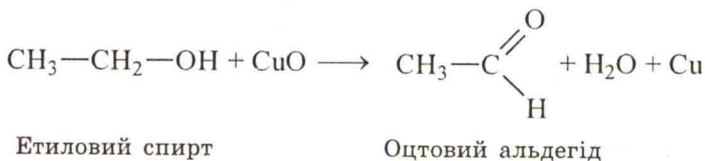
Таким чином можна відновити альдегід до спирту. З іншого боку, спирт можна окиснити до альдегіду.

Лабораторна робота 2

Окиснення спирту до альдегіду

Мідну дротину розжарте в полум'ї спиртівки. Коли вона вкриється мідною окалиною (CuO), опустіть її в пробірку з етиловим спиртом. Відчувається характерний запах оцтового альдегіду.

Зверніть увагу на колір мідної дротини — окалина відновлюється до металічної міді. Реакція відбувається за рівнянням:



- Доповніть свої записи в темі «Спирти» інформацією про властивість спиртів окиснюватись до альдегідів. Запишіть рівняння реакції.

Розглянуті реакції окиснення і відновлення важливі для здійснення взаємних перетворень речовин різних класів.

Застосування оцтового альдегіду. Реакції окиснення зумовлюють застосування цієї сполуки для добування оцтової кислоти.

У невеликих кількостях оцтовий альдегід утворюється під час обміну речовин в організмі людини, зокрема в результаті метаболізму алкоголю. Надлишок ацетальдегіду шкідливий і викликає неприємні відчуття після надмірного вживання алкоголю. Така дія ацетальдегіду використовується з метою лікування алкоголізму.

Завдання для самоконтролю

31. Які сполуки називаються альдегідами?

32. Доведіть, що наявність функціональної альдегідної групи зумовлює хімічну активність ацетальдегіду.

33. Які дві основні групи реакцій характерні для альдегідів? Наведіть приклади.

34. Сума коефіцієнтів у рівнянні повного окиснення пропаналу становить

(1) 9; (2) 10; (3) 11; (4) 12.

35. Як хімічним шляхом розрізнити гліцерин і оцтовий альдегід?

36. Як хімічним шляхом можна розпізнати етанол?

37*. Складіть хімічні рівняння за схемою:



38. У реакції «срібного дзеркала» оцтовий альдегід прореагував з оксидом аргентуму(І) масою 116 г, утворилося срібло масою 106,2 г. Вихід продукту становить

(1) 95 %; (2) 47,5 %; (3) 98 %; (4) 49 %.

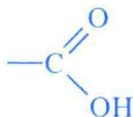
39*. 40%-й водний розчин формальдегіду (формалін) використовується як дезінфекційний і дубильний засоби для консервації анатомічних препаратів. Який об'єм формальдегіду (це газ за н. у.) треба розчинити у воді, щоб виготовити 200 г формаліну?

§ 5. НАСИЧЕНІ ОДНООСНОВНІ КАРБОНОВІ КИСЛОТИ

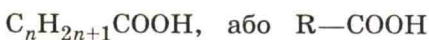
Склад і будова молекул карбонowych кислот. Характерний запах столового оцту відомий усім. Він зумовлений оцтовою кислотою. У попередньому параграфі розглядалося її утворення в результаті окиснення ацетальдегіду.

Оцтова кислота належить до класу карбонowych кислот.

Карбонowymi кислотами називаються органічні сполуки, в молекулах яких вуглеводневий радикал сполучений із функціональною карбоксильною групою



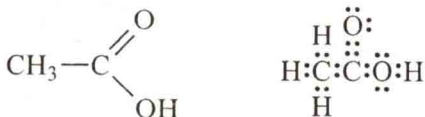
Ми розглянемо карбонové кислоти, у молекулах яких міститься одна карбоксильна група і насичений вуглеводневий радикал — насичені одноосновні карбонové кислоти. Загальна формула сполук цього ряду



Найпростіша з карбонowych кислот мурашина:



Далі в гомологічному ряду йде оцтова:



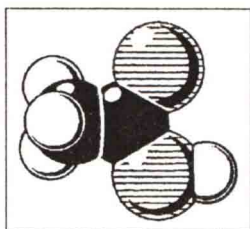
Назви цих та інших кислот склалися традиційно, а за міжнародною номенклатурою їх назви утворюють від назв вуглеводнів з додаванням суфікса -ов, закінчення -а і слова кислота.

Таблиця 2. Карбонові кислоти

Формула кислоти	Назва	
	традиційна	міжнародна
$\text{H}-\text{C} \begin{matrix} \text{=O} \\ \text{OH} \end{matrix}$	Мурашина	Метанова
$\text{CH}_3-\text{C} \begin{matrix} \text{=O} \\ \text{OH} \end{matrix}$	Оцтова	Етанова
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C} \begin{matrix} \text{=O} \\ \text{OH} \end{matrix}$	Пропіонова	Пропанова
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \begin{matrix} \text{=O} \\ \text{OH} \end{matrix}$	Масляна	Бутанова

З деякими карбовоними кислотами вам доводиться зустрічатись. Відчуття пашінця після укусу мурашки спричинюється мурашиною кислотою, що входить до складу отрути, яку виділяє комаха. Столовий оцет — це розчин оцтової кислоти. Масляна кислота надає неприємного запаху прогірклого вершковому маслу, виділяється потовими залозами людини.

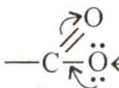
Фізичні властивості оцтової кислоти. Оцтова кислота — безбарвна рідина, летка, має різкий специфічний запах, змішується з водою в будь-яких пропорціях, розчин кислий на смак. У побуті відома у вигляді 3—9% -го водного розчину (столовий оцет) або 80% -го водного розчину (оцтова есенція).



Мал. 5. Модель молекули оцтової кислоти

Хімічні властивості оцтової кислоти. Вони зумовлені наявністю функціональної карбоксильної групи.

Електронна густина зв'язку O—H зміщується до атома Оксигену як більш електронегативного елемента


—C(=O)O—H. Внаслідок цього зв'язок O—H поляризується, атом Гідрогену в результаті набуває додаткової рухливості (здатності відщеплюватися), що й зумовлює кислотні властивості оцтової кислоти.

Лабораторна робота 3

Дія оцтової кислоти на індикатори

У дві пробірки налейте по 1—2 мл розчину оцтової кислоти. До вмісту однієї пробірки додайте кілька крапель розчину лакмусу, до іншої — розчину метилового оранжевого. Спостерігайте зміну забарвлення індикаторів.

Яких кольорів набувають досліджувані розчини?

Зміна забарвлення індикаторів свідчить про кислотне середовище, що створюється завдяки **електролітичній дисоціації** оцтової кислоти.

- З утворенням яких йонів дисоціюють неорганічні кислоти? Складіть рівняння електролітичної дисоціації нітратної кислоти.

Ступінь дисоціації оцтової кислоти дуже низький: у 0,1-молярному розчині 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 формула записується в молекулярному вигляді.

Подібно до неорганічних кислот оцтова кислота взаємодіє з металами, лугами, основними оксидами, солями. У цьому можна пересвідчитися на дослідах.

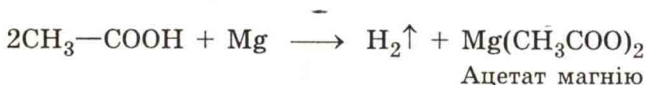
Лабораторна робота 4

Взаємодія оцтової кислоти з металами, лугами

Дослід 1. *Взаємодія оцтової кислоти з магнієм.* До розчину оцтової кислоти в пробірці додайте порошок магнію або помістіть у неї стружку магнію. Спостерігайте виділення газу.

- Пригадайте, як взаємодіє магній з розбавленою сульфатною кислотою. Який газ при цьому виділяється? Складіть рівняння реакції.

У результаті реакції між оцтовою кислотою і магнієм утворюються водень і сіль (ацетат магнію). **Ацетати** — загальна назва солей оцтової (ацетатної) кислоти.



Дослід 2. Взаємодія оцтової кислоти з гідроксидом натрію. До 1—2 мл розчину гідроксиду натрію в пробірці додайте кілька крапель фенолфталеїну. До забарвленого розчину краплями добавляйте розчин оцтової кислоти до знебарвлення вмісту пробірки.

Про що це свідчить?

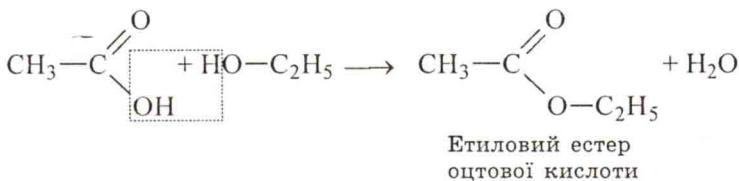
- Пригадайте взаємодію неорганічних кислот з лугами. Як називається ця реакція? Наведіть приклад, складіть рівняння реакції.

Оцтова кислота реагує з лугом, утворюючи сіль і воду:



- Перевірте на досліді взаємодію оцтової кислоти з основним оксидом. Напишіть рівняння реакції.

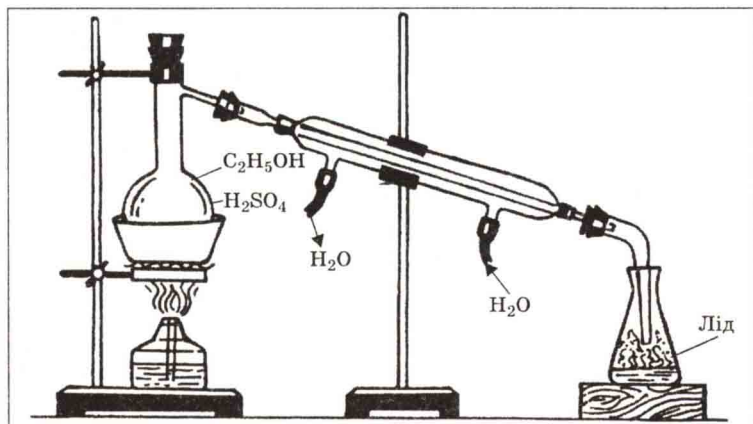
Як представник класу карбонових кислот оцтова кислота має особливості порівняно з неорганічними кислотами. У цьому можна переконатися на такому досліді (мал. 6). До суміші етилового спирту з сульфатною кислотою (це каталізатор реакції) додамо оцтової кислоти і суміш нагріємо. З'являється приємний ефірний запах, що свідчить про утворення етилового естеру оцтової кислоти — речовини, що належить до класу естерів:



Якщо проводити цю реакцію в приладі, зображеному на мал. 6, продукт реакції (естер) можна зібрати в колбі з льодом, оскільки естер — летка речовина. Після закінчення реакції естер можна відділити від шару води за допомогою ділильної лійки.

Застосування оцтової кислоти. Оцтова кислота у вигляді винного оцту відома людям здавна, оскільки утворюється в результаті оцтовокислого бродіння (скисання) вина. Проте виділили її в чистому вигляді лише у VIII 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 та смакова приправа.



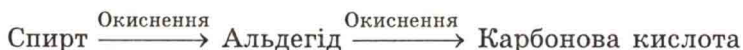
Мал. 6. Добування естеру в лабораторії

Завдання для самоконтролю

- 40.** Які сполуки належать до класу карбонових кислот?
- 41.** Завдяки зміщенню електронної густини зв'язку O—H карбонові кислоти реагують з
(1) лугами; (2) спиртами; (3) хлороводнем; (4) магнієм.
- 42.** Перелічіть реакції оцтової кислоти, у результаті яких утворюються солі. Складіть рівняння реакцій.
- 43.** Назвіть подібні та відмінні властивості оцтової і хлоридної кислот. Складіть рівняння реакцій.
- 44.** Оцтова кислота реагує з карбонатом натрію як сіллю слабкішої кислоти. Ознакою реакції є:
(1) утворення осаду;
(2) виділення газу;
(3) зміна забарвлення.
- 45.** Під час приготування кондитерських виробів використовують «гасіння» питної соди оцтом. Складіть рівняння цієї реакції.
- 46.** Як змінюється запах речовин у процесі таких перетворень: етанол → етаналь → етанова кислота? Відповідь поясніть.
- 47.** Змішали розчин оцтової кислоти масою 20 г (масова частка кислоти становить 25 %) з таким самим розчином гідроксиду натрію. Вміст пробірки випарили. Яка сполука і якої маси утворилася?
- 48.** Для приготування розчину оцтової кислоти масою 20 г з масовою часткою кислоти 9 % треба взяти кислоту і воду масою:
(1) 2 г і 5 г; (2) 13,6 г і 6,4 г; (3) 1,8 г і 18,2 г; (4) 0,18 г і 19,82 г.
- 49.** Якщо у вуглеводневому радикалі оцтової кислоти замістити атоми Гідрогену на атоми Хлору, утвориться трихлороцтова кислота. Її натрієва сіль використовується як гербіцид. Напишіть формулу цієї сполуки.
- 50.** Ацетат плюмбуму(II) (отруйна речовина) називається ще «свинцевим цукром» через солодкий смак. Напишіть його формулу.
- 51.** Складіть рівняння таких хімічних перетворень:
етанол \rightleftharpoons етаналь \rightarrow етанова кислота \rightarrow ацетат цинку.
- 52.** Яка реакція відбувається швидше — між магнієм і сульфатною кислотою чи між магнієм і оцтовою кислотою? Відповідь поясніть.

§ 6. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ВУГЛЕВОДНЯМИ, СПИРТАМИ, АЛЬДЕГІДАМИ І КАРБОНОВИМИ КИСЛОТАМИ

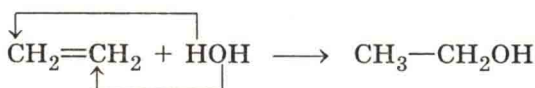
Ви вже знаєте, що окисненням етанолу можна добути оцтовий альдегід, а з нього — оцтову кислоту. На основі цих відомостей можна скласти таку загальну схему перетворень цих речовин:



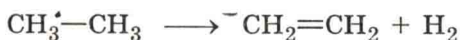
Можливі і зворотні реакції — відновлення за участю каталізаторів. З оцтової кислоти можна добути етанол:



У свою чергу, етанол можна добути з етилену за допомогою реакції гідратації (приєднання води):



Етилен можна добути дегідуванням етану:



Отже, вуглеводні, спирти, альдегіди, карбонові кислоти генетично зв'язані між собою.

Ланцюг перетворень речовин, які ви вивчали, має такий вигляд:



Насичені вуглеводні можна добути шляхом синтезу з вуглецю і водню, а кислоту окиснити до вуглекислого газу і води. Таким чином, від неорганічних речовин можна перейти до органічних, а від них — знову до неорганічних.

- Доповніть наведену схему згаданими перетвореннями. Складіть рівняння реакцій.

Ці перетворення засвідчують єдність і взаємозв'язок між органічними і неорганічними речовинами.

Знання взаємних перетворень речовин має величезне практичне значення, оскільки ці перетворення лежать в основі різноманітних синтезів, які можна вести цілеспрямовано, передбачивши продукти реакції і спрямовуючи ці реакції в потрібний бік.

- Чи має теоретичне значення такий взаємозв'язок? Дайте обґрунтоване пояснення.

Завдання для самоконтролю

53. Складіть рівняння реакцій між конкретними речовинами за наведеними вище схемами.

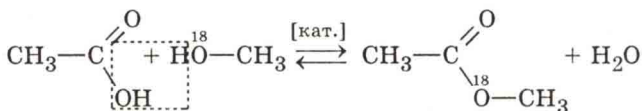
54. Обчисліть масу оцтової кислоти, що утвориться в результаті перетворення етану об'ємом 44,8 л за схемою, наведеною в тексті параграфа. Врахуйте, що на кожній стадії втрати продукту реакції становлять 10 %.

§ 7. ЕСТЕРИ

Реакція естерифікації. —

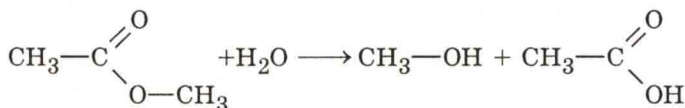
Реакція між карбоною кислотою і спиртом, унаслідок якої утворюється естер, називається реакцією естерифікації.

Експериментально, за допомогою методу мічених атомів, доведено, що від молекули карбонової кислоти відщеплюється гідроксильна група, а від молекули спирту — атом Гідрогену, за рахунок цього утворюється молекула води. Якщо важкий ізотоп Оксигену з атомною масою 18 ввести в молекулу спирту, то цей ізотоп можна виявити в молекулі естеру, добутого в результаті реакції естерифікації



Метилловий естер
оцтової кислоти

Ця реакція оборотна: одночасно з естерифікацією відбувається взаємодія естеру з водою, або гідроліз (від грецьк. — розкладання водою) естеру на спирт і кислоту.

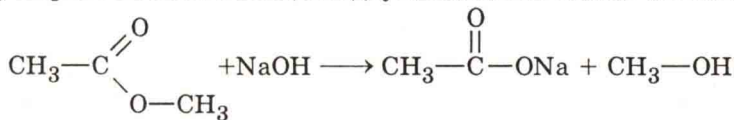


Після встановлення рівноваги в суміші містяться кислота, спирт, естер і вода.

- Пригадайте, що таке хімічна рівновага? За яких умов вона встановлюється?

Оборотність реакції становить певну незручність для добування естерів, а тому, щоб збільшити вихід продукту реакції, треба змістити її рівновагу в потрібному напрямі. Для цього можна збільшувати концентрацію однієї з вихідних речовин. Можна також видаляти із зони реакції один з продуктів, тим самим стимулюючи його утворення. Для видалення естеру його відганяють, а воду видаляють за допомогою осушувальних засобів.

Тепер уявімо, що наша мета — добути кислоту з естеру за допомогою реакції гідролізу. Для цього треба хімічно зв'язати кислоту або спирт, щоб вони не вступали в реакцію естерифікації, і тим самим змістити рівновагу реакції ліворуч. Для зв'язування кислоти можна використати луг, з яким реагуватиме кислота, утворюючи сіль. Реакція відбуватиметься таким чином:



Спирт можна відділити відгонкою, а кислоту добути, діючи на сіль сильнішою кислотою, що витісняє оцтову з її солей:



На цьому прикладі ви переконались, як на основі теоретичних знань можна спланувати синтез і добути потрібну речовину.

Застосування естерів. Як правило, естери мають приємний запах і завдяки цьому використовуються в парфумерній та харчовій промисловості. Наприклад, метиловий естер масляної кислоти має запах яблук, етиловий естер цієї кислоти — запах ананасів, а пентиловий естер (від пентанолу) оцтової кислоти пахне бананами.

З цих та інших естерів виготовляють есенції, які додають до прохолоджувальних напоїв, цукерок, кремів, парфумерних та косметичних виробів. Оскільки крім природних запахних речовин використовуються і синтетичні, естери добувають у промисловості у великій кількості.

Завдання для самоконтролю

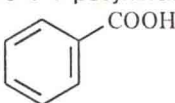
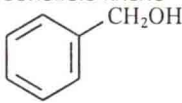
55. Яка реакція називається реакцією естерифікації?

56. Етиловий естер мурашиної кислоти $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$ використовується як ароматизатор у виробництві мила. Складіть рівняння реакції утворення цього естеру.

57. Складіть рівняння реакцій добування згаданих у тексті естерів, що мають запах яблук і бананів.

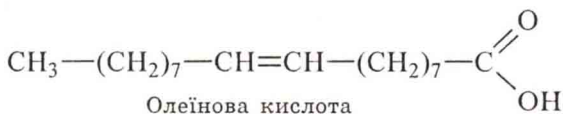
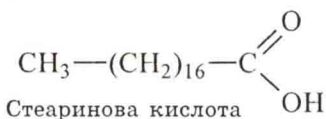
58. За яких умов можна змістити рівновагу реакції естерифікації в бік утворення естеру? У бік утворення кислоти і спирту?

59. Обчисліть масу естеру, що утвориться в результаті взаємодії етанолу масою 69 г з оцтовою кислотою, якщо вихід продукту становить 64 %.

60*. У результаті реакції між ароматичною карбоною кислотою  та ароматичним спиртом  утворюється естер, що використовується для лікування корости. Складіть рівняння реакції утворення цього естеру.

§ 8. ЖИРИ. МИЛО

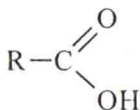
Склад і будова молекул жирів. Естери можуть утворюватися найрізноманітнішими карбоновими кислотами і спиртами. Але найбільше значення мають ті, що утворені трьохатомним спиртом гліцерином і вищими карбоновими кислотами. До останніх належать, наприклад, стеаринова кислота складу $C_{17}H_{35}COOH$ й олеїнова кислота складу $C_{17}H_{33}COOH$. Перша — насичена кислота, друга — ненасичена, в її вуглеводневому радикалі є подвійний зв'язок між карбоновими атомами, через це у молекулі олеїнової кислоти на два атоми Гідрогену менше:



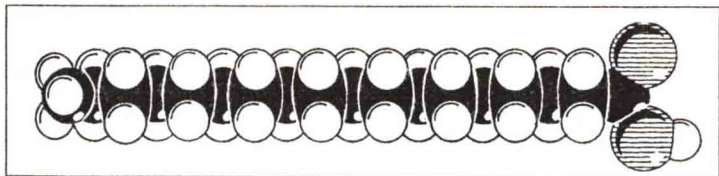
- Напишіть повну структурну формулу олеїнової кислоти.

|| Естери карбонових кислот та гліцерину називаються жирами.

Якщо формулу карбонової кислоти записати в загальному вигляді



то утворення жиру можна представити рівнянням реакції естерифікації:



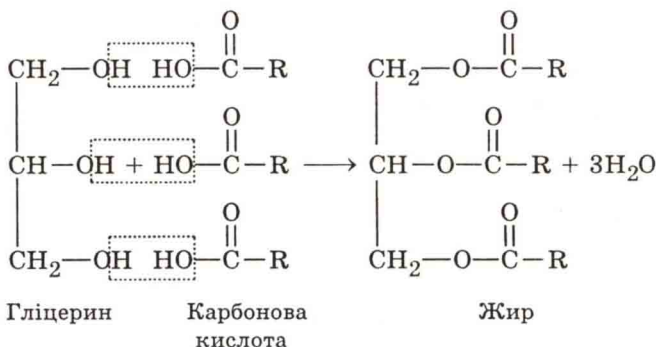
Мал. 7. Модель молекули стеаринової кислоти



БЕРТЛО
П'ЄР ЕЖЕН МАРСЕЛЕН
 (1827—1907)

Французький хімік, член Паризької АН. Один із фундаторів синтетичної органічної хімії, дослідження якого завдали поразки вченню про «життєву силу». Учений синтезував ацетилен, бензен, фенол, метан, жири та ряд інших сполук.

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 і будова вуглеводневих радикалів впливають на властивості жирів.

Ось як, наприклад, змінюються їхні температури плавлення:

Радикал	Назва жиру	$T_{\text{пл.}} \text{ } ^\circ\text{C}$
$-\text{C}_{17}\text{H}_{35}$	Тристеарин	65
$-\text{C}_{17}\text{H}_{33}$	Триолеїн	- 4

Як бачимо, жир, утворений насиченою кислотою, твердий за стандартних умов, ненасиченою — рідкий. Рідкі жири називають ще оліями. До складу олій (соляникової, кукурудзяної, маслинової та ін.) входять

залишки переважно ненасичених кислот, до складу тваринних (яловичого, баранячого та ін.) — залишки насичених кислот. До складу вершкового масла входять змішані естери насичених і ненасичених кислот.

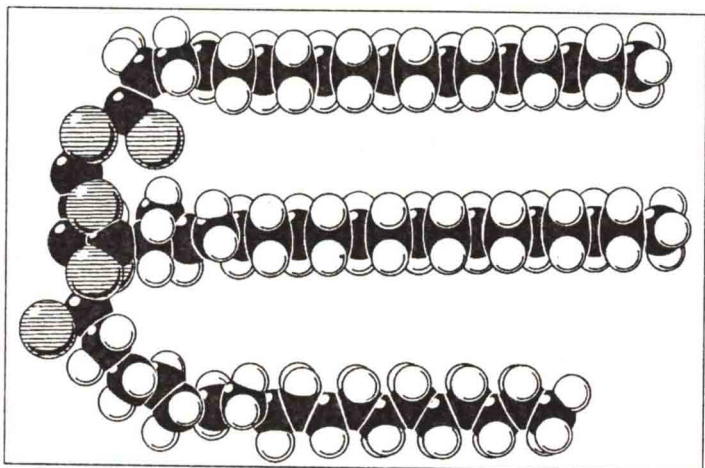
Жири легші за воду і нерозчинні в ній, але розчиняються в органічних розчинниках.

- Порівняйте на досліді розчинність олії у воді, спирті, бензині. Опишіть (усно) цей дослід.

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, утворюються жироподібні речовини, що відкладаються в тканинах організму. Таким чином він акумулює енергію.

Згідно з даними сучасної медицини надмірне вживання жирів, утворених насиченими кислотами, тобто тваринних жирів, може призвести до накопичення



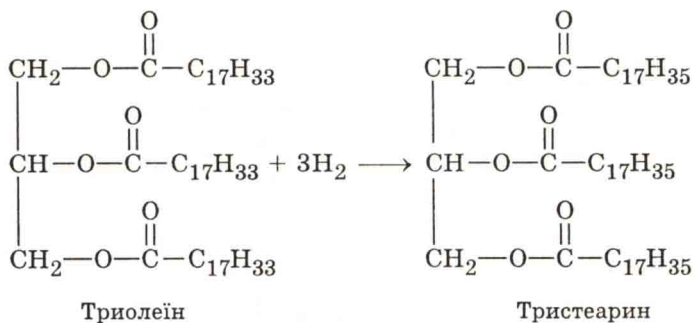
Мал. 8. Модель молекули тристеарину

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 складі соняшникової олії, наприклад, міститься 91 % ненасичених карбонових кислот.

Хімічні властивості жирів. У молекулах рідких жирів на відміну від твердих є подвійні карбон-карбонні зв'язки. Як вам уже відомо, за місцем подвійного зв'язку можлива реакція присднання, зокрема Гідрогену. У результаті цієї реакції ненасичена сполука перетворюється на насичену, а рідкий жир — на твердий.

- Пригадайте, як відбувається реакція гідрування етилену. Складіть рівняння реакції.

Гідрування жирів відбувається за такою схемою:

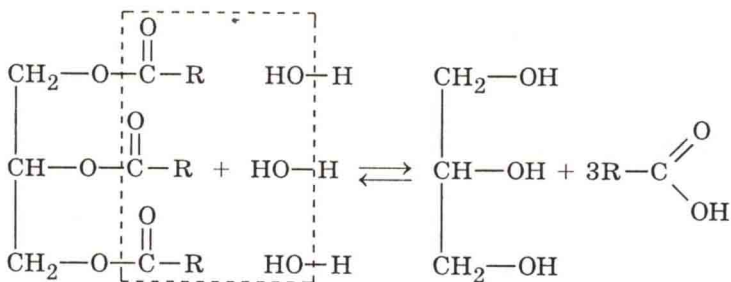


Процес тверднення (гідрування) жирів лежить в основі виробництва маргарину (від грецьк. слова, що означає — «перлина»). Негідровані жири прогіркають, окиснюючись за подвійними зв'язками, у них з'являється неприємний запах і смак. Гідрування уповільнює ці процеси, крім того, дає змогу з дешевих олій добувати більш цінні тверді жири.

Оскільки жири належать до класу естерів, вони піддаються гідролізу.

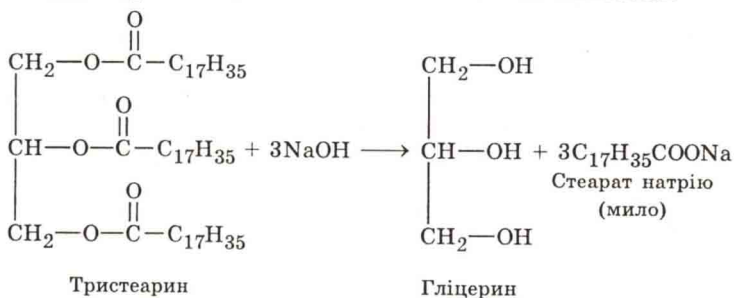
- Які сполуки утворюються в результаті гідролізу естерів?

Жири гідролізуються з утворенням трьохатомного спирту гліцерину і карбонових кислот:



- Складіть рівняння реакції гідролізу тристеарину.

Якщо проводити гідроліз жиру за наявності лугу, утворюється сіль відповідної карбонової кислоти. Солі вищих карбонових кислот називаються милами:



Оскільки в результаті лужного гідролізу жиру утворюється мило, ця реакція називається **омиленням жиру**.

Натрієві солі вищих карбонових кислот — основна складова твердого мила, солі Калію — рідкого мила.

Для добування мила з жиру в промисловості замість лугу використовують соду Na_2CO_3 . Мило, добуте безпосередньо внаслідок цієї реакції, називається **ядровим милом** і відоме як **господарське**. Туалетне мило відрізняється від господарського наявністю добавок: барвників, запашних речовин, антисептиків тощо.

Мийна дія мила — складний фізико-хімічний процес. Мило є посередником між полярними молекулами води і неполярними часточками бруду, нерозчинного у воді. Якщо позначити вуглеводневий радикал буквою R, то склад мила виражається формулою $\text{R}-\text{COONa}$. За хімічною природою мило — це сіль,

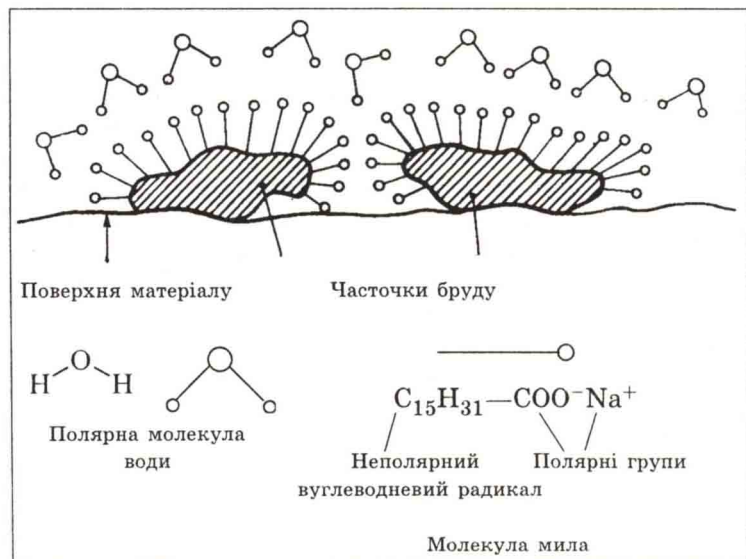
йонна сполука. Крім полярної частини — COO^-Na^+ , у його складі є неполярний радикал — R , до складу якого можуть входити 12—17 атомів Карбону. Під час миття молекули мила так орієнтуються на забрудненій поверхні, що полярні групи звернені до полярних молекул води, а неполярні вуглеводневі радикали — до неполярних часточок бруду. Останні ніби потрапляють в оточення молекул мила і легко змиваються з поверхні водою (мал. 9).

- Пригадайте, які солі спричинюють твердість води.

У твердій воді утворюються нерозчинні магнієві та кальцієві солі карбонових кислот, через це мило втрачає свою мийну дію, а солі осідають на поверхні виробу:



Синтетичні мийні засоби, за всієї різноманітності їх хімічного складу, мають подібну до мила будову молекул, в яких є розчинна у воді полярна частина і нерозчинний неполярний вуглеводневий радикал. Але



Мал. 9. Мийна дія мила

вони, на відміну від мила, є солями іншої хімічної природи й у твердій воді не утворюють нерозчинних сполук. У цьому полягає перевага синтетичних мийних засобів над звичайним милом.

Лабораторна робота 5

Порівняння властивостей мила і синтетичного мийного засобу

Приготуйте в колбі або хімічному стакані по 20—25 мл розчинів (1%-х) господарського мила і будь-якого прального порошку в дистильованій воді. У дві пробірки налейте по 2—3 мл твердої води. Додайте в одну пробірку розчин мила, в іншу — розчин прального порошку, струсіть вміст пробірок.

Де утворюється стійкіша піна? Якого засобу доводиться добавляти більше для утворення стійкої піни?

Мило і синтетичні мийні засоби належать до так званих поверхнево-активних речовин (ПАР). Їхнє широке застосування часто пов'язують із забрудненням навколишнього середовища, зокрема водойм. Річ у тім, що до мийних засобів додають фосфати, які у водоймах перетворюються на речовини, що живлять мікроорганізми, чиє бурхливе розмноження може спричинити заболочення водойми. Через це сучасні ПАР повинні хімічно чи біологічно розкладатися після використання на нешкідливі речовини, що не забруднюють стоки.

Завдання для самоконтролю

- 61.** За хімічною природою жири належать до:
(1) солей; (2) естерів; (3) карбонових кислот; (4) спиртів.
- 62.** Чим відрізняються жири від інших сполук класу естери?
- 63.** Запропонуйте спосіб, яким можна відрізнити олію від розтопленого тваринного жиру.
- 64.** Мило належить до класу:
(1) солей; (2) спиртів; (3) естерів; (4) карбонових кислот.
- 65.** Поясніть мийну дію мила.
- 66.** Чим відрізняється за хімічним складом тверде мило від рідкого? Господарське від туалетного?

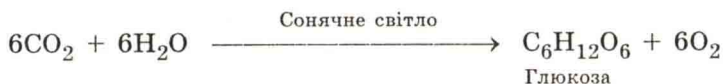
67. Чи можна випрати білизну в морській воді, використовуючи мило? Відповідь поясніть.

68. Чому синтетичні мийні засоби не втрачають своїх властивостей навіть у твердій воді?

69. Схарактеризуйте значення процесу гідролізу жирів.

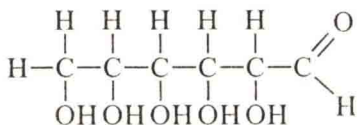
§ 9. ВУГЛЕВОДИ. ГЛЮКОЗА

Досі ми розглядали 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 побудовані рослинні організми. Під впливом сонячної енергії в зелених листках рослин відбувається реакція фотосинтезу, внаслідок якої утворюється глюкоза. Процесу сприяє, тобто є каталізатором, 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,— звідси «вуглеводи».

Склад і будова молекули глюкози. Молекулярна формула глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Її структуру можна представити такою формулою:



або скорочено $\text{CH}_2\text{OH}-(\text{CHOH})_4-\text{CHO}$.

Як бачимо, у молекулі глюкози є альдегідна група і п'ять гідроксильних груп. Отже, глюкоза є багатоатомним спиртом і альдегідом одночасно, або альдегідоспиртом.

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 меду, є вона і в корінні, листках і квітках рослин, у крові людини і тварин (близько 0,1 %).

Хімічні властивості глюкози. Оскільки молекула глюкози містить функціональні альдегідну і гідроксильні групи, можна припустити, що ця речовина вступатиме в реакції, характерні для альдегідів і багатоатомних спиртів.

- Пригадайте, яка реакція використовується для розпізнавання багатоатомних спиртів. Які ознаки цієї реакції?

Як багатоатомний спирт глюкоза реагує з гідроксидом купруму(II).

Лабораторна робота 6

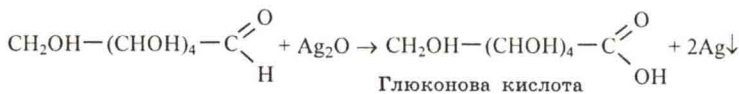
Взаємодія глюкози з гідроксидом купруму(II)

У пробірку налийте 1 мл розчину гідроксиду натрію і додайте кілька крапель розчину сульфату купруму(II). Спостерігайте утворення осаду гідроксиду купруму(II). До осаду додайте розчин глюкози і суміш збовтайте. Спостерігайте утворення прозорого розчину синього кольору (рівняння реакції не записуємо через складність будови продукту).

Як альдегід глюкоза вступає в реакцію «срібного дзеркала», реагуючи з аміачним розчином оксиду аргентуму(I).

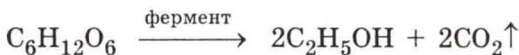
- Пригадайте подібну реакцію оцтового альдегіду. Запишіть рівняння реакції.

У цій реакції альдегідна група глюкози окиснюється до карбоксильної:



Серед хімічних властивостей глюкози чи не найважливішими є реакції **бродиння**. Це такий вид хімічної взаємодії, що відбувається під впливом каталізаторів — ферментів, які виробляються мікроорганізмами. Наприклад, під впливом ферментів дріжджів та без доступу повітря глюкоза може перетворюватися на етиловий спирт — відбувається спиртове бродіння.

Процес можна спрощено виразити таким рівнянням:



Відомі й інші види бродіння, наприклад, молочнокисле, маслянокисле, гліцеринове. Під дією молочнокислих бактерій глюкоза перетворюється на молочну кислоту $\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{COOH}$. Цей процес має місце під час

скисання молока, квашення капусти, силосування кормів для худоби.

Застосування та біологічне значення глюкози. Людський організм легко засвоює глюкозу і використовує її як джерело енергії, що виділяється внаслідок окиснення глюкози в клітинах організму. Сумарно цей процес можна виразити рівнянням:



$$\Delta H = -2,87 \cdot 10^3 \text{ кДж/моль}$$

Як поживна речовина глюкоза використовується в медицині для підтримання життєдіяльності ослабленого організму. Її розчин уводять прямо в кров, оскільки саме вона переносить глюкозу до клітин організму.

Ізомер глюкози **фруктоза** має ту саму молекулярну формулу $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, але іншу хімічну будову. Бджолиний мед складається переважно з глюкози і фруктози.

Завдання для самоконтролю

70. Як ви розумієте назву «вуглеводи»?

71. Глюкоза належить до:

(1) кислот; (2) альдегідів; (3) альдегідоспиртів; (4) спиртів.

72. У чому полягає подібність глюкози і гліцерину? Глюкози й ацетальдегіду? Як довести це дослідним шляхом?

73. Яке, на вашу думку, значення мають процеси бродіння глюкози?

74. У результаті бродіння глюкози масою 90 г утворився етанол масою 36,8 г. Який практичний вихід етанолу? Якого об'єму вуглекислий газ можна зібрати, якщо його втрати становлять 25 %?

75. Визначте окисник і відновник у реакції «срібного дзеркала».

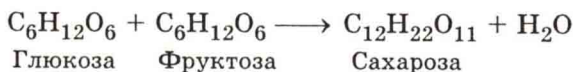
76*. Альдегідна група глюкози може відновитися до спиртової, у цьому разі утворюється шестиатомний спирт сорбіт. Він використовується як замітник цукру при захворюванні на діабет. Складіть рівняння реакції відновлення глюкози.

77*. Поясніть взаємозв'язок між органічними і неорганічними речовинами на прикладі глюкози. Складіть схему послідовних хімічних перетворень.

§ 10. САХАРОЗА

Склад молекули сахарози. До класу вуглеводів належить також сахароза, або буряковий, або тростинний цукор. Молекулярна формула $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Молекула сахарози складається із залишків глюкози і фруктози, із цих речовин вона синтезується у природі:



Фізичні властивості сахарози. Це безбарвна кристалічна речовина, солодка на смак, добре розчинна у воді. Під час нагрівання до 190—200 °С кристали плавляться, розплавлена маса після застигання утворює карамель.

Сахароза міститься в рослинах, особливо багато її в коренеплодах цукрового буряку (16—20 %) та стеблах цукрової тростини (14—26 %).

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.

Добування сахарози. Сахароза у вигляді тростинного цукру була відома у стародавні часи і використовувалася 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. Добування полягає у виділенні її з природної сировини, наприклад цукрового буряку, очищенні та кристалізації продукту. Для цього насамперед миють і подрібнюють коренеплоди, потім обробляють 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 карбонат кальцію, а прозорий розчин знебарвлюють, обробляючи оксидом сульфуру(IV). Далі розчин випарюють, сахароза кристалізується — утворюється цукровий пісок. Побічні продукти кристалізації — патока і меляса — використовуються для виробництва дріжджів, етанолу, кондитерських виробів. Шляхом повторного розчинення і кристалізації отримують цукор-рафінад, що містить 99,9 % сахарози.

Важливим показником для виробництва цукру є цукристість буряку. Селекціонери працюють над виве-

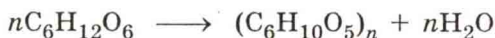
денням сортів цієї культури з високим вмістом цукру. Цукристість втрачається в разі тривалого зберігання коренеплодів, а тому на цукрових заводах намагаються переробляти їх якомога швидше.

Завдання для самоконтролю

78. Складіть загальну схему виробництва цукру.
79. Які побічні продукти цукрового виробництва? Де їх можна використовувати?
80. Чи належить виробництво цукру до хімічних виробництв?
81. Чому цукроваріння належить до сезонних виробництв, адже коренеплоди можна зберігати протягом усієї зими?
82. Масова частка цукру у склянці чаю (250 мл), куди поклали дві чайні ложки цукру (по 8 г у кожній), становить:
(1) 7,8 %; (2) 12,8 %; (3) 3,2 %; (4) 6,4 %.
83. Якщо у вашій місцевості вирощують чи переробляють цукрові буряки, розкажіть про це.

§ 11. КРОХМАЛЬ

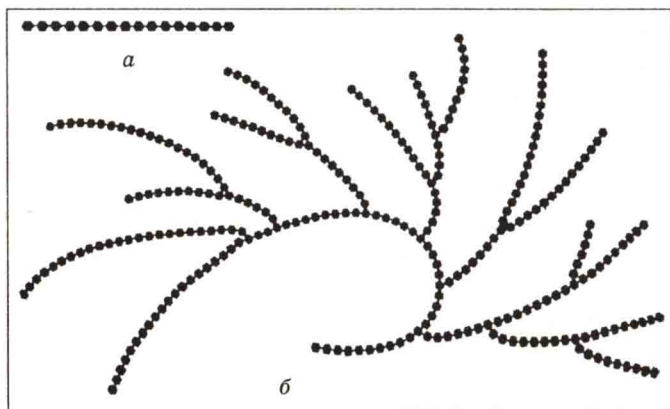
Склад і будова молекули крохмалю. Склад молекули крохмалю виражається формулою $(C_6H_{10}O_5)_n$. Це природний полімер, що синтезується в рослинах з глюкози за реакцією:



Полімерні ланцюги крохмалю неоднорідні, серед них є лінійні і розгалужені, довші і коротші (мал. 10). Число ланок у полімері становить від однієї до п'яти тисяч.

Крохмаль міститься в усіх рослинах, а в деяких — у великій кількості. Бульби картоплі містять за масою від 12 до 20 %, пшениця — 57—75 %, рис — 62—80 % крохмалю. Він накопичується в рослинах і використовується ними як джерело енергії, необхідної, наприклад, для проростання насіння.

Фізичні 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.



Мал. 10. Будова полімерних ланцюгів крохмалю: лінійна (а) і розгалужена (б)

Лабораторна робота 7

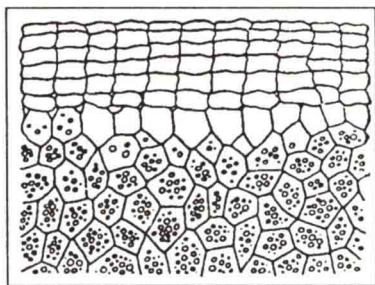
Відношення крохмалю до води

У пробірку насипте трохи крохмалю, додайте холодної води. Розмішайте суміш, дайте їй відстоятися. Що спостерігається? Чи розчинився крохмаль у холодній воді?

Закип'ятіть воду у склянці. Вилийте суміш із пробірки, перемішуючи, у гарячу воду. Що спостерігається? Зробіть висновок про відношення крохмалю до води.

Збережіть крохмальний клейстер для наступного досліду.

Крохмаль можна добути з картоплі механічним способом. Розгляньте малюнок 11. Зерна крохмалю плавають у клітинному соку, їх можна видалити звідти.



Мал. 11. Зріз картоплини під мікроскопом

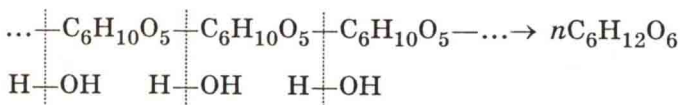
Для цього картоплю подрібнюють, промивають водою і відціджують. Разом з водою крохмаль проходить крізь сито, відстоюється. Потім воду зливають і продукт висушують.

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 починається з ротової порожнини, з його гідролізу під впливом ферментів до глюкози. 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 ви знаєте, що в людському організмі енергія запасується у вигляді жирів та вуглеводів і вивільнюється під час їх окиснення. На думку фахівців, енергетичні потреби людини повинні задовольнятися на 60 % за рахунок рослинної їжі, зокрема овочів і фруктів.

Хімічні властивості крохмалю. Процес гідролізу можна відтворити в лабораторії, прокип'ятивши крохмаль з водою за наявності сульфатної кислоти. До кожної мономерної ланки крохмалю приєднується молекула води, полімерний ланцюг розривається, і утворюються молекули глюкози:



- Пригадайте, яким способом можна виявити наявність глюкози в розчині?

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 на крохмаленої білизни пов'язані з частковим гідролізом крохмалю й утворенням декстринів. У складі їжі декстрини засвоюються організмом легше, ніж крохмаль.

Характерною хімічною властивістю крохмалю є реакція з йодом (йод-крохмальна реакція).

Взаємодія крохмалю з йодом

До заздалегідь приготовленого крохмального клейстеру додайте краплину спиртового розчину йоду. Спостерігайте появу синього забарвлення.

Ця реакція використовується для виявлення крохмалю або йоду.

Застосування крохмалю. Проміжні продукти гідролізу крохмалю — суміш декстринів і глюкози (патоку) — використовують у кондитерській промисловості для виготовлення цукерок, додають у тісто для випікання пряників. Крохмаль є сировиною для виробництва етилового спирту. З цією метою крохмаль піддають гідролізу, в результаті утворюється глюкоза, яка далі за допомогою спиртового бродіння перетворюється на етанол.

У текстильній промисловості використовують крохмаль для проклеювання тканин, у паперовій — для склеювання паперу і картону, у медицині — для виготовлення присипок, паст, капсул для лікарських препаратів.

Завдання для самоконтролю

84. Схарактеризуйте крохмаль як природний полімер. У чому його відмінність від уже відомих вам полімерів?

85. На яких властивостях крохмалю базується його добування з картоплі?

86*. Маса глюкози, добутої з крохмалю, більша за масу вихідного продукту. Поясніть чому. Чи узгоджується це із законом збереження маси речовин?

87. Чим зумовлене утворення смачної скоринки на хлібі?

88. Чому декстрини засвоюються організмом легше, ніж крохмаль?

89. Завдяки окисненню жирів у організмі виділяється вдвічі більше енергії, ніж під час окиснення вуглеводів. Яке значення має ця обставина для підтримання нормальної маси тіла?

90*. Глюкоза належить до моносахаридів, а крохмаль — полісахарид. Поясніть цей термін.

91. Випробуйте на наявність крохмалю борошно, печиво, зубний порошок, косметичну пудру тощо.

§ 12. ЦЕЛЮЛОЗА

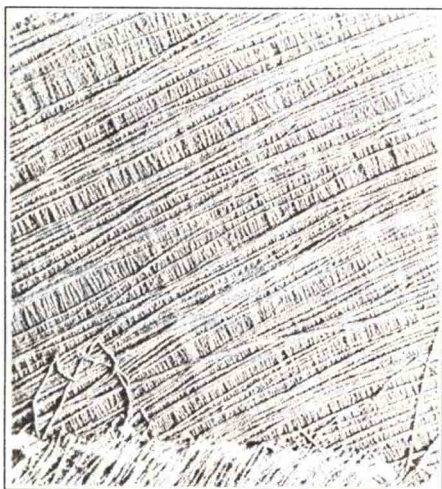
Склад і будова молекул целюлози. Із ланок складу — $C_6H_{10}O_5$ —, такого самого, як у крохмалю, побудовані ланцюгові молекули іншого природного полімеру — целюлози, або клітковини.

Целюлоза (від лат. *celula* — комірка) 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 вам 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? Відповідь однозначна — у складі та будові молекул. 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.

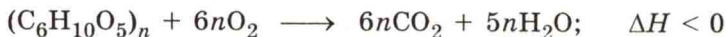
Крім того, як вам відомо, молекули крохмалю мають лінійну і розгалужену структури, а молекули целюлози ниткоподібні, лінійні, через це вони можуть утворювати волокна (мал. 12).

Є ще й інші суттєві особливості внутрішньої будови, які ми не розглядаємо, але які також зумовлюють відмінності між крохмалем і целюлозою.



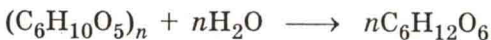
Мал. 12. Зріз оболонки рослинної клітини під електронним мікроскопом (видно волокнисту структуру целюлози)

Хімічні властивості целюлози. Целюлоза окиснюється (горить) з утворенням вуглекислого газу та води і виділенням енергії:



Під час спалювання деревини відбувається саме ця реакція.

Як і крохмаль, целюлоза зазнає гідролізу під час нагрівання з розбавленими кислотами, перетворюючись на глюкозу. Сумарне рівняння реакції:



У жуйних тварин і в термітів у органах травлення під впливом ферментів відбуваються гідроліз клітковини і її засвоєння. В організмі людини целюлоза, спожита нею з рослинною їжею, не гідролізується, отже, не засвоюється.

- Пригадайте з курсу біології людини, яке значення має клітковина для травлення.

Целюлоза зазнає часткового гідролізу під час силосування соломи, кукурудзи тощо, такі продукти є цінним кормом для сільськогосподарських тварин.

У результаті нагрівання деревини без доступу повітря відбувається розкладання целюлози з утворенням деревного вугілля, метанолу і ряду інших цінних оксигеновмісних сполук.

Застосування целюлози. Целюлоза застосовується у вигляді деревини (назвіть, де саме), тканин (яких?), з неї виготовляють папір. Усе це дає змогу стверджувати, що сучасна цивілізація значною мірою залежить від целюлози.

Щоб виготовити папір із целюлози, її треба спершу виділити з деревини. Для цього застосовують спеціальні речовини, що розчиняють супутні компоненти, але не розчиняють целюлозу, яку можна виділити фільтруванням.

Велика кількість цінних речовин утворюється в результаті хімічної переробки целюлози. Серед них — штучний шовк, вибухові речовини, спирти.

У біомасі рослин, основним компонентом якої є целюлоза, на земній кулі заощаджена величезна

кількість енергії. Виявляється, цю енергію можна вивільнити, використовуючи продукти переробки біомаси. Сучасна наука розглядає її як перспективну сировину для добування вуглеводнів та інших органічних речовин. Це досягається методами біотехнології, що передбачають використання ферментів (біохімічних каталізаторів). Добуті таким чином продукти поки що мають порівняно високу вартість, але в майбутньому до нафти, природного газу і кам'яного вугілля як джерел органічних сполук додасться ще й біомаса.

Завдання для самоконтролю

92. Порівняйте склад і будову крохмалю та целюлози. Складіть порівняльну таблицю.

93. Поясніть практичне значення реакції гідролізу целюлози.

94. Яким шляхом, на вашу думку, можна перетворити клітковину на етиловий спирт? Які реакції відбуваються при цьому? Складіть їх рівняння.

95. Іноді можна зустріти неправильне вживання терміна «вуглеводи» замість «вуглеводні», і навпаки. Поясніть ці терміни.

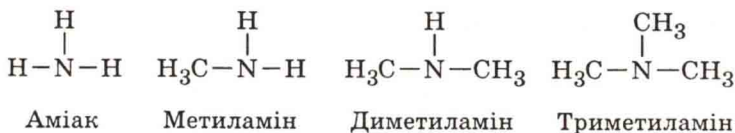
§ 13. АМІНИ

Як вам уже відомо, до складу органічних речовин можуть входити атоми Нітрогену. Далі ви вивчатимете найважливіші з нітрогеновмісних сполук: аміни, амінокислоти, білки.

Склад і будова молекул амінів.

Аміни можна розглядати як похідні аміаку NH_3 , в молекулі якого один або кілька атомів Гідрогену заміщені на вуглеводневий радикал.

Наприклад:



Ми розглядатимемо так звані первинні аміни, в яких міститься функціональна аміногрупа $-\text{NH}_2$.

Якщо вуглеводневий радикал позначити літерою R, то загальна формула амінів буде R—NH₂.

Порівняємо електронні формули аміаку NH₃ й метиламіну CH₃—NH₂:



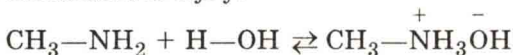
В обох цих сполуках атом Нітрогену володіє неподіленою парою електронів, що впливає на властивості речовин.

- Пригадайте, які хімічні властивості аміаку зумовлені наявністю неподіленої електронної пари в атома Нітрогену.

Фізичні властивості. Серед амінів є гази, рідини, тверді речовини. Нижчі аміни мають запах аміаку, розчинні у воді.

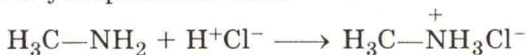
Хімічні властивості. Зважаючи на подібність будови молекул амінів та аміаку, можна припустити наявність у них подібних властивостей. Зокрема, в результаті реакції аміаку з водою утворюється розчин, що має лужні властивості. Аміни так само взаємодіють з водою. Перевіримо це на досліді.

До розчину метиламіну додамо розчин фенолфталеїну. З'являється малиновий колір. Отже, метиламін виявляє властивості лугу:



Завдяки наявності неподіленої електронної пари аміни, як і аміак, реагують з кислотами. Якщо до газовідвідної трубки, з якої виділяється метиламін, піднести склянку з хлоридною кислотою або скляну паличку, змочену кислотою, то можна спостерігати утворення білої хмаринки солі.

Реакція аміну з кислотою, як і з водою, відбувається за донорно-акцепторним механізмом. При цьому до електронної пари (донора) приєднується протон кислоти й утворюється сіль:

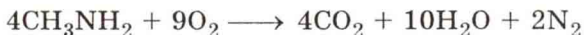


Хлорид метиламонію

- Пригадайте, як утворюється йон амонію, яку роль відіграє неподілена електронна пара.

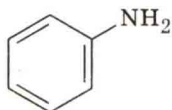
Отже, реакції амінів підтверджують основні властивості цих сполук, через це аміни називають *органічними основами*.

Як і всі органічні сполуки, аміни горять. Проте ця реакція має деякі особливості. На відміну від аміаку, що горить в атмосфері кисню, а на повітрі окиснюється лише за наявності каталізатора, аміни горять на повітрі з утворенням азоту, вуглекислого газу і води:



- У чому полягає відмінність реакцій горіння амінів та інших органічних сполук, що вивчалися вами раніше?

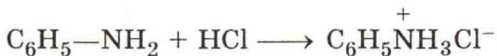
Анілін. У разі, коли аміногрупа сполучена з бензеновим ядром, утворюється ароматичний амін анілін:



, або скорочено $\text{C}_6\text{H}_5\text{—NH}_2$

За фізичними властивостями анілін — безбарвна рідина олійної консистенції, мало розчинна у воді.

Хімічні властивості аніліну дещо відмінні від властивостей насичених амінів. Випробування розчинами фенолфталеїну і фіолетового лакмусу засвідчує, що анілін не змінює забарвлення індикаторів. Він реагує лише з сильними кислотами, утворюючи солі:

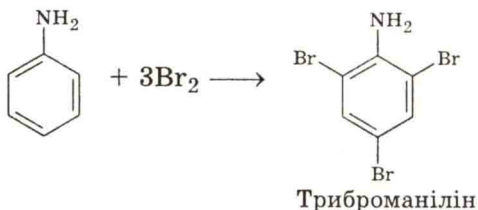


Хлорид феніламонію

Із цього можна зробити висновок, що анілін — слабка основа, ніж аміак та насичені аміни. Така відмінність хімічної поведінки, як ви вже знаєте, пояснюється будовою молекули. Очевидно, наявність у молекулі аніліну бензенового ядра спричинює послаблення основних властивостей. Інакше кажучи, бензенове ядро впливає на аміногрупу.

Проте вам відомо, що вплив атомів у молекулі взаємний, отже й аміногрупа впливає на бензенове ядро. Перевіримо це на досліді, порівнявши дію бромної води на бензен і на анілін.

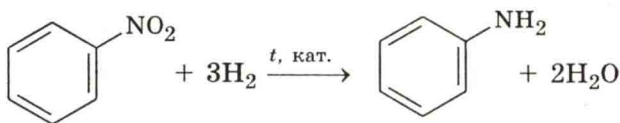
Ви можете пригадати, що бромна вода не діє на бензен, а якщо її додати до розчину аніліну, то утворюється білий осад триброманіліну:



Отже, реакції аніліну підтверджують, що завдяки впливу аміногрупи анілін реагує з бромною водою; з іншого боку, через вплив бензенового ядра послаблюються основні властивості аніліну порівняно з насиченими амінами.

Зважаючи на велике теоретичне і практичне значення аніліну, розглянемо докладніше його добування і застосування.

Добування аніліну. Основний спосіб добування аніліну — відновлення нітробензену воднем за температури 250—350 °С та наявності каталізатора:



Уперше синтез аніліну з нітробензену здійснив російський учений М. М. Зінін у 1842 р., тому реакція називається реакцією Зініна. З того часу анілін став легко доступною сировиною для виробництва великої кількості різноманітних органічних речовин.

Застосування аніліну. Анілін відіграв винятково важливу роль у розвитку синтетичної органічної хімії та хімічної промисловості, зокрема виробництва анілінових барвників та лікарських препаратів.

Сама назва аніліну пов'язана з барвниками — його вперше було виділено з індиго — синього барвника рослинного походження (ісп. *аніл* — синій). Перші синтетичні барвники були добуті в результаті хімічних перетворень з аніліну. Поступово він ставав

основною сировиною для синтезу інших барвників, що дістали назву *анілінових*.

Розвиток анілінофарбової промисловості потребував великої кількості аніліну як вихідної сировини. Найдешевший спосіб його добування — з бензену, оскільки бензен є одним із продуктів переробки кам'яного вугілля. У результаті реакції нітрування бензену утворюється нітробензен, який за реакцією Зініна відновлюється до аніліну. Склався такий ланцюг перетворень:

Кам'яне вугілля → продукти коксування → бензен → нітробензен → анілін → синтетичні анілінові барвники.

У цьому ланцюзі тісно переплетені теорія і практика, наука і потреби промисловості. Розвиток теоретичних уявлень про взаємозв'язок між будовою та властивостями органічних речовин сприяв з'ясуванню будови барвників, відкрив шлях для їх синтезу та широкого використання. У свою чергу, розвиток хімічних виробництв стимулював розвиток теоретичної органічної хімії. Згодом була розроблена теорія кольоровості органічних речовин, що пов'язує їх колір та електронну будову.

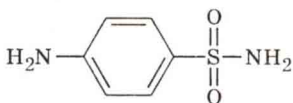
У розробці теорії кольоровості значна роль належить українським ученим, зокрема А. І. Кіпріанову та його учням. Застосування цієї теорії дало змогу розв'язати такі важливі практичні завдання, як синтез текстильних барвників заданого кольору, а також створення світлочутливих матеріалів для виробництва кольорових фото- та кіноплівки.

Пошуки дешевої сировини для промисловості сприяли досконалому вивченню складу продуктів переробки кам'яного вугілля, серед яких було виявлено багато цінних сполук, що також використовуються в органічному синтезі.

Анілінофарбова промисловість потребувала і неорганічних речовин, зокрема кислот і лугів. Ці потреби стимулювали паралельний розвиток неорганічного синтезу.

Анілін прислужився не лише промисловості барвників, а й фармацевтичній промисловості. Сам анілін чинить жарознижувальну та знеболювальну дію, проте не використовується як лікарський засіб через високу токсичність, а серед похідних аніліну є багато

ліків. Структура аніліну лежить в основі так званих сульфамідних препаратів, до яких належать відомі вам панадол, бісептол, білий стрептоцид та багато інших.



Стрептоцид білий

Створення нового лікарського засобу — надзвичайно копітка праця. Із десятків тисяч сполук лише кілька можуть виявити фармакологічну активність, а увійти в медичну практику — лише одиниці. Пошукова робота потребує участі висококваліфікованих фахівців — хіміків-синтетиків, біохіміків, фармакологів, хіміотерапевтів, представників технічних спеціальностей.

Українські вчені мають досягнення в синтезі медичних препаратів. Популярний нині протигрипозний засіб ремантадин було створено за участю українських хіміків.

Завдання для самоконтролю

96. Які сполуки належать до класу амінів?
97. Чим зумовлена здатність метиламіну розчинятись у воді?
98. Як відбувається реакція метиламіну з хлоридною кислотою?
99. Складіть порівняльну таблицю хімічних властивостей аміаку й метиламіну.
100. Порівняйте реакції горіння аміаку й амінів.
101. Солі амінів містяться в оселедцевому розсолі. Обробивши його лугом, можна виділити суміш амінів і використовувати їх для дослідів. Складіть у загальному вигляді рівняння реакції, про яку йдеться.
102. Як позначається на хімічних властивостях аніліну вплив аміногрупи на бензенове ядро?
103. Поясніть вплив бензенового ядра на аміногрупу в молекулі аніліну.
104. Схарактеризуйте значення реакції Зініна.
105. Яку роль відіграв анілін у розвитку хімічної промисловості?
106. Для виробництва аніліну масою 1 т витратили нітробензен масою 1,35 т та водень об'ємом 800 м³. Обчисліть вихід продукту за кожним із реагентів.
107. Порівняйте галузі застосування аніліну й фенолу.
108. Поясніть на прикладі виробництва анілінових барвників, як ви розумієте взаємозв'язок теорії і практики.

§ 14. АМІНОКИСЛОТИ

Склад і будова молекул амінокислот. Ви вже знаєте, 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.

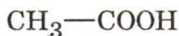
Думку про те, що амінокислоти є «цеглинами», з яких побудовані білки, уперше висловив видатний український біохімік і хімік Іван Якович Горбачевський.

- Пригадайте з курсу хімії 10-го класу, які заслуги перед наукою має цей учений.

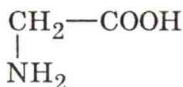
У чому полягає відмінність амінокислот від вивчених вами карбонових кислот? Карбонові кислоти містять функціональну карбоксильну групу $-\text{COOH}$, а

амінокислоти містять дві функціональні групи: карбоксильну та аміногрупу $-\text{NH}_2$.

Якщо в молекулі оцтової кислоти CH_3COOH один атом Гідрогену в метильній групі замінити на аміногрупу, утвориться амінооцтова кислота

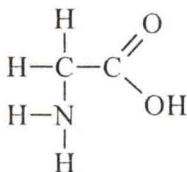
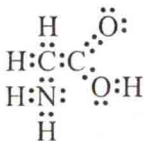


Оцтова кислота



Амінооцтова кислота

Електронна і структурна формули амінооцтової кислоти:



Амінооцтова кислота — найпростіша з амінокислот. Серед них існують такі, що містять дві карбоксильні або дві аміногрупи, ароматичні радикали, гідроксильні та сульфуровмісні групи. Приклади амінокислот наведені у табл. 3.

ГОРБАЧЕВСЬКИЙ ІВАН ЯКОВИЧ
(1854—1942)



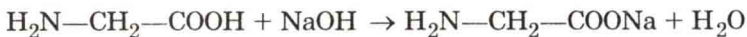
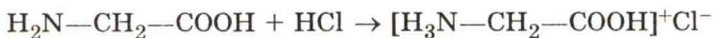
Український учений, академік. Народився в Україні, працював у Відні, Празі, професор, ректор Українського університету в Празі. Наукові праці стосуються органічної хімії та біохімії. Вперше синтезував сечову кислоту і з'ясував шляхи її утворення в організмі. Висловив думку про амінокислотний склад білків. Зробив внесок у розвиток української наукової термінології. Автор підручників з хімії українською мовою.

Таблиця 3. Деякі представники амінокислот

Назва	Формула
Гліцин (амінооцтова)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
α -Аланін (α -амінопропанова)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Глутамінова	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Лізін	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Серін	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Цистеїн	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$

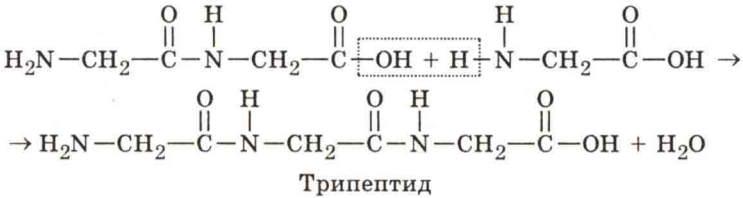
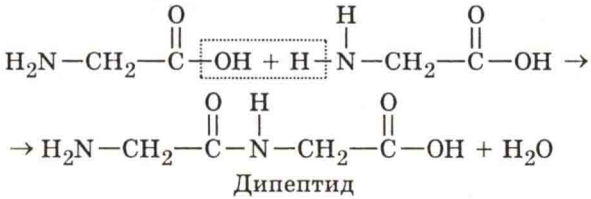
Фізичні властивості амінокислот. Це безбарвні кристалічні речовини з високими температурами плавлення, більшість із них добре розчинні у воді.

Хімічні властивості амінокислот. Карбоксильна й аміногрупа протилежні за хімічним характером: перша є носієм кислотних властивостей, друга — основних. Отже, амінокислоти — амфотерні сполуки, вони реагують і з кислотами, лугами.



- Пригадайте, у чому полягають особливості амфотерних неорганічних сполук, наведіть приклади реакцій.

Найважливішою особливістю амінокислот є взаємодія молекул між собою. У реакцію вступають протилежні за функціями групи: карбоксильна група однієї молекули і аміногрупа іншої. Унаслідок реакції утворюються **ди-, три-, поліпептиди** і виділяється вода:



Зв'язок між залишками амінокислот називається *пеп-*

ти́дним зв'язком, а група $\begin{array}{c} \text{O} \qquad \text{H} \\ \parallel \qquad | \\ \text{—C—N—} \end{array}$ *пепти́дною* групою.

Саме завдяки пептидним зв'язкам амінокислоти сполучаються в молекулах білків.

Завдання для самоконтролю

109. Сформулюйте означення амінокислот, виходячи з їх будови.
110. Чим, на вашу думку, зумовлюється багатоманітність амінокислот?
111. Яка причина амфотерності амінокислот?
112. Схарактеризуйте подібні ознаки амінокислот і неорганічних амфотерних сполук.
113. Чому амінокислоти називають «цеклинками» білків?
114. Яка реакція амінокислот лежить в основі утворення білків?
115. Що таке пептидна група? Пептидний зв'язок?
116. Складіть формули трипептидів, утворених трьома будь-якими амінокислотами, формули яких наведені в табл. 3.

§ 15. БІЛКИ

Будова білків. Полімерний поліпептидний ланцюг — основа молекули будь-якого білка. Перші синтези поліпептидів здійснив німецький учений Е. Фішер у 1903—1907 рр.

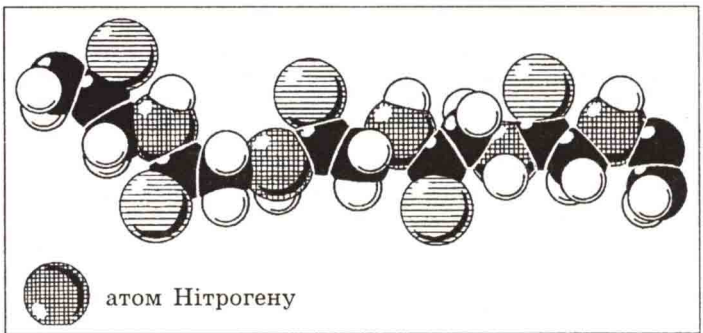
Кожен білок має набір амінокислот, сполучених у певній, властивій тільки йому послідовності.

Близько 20 амінокислот беруть участь у побудові білкових макромолекул, а кількість з'єднаних у різній послідовності амінокислотних залишків сягає 10^{18} . Молекулярна маса деяких білків становить сотні мільйонів.

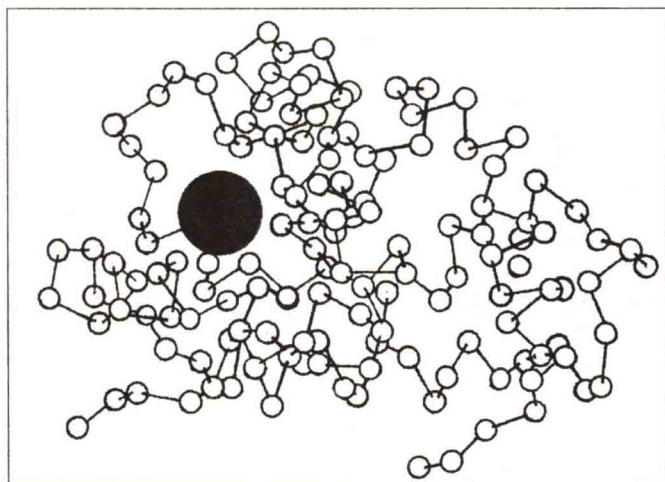
Будова білків дуже складна і зумовлюється не лише послідовністю амінокислотних залишків. Довгі ланцюги білкових молекул скручуються у спіралі, спіралі — у клубки, що певним чином розміщуються у просторі (мал. 13, 14). Усе це в сукупності визначає особливості кожного білка зокрема. Через таку складність розшифрування структури природних білків — надзвичайно важке завдання.

- Пригадайте з курсу біології, що таке первинна, вторинна, третинна, четвертинна будова білка, чим вона зумовлена?

Властивості білків. Білки дуже різняться між собою за властивостями, що залежать від наявності в їхньому складі амінокислот з різними функціональними групами, здатними вступати в характерні для них реакції.



Мал. 13. Фрагмент моделі поліпептидного ланцюга

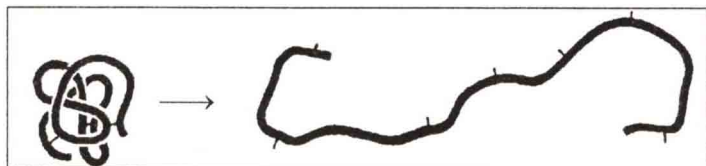


Мал. 14. Модель одного з чотирьох поліпептидних ланцюгів білка гемоглобіну (у центрі — атом Феруму)

Серед білків є розчинні у воді й такі, що утворюють колоїдні розчини. До перших належить білок курячого яйця. Саме з цим розчином зручно проводити досліди.

Нагріємо розчин білка і спостерігатимемо, як він зсідается, або денатурує (від лат. *denaturare* — позбавлення природних якостей). Саме цей процес денатурації має місце під час кулінарної обробки білкових харчових продуктів — м'яса, яєць, риби.

З хімічного боку денатурація — це руйнування складної структури білка, що призводить до втрати ним біологічної активності (мал. 15). Це необоротний процес, саме тому, наприклад, висока температура небезпечна для людського організму. При цьому білки втрачають біологічну активність, живі клітини гинуть. Те саме відбувається і під дією на білки сильних кислот, наприклад сульфатної. У разі потрапляння кислоти на шкіру може статися хімічний опік.



Мал. 15. Денатурація білка



ФІШЕР ЕМІЛЬ ГЕРМАН (1852—1919)

Німецький хімік, член Берлінської АН. Наукові праці присвячені хімії фізіологічно активних речовин.

Синтезував ряд вуглеводів, зокрема глюкозу і фруктозу. Встановив, що амінокислоти зв'язуються між собою за допомогою пептидних зв'язків, утворюючи поліпептиди, уперше добув дипептид. Лауреат Нобелівської премії 1902 р.

Лабораторна робота 9

Кольорові реакції білків

До розчину білка у пробірці додайте такий самий об'єм розчину лугу і кілька крапель слабкого розчину сульфату купруму(II).

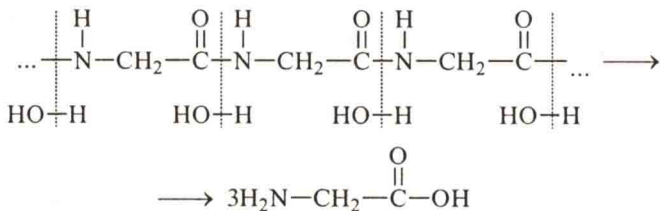
Що спостерігається? Як змінилося забарвлення розчину?

Якщо до розчину білка додати концентрованої нітратної кислоти, білок згортається і поступово забарвлюється в жовтий колір.

Взаємодія білків з концентрованою нітратною кислотою і гідроксидом купруму(II) — це так звані **кольорові реакції білків**, що використовуються для їх аналітичного визначення. За допомогою першої визначається наявність бензенових кілець у структурі білка, а друга дає змогу виявити пептидні зв'язки.

Важливою хімічною властивістю білків є їхня здатність до гідролізу.

Під дією 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. Таким чином білок розщеплюється на окремі амінокислоти, з яких він побудований:



Білки можуть розкладатися під дією мікроорганізмів. У результаті утворюються не амінокислоти, а аміак, сірководень, фенол, інші речовини з неприємним запахом. Його поява свідчить про те, що відбувається процес розкладу (гниття) білка. Пригадайте, який неприємний запах мають протухле яйце, зіпсовані 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 амінокислот і білків. Білки їжі безпосередньо не засвоюються організмом, спершу вони гідролізуються до амінокислот під впливом речовин, що містяться у травному тракті, потім амінокислоти всмоктуються у кров, а вже нею переносяться до печінки, де організм синтезує білки, характерні саме для нього.

Білки є основним будівельним матеріалом тваринних організмів, а саме його клітин. М'язи, гемоглобін крові, волосся, шкіра, ферменти мають білкову природу.

Тоді як рослини синтезують амінокислоти з речовин, якими живляться, тварин і людину природа не наділила такою здатністю. Для нормального функціонування вони мусять постійно поповнювати запас амінокислот переважно за рахунок білків їжі в готовому вигляді. 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. Хворим, ослабленим людям іноді вводять амінокислоти у кров, тим самим полегшується їх засвоєння і підтримуються сили організму.

- Пригадайте з курсу біології людини, що таке замінні та незамінні амінокислоти.

Для відгодівлі сільськогосподарських тварин використовують синтетичні амінокислоти. Білкову масу можна добути також із вуглеводнів нафти, природного газу чи відходів переробки деревини шляхом мікробіологічного синтезу. Деякі види мікроорганізмів здатні використовувати вуглеводні як живильне середовище і виробляти на його основі білкову масу.

Завдання для самоконтролю

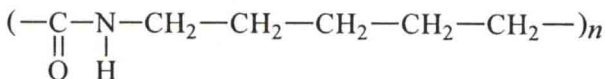
117. Чим зумовлюється надзвичайна різноманітність білків?
118. Що означає денатурація білка з хімічного погляду? Де можна спостерігати явище денатурації?
119. Схарактеризуйте процес гідролізу білків.
120. Чим відрізняються процеси гідролізу і розкладу білків?
121. Білки належать до біополімерів. Чи можна назвати так клітковину? Крохмаль? Глюкозу?
- 122*. Схарактеризуйте значення процесу гідролізу білків, жирів, вуглеводів для функціонування організму.
123. Чи можна повністю замінити білкову їжу на вуглеводну? Чому?
124. Білки горять з утворенням характерного запаху. Переконайтеся в цьому, обережно підпаливши пір'їну, вовняну нитку. Порівняйте із запахом бавовняної нитки, що горить.
125. Знаючи властивості білків, поясніть, чому посуд із-під молочних продуктів слід мити спершу холодною водою, а потім гарячою, а не навпаки.

§ 16. ШТУЧНІ ТА СИНТЕТИЧНІ ВОЛОКНА

Як вам відомо, натуральні волокна — бавовну, льон, вовну, шовк — виробляють із природних волокнистих матеріалів. Природний полімер целюлоза також має волокнисту структуру, проте вона недостатньо впорядкована, щоб із неї можна було виробити нитки. З цією метою треба перебудувати структуру речовини. Це досягається хімічним шляхом: целюлозу, виділену з деревини, обробляють спеціальними речовинами, продукт розчиняють. У розчині полімерні молекули стають більш рухливими, тепер з них можна формувати волокно (розчинник при цьому випаро-

ується). Таким чином виготовляють штучні (ацетатне або віскозне) волокна, а з них — штучний (ацетатний або віскозний) шовк.

Волокна можна виробляти і синтетичним шляхом. Якщо бавовна — полімерний матеріал, мономером якого є вуглевод, то вовна і шовк — полімери білкової природи, молекули яких утворюються шляхом сполучення амінокислот. Як виявилось, подібну структуру має полімер амінокапронової кислоти складу $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_5-\text{COOH}$. Загальна формула полімера:



- Складіть схему сполучення між собою трьох молекул амінокапронової кислоти за зразком, наведеним у § 13.

Волокно, вироблене з такого полімера, називається **капроном**. Воно міцне, не витирається, не вбирає вологу (через це швидко висихає), хоча й має деякі вади.

- Зважаючи на те, що це волокно білкової природи, зробіть припущення про його відношення до кислот, нагрівання. Дайте пояснення.

Лабораторна робота 10

Ознайомлення зі зразками природних, штучних і синтетичних волокон

Розгляньте зразки волокон і тканин із них: вовни, шовку натурального, бавовни, шовку ацетатного, шовку віскозного, капрону, лавсану.

Чим різняться волокна за зовнішнім виглядом? Чи змінюються тканини? Намочіть зразки. Чи вбирають вони вологу? Зробіть висновки.

Лабораторна робота 11

Відношення синтетичного волокна капрон до кислот і лугів

У пробірки з концентрованою сульфатною кислотою і 10%-им розчином лугу помістіть по шматочку капронової тканини. Що спостерігається?

Зробіть висновки про розчинність капрону.

Завдання для самоконтролю

126. На які групи поділяються волокна? Наведіть приклади.
127. Схарактеризуйте переваги і вади синтетичних волокон.
128. Розкажіть про застосування синтетичних волокон. Якими виробами з них ви користуєтесь?
129. Поясніть значення синтетичних матеріалів у вашому житті.

§ 17. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ОРГАНІЧНИМИ СПОЛУКАМИ, ЇХ БАГАТОМАНІТНІСТЬ

Вивчаючи органічні речовини, ви поступово переходили від найпростіших, як метан, до складніших і найскладніших, як білки. Між метаном і білками міститься величезна кількість сполук, різних за складом, будовою і властивостями. Спробуємо узагальнити ознаки, що зумовлюють цю багатоманітність.

Насамперед це **характер карбонового ланцюга**. Молекули органічних сполук з однаковою кількістю атомів Карбону можуть мати форми відкритих і замкнених ланцюгів. Наприклад, гексан, що належить до насичених вуглеводнів, і бензен, що належить до ароматичних вуглеводнів. Обидві молекули містять по шість карбонових атомів, але сполучених у різний спосіб.

- Напишіть молекулярні і структурні формули гексану і бензену.

Інша ознака — **характер міжкарбонових зв'язків**. Між атомами Карбону можуть встановлюватися прості, кратні й ароматичні зв'язки.

- Наведіть формули і назви речовин із різними видами міжкарбонових зв'язків.

Наявність функціональних груп зумовлює існування різних класів органічних речовин — спиртів, альдегідів, карбонових кислот, естерів тощо. Багатоманітності додають і сполуки, що містять кілька функціональних груп — амінокислоти, вуглеводи та багато інших, що не вивчаються вами через їхню складність.

- Наведіть формули і назви речовин із різними функціональними групами.

Ізомерія — ще одна з причин багатоманітності органічних речовин. Завдяки цьому явищу з однієї й тієї самої кількості атомів можуть утворюватися різні за будовою, а отже, і за властивостями, речовини.

- Наведіть приклади речовин-ізомерів, напишіть їхні структурні формули.

Крім вивченої вами ізомерії карбонового скелета, існують ще й інші види ізомерії, зумовлені не лише хімічною, а й просторовою будовою молекул.

Зміна складу молекули на групу CH_2 спричинює появу нової сполуки, члена гомологічного ряду. Оскільки гомологи мають подібні властивості, то, знаючи поведінку одного з них, можна в загальних рисах характеризувати властивості цілого ряду. Наприклад, за властивостями метанолу можна описати властивості насичених одноатомних спиртів. Гомологія також є однією з причин багатоманітності органічних речовин.

- Наведіть формули і назви кількох гомологів метану, оцтової кислоти.

Здатність деяких органічних сполук до реакції полімеризації дає змогу розширити кількість органічних сполук, насамперед добутих синтетично.

- Напишіть рівняння реакції полімеризації етилену.

Названі ознаки в сукупності зумовлюють існування величезної кількості органічних сполук. Усі елементи періодичної системи не здатні утворити стільки сполук, як один елемент — Карбон.

За всієї різноманітності органічні речовини здатні до взаємоперетворень, із простіших можна добути складніші завдяки хімічним реакціям, від сполук одного класу перейти до сполук іншого. Окреслимо, наприклад, шлях перетворення етану на естер:

1. З етану дегідруванням добути етилен.
2. Етилен гідратацією перетворити на етанол.
3. Етанол окиснити до оцтового альдегіду й оцтової кислоти.
4. З етанолу й оцтової кислоти добути етиловий естер оцтової кислоти.

- Складіть рівняння згаданих реакцій.

До цього ланцюга можна включити і неорганічні сполуки, наприклад, добути етан з простих речовин. Отже, органічні речовини генетично зв'язані з неорганічними.

Взаємозв'язки і взаємоперетворення органічних сполук мають величезне практичне значення. Вони дають змогу здійснювати синтези, спрямовані на добування речовин із заданими властивостями. Так, із порівняно простих за будовою вуглеводнів можна синтезувати велику кількість складних речовин, потрібних і корисних для людини. Вуглеводні ж становлять основу продуктів переробки нафти і природного газу, а тому є найдоступнішою хімічною сировиною. Нафтохімічна промисловість забезпечує величезну кількість виробництв — синтетичних каучуків, мийних засобів, волокон, пластичних мас, ліків, засобів захисту рослин та багато інших.

Завдання для самоконтролю

130. Назвіть відомі вам класи органічних сполук. Наведіть приклади (формули і назви речовин).

131. Які природні і синтетичні полімери вам відомі?

132. Схарактеризуйте значення реакцій повного і часткового окиснення органічних сполук для їх практичного використання.

133. Спирти можна перетворити на сполуки класів

- | | |
|----------------------------|----------------|
| (1) ароматичні вуглеводні; | (3) вуглеводи; |
| (2) ненасичені вуглеводні; | (4) альдегіди. |

134. До сполук із подвійною хімічною функцією належать

- | | |
|-------------------|-----------------|
| (1) амінокислоти; | (3) глюкоза; |
| (2) альдегіди; | (4) поліетилен. |

135. Вуглекислий газ об'ємом 44,8 л (н. у.) утворюється внаслідок:

- (1) бродіння глюкози масою 180 г;
- (2) згоряння метанолу масою 64 г;
- (3) згоряння метану об'ємом 20 л.

136. Складіть рівняння реакцій за схемами:



137. Складіть рівняння реакцій за схемами:

етанол — етилен — етан — хлоретан;

оцтовий альдегід — оцтова кислота — етиловий естер оцтової кислоти;

етаналь — етанол — етилен — дихлоретан.

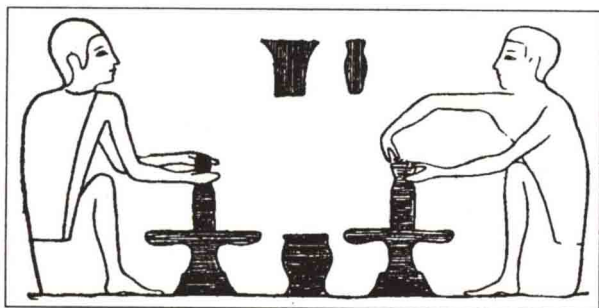
РОЛЬ ХІМІЇ В ЖИТТІ СУСПІЛЬСТВА

Протягом усього свого розвитку, з давніх-давен і донині, хімія завжди слугувала і продовжує слугувати людині та її практичній діяльності.

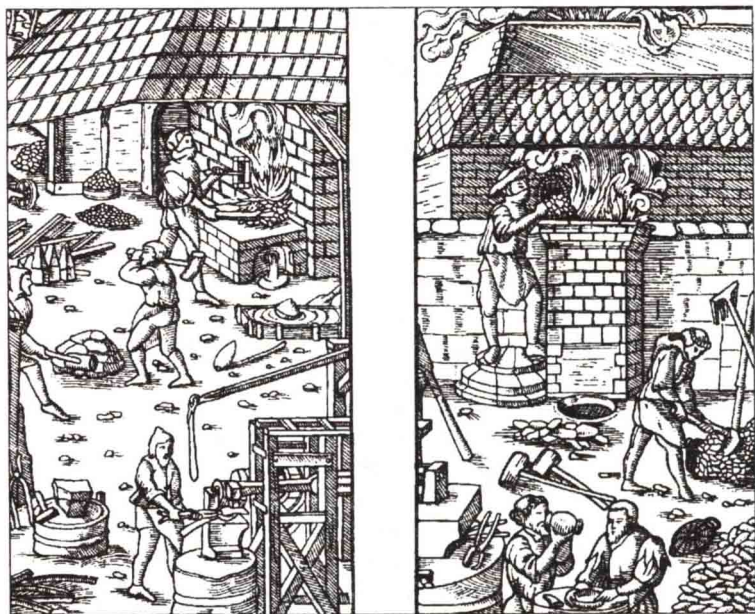
У стародавні часи, ще задовго до Різдва Христового, людина спостерігала в природі хімічні явища і намагалася використовувати їх для покращення умов свого існування. Скисання молока, бродіння солодкого соку плодів, дія отруйних рослин привертала увагу людини.

Минув час, і людина почала використовувати вогонь. Ніхто не знає ні місця, ні часу, коли вона навчилася запалювати дерево і підтримувати горіння. Невідомо також, скільки часу минуло відтоді, як людина почала використовувати вогонь для приготування їжі, у гончарному виробництві, для обробки й виплавлення металів. Проте відомо, що ще у стародавньому Єгипті виникли ремесла, в основі яких лежали хімічні процеси (мал. 16, 17).

Єгиптяни добували фарби і косметичні засоби з мінеральних речовин, уміли фарбувати тканини, виготовляти скло, кераміку, порцеляну, добувати золото, бронзу, залізо, мідь і досконало володіли технікою обробки металів.



Мал. 16. Давньоєгипетські гончарі



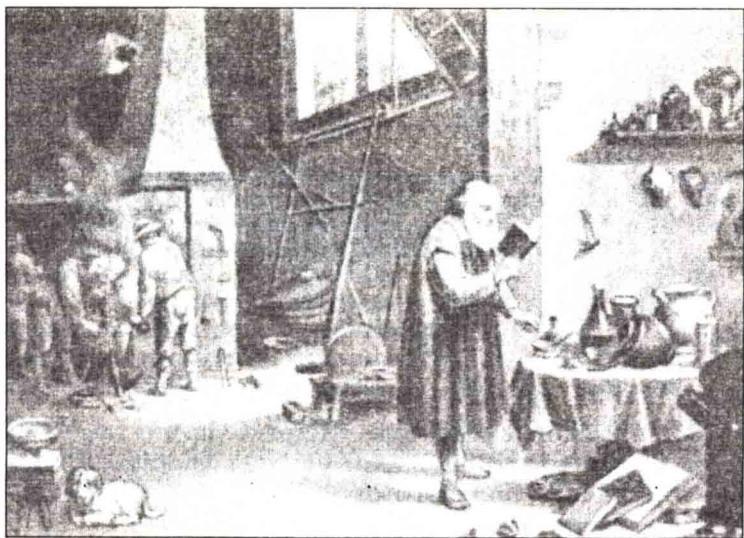
Мал. 17. Добування заліза у сиродутних горнах. Гравюри з книги Агриколи «Про гірничу справу і металургію»

Розгляньте золоту пектораль і саркофаг єгипетського фараона Тутанхамона (див. форзац). Навіть у наші дні мистецтво золотих справ майстрів давнини викликає захоплення.

У середні віки великого поширення набула алхімія. Ви вже знаєте, що головне завдання її зводилося до пошуків «філософського каменя» — містичної речовини, яка нібито має здатність неблагородні метали перетворювати на золото, повертати людям молодість і здоров'я (мал. 18).

Проте й у алхіміків були значні прогресивні здобутки, пов'язані з використанням хімії на благо людини. До них можна віднести відкриття низки речовин (фосфору, стибію, селітри, сульфатної, хлоридної, нітратної та фосфатної кислот) і розробку методик багатьох операцій (фільтрування, перегонка речовин тощо), які швидко знайшли практичне застосування.

Період ятрохімії, що настав у XVI—XVIII століттях, характеризується намаганням поставити хімію на службу медицині.



Мал. 18. Алхімік у своїй лабораторії

Засновник ятрохімії Теофраст Парацельс (1493—1541) твердив, що справжнє покликання хімії не у добуванні золота, а у виготовленні ліків. Ятрохіміки розглядали хвороби як порушення хімічної рівноваги в організмі й шукали хімічні засоби їх лікування. Відтоді головною метою хімії стає пошук і створення лікувальних препаратів.

- Який період в історії хімії вважається вирішальним у становленні хімії як науки? Кого б ви назвали як засновників сучасної хімії і чому? Обґрунтуйте свою відповідь.

Про значення сучасної хімії для людини та її практичної діяльності нема чого й говорити, її роль у житті суспільства надзвичайно велика. У наш час без розвитку хімії неможливий розвиток паливно-енергетичного комплексу, металургії, транспорту, зв'язку, будівництва, електроніки, сфери побуту тощо.

Хімічна індустрія постачає промисловості й сільському господарству різні матеріали та сировину. Це паливо, мастила, хімічні волокна, пластмаси, синтетичні каучуки, мінеральні добрива, мийні засоби, парфуми, фармацевтичні препарати, луги, кислоти, розчинники, вибухові речовини тощо.

ТЕОФРАСТ ПАРАЦЕЛЬС (1493—1541)



Лікар і природодослідник, один із засновників ятрохімії (медичної хімії). Народився у Швейцарії (справжнє ім'я Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм). Працював у Австрії, Франції, Швейцарії. Піддав критичному перегляду ідеї стародавньої медицини. Сприяв упровадженню хімічних препаратів у медицину. У 1530 р. написав перший посібник із фармації.

Ми переконуємося, що «широко простягає хімія руки свої у справи людські. Куди не подивимось, куди не оглянемося, скрізь обертаються перед очима нашими успіхи її старанності».

Ці слова великого російського вченого-природодослідника М. В. Ломоносова (1711—1765), висловлені майже 250 років тому, і сьогодні не втратили свого значення. Навпаки, вони звучать з особливою силою, оскільки у наш час роль хімії в житті суспільства постійно зростає.

Окрім застосування речовин і матеріалів, у різних галузях промисловості використовуються хімічні методи, наприклад каталіз, захист металів від корозії, обробка деталей хімічним способом тощо.

Проникнення хімічних методів, нових речовин і нових матеріалів у основні галузі промислового виробництва, сферу побуту, охорону здоров'я дедалі більшою мірою забезпечує їх прогрес. Саме тому й відбувається хімізація практично всіх сфер людської діяльності. Вона є об'єктивною закономірністю розвитку виробничих сил суспільства.

Водночас розвиток сучасного хімічного виробництва немислимий без монтажу установок, без електроніки, вимірювальної, керівної, регулювальної техніки, наукового приладобудування, без розвитку сировинної бази та енергетичного господарства.

Отже, у розвитку хімічної промисловості чітко виявляється тенденція взаємного проникнення і взаємного впливу окремих галузей виробництва та науки.

Такий досить складний взаємозв'язок хімічної промисловості майже з усіма галузями суспільного господарства — це відмітна ознака сучасної хімії. Для її позначення й використовується поняття «хімізація».

Хімізація — це використання властивостей речовин, хімічних процесів і хімічних методів аналізу в практичній діяльності людини, і передусім у сфері матеріального виробництва.

Хімізація дає змогу розв'язувати багато проблем господарського життя суспільства в цілому й кожної людини зокрема.

У той самий час хімізація породжує і нові проблеми, пов'язані зі станом природного середовища й, як наслідок, із загрозою для здоров'я людини. Ось чому з розвитком хімізації посилюється неспокій за майбутнє людства і всього живого на нашій планеті.

Виявляється, що сучасний рівень практичного використання хімії гостро зіштовхує суспільну свідомість з екологічною проблемою, а також із низкою інших глобальних проблем, що хвилюють усе людство, наприклад з енергетичною, сировинною, продовольчою тощо.

Це можна пояснити тим, що поглиблення хімізації багато в чому по-новому виявляє соціальне значення хімії, її найщільніші й найскладніші зв'язки з різними сторонами матеріального і культурного життя суспільства.

Ваше завдання полягає в тім, щоб зрозуміти й усвідомити специфічну роль хімії в житті суспільства. А щоб полегшити досить складний і суперечливий процес усвідомлення, розглянемо конкретні приклади.

§ 18. ЗНАЧЕННЯ ХІМІЇ У СТВОРЕННІ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Ви вже знаєте, що як у промисловості, так і в побуті широко використовуються різні матеріали.

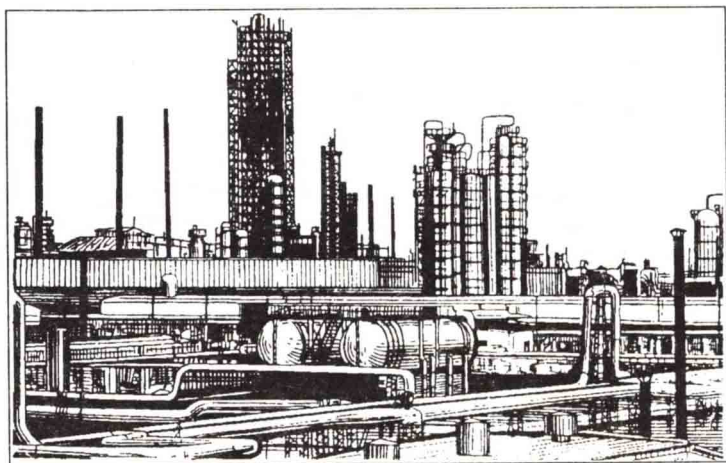
Речовини, що використовуються для виготовлення будь-якого фізичного тіла, називаються матеріалами.

Для здійснення кожного хіміко-технологічного процесу потрібна апаратура, виготовлена з таких матеріалів, які здатні чинити опір різним агресивним впливам, у тім числі хімічним, механічним, термічним, електричним, часом і радіаційним та біологічним.

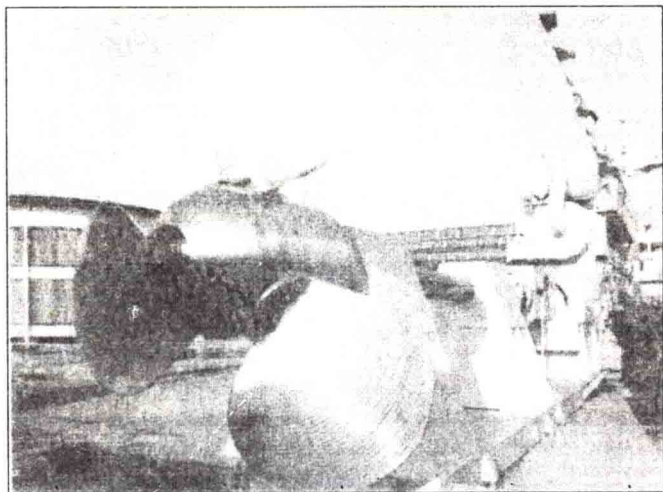
Хімія робить суттєвий внесок у створення різноманітних матеріалів: металічних і неметалічних.

Серед металічних матеріалів найчастіше використовуються сплави на основі заліза — чавун і сталь (мал. 19), на основі міді — латунь і бронза (мал. 20), на основі алюмінію, магнію, нікелю, ніобію, титану, танталу, цирконію та інших металів. З металічних сплавів виготовляються теплообмінники, ємкості, мішалки, трубопроводи, контактні апарати, колони та інші апарати.

Для поліпшення якості металічних матеріалів використовують *порошкову металургію*. Вона включає процеси виробництва металічних порошків і спікання з них виробів. Сучасна порошкова металургія займається, по-перше, створенням матеріалів і виробів з такими характеристиками (склад, структура, властивості), яких досі неможливо досягти відомими методами плавки; по-друге, виготовленням традиційних мате-



Мал. 19. Загальний вигляд Кременчуцького нафтопереробного заводу. Для таких підприємств потрібні металічні матеріали, особливо стійкі до корозії. Зазвичай, це високоякісні сталі, що не іржавіють на повітрі та не зазнають корозії в різних газах і рідинах



Мал. 20. Судновий гвинт з алюмінієвої бронзи

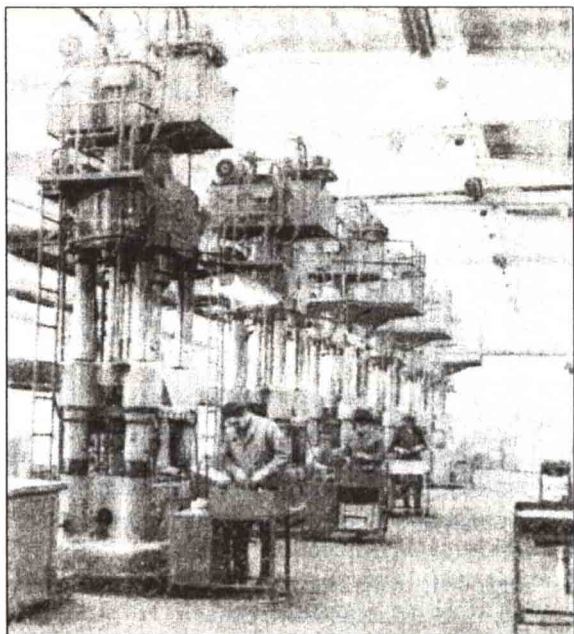
ріалів і виробів, але за вигідніших техніко-економічних показників виробництва.

У розробці теоретичних основ найважливіших процесів порошкової металургії провідне місце посідає Інститут проблем матеріалознавства НАН України. Перший в Україні (і в колишньому СРСР) завод порошкової металургії став до ладу в м. Бровари (поблизу Києва) у 1965 р.

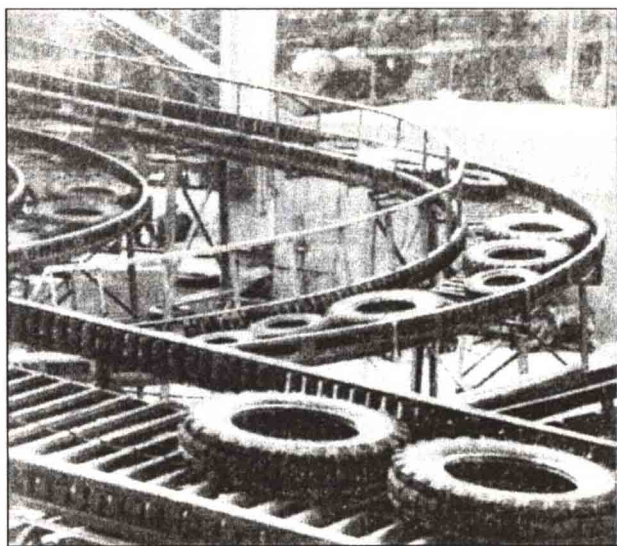
Серед неметалічних матеріалів важливого значення набули полімери на основі фенолоформальдегідних смол, полівінілхлориду, поліетилену і фторопластів (мал. 21). Ці матеріали, на відміну від металічних, виявляють високу стійкість до агресивних середовищ, мають низьку густину, високу тривкість до стирання, добрі діелектричні й теплоізоляційні властивості. Окрім цього, важливе значення мають каучуки та різні матеріали на їх основі — бутилкаучук, фторкаучук, силіконові каучуки тощо (мал. 22).

До групи неметалічних матеріалів належать і такі традиційні матеріали, як кераміка, порцеляна, фаянс, скло, цемент, бетон, графіт, які знаходять дедалі нове і нове використання.

Останнім часом вимоги до матеріалів неухильно зростають. Це пояснюється тим, що значно ширше



Мал. 21. Цех Сімферопольського заводу пластмасових виробів



Мал. 22. Цех Дніпропетровського шинного заводу

застосовуються тепер екстремальні впливи — надвисокі й наднизькі тиски та температури, ударні й вибухові хвилі, йонізуючі випромінювання, ферменти. З огляду на це зростає також роль хімії у створенні нових матеріалів, здатних опиратися цим впливам.

Особливе місце серед нових матеріалів посідають композити, тобто матеріали, що містять компоненти з різними властивостями.

Композиційними матеріалами, або композитами, заведено називати матеріали з металічної або неметалічної основи (матриці) та наповнювача, який надає міцності.

Композити складаються з дуже не схожих за властивостями речовин, унаслідок чого композиційний матеріал набуває властивостей, зовсім не схожих на властивості будь-якої з вихідних речовин.

Композити зустрічаються в природі, наприклад деревина, кістка, черепашка молюсків тощо. Люди почали створювати композити, нехай примітивні, з давніх давен. Ще в 600 р. до нашої ери у Вавілоні була збудована башта заввишки 90 м з глиняних блоків, у якій замішана козяча вовна.

У наш час найпоширенішими композитами є залізобетон і склопластики. Залізобетон являє собою залізну арматуру в матриці з бетону. Він широко використовується в будівництві та архітектурі. При виготовленні склопластиків для армування використовується скловолокно. Склопластики недорогі, мають чудові механічні властивості, стійкі до корозії. Їх широко застосовують, наприклад у судобудуванні.

Серед відносно нових композитів виділяють *кермети* (кераміко-металічні матеріали), *норпласти* (наповнені органічні полімери) і *піни* (газонаповнені матеріали).

Як основу (матрицю) використовують метали і сплави, полімери, кераміку. Наповнювачі, що застосовуються, особливо для композитів на основі пластмас, значно різноманітніші. Від них залежить міцність і жорсткість композитів.

В Україні започатковані принципово нові методи добування композитів, наприклад на основі боридів металів (відновлення оксидів металів бором у вакуумі та карбідом бору). Освоєно метод прямого синтезу

силіцидів з металу й силіцію, а також безпосереднє відновлення оксидів металів силіцієм тощо. Багатьма своїми властивостями — міцністю, ударною в'язкістю, міцністю від втоми тощо — композити значно перевищують традиційні матеріали, завдяки чому потреби суспільства в них і взагалі у нових матеріалах безперервно зростають. На виготовлення композитів витрачають великі кошти, цим пояснюється той факт, що головними споживачами композитів поки що є авіаційна і космічна промисловість.

Завдання для самоконтролю

138. Назвіть відомі вам традиційні матеріали. Де їх використовують?

139. Поясніть, що є спільного між поняттями «речовина» і «матеріал» і чим вони різняться.

140. Розкрийте значення матеріалів у промисловості.

141. Які неметалічні матеріали ви знаєте? Яке їхнє значення?

142. Які нові матеріали ви знаєте? Що вам відомо про їхні властивості та застосування?

143*. Хлоропреновий каучук є матеріалом, що характеризується високою стійкістю проти світла, теплоти й розчинників. Складіть рівняння реакції добування цього каучуку полімеризацією хлоропрену $\text{CH}_2=\text{CCl}-\text{CH}=\text{CH}_2$.

§ 19. ЗНАЧЕННЯ ХІМІЇ У РОЗВ'ЯЗАННІ СИРОВИННОЇ ПРОБЛЕМИ

Сировина — невід'ємний елемент будь-якого виробничого процесу, в тім числі й хіміко-технологічного.

Матеріали (природні або штучні), призначені для подальшої промислової обробки, називаються сировиною.

Природа, що нас оточує, здається, є невичерпною коморою, з якої промисловість бере сировину. У міру розвитку науки і техніки дедалі більше нових корисних копалин використовується для добування продуктів виробництва, з'являються нові види сировини, розширюється сировинна база промисловості.

У зв'язку з бурхливим розвитком промисловості у ХХ ст. різко збільшився обсяг добування й переробки корисних копалин. За останні 40 років багатьох корисних копалин було видобуто більше, ніж за всю історію людства. Тепер у світі щорічно вилучається й переробляється 100 млрд т гірських порід. А в хімічному виробництві як сировину використовують не лише гірські породи. Це призводить до того, що багато які сировинні джерела швидко виснажуються, внаслідок чого й виникає сировинна проблема. Уже тепер багато країн відчувають гостру нестачу окремих видів сировинних ресурсів. В Україні, наприклад, не вистачає такої горючої мінеральної сировини, як нафта і природний газ.

Невідповідність між запасами і споживанням деяких видів сировини висуває проблему її бережливого й раціонального використання. У зв'язку з цим хіміки ставлять перед собою такі найголовніші завдання:

- 1) розвідування й застосування дешевої сировини, нових видів альтернативних сировинних матеріалів;
- 2) комплексне використання сировини;
- 3) розробка нових ефективних методів рециркуляції, тобто багаторазового використання різних видів сировини, наприклад металів;
- 4) використання відходів, тобто вторинної сировини.

Останнім часом хіміки намагаються застосовувати місцеву сировину. Це вигідно, оскільки не вимагає витрат на далекі перевезення.

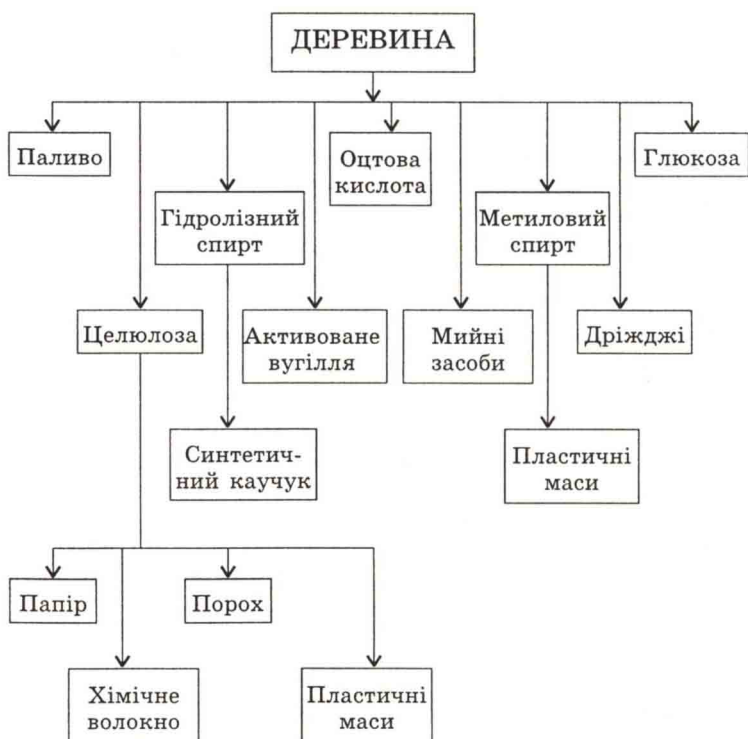
Історія розвитку хімічної промисловості знає чимало прикладів, коли та чи інша речовина з пустої породи або відходів виробництва перетворювалася на цінну сировину. Наприклад, хлорид калію KCl на початку ХХ сторіччя був пустою породою під час добування кухонної солі із сильвініту (мінерал $KCl \cdot NaCl$). Тепер сильвініт переробляють з метою вилучення з нього хлориду калію KCl для виробництва цінних мінеральних добрив, а хлорид натрію $NaCl$ перетворився на відходи.

Багато рідкісних елементів-металів (Титан, Реній, Германій) раніше не знаходили застосування через їх промислову недоступність, але потреби в цих металах атомної енергетики, мікроелектроніки, радіотехніки,

космічної техніки, які сьогодні визначають науково-технічний прогрес, зробили можливим промислове добування розсіяних елементів.

Комплексне використання сировини спрямовується на застосування всіх її головних частин для добування корисних продуктів або матеріалів. Це означає, що з одного виду сировини можна добути велику кількість різних продуктів. Наприклад, нині деревина використовується не лише як джерело виготовлення меблів, а й як джерело величезних матеріальних цінностей (схема 1).

Схема 1. Використання деревини і продуктів її переробки



Хіміки відповідають за раціональне використання сировини, її комплексну переробку, ліквідацію відходів, багато з яких завдають непоправної шкоди довкіллю та здоров'ю людини. Наприклад, у Кіровоград-

ській області розміщення Долинського переробного комбінату не узгоджується з турботою про здоров'я людини і довкілля. Отже, розробка нових способів комплексного використання сировини є вельми актуальною.

Хімія має велике значення і в розробці способів переведення речовин, що прореагували, у початковий стан для їх повторного використання (рециркуляція, регенерація сировини).

Наприклад, уже зараз досить широко використовуються метали у вигляді вторинної сировини (так званого скрапу). Майже половина світового виробництва сталі базується на скрапі.

Невичерпним джерелом сировини є промислові й побутові відходи, так звана вторинна сировина. Вони отруюють водойми, заражують ґрунт і повітря, захирацюють території. Завдання хіміків полягає у знешкодженні відходів. Для цього будують спеціальні очисні споруди.

В Україні встановлено норми допустимого вмісту речовин у газуватих промислових викидах і стічних водах та відповідну систему контролю. Але головне завдання хіміків полягає у створенні безвідхідних виробництв, де відходи використовуються для добування необхідних продуктів. Реалізація такого завдання тісно поєднана з комплексним використанням сировини і комбінуванням виробництв, коли відходи одного заводу стають сировиною для іншого, і тоді завод переростає у комбінат.

Завдання для самоконтролю

144. У чому суть сировинної проблеми? Мотивуйте її виникнення.

145. Розкрийте значення хімії у розв'язанні сировинної проблеми.

146. У промисловості для добування ацетилену використовують як сировину карбід кальцію і метан. Напишіть рівняння реакцій добування ацетилену цими способами та поясніть, який із них раціональніший і чому.

147. Природною сировиною для добування твердих парафінів є

(1) природний газ;

(3) кам'яне вугілля;

(2) нафта;

(4) супутний нафтовий газ.

148. Для виробництва мила використовують:

- (1) солі вищих карбонових кислот;
- (2) естери вищих карбонових кислот;
- (3) вищі спирти;
- (4) феноли.

149. Анілін — важливий продукт хімічної промисловості. Він є вихідною речовиною для добування багатьох барвників, ліків, вибухових речовин, високомолекулярних сполук тощо. Визначте вихід аніліну, якщо внаслідок відновлення нітробензену масою 73,8 т добуто 48,0 т аніліну.

150. Сировиною для виробництва сульфатної кислоти є сірчаний колчедан. Обчисліть масову частку використання Сульфуру, якщо з 400 т сірчаного колчедану з масовою часткою Сульфуру 46 % вироблено 280 т сульфатної кислоти.

151*. Унаслідок окиснення спирту утворилась одноосновна карбонова кислота, для нейтралізації 22 г якої витрачено 59,4 мл розчину лугу з масовою часткою гідроксиду калію 20 % і густиною 1,18 г/мл. Визначте формулу спирту, який став сировиною для добування карбонової кислоти: напишіть структурні формули його можливих ізомерів та їхні назви.

152*. Як добути бензен із метану? Напишіть рівняння реакцій і зазначте умови їх здійснення.

§ 20. ЗНАЧЕННЯ ХІМІЇ У РОЗВ'ЯЗАННІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПРОБЛЕМИ

Забезпеченість енергією є найважливішою умовою соціально-економічного розвитку будь-якої країни, її промисловості, транспорту, сільського господарства, сфер культури і побуту.

Особливо багато енергії споживає хімічна промисловість. Енергія витрачається на здійснення ендотермічних процесів, на транспортування матеріалів, кришіння та здрібнення твердих речовин, фільтрування, стиснення газів тощо. Значних затрат енергії потребують виробництва карбиду кальцію, фосфору, аміаку, поліетилену, ізопрену, стирену тощо. Хімічні виробництва разом із нафтохімічними є найенергоємнішими галузями індустрії. Випускаючи майже 7 % промислової продукції, вони споживають у межах 13—20 % енергії, що витрачається всією промисловістю.

Джерелами енергії найчастіше є традиційні невідновні природні ресурси — вугілля, нафта, природний газ, торф, сланці.

- Пригадайте, які вугільні басейни України ви знаєте і покажіть їх на карті.
- Чи має Україна свої родовища нафти й природного газу? Що вам про них відомо з курсу географії?

Останнім часом вони дуже швидко виснажуються. Особливо прискореними темпами зменшуються запаси нафти і природного газу, а вони обмежені й непоправні. Не дивно, що це породжує енергетичну проблему.

У різних країнах енергетичну проблему розв'язують по-різному, проте всюди в її розв'язання значний внесок робить хімія. Так, хіміки вважають, що й у майбутньому (приблизно ще років 25—30) нафта збереже свою позицію лідера. Але її внесок в енергоресурси помітно скоротиться і буде компенсуватися зрослим внеском вугілля, газу, водневої енергетики, ядерного пального, енергії Сонця, енергії земних глибин та інших видів відновної енергії, включаючи біоенергетику.

Уже сьогодні хіміки турбуються про максимальне і комплексне енерготехнологічне використання паливних ресурсів — зменшення втрат теплоти у навколишнє середовище, вторинне використання теплоти, максимальне застосування місцевих паливних ресурсів тощо.

Розроблено хімічні методи вилучення в'язкої нафти (містить високомолекулярні вуглеводні), значна частина якої залишається у підземних родовищах. Для збільшення виходу нафти у воду, яку закачують у пласт, додають поверхнево-активні речовини. Їхні молекули розміщуються на межі нафта—вода, що збільшує рухливість нафти.

На майбутнє поповнення паливних ресурсів поєднують із раціональною переробкою вугілля. Наприклад, подрібнене вугілля змішується з нафтою, на добуту пасту діють воднем під тиском. При цьому утворюється суміш вуглеводнів. На добування 1 т штучного бензину витрачається близько 1 т вугілля і 1500 м³ водню. Поки що штучний бензин дорожчий від добутого з нафти, проте важлива принципова можливість його добування.

Дуже перспективною видається *воднева енергетика*, що ґрунтується на спалюванні водню, під час якого шкідливі викиди не виникають. Проте для її розвитку потрібно розв'язати низку завдань, поєднаних зі зниженням собівартості водню, створенням надійних засобів його зберігання та транспортування тощо. Якщо ці завдання будуть розв'язані, водень може використовуватися в авіації, водному і наземному транспорті, промислового і сільськогосподарському виробництвах.

Невичерпні можливості містить *ядерна (атомна) енергетика*. Її розвиток для виробництва електроенергії та теплоти дає змогу вивільнити значну кількість органічного палива. Тут перед хіміками стоїть завдання створити комплексні технологічні системи покриття енергетичних витрат, що відбуваються під час здійснення ендотермічних реакцій, за допомогою ядерної енергії. Проте жакхлива аварія на Чорнобильській АЕС змінила ставлення до атомних електростанцій у світі, особливо в нашій країні. Можна з упевненістю твердити, що без розв'язання проблеми значного підвищення надійності АЕС подальший розвиток атомної енергетики буде неможливий.

Великі надії покладаються на використання сонячної радіації (*геліоенергетика*). У Криму діють сонячні батареї, фотогальванічні елементи яких перетворюють сонячне світло в електрику. Для опріснення води й опалення житла широко використовуються сонячні термоустановки, що перетворюють сонячну енергію на теплоту. Сонячні батареї вже давно застосовуються у навігаційних спорудах і на космічних кораблях. На відміну від ядерної вартість енергії, яку добувають за допомогою сонячних батарей, постійно знижується.

Для виготовлення сонячних батарей головним напівпровідниковим матеріалом є силіцій та сполуки Силіцію. Нині хіміки працюють над розробкою нових матеріалів-перетворювачів енергії. Це можуть бути різні системи солей як накопичувачі енергії. Подальші успіхи геліоенергетики залежать від тих матеріалів, які запропонують хіміки для перетворення енергії.

У третьому тисячолітті приріст виробництва електроенергії буде відбуватися за рахунок розвитку сонячної

енергетики, а також метанового бродіння побутових відходів та інших нетрадиційних джерел добування енергії.

Завдання для самоконтролю

153. Чим викликана енергетична проблема та її загострення останнім часом?

154. Покажіть на конкретних прикладах значення хімії у розв'язанні енергетичної проблеми.

155. У Криму працює сонячна електростанція потужністю 500 кВт. Скільки 100-ватних електричних лампочок можна підключити до цієї електростанції?

156*. Геліюустановка дає змогу за допомогою алюмінієвих дзеркал, що відбивають сонячну енергію, добувати гарячу воду, водяну пару та електроенергію. Яку конструкцію геліюустановки ви могли б запропонувати?

§ 21. ЗНАЧЕННЯ ХІМІЇ У ПОВСЯКДЕННОМУ ЖИТТІ

У побуті ми практично щоденно зустрічаємося з продуктами хімічної промисловості та з хімічними процесами. Це прання білизни, миття посуду, доглядання за підлогою та меблями, застосування клею, а також готування їжі, умивання з милом, догляд за шкірою обличчя та інша особиста гігієна тощо.

Нині побутова хімія — це самостійна галузь промисловості. Щороку у світі виробляється майже 30 млн т товарів побутової хімії. Це мийні, дезінфікуючі засоби, засоби догляду за меблями й підлогою, для боротьби з комахами і захисту рослин, засоби для вибілювання, підкромалювання, підсинювання, різноманітні фарби, клеї, автокосметика тощо.

У побуті широкого застосування набули *мийні засоби*. Річ у тім, що чиста вода добре видаляє із забрудненої поверхні лише розчинні в ній речовини. Часточки нерозчинних речовин, які змочуються водою (гідрофільні), можна видалити за рахунок механічного впливу. Якщо ж речовини не змочуються водою (гідрофобні) і до того ж мають підвищену в'язкість, то

практично їх не можна видалити водою. Це стосується жирових забруднень, воску, стеарину, олії, різних органічних речовин тощо. У таких випадках застосовується мило, а ще краще — синтетичні мийні засоби (СМЗ), що належать до групи поверхнево-активних речовин (ПАР).

До СМЗ універсальної дії належать пральні порошки «Наталка», «Кристал», «Лотос», «Астра». Для прання вовняних, шовкових і синтетичних тканин використовуються порошки «Екстра», «Новость». Якщо білизна дуже забруднена або довго лежала не-випраною, то краще користуватися миючим засобом типу «Ера». Цей самий порошок можна брати з собою в туристичний похід, якщо маршрут лежить уздовж морського узбережжя (чому?). А ось рідкими СМЗ прати в морській воді не можна, оскільки вони зм'якшувачів води не містять.

Мийна дія ПАР пояснюється їхньою здатністю часточки бруду жирового походження з'єднувати з водою.

Залежно від призначення до складу СМЗ входять різні лужні добавки: силікат натрію, сода, фосфати натрію, які полегшують процес прання бавовняних і льняних тканин, капрону. Але ці СМЗ не можна застосовувати для прання виробів із вовни і лавсану, оскільки вони поступово руйнуються під впливом лужного середовища. Для таких виробів застосовують СМЗ, які створюють у воді нейтральну реакцію.

Під час прання виробів, які мають забруднення біологічного походження, наприклад плями крові, використовують СМЗ, що містять ферменти. Але слід пам'ятати, що не можна прати у дуже гарячій воді, оскільки ферменти за температури понад 40 °С руйнуються.

Деякі СМЗ містять відбілювачі, що руйнують стійкі забруднення, через які тканина набуває сірого або жовтого кольору.

Відбілювачем може бути перборат натрію $\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, як сама пероксидна сіль, так і пероксид гідрогену H_2O_2 , що утворюється під час гідролізу солі.

Багато які штучні волокна здатні електризуватися, тобто накопичувати електричні заряди. Негативні заряди (електрони) можуть накопичувати такі волокна,

як нітрон, лавсан, ацетатні волокна. Позитивного заряду (через втрату електронів) набуває поверхня капрону, нейлону і частково вовна та шовк. Льняні та бавовняні тканини поглинають вологу, що сприяє стіканню електричних зарядів, тому вони й не електризуються.

Для запобігання електризації вироби із синтетичних тканин обробляють розчином «Антистатик».

Для чищення посуду, раковин у мийні засоби часто вводять тверді інертні речовини — абразиви, які полегшують механічне руйнування твердих забруднень. Потрібно пам'ятати: категорично забороняється засобами для прання білизни мити кухонний посуд! Вони шкідливі для організму.

Способи застосування СМЗ та інших препаратів зазначаються на упаковках. Їх слід додержуватися, тоді використання товарів побутової хімії буде цілком безпечним.

Хімічна промисловість випускає великий асортимент різних клеїв. Міцність зчеплення клею відносно склеюваних поверхонь визначається силами міжмолекулярної взаємодії (електростатичними силами) або хімічними силами, які ведуть до утворення хімічного зв'язку між молекулами клею і поверхнею, що склеюють.

Найстаріший із клеїв — силікатний, або конторський. Він відомий з середини XVI ст. і являє собою водний розчин силікату натрію Na_2SiO_3 . Його широко використовують у текстильному та паперовому виробництві, у миловарінні та лакофарбуванні, для склеювання кераміки, скла, металів, картону, паперу та інших матеріалів.

До групи найкращих смол, клеїв і лаків належать епоксидні. Їм властива висока липкість до скла, порцеляни, металів, пластмас, дерева та висока межа міцності. У побуті широко використовуються клеї типу БФ, БФ-2, БФ-5, виготовлені на основі фенолоформальдегідних смол.

Випускається широкий асортимент засобів особистої гігієни, лікарських і парфумерно-косметичних препаратів, засобів боротьби з комахами та по догляду за автомобілем, плямовивідні засоби і багато іншого. У цій галузі здійснюються науково-дослідні роботи, і

асортимент товарів побутової хімії постійно розширюється. Отже, хімія полегшує нашу працю, зберігає здоров'я, але може бути й смертельно небезпечною. Тому потрібно обережно ставитись до хімікатів у вашому домі та в школі. Навіть ліки можуть бути дуже небезпечними, якщо неправильно їх застосовувати або займатися самолікуванням.

Треба завжди пам'ятати, що всі побутові хімікати потенційно небезпечні! Якщо вони дають змогу нам економити час і сили, полегшують наше життя, то вимагають уважного й грамотного поводження з ними.

Завдання для самоконтролю

157. Розкрийте значення хімії у повсякденному житті.

158. Чому під час прання слід застосовувати мийні засоби, а прання в чистій воді недостатнє?

159. Яке значення мають різні добавки у складі мийних засобів?

160. Чому льняні та бавовняні тканини не електризуються?

161. Накип, як правило, складається з суміші речовин. Для його видалення з поверхні чайника рекомендується прокип'ятити поверхню нагріву з розчином соди. Накип розпушується, при цьому сульфати кальцію та магнію переходять у карбонати. Далі треба прокип'ятити в чайнику розбавлений розчин оцтової кислоти і промити чайник водою. Напишіть рівняння реакцій переходу сульфату кальцію у карбонат, а потім у розчинну сіль Кальцію.

162*. Напишіть рівняння реакції утворення фенолоформальдегідної смоли, яка часто застосовується як лак для покриття виробів із дерева.

§ 22. ХІМІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ

У живій і неживій природі відбуваються різні фізичні, хімічні та біологічні процеси, які у більшості випадків взаємозв'язані й перебувають у нестійкій рівновазі; спостерігається так званий колообіг хімічних елементів і речовин, наприклад кисню, води, оксиду карбону(IV) тощо.

Діяльність людини внесла зміни у природний ко-лообіг елементів і речовин. Особливо посилився вплив людини на природу у зв'язку з науково-технічним прогресом. Останній спричинив різні негативні зміни у навколишньому середовищі: отруєння і забруднення прісної води, забруднення Світового океану і земної атмосфери, спустошення надр, винищення тварин і птахів аж до зникнення багатьох біологічних видів тощо. У зв'язку з цим особливого значення набуває екологія як наукова основа раціонального природо-користування та охорони живих організмів, серед них і людини.

|| **Екологія — це наука про відношення організмів між собою та з довкіллям.**

У побуті існує думка, що головну шкоду навколиш-ньому середовищу завдає хімія, хімічні виробництва. Це не зовсім так. Головними забрудниками є тепло-електростанції, кольорова металургія, транспорт. На-приклад, в атмосферу щорічно викидається 100 млн т оксиду сульфуру(IV) SO_2 . Більше половини цієї кіль-кості припадає на частку теплоелектростанцій, чет-верта частина — на частку кольорової металургії і лише кілька відсотків — на частку чорної металургії та основної хімічної промисловості. Те саме можна сказати про викиди оксидів Нітрогену та оксиду кар-бону(IV), про тверді пилові викиди і канцерогенні мікроелементи.

Хімічна промисловість разом із нафтохімічною на-справді відповідальна за появу в атмосфері аміаку, сірководню, хлоридів і флуоридів, формальдегіду, наф-талену, стирену, толуену, метанолу, нітратної, фос-фатної, ацетатної і синільної кислот.

Тепер у хімічній промисловості використовують різні фільтри, пилогазовловлювачі, які значно змен-шують викидання шкідливих речовин в атмосферу. Уловлюють і оксид сульфуру(IV) SO_2 , який входить до складу випального газу, а потім спрямовують його для добування сульфатної кислоти. На жаль, оксид суль-фуру(IV) ТЕЦ поки що не вловлюється. Поруч із ТЕЦ нагромаджуються величезні кількості попелу і шлаків, які займають великі земельні площі. Хіміки розробили

методи їх утилізації, наприклад виготовляють будівельні матеріали — цемент, цеглу, плитки.

Взагалі господарська діяльність людини залишає в природі велику кількість різних забрудників. Так, під час виробництва чавуну величезні земельні площі займають шлаки. Тепер їх частково переробляють на шлакобетон, шлаковату, яка використовується як теплоізоляційний матеріал замість азбесту. Мелений шлак застосовують для шляхових покриттів, а фосфощлак — як фосфатне добриво. Усе це дає значний економічний ефект, оскільки сприяє економії природної сировини й енергії на її переробку.

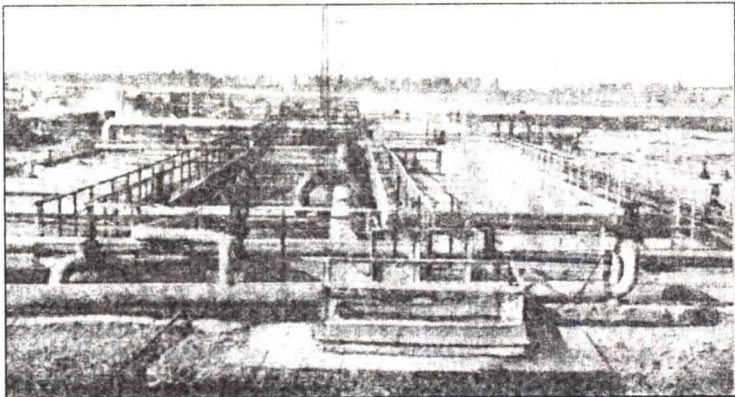
Синтетичні полімери на відміну від природних не розкладаються ферментами і залишаються в природі. Коли ж їх після використання спалюють, то тим самим лише збільшують забруднення повітря. Перед хіміками стоїть завдання розробки способів утилізації синтетичних матеріалів і створення нових полімерів, які б розклалися в природі.

Дуже гостро стоїть питання про раціональне використання води і неприпустимість забруднення водою. При цьому враховується, що прісна вода становить тільки близько 2,5 % від загальної кількості води на Землі. Кардинальне розв'язання проблеми полягає у створенні замкнених (безстічних) технологічних систем, коли використана вода очищується і знову повертається у виробництво.

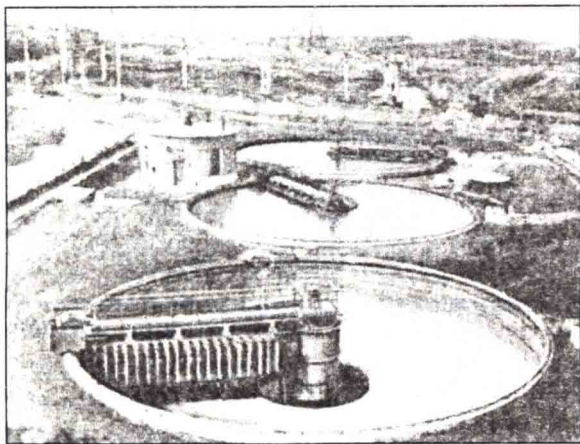
Для України, де розвиток виробництва й урбанізація значно розширили витрачання води, це особливо важливо. Загальний обсяг водоспоживання з урахуванням втрат в Україні досяг 30 км³ на рік, що становить 60 % усього стоку її річок. Уже зараз відчувається нестача води у Донбасі, Криворіжжі, Приазов'ї, Криму.

Нині в Україні багато зроблено щодо захисту водних масивів від забруднень. На багатьох заводах зведено очисні споруди (мал. 23), нейтралізатори, ставки-відстійники з повторним використанням води, установки біохімічного очищення промислових стоків (Криворізький коксохімічний завод) тощо (мал. 24).

Конституція України встановлює, що в інтересах нинішнього і майбутнього поколінь в Україні вжива-



Мал. 23. Очисні споруди на одному з підприємств Дніпропетровська



Мал. 24. Відстійники та інші очисні споруди на Рубежанському хімкомбінаті

ються необхідні заходи для охорони і науково обґрунтованого раціонального використання землі, її надр, природних ресурсів з метою поліпшення навколишнього середовища, в якому живе людина.

Екологічні проблеми, породжені сучасним суспільним розвитком, спричинили в усьому світі суспільно-політичний рух проти забруднення довкілля та інших негативних наслідків науково-технічного прогресу. В Україні у цьому плані діє Партія зелених.

Завдання для самоконтролю

163. Що таке екологія? Які екологічні проблеми вам відомі й чим вони викликані?

164. Які хімічні явища і процеси лежать, на ваш погляд, в основі таких екологічних проблем, як:

- (а) озонова дірка; (в) кислотні дощі;
(б) парниковий ефект; (г) загибель гідробіонтів в озерах.

165. Як ви вважаєте, що можуть запропонувати хіміки для розв'язання екологічних проблем, зазначених у завданні 164?

166. Унаслідок спалювання протягом доби на ТЕЦ багатозольного вугілля з відхідними газами викидається у повітря 50 т оксиду сульфуру(IV). Визначте масу сульфатної кислоти, яку можна добути з цієї маси оксиду сульфуру(IV), якщо його вловлювати та переробляти (виробничими втратами нехтувати).

167*. Сірководень — сильна отрута, тому відхідні гази ряду органічних виробництв пропускають крізь тверді вбирачі, які містять гідроксид феруму(III). Визначте об'єм сірководню (н. у.), який може поглинути гідроксид феруму(III) масою 12,84 кг, що взаємодіє за схемою:



168*. Унаслідок спалювання вугілля 80 % сірки, яка міститься в ньому потрапляє у відхідні гази, які викидаються в атмосферу у вигляді оксиду сульфуру(IV). Визначте об'єм оксиду сульфуру(IV) (н. у.), який міститься у викидах, якщо спалювати за добу 2 т вугілля з масовою часткою сірки в ньому 1,1 %.

169*. На коксохімічних заводах Кривого Рогу гази очищують від сірководню частковим окисненням його киснем повітря. Обчислити масу сірки, яку можна добути з коксових газів об'ємом 28 000 м³, якщо масова концентрація сірководню у коксових газах становить 30 г/м³.

§ 23. МІСЦЕ ХІМІЇ СЕРЕД НАУК ПРО ПРИРОДУ, ЇЇ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ РОЗУМІННЯ НАУКОВОЇ КАРТИНИ СВІТУ

Розрізняють такі основні науки про природу — фізика, хімія, біологія, предметом вивчення яких є *матерія*, тобто весь матеріальний світ з усією різноманітністю його існування і перетворень.

Матерія існує у просторі й часі і перебуває у безперервному русі. Форми руху матерії надзвичайно різно-

манітні. Вони взаємозв'язані й можуть переходити одна в одну.

Кожна з природничих наук вивчає конкретну форму руху матерії. Фізика вивчає механічний рух — переміщення мас у просторі, що являє собою найпростішу форму руху, а також фізичні процеси — електромагнітні, гравітаційні, ядерні, які поєднані з механічним рухом, але не зводяться лише до нього.

Хімія вивчає хімічну форму руху матерії — хімічні реакції. Вони включають у себе фізичну форму руху, наприклад перехід електронів від атомів одних елементів до атомів інших елементів, і супроводжуються фізичними процесами (поглинання або виділення теплоти, світла, електроенергії тощо). Проте хімічні процеси не зводяться до фізичних форм руху.

Предметом вивчення біології є органічна форма руху матерії (життя), яка неможлива без механічної, хімічної форм руху, але не вичерпується ними, а являє собою якісно нову, відмінну від попередніх, форму руху матерії.

Наведена класифікація (і підпорядкованість) форм руху має об'єктивний характер, оскільки відображує об'єктивний розвиток матерії від простого до складного, від нижчих форм до вищих. Разом з тим вона є і класифікацією наук, які ці форми вивчають. Згідно з цим

|| **хімія серед наук про природу посідає місце між фізикою та біологією.**

Хімічні знання значною мірою формуються на основі фізичних і, у свою чергу, становлять основу для формування біологічних знань. У своїй сукупності ці взаємозв'язані види знань дають змогу зрозуміти сучасну наукову картину світу.

|| **Наукова картина світу — це цілісна система уявлень про загальні властивості й закономірності природи.**

Вона створюється внаслідок узагальнення й синтезу основних природничо-наукових понять і принципів. Оскільки науку в загальному розумінні утворює система галузей знань, які взаємодіють між собою, наукова картина світу утворюється внаслідок синтезу знань, добутих із різних наук. Отже,

наукова картина світу є вищою формою узагальнення й систематизації знань про об'єктивну реальність на базі знань законів розвитку матеріального світу і соціальних відносин.

У цьому значенні її називають *загальною науковою картиною світу* — вона містить уявлення як про природу, так і про життя суспільства.

Вивчення хімії за допомогою знань про речовини, їхній склад, будову, властивості, застосування, про хімічні реакції й закономірності їх перебігу, роль хімії в синтезі нових матеріалів тощо дає змогу зрозуміти *наукову картину хімічної реальності*, так звану *хімічну картину світу*. Вона являє собою лише фрагмент, частину матеріального світу, але без неї неможливо набути цілісного уявлення про загальну наукову картину світу.

Вивчаючи хімію, ви помітили, що багато які уявлення про речовини та їхні перетворення в міру розвитку пізнання і практики змінювались. Так, атомно-молекулярне вчення, головні положення якого були розроблені в середині XVIII ст. М. В. Ломоносовим і Дж. Дальтоном, мало величезне значення для утвердження наукового погляду на картину світу. Проте з розвитком науки виявилось, що не всі речовини складаються з молекул, у багатьох речовин атомна або йонна будова. На підставі нових наукових поглядів хімічна картина світу змінилася, стала досконалішою.

Перші синтези органічних речовин із неорганічних, що завдали нищівної поразки віталістичному вченню і підтвердили єдність органічного та неорганічного світу, також спричинили зміни у поглядах на наукову картину природи.

Наступним важливим кроком у розвитку поглядів на речовину була розробка О. М. Бутлеровим структурної теорії, а з часом і відкриття Д. І. Менделєєвим періодичного закону та створення періодичної системи хімічних елементів. У результаті природу почали уявляти як комплекс взаємозв'язаних предметів і явищ, які перебувають у постійному русі, змінюються, розвиваються.

Успіхи природознавства у вивченні явища радіоактивності та складної будови атома дали змогу

розв'язати питання про штучне створення і цілеспрямоване перетворення хімічних елементів, вивільнення при цьому внутрішньоатомної енергії. Тим самим було внесено зміни у наукову картину світу. Вона стала ще досконалішою.

Людина дедалі глибше проникає в таємниці мікро- і макросвіту. Наукова картина світу перебуває в постійному розвитку. У зв'язку з новими науковими відкриттями може виникнути низка проблем, розв'язання яких, на думку вчених, викличе створення нових теорій, що також внесуть певні зміни у наукову картину світу. Усе це засвідчує матеріальність світу, різноманітність форм руху матерії, її пізнаванність і невичерпність, тобто сприяє формуванню в людини наукового світорозуміння.

Завдання для самоконтролю

170. Яке місце посідає хімія серед наук про природу? Дайте обґрунтовану відповідь.

171. Який зміст вкладається у поняття «наукова картина світу»?

172. Як ви пояснюєте вираз «наукова картина хімічної реальності»? Яке значення має ця картина для розуміння загальної наукової картини світу?

УЗАГАЛЬНЕННЯ ЗНАТЬ З КУРСУ ХІМІЇ

§ 24. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ХІМІЇ

Ви вже знаєте, що хімія вивчає хімічні елементи та їхні сполуки, хімічні перетворення різних сполук і ті закономірності, які цими перетвореннями керують. Отже, одним із найважливіших понять у хімії є поняття про хімічний елемент.

Хімічним елементом називається тип атомів, які мають однаковий заряд ядра, що дорівнює протонному числу (порядковому номеру) елемента.

Нині відомо вже 112 хімічних елементів. Їх класифікують по-різному, залежно від ознаки, яка береться в основу класифікації (схема 2).

Кожен із елементів має свій символ — знак хімічного елемента¹. Наявність хімічної азбуки дає змогу

Схема 2. Класифікація хімічних елементів



¹ Знаки хімічних елементів є азбукою хімічного письма.

відображувати склад речовин за допомогою хімічних формул.

- Що таке хімічна формула і що вона показує? Відповідь проілюструйте конкретним прикладом.

Зрозуміло, що, крім хімічного елемента, речовина також є одним із основних об'єктів хімії. І це справедливо, адже з речовин складаються всі тіла, що нас оточують. Наприклад, краплини дощу, іній на гілках, туман над річкою — усе це тіла, що складаються з однієї й тієї самої речовини — води.

Речовина досить повно визначається за трьома ознаками: а) займає частину простору; б) має масу спокою; в) побудована з частинок, між якими діють сили притягання і відштовхування.

Хімія вивчає головним чином речовини, побудовані з атомів, молекул, йонів, радикалів.

- Дайте визначення поняттям: «атом», «молекула», «йон», «радикал». Наведіть відповідні приклади.

Взаємне притягання і відштовхування частинок, з яких складається конкретна речовина, визначає її агрегатний стан.

- В яких агрегатних станах можуть перебувати речовини залежно від зовнішніх умов?
- Як ви гадаєте, до яких явищ — фізичних чи хімічних — належить перехід речовини з одного агрегатного стану в інший? Відповідь мотивуйте. Зверніть увагу на те, що цей перехід не супроводжується зміною складу речовини, але він обов'язково зв'язаний із більшим чи меншим зміненням її структури.

У філософському розумінні

|| речовина — це вид матерії, який має масу спокою.

У хімії ж поняття про речовину дещо обмежене, оскільки воно охоплює відомості тільки про склад речовини та хімічну форму руху матерії. Зважаючи на це,

||| речовина — це певна сукупність частинок (атомних, молекулярних, йонних), що перебуває у будь-якому з трьох агрегатних станів.

У наш час відомо понад 12 мільйонів речовин, і цей список щоденно поповнюється. Згідно з сучасними уявленнями про хімічний зв'язок *усі речовини є хімічними сполуками*, оскільки містять хімічно з'єднані між собою атоми елементів: якщо це атоми одного елемента — прості речовини, якщо кількох елементів — складні. Так, воду можна розкласти на водень H_2 і кисень O_2 , а молекули H_2 і O_2 , у свою чергу, на атоми Гідрогену H та Оксигену O . Отже, речовини заведено розподіляти на прості та складні (схема 3).

Схема 3. Класифікація хімічних сполук



- Дайте визначення і наведіть приклади простих і складних речовин, користуючись схемою 3.

Прості речовини являють собою форми існування елементів у вільному стані. Деяким елементам відповідає кілька простих речовин (алотропних форм), які можуть різнитися як за складом, наприклад кисень O_2 , озон O_3 для елемента Оксигену, так і за будовою кристалічних ґраток, наприклад алмаз, графіт, карбін для елемента Карбону.

Кожній речовині притаманні специфічні властивості — об'єктивні характеристики, які визначають індивідуальність конкретної речовини і тим самим дають змогу відрізнити її від усіх інших речовин.

Властивості речовин визначаються їх складом і будовою, тобто характером зв'язків, що виникають між атомами, та їхнім просторовим розташуванням.

- У вигляді яких алотропних форм існує елемент Фосфор? Розкрийте залежність між складом, будовою і властивостями його алотропних форм.

- Напишіть структурні формули бутану та ізобутану і поясніть, що спільного і чим відрізняються один від одного ці ізомери.

Властивості речовин суттєво змінюються залежно від наявних домішок. Ось чому для чистих речовин уведено поняття «хімічний індивід», що означає, який складається тільки з атомів (молекул, йонів) певного виду. Добування абсолютно чистих речовин, мабуть, практично неможливе, хоча нині використовують методи, які знижують вміст домішок до кількох атомів на 10^9 — 10^{10} атомів основного елемента.

Складні речовини також класифікують за певними ознаками. Згадаємо, наприклад, на які класи поділяються неорганічні речовини (схема 4).

Схема 4. Класифікація неорганічних речовин



- Розгляньте схему 4. Дайте визначення кожному з класів неорганічних сполук і наведіть відповідні приклади.
- Які класи органічних сполук ви знаєте? Зазначте формулу і назву характерного представника кожного класу.

Під час впливу на речовини зовнішніх умов у них відбуваються різні процеси. Залежно від зміни речовини, аж до утворення нової речовини, ці процеси можна розподілити на кілька видів.

Фізичні процеси (нагрівання, випаровування, плавлення, охолодження, конденсація тощо), змінюючи

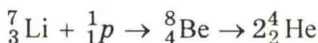
фізичні властивості речовини, не змінюють будови атомів або молекул, з яких складається дана речовина, і не призводять до змінення хімічних властивостей, до утворення нової речовини.

Хімічні процеси змінюють будову атомів і молекул, з яких складаються речовини, що реагують, і в результаті утворюються нові речовини з новими хімічними і фізичними властивостями. *Хімічні процеси і є хімічними реакціями.* Їх можна зображувати за допомогою хімічних рівнянь.

- Як ви гадаєте, які зовнішні зміни є найхарактернішими ознаками перебігу хімічної реакції?

Фізико-хімічні процеси (наприклад, розчинення) є проміжними між фізичними і хімічними процесами. Вони, як правило, не викликають радикальних змін хімічних властивостей речовин, що беруть у них участь.

Ядерні процеси зв'язані з перебудовою ядер атомів, з яких складається речовина, а це тягне за собою зміну фізичних і хімічних властивостей речовини. При цьому змінюється протонне число (порядковий номер) цих атомів у періодичній системі. Наприклад:



Завдання для самоконтролю

173. Що вивчає хімія? Дайте визначення хімії як науки.

174. Що таке речовина у філософському і науково-хімічному розумінні?

175. Що вам відомо про властивості речовин? Чим вони визначаються?

176. Дайте визначення хімічного елемента і, користуючись періодичною системою, поясніть, на які групи поділяються елементи і чому цей поділ умовний?

177. Для поняття «атом» справедливі твердження, що атом:

- (1) найменша неподільна частинка речовини;
- (2) найменша хімічно неподільна частинка речовини;
- (3) носій хімічних властивостей елемента;
- (4) складається з позитивно зарядженого ядра і негативно заряджених електронів.

178. Молекулі властиві такі характеристики:

- (1) якісний склад; (3) температура кипіння;
(2) будова; (4) кількісний склад.

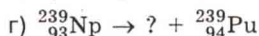
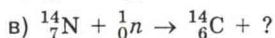
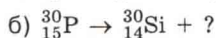
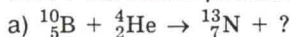
179. Залізо як проста речовина згадується у твердженнях:

- (1) входить до складу нітрату феруму(III);
(2) ковкий метал;
(3) належить до родини *d*-елементів;
(4) використовується для виготовлення магнітів.

180*. Елемент виявляє в оксиді ступінь окиснення +3. Масова частка цього елемента в оксиді становить 74,3 %. Визначте цей елемент.

181*. Елемент масою 16 г унаслідок взаємодії з киснем масою 6,4 г утворює оксид складу RO. Визначте цей елемент.

182*. Напишіть рівняння таких ядерних реакцій:



183*. Нуклід Літій-6 застосовується для добування Тритію. Реакція відбувається в ядерному реакторі шляхом бомбардування повільними нейтронами. Напишіть рівняння цієї ядерної реакції.

§ 25. ОСНОВНІ ЗАКОНИ ХІМІЇ. АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНЕ ВЧЕННЯ

Ви вже знаєте, що перші спроби пояснити будову речовинного світу, що нас оточує, мали чисто філософський характер. Ще давньогрецькі філософи (наприклад Левкіп, Демокріт, Епікур V—IV ст. до н. е.) стверджували, що всі речовини складаються з найменших частинок — атомів, які перебувають у постійному і безперервному русі; атоми розділені між собою пустим простором. За уявленнями цих мислителів, речовини відрізняються одна від одної кількістю і розміщенням атомів, які їх утворюють. Усі зміни, що відбуваються у світі, вони пояснювали поєднанням і роз'єднанням атомів, припускаючи, що в атомів існує внутрішнє джерело руху, і вони самі здатні взаємодіяти один з одним.



ДЕМОКРИТ

(близько 460—370 до н. е.)

Видатний представник давньогрецької філософії, засновник атомістичної гіпотези пояснення світу. Йому належать дослідження з астрономії, геології, зоології, математики, фізики, медицини, логіки. Поряд з цим він писав твори з мистецтва, музики і поезії.

Учення давньогрецьких філософів про атоми виглядає на диво сучасним, і нам воно цілком зрозуміле. Але на той час жодне з його положень не було доведене. І атомістика залишалась звичайною здогадкою, сміливим припущенням, філософською концепцією, що не підкріплена практикою. Вчення атомістів суперечило уявленням теологів. Церква забороняла його вивчати. Це призвело до того, що одна з геніальних здогадок людського розуму поступово була забута.

Про вчення атомістів не згадували майже 20 сторіч. І тільки у першій половині XVII ст. вчення про атоми знову відроджується завдяки працям французького філософа П'єра Гассенді (1592—1655). Він стверджував, що різні види атомів, яких у природі дуже мало, поєднуються один з одним, утворюючи більші частинки — молекули, з яких побудовані речовини.

М. В. Ломоносов у XVIII ст. розвинув атомно-молекулярні уявлення у струнку природничо-наукову систему і вперше ввів її у хімію. Сучасна хімія почалася власне тоді, коли були зрозумілі і прийняті більшістю вчених основні положення про внутрішню будову речовини, уявлення про атоми як носії властивостей елементів і про молекули як носії хімічних властивостей різних речовин.

Такі уявлення об'єднуються в атомно-молекулярне вчення і допомагають установити ті закони, які заведено називати основними законами хімії.

Закон збереження маси. Виключне значення для розвитку хімії мало встановлення закону збереження

**МИХАЙЛО ВАСИЛЬОВИЧ
ЛОМОНОСОВ
(1711—1765)**



Російський учений-енциклопедист, перший російський академік Петербурзької АН (з 1745), один із засновників сучасного природознавства. Вражає широчінь його наукових інтересів і глибина проникнення у таємниці природи. За словами О. С. Пушкіна: «Історик, ритор, механік, хімік, мінеролог, художник і віршотворець — він усе дослідив і все збагнув». У своїх теоретичних уявленнях виходив з атомно-молекулярної теорії будови речовини і принципу збереження речовини і руху. Увів у хімію кількісні методи дослідження. Заклав основи фізичної хімії.

маси, який є наслідком загального закону збереження матерії та руху, сформульованого М. В. Ломоносовим у 1748 р. як загальний природничий закон: «Усі зміни, що відбуваються в природі, такого суть стану, що, скільки чого в одного тіла відніметься, стільки приєднається до іншого: так якщо де убуде кількість матерії, то помножиться в іншому місці... Сей загальний закон простягається в самі правила руху; бо тіло, яке рухає своєю силою інше, стільки ж ония у себе втрачає, скільки передає іншому, яке від нього рух здобуває».

У 1756 р. М. В. Ломоносов експериментально довів це положення, висловлене у вигляді філософської концепції, здійснюючи досліди з випалювання металів у запаяній реторті.

Незалежно від Ломоносова, закон збереження маси було відкрито і введено в хімію французьким ученим Антуаном Лавуазьє у 1789 р., котрий зробив ще один важливий висновок: під час хімічних реакцій зберігається не тільки загальна маса речовин, а й маса кожного елемента, що входить до складу реагуючих речовин. Отже, під час хімічних реакцій елементи не перетворюються один на одний, а зберігаються.

Сучасне формулювання закону збереження маси таке:

|| маса речовин, які вступають у хімічну реакцію, дорівнює масі речовин, які утворюються внаслідок реакції.

АНТУАН ЛАВУАЗЬЄ
(1743—1794)



Французький учений, один із засновників сучасної хімії. Експериментально довів, що повітря — не просте тіло, як вважалося на той час, а суміш різних за властивостями газів. Запропонував назву «кисень» і пояснив його роль у процесах випалювання, горіння, дихання. Навів визначення хімічного елемента, встановив хімічний склад води, оксидів Нітрогену, багатьох мінералів. Довів закон збереження маси речовин. Один із засновників термохімії. Гільотинований у період Французької революції.

Це можна пояснити тим, що у процесі хімічної реакції відбувається тільки перегрупування атомів, але кількість атомів і маса кожного з них залишаються сталими. Якщо ж кількість атомів кожного елемента, отже їхня загальна маса, не змінюється, то й маса реагентів повинна дорівнювати масі продуктів.

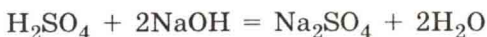
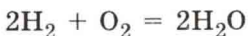
Закон збереження маси відіграв значну роль у становленні атомно-молекулярного вчення і подальшому розвитку хімії як науки.

На підставі закону збереження маси складаються рівняння хімічних реакцій і здійснюються практично важливі розрахунки.

Сталість складу. Наступним кроком у розвитку хімії стало встановлення положення про сталість складу речовин, виведеного французьким ученим Ж. Прустом:

|| хімічно чиста речовина молекулярної будови має сталий склад, незалежно від умов і способів її добування.

Наприклад, воду можна добути кількома способами:



ЖОЗЕФ ПРУСТ (1754—1826)



Французський хімік, член Паризької АН (з 1816). Установив закон сталості складу хімічних сполук. Відкрив гідроксиди металів. Запропонував термін «гідрат». Дослідив низку оксидів і сульфідів металів. Працював також у галузі органічної хімії, виділив глюкозу, відкрив амінокислоту лейцин, дослідив камфару, крохмаль, цукор.

Співвідношення атомів Гідрогену та Оксигену в молекулі води завжди 2 : 1, а масове співвідношення 2 : 16 або 1 : 8 (зважаючи на те, що $A_r(\text{H}) = 1$, а $A_r(\text{O}) = 16$). Масові частки Гідрогену й Оксигену в хімічно чистому зразку води відповідно становлять 11,12 і 88,88 %.

Отже, якщо речовина являє собою індивідуальну хімічну сполуку (без домішок), то її склад сталий і не залежить від способу добування. Відхилення від зазначеного складу свідчать про наявність домішок.

Проте зворотне твердження — кожному певному складу відповідає тільки одна хімічна сполука — не правильне. Наприклад, диметиловий етер $\text{CH}_3\text{—O—CH}_3$ і етиловий спирт $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ мають однаковий хімічний склад $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, але є різними хімічними сполуками, що відрізняються одна від одної структурою молекул, тобто порядком з'єднання в них атомів.

|| Речовини з однаковим хімічним складом і різною будовою називаються ізомерами.

Отже, кількісний склад сам по собі не визначає специфіки речовини.

Правильність висловленого Ж. Прустом положення про сталість складу речовин заперечував відомий на той час авторитет, французький хімік К. Бертолле, який вважав, що склад речовини може змінюватися у певних межах.

Питання про сталість складу речовин стало предметом семирічної полеміки між Ж. Прустом і К. Бертолле.

Унаслідок ретельної експериментальної перевірки погляди Ж. Пруста на той час взяли гору. Висловлене ним положення у 1808 р. було визнане як закон сталості складу.

Насправді ж справедливі погляди обох учених. Це довів російський хімік академік М. С. Курнаков, який на початку ХХ ст. сформулював уявлення про речовини сталого складу — дальтоніди і змінного складу — бертоліди¹.

Отже, закон сталості складу не є справедливим для всіх речовин. Свого часу він відіграв важливу роль, сприяв укріпленню атомно-молекулярного вчення в хімії, оскільки дав змогу розглядати хімічну сполуку як речовину, що складається з певних молекул і тому має певний склад. У той час (до початку ХХ ст.) вважали, що всі речовини складаються з молекул.

- А що вам сьогодні відомо про склад речовини? Назвіть для прикладу які-небудь частинки, що, на ваш погляд, увіходять до складу речовини.

Нині висловлене Ж. Прустом положення законом не вважають. Зараз відомо, що багато речовин мають немолекулярну будову, їхній склад змінюється у певних межах залежно від умов добування. Крім того, навіть деякі речовини молекулярної будови, наприклад полімери, не мають сталого складу.

Закон об'ємних відношень. Відомо, що маса речовин під час хімічних реакцій зберігається незмінною. На відміну від маси об'єм реагентів може суттєво змінюватись. Це відбувається тоді, коли в реакції беруть участь газуваті речовини або утворюються газуваті продукти реакції.

Вимірюючи об'єми газів, що вступають у реакцію та утворюються внаслідок неї, французький учений Ж. Гей-Люссак у 1808 р. сформулював закон об'ємних відношень, відомий як «хімічний» закон Гей-Люссака:

¹ Бертолідами є оксиди, гідриди, сульфідні, нітриди, карбідні та інші бінарні сполуки *d*- і *f*-елементів. Наприклад, сполуками змінного складу є FeO, Ti₂O₃, NbH, TaN, UO₂ тощо, тому наведені формули є формальними.

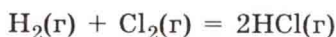
ЖОЗЕФ-ЛУЇ ГЕЙ-ЛЮССАК (1778—1850)

Французький хімік і фізик. Відкрив газові закони, названі його ім'ям. Здійснив фундаментальні дослідження у галузі фізичної, неорганічної та органічної хімії. Зробив вагомий внесок у вивчення галогенів. Сприяв поширенню об'ємних методів у аналітичній хімії. Відкрив ціан (1815), розробив метод добування щавлевої кислоти. Сконструював башту з системою свинцевих камер, яка в технології сульфатної кислоти має його ім'я.



Об'єми газів, що вступають у реакцію, відносяться один до одного і до об'ємів добутих газоватих продуктів як невеликі цілі числа.

При цьому вважається, що всі об'єми газів зведено до однакових температури і тиску. Наприклад, під час синтезу хлороводню з водню і хлору



співвідношення об'ємів газів таке:

$$V(\text{H}_2) : V(\text{Cl}_2) : V(\text{HCl}) = 1 : 1 : 2,$$

тобто 1 л водню сполучається з 1 л хлору, утворюючи 2 л хлороводню. Отже,

у рівняннях хімічних реакцій коефіцієнти перед формулами газоватих речовин відповідають їхнім об'ємам.

Як пояснити виявлену закономірність?

Закон Авогадро. Виявлену Ж. Гей-Люссаком закономірність пояснює закон, відкритий у 1811 р. італійським ученим Амедео Авогадро.

В однакових об'ємах різних газів за однакових умов (температури та тиску) міститься однакова кількість молекул.

Із закону Авогадро випливають два важливі наслідки.



АМЕДЕО АВОГАДРО (1776—1856)

Італійський фізик і хімік. Заклав основи молекулярної теорії, відкрив один із газових законів, названий його ім'ям. Визначив склад і відносну молекулярну масу багатьох речовин. Довів, що молекули водню, кисню, азоту, хлору двоатомні. Його праці сприяли подальшому розвитку атомно-молекулярної теорії.

Перший наслідок:

|| **один моль будь-якого газу за однакових умов займає однаковий об'єм.**

За нормальних умов (н. у.) (тиск в 1 атм (101 325 Па) і температура 273,15 К або 0 °С) об'єм 1 моль будь-якого газу дорівнює 22,4 л. Стала $V_m = 22,4$ л/моль називається *молярним об'ємом газу* за нормальних умов.

За будь-яких умов

|| **молярний об'єм газу — це величина, що дорівнює відношенню об'єму газу за даних умов до кількості речовини цього газу**

$$V_m = \frac{V}{n},$$

де V_m — молярний об'єм газу, м³/моль (л/моль); V — об'єм газу за даних (будь-яких) умов, м³ (л); n — кількість речовини газу, моль.

За стандартних умов (тиск 1 атм (101 325 Па) і температури 298,15 К або 25 °С) молярний об'єм газу дорівнює не 22,4, а 24,4 л/моль.

Молярний об'єм газу V_m можна обчислити також, знаючи молярну масу газу M та його густину.

|| **Молярний об'єм газу — це величина, що дорівнює відношенню молярної маси газу до його густини**

$$V_m = \frac{M}{\rho},$$

де V_m — молярний об'єм газу, м³/моль (л/моль); M — молярна маса газу, кг/моль (г/моль); ρ — густина газу, кг/м³ (г/л).

Другий наслідок: маса одного і того самого об'єму газу тим більша, чим більша маса його молекул. Якщо в однакових об'ємах газів за однакових умов міститься однакова кількість молекул, то, очевидно, що

|| **відношення мас однакових об'ємів газів за однакових умов дорівнює відношенню їхніх молярних мас**

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2},$$

де m_1 — маса певного об'єму першого газу; m_2 — маса такого самого об'єму другого газу; M_1 і M_2 — молярні маси відповідно першого і другого газів.

|| **Відношення маси певного об'єму одного газу до маси такого самого об'єму іншого газу (взятого за тих самих умов) називається відносною густиною першого газу за другим.**

$$\frac{m_1}{m_2} = D, \quad \text{або} \quad D = \frac{M_1}{M_2}$$

Отже, можна твердити, що

|| **густини різних газів, узятих за однакових умов, пропорційні їхнім молярним масам**

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{M_1}{M_2}$$

Періодичний закон. На підставі атомно-молекулярного вчення і хімічних властивостей елементів Д. І. Менделєєв у 1869 р. відкрив періодичний закон — один із основних законів природи. Сучасне формулювання періодичного закону таке:

|| **властивості елементів, а також властивості утворених ними простих і складних речовин перебувають у періодичній залежності від зарядів ядер їх атомів.**

- Згадайте історію відкриття Д. І. Менделєєвим періодичного закону.
- Розкажіть про періодичну систему з погляду будови атома.

Крім відомої вам так званої короткої форми зображення періодичної системи, використовується ще й «довга» форма, також запропонована самим Менделєєвим. Взагалі існує багато варіантів зображення періодичної системи і не тільки у вигляді таблиці. Але з табличних варіантів у наш час найпоширенішими є коротка і довга форми. Вони взаємно доповнюють одна одну і в цілому ідентичні. Проте останнім часом довга форма набуває більшої популярності, оскільки яскравіше узгоджується з будовою атомів хімічних елементів.

У довгій формі (див. форзац) великі періоди, так само як і малі, займають лише одну горизонталь, на два ряди не поділяються. Ліворуч розміщуються *s*-елементи, в атомах яких заповнюються *s*-орбіталі; праворуч — *p*-елементи, в атомах яких заповнюються *p*-орбіталі. У *s*- і *p*-елементів заповнюється зовнішній електронний шар. У середній частині великих періодів розміщуються так звані перехідні елементи, в атомах яких заповнюються *d*-орбіталі передзовнішнього шару. Родини лантаноїдів та актиноїдів — це *f*-елементи. В їхніх атомах заповнюється третій ззовні шар. Ці родини, як правило, виносять за межі таблиці, як у короткій, так і у довгій формі. Відмінність у послідовності заповнення електронних шарів (зовнішніх і розміщених глибше) пояснює причину різної довжини періодів.

Довга форма періодичної системи включає 16 груп — 8 головних і 8 побічних (підгруп немає), що позначаються літерами А і Б. Розташування у групах *s*- і *p*-елементів визначається загальною кількістю електронів зовнішнього шару, а *d*-елементів — загальною кількістю *s*-електронів зовнішнього і *d*-електронів передзовнішнього шарів. Періодична повторюваність будови зовнішніх електронних оболонок атомів є причиною періодичної зміни властивостей хімічних елементів. У цьому полягає фізична суть періодичного закону, яка не залежить від форми подання періодичної системи елементів.

ДМИТРО ІВАНОВИЧ МЕНДЕЛЄЄВ (1834—1907)

Російський хімік, різнобічний учений, педагог, прогресивний суспільний діяч. Відкрив періодичний закон хімічних елементів (1869). Створив періодичну систему, яку невтомно удосконалював. Вона набула повного визнання ще за життя Менделєєва. Вражає широчінь інтересів ученого: він автор багатьох фундаментальних досліджень з хімії, хімічної технології, фізики, метрології, повітроплавання, метеорології, сільського господарства, народної освіти тощо. Був обраний членом Лондонського королівського товариства, Римської, Паризької, Берлінської АН, а також почесним членом багатьох наукових товариств Росії, Західної Європи й Америки.



Відкриття наприкінці XIX ст. електрона, радіоактивності, складності будови атома, елементарних частинок призвело до того, що багато які положення класичного атомно-молекулярного вчення довелося переглянути. Так, ще сам Д. І. Менделєєв говорив про атом тільки як про хімічно неподільну частинку. Дослідження властивостей твердих тіл показало, що у переважній більшості випадків молекулярна теорія до них непридатна. Кристали солей складаються не з молекул, а з йонів, існування яких аж ніяк не впливає з основ атомно-молекулярної теорії.

І все ж таки основні уявлення атомно-молекулярної теорії міцно увійшли в хімічну науку. Всі відкриття фізики і хімії XX ст. спричинили лише звуження меж застосованості цієї теорії, але не похитнули її основ. Навіть сучасна квантова хімія, у межах якої немає ніякої необхідності розглядати молекули як частинки, що складаються з атомів, зберігає ці уявлення.

Основи атомно-молекулярного вчення широко використовуються не лише в сучасній хімії, а й у фізиці, біології, геології, астрономії та інших природничих науках.

Завдання для самоконтролю

184. Сформулюйте закон збереження маси. Хто його відкрив і яке значення цей закон має для науки?

185. Для спалювання 100 г метану необхідно мати кисень масою 400 г. При цьому утворюється 225 г води. Визначте масу утвореного оксиду карбону(IV).

186. Що вам відомо про сталість складу речовин?

187. Сформулюйте закон об'ємних відношень і поясніть його на конкретному прикладі.

188. Чи вистачить 400 м³ кисню для спалювання 100 м³ пропану?

189. Сформулюйте закон Авогадро і поясніть наслідки з нього.

190. Визначте об'єм водню (н. у.), який виділяється внаслідок взаємодії алюмінію кількістю речовини 0,5 моль з розчином сульфатної кислоти.

191. Елемент, атом, молекула простої речовини — у чому відмінність цих понять?

192. Сформулюйте періодичний закон і розкрийте його значення.

193. Із названих елементів третього періоду найяскравіше виражені неметалічні властивості має

- | | |
|---------------|--------------|
| (1) Алюміній; | (3) Сульфур; |
| (2) Силіцій; | (4) Хлор. |

194. Основні властивості елементів головної підгрупи першої групи зі збільшенням протонного числа (порядкового номера)

- (1) послаблюються;
- (2) посилюються;
- (3) залишаються сталими;
- (4) послаблюються, а потім посилюються.

195. Формула сполуки Нітрогену з Оксигеном, в якій масова частка Нітрогену становить 30,4 %, а молекулярна маса у газуватому стані дорівнює 92,— це

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| (1) N ₂ O ₄ ; | (3) N ₂ O ₅ ; |
| (2) NO; | (4) N ₂ O. |

196. Що, на ваш погляд, дає змогу вважати елементи Cl і I аналогами, а що вказує на їхню відмінність?

197. Сульфур у сполученні з Флуором виявляє вищий позитивний ступінь окиснення. Визначте масу газуватого флуориду сульфуру(VI) об'ємом 1 л (н. у.) і його густину за воднем.

198. Елемент-метал, що виявляє ступінь окиснення +4 й утворює оксид з масовою часткою Оксигену 40 %,— це

- | | |
|---------|---------|
| (1) Zn; | (3) Ti; |
| (2) Pb; | (4) Zr. |

199*. Масова частка Гідрогену в сполуці з елементами IV групи дорівнює 0,125. Сполука цього елемента з Гідрогеном має формулу

- (1) CH_4 ; (3) GeH_4 ;
(2) SiH_4 ; (4) SnH_4 .

200*. Під час взаємодії двовалентного металу масою 6,85 г з водою виділився водень об'ємом 1,12 (н. у.). Цей метал

- (1) Ca; (3) Mg;
(2) Ra; (4) Ba.

201. У розчин мідного купоросу занурили кадмієву пластинку масою 50 г. Унаслідок реакції її маса зменшилась до 47,6 г. Маса міді, що осіла при цьому на кадмієвій пластинці, дорівнює

- (1) 3,2 г; (3) 112 г;
(2) 6,4 г; (4) 11,2 г.

202*. До суміші 2 л метану й етилену додано 2 л водню. Після того, як уся суміш була пропущена над нагрітим платиновим каталізатором, її об'єм зменшився до 3,2 л. Об'ємні частки вуглеводнів у суміші становлять:

- (1) 30 % CH_4 і 70 % C_2H_2 ; (3) 60 % CH_4 і 40 % C_2H_2 ;
(2) 50 % CH_4 і 50 % C_2H_2 ; (4) 70 % CH_4 і 30 % C_2H_2 .

§ 26. ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК

Учення про хімічний зв'язок — одне з головних у хімії. Адже хімічні елементи поширені в природі переважно не у вигляді атомів, а у вигляді простих і складних речовин. Лише деякі хімічні елементи — Гелій He, Неон Ne, Аргон Ar, Криптон Kr, Ксенон Xe — у природних умовах перебувають в атомному стані (у стані одноатомного газу), що пояснюється стабільністю електронних оболонок атомів з восьми електронів (інертні газы, крім He).

- Порівняйте будову атомів інертних газів, зазначте спільне й відмінне в їхній будові. Напишіть графічні формули й електронну конфігурацію атомів Гелію, Неону, Аргону.

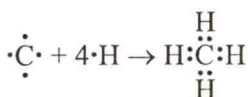
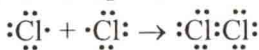
Вільні атоми усіх інших хімічних елементів намагаються утворити складніші системи — молекули або інші агрегати атомів, у яких останні з'єднані хімічними силами, що мають електростатичну природу. При цьому утворюються різні типи хімічного зв'язку,

основні з них — це ковалентний, йонний, металічний, водневий (вивчатимемо пізніше).

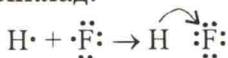
Ковалентний зв'язок.

|| Зв'язок, який здійснюється за допомогою спільних електронних пар, називається ковалентним.

Ви вже знаєте, що серед вільних атомів різних хімічних елементів найстабільнішу електронну конфігурацію мають атоми Гелію ($1s^2$) та атоми інших інертних газів (ns^2np^6). Можна очікувати, що атоми інших хімічних елементів намагатимуться набути електронної конфігурації найближчого інертного газу, оскільки вона відповідає мінімуму енергії і, отже, є найстабільнішою. Це досягається, наприклад, під час утворення спільних електронних пар, що однаковою мірою належать обом з'єднаним атомам і взаємно доповнюють їхню електронну оболонку до стійкої конфігурації типу $1s^2$ або ns^2np^6 . Так утворюються, наприклад, молекули галогенів, метану і багатьох інших органічних та неорганічних сполук:



Ковалентний зв'язок, як ми бачимо на прикладі хлору, може виникати не тільки між однаковими, а й між різними атомами, як у молекулі метану. Розглянемо ще один приклад:



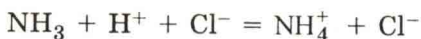
У цьому випадку утворена спільна електронна пара зазнає сильного притягання з боку атома Флуору як більш електронегативного елемента. Відбувається зміщення спільної електронної пари у бік найбільш електронегативного елемента, внаслідок чого утворюється полярний ковалентний зв'язок $\overset{\delta+}{\text{H}}\overset{\delta-}{\text{F}}$.

Різновидом полярного ковалентного зв'язку є зв'язок, утворений за донорно-акцепторним механізмом.

Такий зв'язок є, наприклад, у йонах амонію та гідроксонію. Так, під час взаємодії аміаку з хлоридною кислотою утворюється хлорид амонію:



У йонній формі:



Як же утворився йон амонію NH_4^+ ? За рахунок чого йон Гідрогену приєднався до молекули аміаку?

У молекулі аміаку NH_3 атом Нітрогену має неподілену електронну пару, яка у процесі взаємодії переходить на вільну орбіталь Гідрогену і стає спільною для Нітрогену й Гідрогену, внаслідок чого й утворюється йон амонію:



Частинка, яка надала для утворення хімічного зв'язку неподілену електронну пару, називається *донором*, а частинка, що прийняла цю пару електронів на свою вільну орбіталь, називається *акцептором*.

Механізм утворення ковалентного зв'язку за рахунок неподіленої пари електронів одного атома і вільної орбіталі іншого називається донорно-акцепторним.

При цьому всі чотири зв'язки N—H в йоні амонію NH_4^+ у всіх відношеннях рівноцінні (за довжиною зв'язку, енергією тощо). Вони лише утворилися різними шляхами.

Отже, відомо два механізми утворення ковалентного зв'язку:

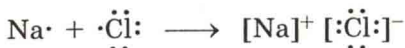
1. Механізм спарювання, коли кожний атом, утворюючи ковалентний зв'язок, постачає по одному електрону для утворення спільної електронної пари, яка належить обом атомам.

2. Донорно-акцепторний механізм, коли електронна пара для утворення зв'язку постачається тільки одним атомом.

Йонний зв'язок.

Хімічний зв'язок, зумовлений електростатичним притяганням різнойменно заряджених іонів, на які перетворюються атоми внаслідок віддавання або приєднання електронів, називається йонним.

Стійка електронна конфігурація атома (як у найближчого інертного елемента) може бути досягнута завдяки переходу електронів від одного вільного атома до іншого з утворенням іонів, які з'єднуються силами електростатичного притягання. Наприклад, під час взаємодії атомів Натрію ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$) з атомами Хлору ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$) відбувається перехід електрона з $3s$ -орбіталі атома Натрію на $3p$ -орбіталь атома Хлору. При цьому атом Натрію перетворюється на позитивно заряджений іон зі стабільною конфігурацією найближчого інертного елемента — Неону ($2p^6$). Атом Хлору приймає цей електрон на $3p$ -орбіталь і перетворюється на негативно заряджений іон з електронною конфігурацією $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$, яка характерна для Аргону. Протилежно заряджені йони міцно утримуються силами електростатичного притягання. Цей процес можна зобразити схемою:



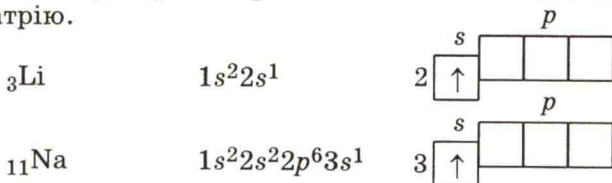
Отже, йонний зв'язок можна розглядати як крайній випадок полярного ковалентного зв'язку.

Йонний зв'язок утворюється між атомами елементів, які значно відрізняються за своєю електронегативністю. Американський учений Лайнус Полінг визначив *електронегативність* як *здатність атомів у молекулі притягувати електрони*. Чим більша різниця електронегативностей атомів, тим вищий ступінь йонності зв'язку (чому?).

Провести чітку межу між різними типами хімічного зв'язку неможливо. Це пояснюється тим, що тип зв'язку залежить від різних значень електронегативностей атомів елементів, які взаємодіють один з одним,

від характеру розподілу електронної густини в речовині тощо. Тому у більшості сполук хімічні зв'язки виявляються насправді проміжними між неполярним ковалентним і йонним зв'язками, а в «чистому» вигляді вони трапляються нечасто.

Металічний зв'язок. Це особливий вид зв'язку, зумовлений тим, що атоми усіх металів мають надлишок орбіталей, але нестачу електронів. Наприклад, розглянемо будову електронної оболонки атома Літію або Натрію.



На зовнішньому електронному рівні єдиний валентний електрон займає одну з чотирьох орбіталей. У кристалі літію або натрію це дає змогу валентним електронам вільно рухатись, переходячи з однієї орбіталі на другу. Такі електрони стають усупільненими (електронний газ), вони ніби належать усім атомам Літію (Натрію) одночасно. Більше того, безперервно рухаючись між позитивно зарядженими йонами і електростатично притягуючи їх, ці усупільнені електрони забезпечують металічний зв'язок, стабільність металічних ґраток.

Металічний зв'язок — це тип хімічного зв'язку, зумовлений взаємодією валентних електронів (електронного газу) з позитивно зарядженими йонами кристалічних ґраток металів.

Металічний зв'язок не має певної спрямованості, оскільки в його утворенні беруть участь усі атоми куска металу і всі електрони, що вільно рухаються між атомами. Цей тип зв'язку називають делокалізованим.

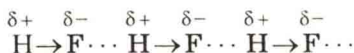
Водневий зв'язок. Атоми Гідрогену однієї молекули можуть взаємодіяти з атомами дуже електронегативних елементів (O, N, F) іншої молекули, утворюючи так званий водневий зв'язок. Наприклад, у молекулі фтороводню HF зв'язок між атомами Гідрогену і Флуору ковалентний і дуже полярний, оскільки

Флуор найелектронегативніший з елементів. Спільна електронна пара зміщується до атома Флуору (вказується стрілкою). Унаслідок цього на атомі Флуору виникає частковий негативний заряд δ^- (дельта мінус), а на атомі Гідрогену — частковий позитивний заряд δ^+ (дельта плюс):



(часткові заряди за абсолютним значенням менші за 1).

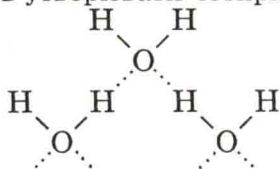
Молекула HF стає полярною, виникає диполь, який може взаємодіяти з диполем іншої молекули за рахунок електростатичного притягання, утворюючи водневий зв'язок (позначається трьома крапками):



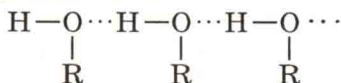
Поряд з електростатичною взаємодією під час утворення водневого зв'язку виявляється й донорно-акцепторна взаємодія. Це пояснюється тим, що атом Гідрогену позитивно поляризується під час зміщення єдиного електрона і, маючи дуже малі розміри, створює електричне поле високої напруги, унаслідок чого він може глибоко вкорінюватися в електронну оболонку сусіднього, ковалентно з ним не зв'язаного, негативно поляризованого атома. Тому Гідроген у даному випадку умовно називають акцептором, а Флуор — донором електронів.

Водневий зв'язок слабкіший за йонний або ковалентний, але він значно міцніший, ніж звичайна міжмолекулярна взаємодія (сили Ван-дер-Ваальса).

Водневий зв'язок зустрічається у багатьох неорганічних та органічних речовинах (вода, аміак, спирти, карбонові кислоти, білки). Наприклад, молекули води, де спільні електронні пари дуже зміщені до Оксигену, можуть утворювати чотири водневі зв'язки:



Між молекулами спиртів також виникає хімічна взаємодія — водневий зв'язок:



Водневий зв'язок досить поширений у природі. Він відіграє важливу роль під час асоціації молекул, у процесах розчинення, кристалізації, електролітичної дисоціації та в інших важливих фізико-хімічних процесах. Припускають, що водневий зв'язок має важливе значення в механізмі спадковості: дію пам'яті поєднують зі зберіганням інформації в молекулярних утвореннях із водневими зв'язками.

Завдання для самоконтролю

203. Розкрийте суть основних типів хімічного зв'язку на конкретних прикладах. Чи однакова їхня природа?

204. Поясніть на підставі будови молекули аміаку їх здатність утворювати йон амонію?

205. Дано речовини: хлор, хлороводень, хлорид калію, етанол. Чим відрізняються ці речовини за своєю будовою і типом хімічного зв'язку?

206. Поясніть утворення хімічного зв'язку в молекулах фтору, оксиду карбону(IV) і сірководню.

207. Поясніть утворення хімічного зв'язку в броміді калію і сульфіді натрію.

208. Серед наведених формул речовин знайдіть речовини з йонним, полярним і неполярним ковалентним типом зв'язку і поясніть, як вони побудовані: HBr , CH_4 , H_2O , ZnCl_2 , CCl_4 , NH_3 , CaO , NaOH , SO_2 .

209. У якій сполуці, що їхні формули наведено, між атомами утворюється ковалентний зв'язок за донорно-акцепторним механізмом, поясніть його:

- | | |
|------------------------------|----------------------|
| (1) KCl ; | (3) CCl_4 ; |
| (2) NH_4Cl ; | (4) CO_2 . |

210. Атоми Нітрогену мають однакове значення ступенів окиснення у сполуках, формули яких

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| (1) NO_2 ; | (3) NH_3 ; |
| (2) Mg_3N_2 ; | (4) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. |

211. Валентність і ступінь окиснення атомів Фосфору в молекулах білого фосфору P_4 дорівнює

- | | |
|-------------|------------|
| (1) 1 і +3; | (3) 3 і 0; |
| (2) 3 і +3; | (4) 2 і 0. |

212. Поясніть будову молекул метану, етану, етилену. Значте тип хімічного зв'язку.

213. Поясніть механізм утворення водневого зв'язку.

214*. Чому температура кипіння спиртів значно вища, ніж у відповідних вуглеводнів?

215*. Чому в альдегідів на відміну від спиртів водневий зв'язок не утворюється?

216*. Чому багато неорганічних речовин, наприклад галогеноводні, які мають ковалентний зв'язок, у водному розчині зазнають дисоціації й утворюють йони?

§ 27. БУДОВА НЕОРГАНІЧНИХ ТА ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Залежно від фізичних умов (температури і тиску) речовини можуть існувати в різних агрегатних станах: газуватому, рідкому, твердому (кристалічному й аморфному), плазмовому.

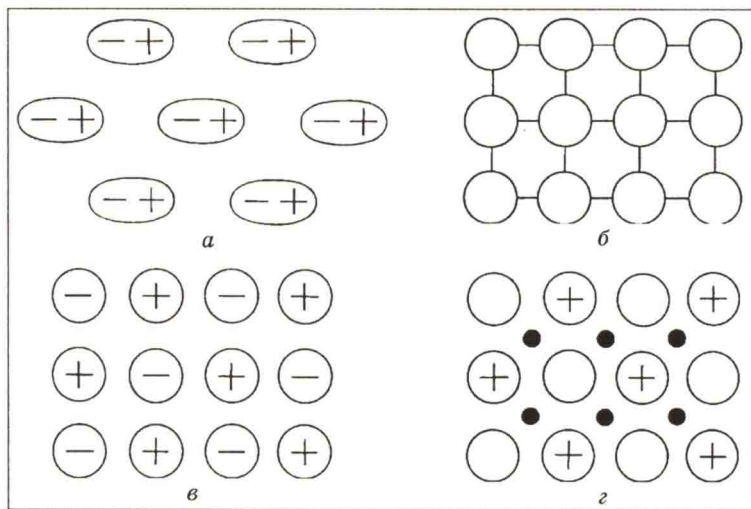
Стан плазми досягається за високих температур, коли речовини випаровуються, розпадаються на атоми, які перетворюються на йони. Отже, плазма — це йонізований газ.

У газах відстані між частинками (атомами, молекулами) великі порівняно з їх розмірами. Унаслідок цього газуватий стан характеризується слабкою взаємодією частинок і невпорядкованим їх розміщенням (частинки вільно рухаються і займають увесь наданий їм об'єм).

У рідинах частинки розміщені значно ближче одна до одної, тому взаємодія між ними сильніша, ніж у газах. Структура рідини характеризується певним порядком у розташуванні частинок, проте він постійно змінюється внаслідок теплового руху частинок.

Найбільш упорядкованим є кристалічний стан.

Кристалічні ґратки. Майже всі тверді речовини мають кристалічну будову. Структура кристалічних речовин може бути подана за допомогою кристалічних ґраток — певного просторового розміщення частинок (атомів, молекул, йонів). Залежно від того, які частинки містяться в узлах ґраток, і від природи



Мал. 25. Кристалічні ґратки:
 а — молекулярні; б — атомні; в — йонні; г — металічні

хімічного зв'язку частинок у кристалі, розрізняють йонні, атомні, молекулярні та металічні кристалічні ґратки (мал. 25).

У вузлах *йонних кристалічних ґраток* містяться позитивно і негативно заряджені йони, як прості, наприклад Na^+ і Cl^- , так і складні, наприклад NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} . Вони з'єднуються один з одним завдяки силам електростатичного притягання, тобто в йонних кристалах існує йонний зв'язок. До сполук з йонними ґратками належать більшість солей і деякі оксиди.

У вузлах *атомних кристалічних ґраток* містяться атоми, з'єднані між собою ковалентним хімічним зв'язком (алмаз, діоксид силіцію тощо).

Багато речовин з *молекулярними кристалічними ґратками*, в вузлах яких розміщені молекули, зв'язані між собою силами міжмолекулярної взаємодії. Це неметали, крім вуглецю й силіцію (водень, кисень, азот, інертні гази), майже всі органічні речовини і багато неорганічних сполук (діоксид карбону, озон, вода тощо).

У вузлах *металічних кристалічних ґраток* розміщені окремі атоми і позитивно заряджені йони металу, між якими міститься електронний газ (мал. 25, г).

Менш поширеним для твердих тіл є аморфний стан. На відміну від кристалічних тіл речовини в аморфному стані не мають регулярної впорядкованої будови, а тому й певної температури плавлення (під час нагрівання вони розм'якшуються і поступово переходять у рідкий стан).

Відмінність кристалів за типом хімічного зв'язку визначає суттєву різницю фізичних і хімічних властивостей речовин з різними кристалічними ґратками. Так, речовини з атомними кристалічними ґратками характеризуються високою твердістю, тугоплавкістю, нерозчинністю практично в жодному з розчинників.

Речовини з молекулярними кристалічними ґратками, навпаки, легкоплавкі, леткі, характеризуються невеликою твердістю. Причина в тім, що сили міжмолекулярної взаємодії значно слабкіші, ніж сили ковалентного зв'язку.

Речовини з йонними кристалічними ґратками за міцністю посідають проміжне місце: поступаються речовинам з атомними ґратками, але перевершують речовини з молекулярними ґратками. Вони мають порівняно високі температури плавлення, як правило, нелеткі.

Залежність властивостей кристалічних речовин від типу хімічного зв'язку між частинками показано в табл. 4.

Таблиця 4. Фізичні властивості кристалів

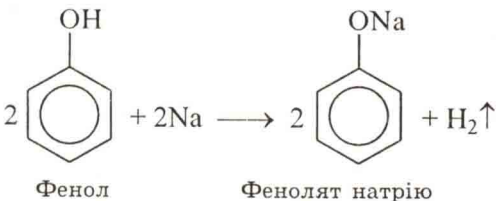
Властивості	Кристали			
	Ковалентні		Йонні	Металічні
	Атомні	Молекулярні		
Температура плавлення	Дуже висока	Невисока	Висока	Висока
Температура кипіння	Те саме	Те саме	Те саме	Те саме
Механічні властивості	Дуже тверді	М'які	Тверді, крихкі	Тверді, ковкі й тягучі
Електрична провідність	Ізолятори (крім графіту)	Ізолятори	Ізолятори (електроліти у розплаві або водному розчині)	Добрі провідники (тверді й рідкі)

Властивості	Кристали			
	Ковалентні		Йонні	Металічні
	Атомні	Молекулярні		
Розчинність				
а) у воді	Нерозчинні	Нерозчинні	Розчинні	Нерозчинні
б) у неполярних розчинниках	Те саме	Розчинні	Нерозчинні	Те саме
		↑	↑	
		Емпіричне правило: подібне розчиняється в подібному		

Теорія хімічної будови. Поняття «хімічна будова» вперше ввів О. М. Бутлеров у 1861 р. Він зауважував, що властивості речовин визначаються не тільки їхнім складом (якісним і кількісним), як вважалося раніше, а й внутрішньою структурою молекул, тобто порядком з'єднання атомів один з одним, які входять до складу молекули. Цей порядок і є *хімічною будовою молекули*.

У поняття «хімічна будова» О. М. Бутлеров включав також характер зв'язку атомів, їхній взаємний вплив один на одного. Наприклад, водень і кисень, утворивши воду, настільки змінилися від взаємного впливу, що вода вже не має властивостей ні водню, ні кисню, хоча й містить Гідроген і Оксиген, що входили до складу відповідно водню і кисню.

У молекулі фенолу C_6H_5OH бензенове ядро впливає на властивості гідроксильної групи, посилюючи її кислотність (аналогія зі спиртами):



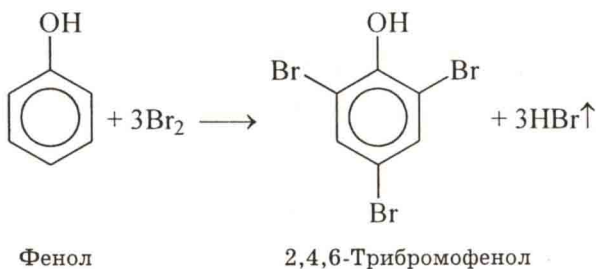
Гідроксильна група, у свою чергу, впливає на властивості бензенового ядра і полегшує заміщення в ньому атомів Гідрогену:

**ОЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ
БУТЛЕРОВ
(1828—1886)**



Російський хімік-органік, професор Казанського (1854—1868), а далі до кінця життя професор Петербурзького університетів, академік Петербурзької АН (з 1871). Почесний член Московського і Київського університетів. Засновник великої школи російських хіміків-органіків. Створив і обґрунтував теорію хімічної будови. Добув ізобутилен і відкрив реакцію його полімеризації. Синтезував низку органічних сполук, серед яких перший в

історії хімії синтез цукристої речовини (1861). Його праці з гідратації етилену покладено в основу одного з сучасних способів добування етилового спирту.

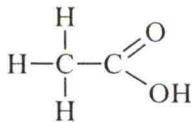
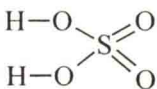


Так, на прикладах з неорганічної та органічної хімії ми спостерігаємо взаємний вплив атомів.

Хімічну будову молекул виражають за допомогою структурних формул.

Структурні формули передають порядок зв'язку атомів у молекулі, але не показують взаємного розміщення їх у просторі.

Структурні формули завжди записують для окремої молекули, позначаючи рисочкою кожен зв'язувальну електронну пару. Вони справедливі тільки для речовин молекулярної будови. До таких речовин належать більшість органічних сполук, оксигеновмісні кислоти (крім HPO_3 і H_2SiO_3) та деякі оксиди неметалів (CO , CO_2 , NO , NO_2 , SO_2 , H_2O тощо). Так, структурні формули сульфатної та ацетатної кислот



передають порядок розміщення атомів у молекулах цих кислот.

Структурні формули не слід плутати із застарілим графічним зображенням формул, де рисочкою позначається не спільна електронна пара, а ступінь окиснення елемента. Наприклад, графічне зображення формули хлориду натрію $\text{Na}-\text{Cl}$ не можна вважати структурною формулою, оскільки NaCl — йонна сполука. В узлах її кристалічних ґраток містяться не молекули, а йони Na^+ і Cl^- . Між ними немає зв'язку, утвореного парою електронів. Йони Na^+ і Cl^- утримуються разом завдяки електростатичному притяганняю.

Розглядаючи хімічну структуру як певну послідовність атомів у молекулі та їхній взаємний вплив один на одного, О. М. Бутлерову вдалося розкрити суть явища ізомерії, відомого ще з часів Й. Берцеліуса. Це пояснюється тим, що порядок сполучення атомів у молекулі впливає на властивості речовини.

Ізомерія — це явище існування речовин з однаковим якісним і кількісним складом, але різною хімічною будовою, а тому й різними властивостями.

- Напишіть формули можливих ізомерів бутану та бутанолу.

Теорія хімічної будови, яка спочатку була сформульована як учення про будову органічних сполук, виявилася справедливою і для неорганічних речовин, які мають молекулярну будову. У результаті вона стала загальною теорією хімії.

Завдання для самоконтролю

217. Які типи кристалічних ґраток ви знаєте і чим вони характеризуються?

218. Чому температура плавлення льоду незрівнянно нижча, ніж температура плавлення алмазу?

219. Як, знаючи температуру плавлення речовини та інші фізичні властивості, можна зробити висновок про характер її кристалічних ґраток? Відповідь мотивуйте.

220. Напишіть молекулярні, структурні та електронні формули етану, етилену, ацетилену.

221. Покажіть за допомогою структурних формул порядок сполучення атомів у молекулах оксиду карбону(IV), ортофосфатної кислоти, етанолу.

222. Напишіть структурні формули ізомерів пентану (їх три) і зазначте їхні назви за міжнародною номенклатурою.

223. Напишіть структурні формули: а) 3-етилгептану; б) 2,4-диметилгексану; в) 2-метил-3-етилгептану; г) 2,2-диметилпропану.

224. Які основні положення теорії хімічної будови О. М. Бутлерова і яке її наукове значення?

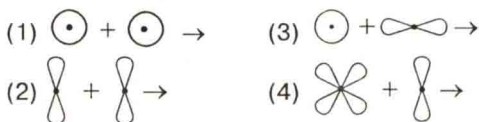
225. Молекулярні кристалічні ґратки можуть утворювати речовини з таким типом хімічного зв'язку, як

- (1) ковалентний полярний; (3) ковалентний неполярний;
(2) йонний; (4) металічний.

226. Формула речовини, молекули якої містять неспарені електрони,— це

- (1) CO; (3) H₂O;
(2) NO; (4) CH₄.

227. Схеми перекривання орбіталей, які ведуть до утворення σ -зв'язків,— це



228*. Масова частка Карбону у вуглеводні становить 83,33 %. Густина пари вуглеводня за воднем дорівнює 36. Визначте молекулярну формулу вуглеводня, напишіть структурні формули його ізомерів і назвіть їх.

229*. Формули всіх речовин, у молекулах яких є π -зв'язок, містяться в ряду

- (1) N₂, CH₄, NH₃; (3) S₈, SO₂, SO₃;
(2) P₄, C₂H₂, CO₂; (4) CO, C₂H₂, O₂.

230. У чому полягають причини різкої відмінності у властивостях: а) оксиду карбону(IV) і оксиду силіцію(IV); б) води і сірководню?

231*. Що спільного і відмінного у будові молекул метану, аміаку, води? Як це позначається на їхніх властивостях?

232*. Під час спалювання 7,2 г органічної сполуки, густина пари якої за воднем дорівнює 36, утворилося 22 г оксиду карбону(IV) і 10,8 г води. Визначте будову вихідної речовини,

якщо відомо, що внаслідок радикального хлорування її може утворитися лише одне моноклоропохідне.

233*. Напишіть структурні формули *цис*- і *транс*-ізомерів бутену-2 $\text{CH}_3\text{—CH=CH—CH}_3$ і поясніть, що спільного і чим відрізняються один від одного ці просторові ізомери.

234*. Дано речовини: (1) циклобутан, (2) ацетилен, (3) гептан, (4) бутен-1, (5) бутин-1, (6) циклогексан, (7) 2,2,3-триметилбутан, (8) бутадієн. Визначте серед них три пари ізомерів і дві пари гомологів.

§ 28. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК СКЛАДУ, БУДОВИ, ВЛАСТИВОСТЕЙ І ЗАСТОСУВАННЯ НЕОРГАНІЧНИХ ТА ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Протягом усього курсу хімії ви вивчали властивості різних речовин у нерозривному зв'язку з їх складом і будовою. Це дало вам змогу характеризувати речовини цілком свідомо. Наприклад, на початку курсу ви вивчали властивості кисню, водню, води на основі атомно-молекулярних уявлень і навчилися пояснювати властивості з погляду складу цих речовин.

Далі ваші знання збагатилися конкретним матеріалом про речовини та їх перетворення. Ви довідалися про різні типи хімічного зв'язку і засвоїли закономірність про залежність деяких фізичних властивостей речовин від типу кристалічних ґраток і вже знаєте:

якщо відома будова речовин, то можна передбачити їхні властивості, і навпаки: якщо відомі властивості речовин, то можна визначити їхню будову.

Наприклад, вам пропонують визначити властивості хлориду калію KCl . Знаючи, що ця речовина має йонний зв'язок, що у кристалах між йонами K^+ і Cl^- діють і забезпечують міцність зв'язку кулонівські сили притягання, ви доходите висновку, що хлорид калію — тверда речовина, тугоплавка, нелетка (малолетка). Або вам пропонують, наприклад, порівняти речовини флуорид натрію NaF , фтор F_2 і фтороводень HF , і передбачити, яка з них буде найтугоплавкіша, а яка — найлегшеплавкішою. Ви одразу ж звернете

увагу на склад і будову цих речовин. Флуорид натрію NaF складається з атомів Натрію і Флуору, які дуже різняться один від одного своєю електронегативністю. Атом Флуору як більш електронегативний відтягуватиме на себе єдиний електрон із зовнішньої електронної оболонки атома Натрію, внаслідок чого виникнуть йони. Отже, ця сполука з йонним зв'язком. Звідси виходить, що у вузлах кристалічних ґраток містяться йони Na^+ і F^- . Між ними діють електростатичні сили притягання, які порівняно великі. Тому, щоб розплавити флуорид натрію, потрібно ці сили подолати, зруйнувати кристалічні ґратки. А це означає, що температура плавлення флуориду натрію має бути високою.

Молекула фтороводню HF теж складається з атомів різних хімічних елементів, але обидва вони — неметали. Отже, зв'язок між ними ковалентний, але дуже полярний, оскільки електронегативність Флуору значно вища, ніж Гідрогену. Сили зчеплення між полярними молекулами фтороводню HF більші, ніж між неполярними молекулами фтору F_2 . Тому температура плавлення фтороводню HF повинна бути вищою, ніж у фтору F_2 , але набагато нижчою, ніж у флуориду натрію NaF , бо це йонна сполука.

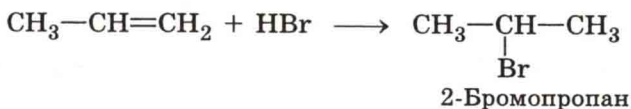
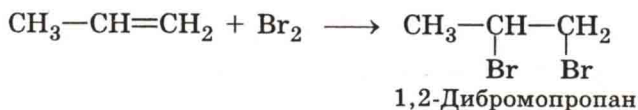
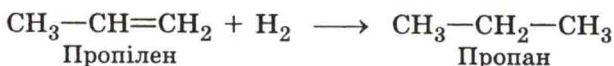
А коли ви почали вивчення органічних сполук, то помітили, що залежність властивостей речовин від їхнього складу і будови особливо яскраво виявляється на прикладі органічних речовин. Виявленню цієї закономірності сприяє теорія хімічної будови, на основі якої ви вивчали органічні сполуки. Ця теорія і розкрила нову сторінку зв'язку між складом, будовою і властивостями речовин.

Так, наприклад, якщо вам пропонують порівняти властивості пропілену C_3H_6 і пропану C_3H_8 , то ви передусім звертаєте увагу на склад і будову цих сполук. Якісний склад у них однаковий: ці речовини складаються з атомів Карбону і Гідрогену, а кількісний склад різний: на одну й ту саму кількість атомів Карбону (на три) припадає різна кількість атомів Гідрогену (6 і 8). Отже, у молекулі пропілену не вистачає двох атомів Гідрогену до повного насичення всіх валентностей атомів Карбону. Це означає, що пропілен — ненасичений вуглеводень з одним подвійним

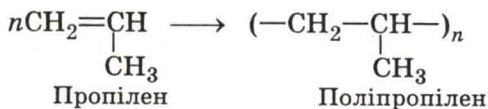
зв'язком $\text{CH}_3\text{—CH=CH}_2$. У молекулі ж пропану всі валентності атомів Карбону повністю насичені атомами Гідрогену, тому зв'язки в його молекулі ординарні, тобто прості $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_3$.

Відмінність у будові молекул цих вуглеводнів зумовлює відмінність і в їхніх хімічних властивостях. Так, пропілен легко окиснюється перманганатом калію KMnO_4 (фіолетове забарвлення розчину швидко зникає), а пропан, будучи насиченим вуглеводнем, за цих умов не окиснюється.

Пропілен завдяки подвійному зв'язку вступає в реакції сполучення — приєднує водень, галогени, галогеноводні:

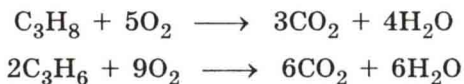


Молекули пропілену завдяки подвійному зв'язку можуть сполучатися одна з одною, утворюючи довгі ланцюгові молекули:



Пропан у реакції сполучення з іншими речовинами і в реакцію полімеризації не вступає, оскільки атоми Карбону в його молекулі вже повністю виявили свою валентність, і вони не мають більше електронів для встановлення додаткових ковалентних зв'язків. Він повністю насичений атомами Гідрогену.

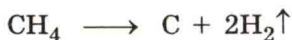
Проте є і спільна властивість у пропану і пропілену — це їхня горючість:



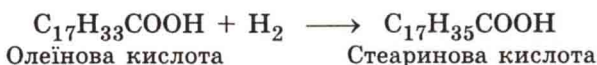
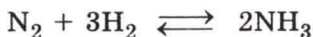
Вона пояснюється однаковим якісним складом цих вуглеводнів (Карбон і Гідроген).

Застосування речовин залежить від тих властивостей, які для них характерні. Так, якщо кисень O_2 має властивість підтримувати горіння і дихання, то й застосовують його переважно для спалювання палива, виплавляння чавуну, під час різання і зварювання металів, у медицині.

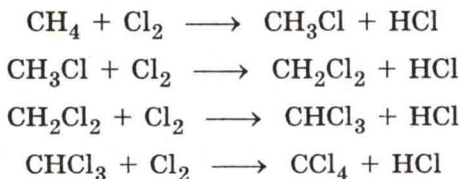
Якщо метан, наприклад, здатен горіти, виділяючи багато теплоти, то й використовують його як паливо у побуті та на виробництві. Проте останнім часом метан дедалі більше застосовують як хімічну сировину, що також ґрунтується на його властивостях. Так, здатність метану розкладатися на прості речовини під час сильного нагрівання використовується для виробництва сажі, яка потрібна для виготовлення друкарської фарби, гумових виробів із каучуку тощо:



Метан використовують як сировину для добування водню, необхідного для синтезу аміаку і реакцій гідрування в органічному синтезі:



Здатність метану вступати в реакції хлорування використовується для добування хлоропохідних метану:



- Обґрунтуйте умови, за яких відбуваються реакції розкладу метану, синтезу аміаку, гідрування олеїнової кислоти, хлорування метану.

Усі хлоропохідні метану мають широке практичне застосування. Так, хлорометан CH_3Cl використовують як холодоагент у холодильних установках. Інші хлоропохідні метану — дихлорометан CH_2Cl_2 , трихлорометан (хлороформ) CHCl_3 і тетрахлорометан CCl_4 — застосовуються як розчинники. Окрім того, тетрахлорометан CCl_4 використовують для гасіння вогню у тих випадках, коли для цього не можна взяти воду. Утворений під час хлорування метану хлороводень використовують для добування хлоридної кислоти HCl .

Отже, пам'ятайте, потрібно завжди намагатися виявляти зв'язок між складом, будовою, властивостями і застосуванням речовини. У цьому запорука ваших цілком свідомих знань, отже, й успіху в навчанні.

Завдання для самоконтролю

235. Порівняйте будову й основні хімічні властивості насичених і ненасичених (етиленових) вуглеводнів та зазначте, що у них спільного і чим вони відрізняються.

236. Розкажіть про застосування етилену. На яких хімічних властивостях етилену воно ґрунтується?

237. Складіть рівняння реакцій горіння метану, етилену, ацетилену. Пригадайте, яким полум'ям вони горять. На підставі складу цих вуглеводнів поясніть таку хімічну властивість ацетилену, як здатність горіти кіптявим полум'ям.

238. На яких властивостях етанолу ґрунтується його застосування?

239*. Покажіть вплив будови молекул на властивості речовин на прикладі бромовання бензену й фенолу.

240*. Чому оксид карбону(IV) й оксид силіцію(IV) мають різні фізичні властивості?

241*. Гідрогенові сполуки елементів V A групи мають такі температури кипіння ($^{\circ}\text{C}$):

NH_3	PH_3	AsH_3	SbH_3
-33	-87	-55	-17

Температура кипіння аміаку не узгоджується із загальною тенденцією через

- (1) ковалентний характер хімічного зв'язку;
- (2) найменшу молекулярну масу;
- (3) наявність водневих зв'язків;
- (4) прояв сил Ван-дер-Ваальса.

242*. Напишіть структурні формули двохатомного спирту етиленгліколю і карбонатної кислоти. Порівняйте будову їхніх молекул і поясніть, чому карбонатна кислота у вільному стані не існує.

243*. Порівняйте хімічні властивості двох рідин — гексану C_6H_{14} і бензену C_6H_6 . Поясніть, як склад і будова молекул позначаються на властивостях цих сполук.

244*. Яка кислота — масляна чи молочна $CH_3-\underset{\substack{| \\ OH}}{CH}-COOH$ виявляє яскравіше виражені кислотні властивості? Обґрунтуйте відповідь і покажіть розподіл електронної густини в молекулі сильнішої кислоти.

245*. Унаслідок окиснення 10,8 г речовини аміачним розчином оксиду аргентуму(I) виділилося 32,4 г срібла. Визначте молекулярну формулу добутої речовини й напишіть структурні формули її можливих ізомерів (їх два).

§ 29. КЛАСИФІКАЦІЯ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Ви вже знаєте, що одне з основних завдань хімії — добування речовин із заданими властивостями. Для його розв'язання необхідно вміти здійснювати хімічні реакції та керувати ними.

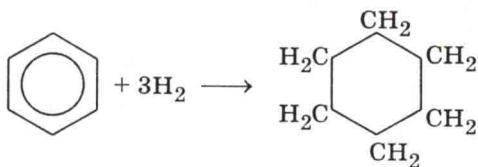
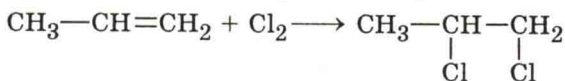
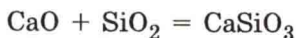
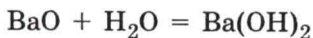
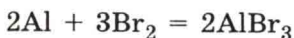
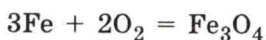
|| Хімічна реакція, або хімічне перетворення, — це процес, під час якого з одних речовин утворюються інші речовини, відмінні за хімічним складом і (або) будовою.

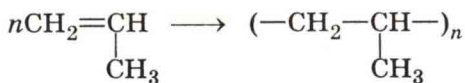
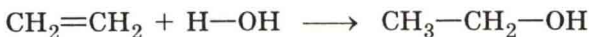
Нині відома величезна кількість різних хімічних реакцій. Із деякими з них ви вже знайомі і розумієте, що кожна з реакцій індивідуальна, оскільки в ній беруть участь конкретні речовини з притаманними їм фізичними та хімічними властивостями. Разом з тим різні хімічні реакції мають багато спільних ознак, що дає змогу їх класифікувати на підставі тієї або іншої ознаки (табл. 5).

|| Реакція сполучення — це реакція, під час якої з двох або кількох речовин утворюється одна нова речовина.

Таблиця 5. Класифікація хімічних реакцій

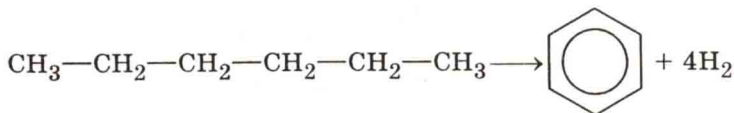
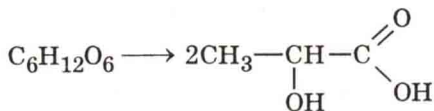
№	Ознаки класифікації	Типи реакцій
1	Зміна або відсутність зміни кількості реагентів і продуктів реакції	Сполучення Розкладу Заміщення Обміну
2	Зміна або відсутність зміни ступенів окиснення елементів, що входять до складу реагуючих речовин	Окисно-відновні Без зміни ступенів окиснення елементів
3	Виділення або поглинання енергії під час реакції	Екзотермічні Ендотермічні
4	Тип одного з реагентів	Галогенування (хлорування, бромовання) Гідрування (гідрогенізація) Гідратація Гідроліз Нітрування
5	Наявність каталізатора	Каталітичні Некаталітичні
6	Перебіг реакції до кінця	Оборотні Необоротні





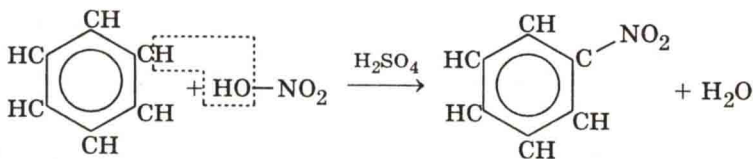
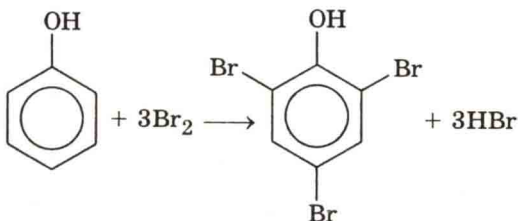
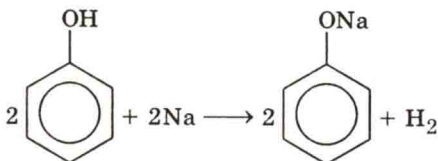
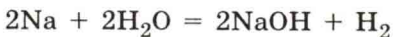
- Передайте словами суть кожної реакції, рівняння яких наведено вище, назвіть усі речовини і, де можливо, реакції, зазначте умови їх здійснення.

Реакція розкладу — це реакція, під час якої з однієї речовини утворюється дві або кілька нових речовин.



- Передайте словами суть кожної реакції, рівняння яких наведено вище, назвіть усі речовини і, де можливо, реакції, зазначте умови їх здійснення.

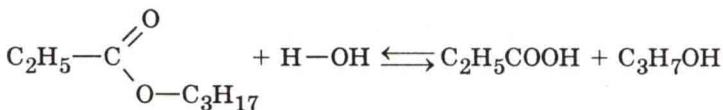
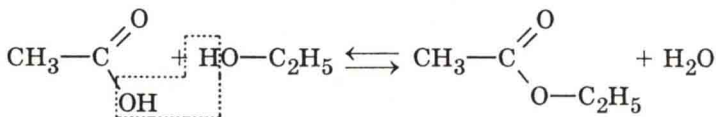
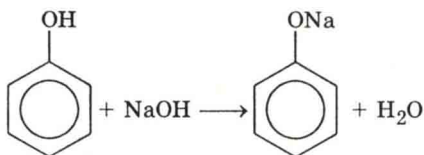
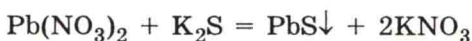
Реакція заміщення — це реакція між простою і складною речовинами, у процесі якої атоми простої речовини заміщують атоми одного з елементів у складній речовині, внаслідок чого утворюються нова проста і нова складна речовини.



Проаналізуйте наведені приклади і зверніть увагу: якщо в неорганічній хімії реакція заміщення — це реакція між простою і складною речовинами, то в органічній хімії це не обов'язково. Може бути реакція між двома складними речовинами, під час якої, проте, відбувається заміщення атомів в одній складній сполуці іншим атомом другої складної речовини або групою атомів.

- Передайте словами суть кожної реакції, рівняння яких наведено вище, назвіть усі речовини і, де можливо, реакції, зазначте умови їх здійснення.

Реакція обміну — це реакція, у процесі якої дві складні речовини обмінюються своїми складовими частинами.



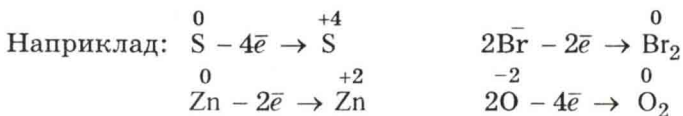
- Передайте словами суть кожної реакції, рівняння яких наведено вище, назвіть усі речовини й, де можливо, реакції, напишіть йонні рівняння і зазначте умови перебігу до кінця реакцій йонного обміну.

Реакції, у процесі яких змінюються ступені окиснення елементів, що входять до складу реагуючих речовин, називаються окисно-відновними.

Ступенем окиснення називають умовний заряд атома в речовині, обчислений у припущенні, що вона складається з йонів.

Перебіг окисно-відновних реакцій і, отже, зміна ступеня окиснення атомів зумовлені зміщенням електронів від одних атомів до інших (у більшості окисно-відновних реакцій переходу електронів немає).

Процес віддавання електронів атомами реагуючих речовин називається окисненням.



**ЛЕВ ВОЛОДИМИРОВИЧ
ПИСАРЖЕВСЬКИЙ
(1874—1938)**

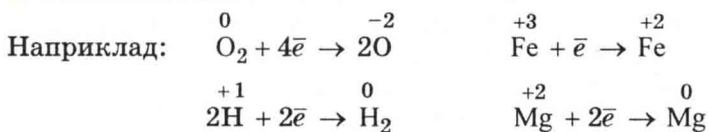
Український учений, академік. Організатор і директор Українського інституту фізичної хімії (нині Інститут фізичної хімії НАН України ім. Л. Писаржевського). Працював у галузі термодинаміки реакцій у розчинах. Заклав основи електронної теорії каталізу. Розвинув електронно-йонну теорію. Суть окиснення визначив як втрату електронів речовиною, що окиснюється, а відновлення — як приєднання електронів речовиною, що відновлюється. Його електронні уявлення стали основою для тлумачення механізму електричного струму в гальванічному елементі.



|| **Речовини, які в процесі хімічної реакції віддають електрони, називаються відновниками.**

У наведених вище прикладах сірка, металічний цинк, Бром у ступені окиснення -1 , Оксиген у ступені окиснення -2 , є відновниками.

|| **Процес приймання речовинами електронів називається відновленням.**



|| **Речовини, які приймають електрони, називаються окисниками.**

У наведених прикладах окисниками є кисень O_2 , Гідроген у ступені окиснення $+1$, Ферум у ступені окиснення $+3$, Магній у ступені окиснення $+2$.

У будь-якій окисно-відновній реакції є речовини, які віддають і які приймають електрони, тобто процеси окиснення і відновлення завжди супроводжують один одного.

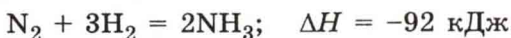
Суть процесів окиснення і відновлення як втрату і приєднання електронів уперше було визначено українським ученим, академіком Л. В. Писаржевським.

За ознакою виділення або поглинання енергії хімічні реакції поділяються на екзо- та ендотермічні.

|| Хімічні реакції, що супроводжуються виділенням теплоти у навколишнє середовище, називаються екзотермічними.

Для них запас енергії продуктів реакції виявляється менший, ніж запас енергії реагентів, тому тепловий ефект в екзотермічних реакціях записується зі знаком мінус.

Наприклад, горіння метану, синтез аміаку:

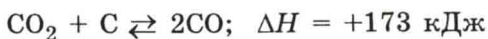


Це означає, що під час згоряння 1 моль метану CH_4 за такою реакцією у зовнішнє середовище виділяється теплота, що дорівнює 882 кДж, а під час утворення 2 моль аміаку NH_3 виділяється теплота, що дорівнює 92 кДж (відповідно на 1 моль NH_3 — 46 кДж).

|| Хімічні реакції, що супроводжуються поглинанням теплоти із зовнішнього середовища, називаються ендотермічними.

Для них запас енергії продуктів реакції більший, ніж запас енергії реагентів, тому тепловий ефект в ендотермічних реакціях записується зі знаком плюс.

Наприклад, утворення оксиду карбону(II) внаслідок відновлення діоксиду карбону розпеченим коксом:



Це означає, що під час утворення 1 моль CO за такою реакцією із зовнішнього середовища в систему передається $173 \text{ (кДж)} : 2 \text{ (моль)} = 86,5 \text{ кДж}$ теплоти.

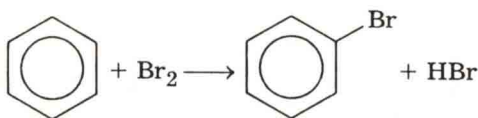
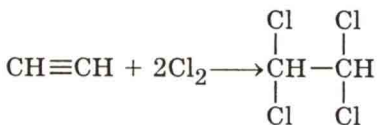
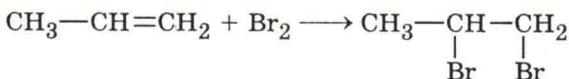
|| Галогенування — це реакція, під час якої діючим агентом є галоген.

Такий процес здійснюється або за типом реакцій заміщення, або реакцій приєднання.

Складаючи рівняння реакцій, треба пам'ятати, що як галогенуючий агент найкраще брати хлор або

бром. Це пояснюється тим, що фтор діє надто енергійно, з органічними речовинами з вибухом і повністю їх руйнує. Тому для добування флуоропохідних використовують не пряме фторування, а посередні способи. А йод не здатний до реакції йодування, бо з ним пряме заміщення не відбувається (через енергетичні утруднення).

Наприклад:

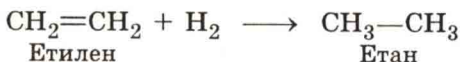


У промисловості найчастіше використовують термічне хлорування насичених вуглеводнів (алканів) та інших речовин за температури 300 °С.

- Назвіть кожну речовину і реакції, рівняння яких наведено вище.

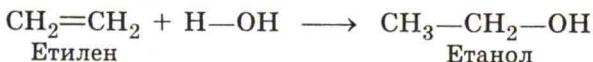
|| Гідрування, або гідрогенізація, — це реакція, у процесі якої Гідроген приєднується до речовини.

Як правило, такі реакції відбуваються за наявності каталізатора (платини, нікелю). Наприклад,



|| Гідратація — це реакція приєднання води до речовини.

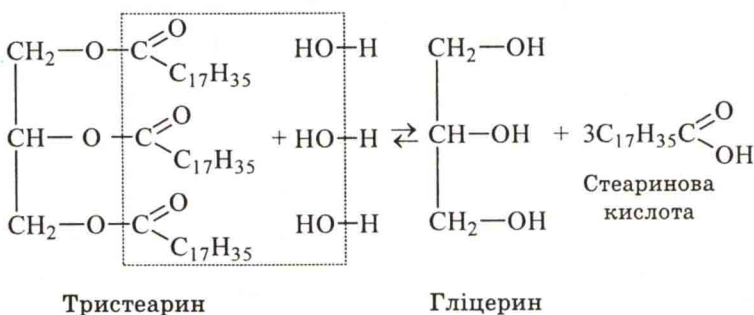
Наприклад, унаслідок гідратації етилену утворюється етанол:



Цей процес відбувається за температури 300 °С, тиску 7 МПа та наявності каталізатора — ортофосфатної кислоти H_3PO_4 .

|| **Гідроліз — це обмінна реакція між речовиною і водою.**

Наприклад, гідроліз жиру (тристеарину):

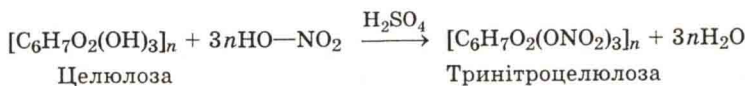
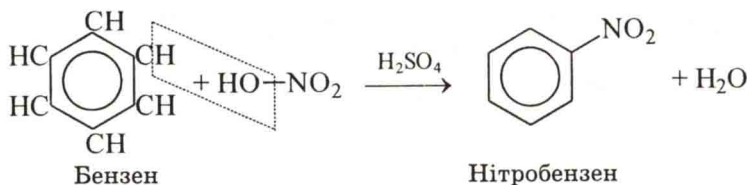


- Пригадайте, як відбувається гідроліз крохмалю. Складіть рівняння реакції.

|| **Нітрування — це реакція введення нітрогрупи NO_2 в молекули органічної речовини.**

Зазвичай, речовину обробляють різними нітруючими агентами, наприклад HNO_3 , але не чистою нітратною кислотою, а нітруючою сумішшю, до складу якої входять нітратна й сульфатна кислоти. Остання виконує роль водовідбирного засобу.

Наприклад, нітрування бензену і целюлози:



Існують також інші класифікації хімічних реакцій. Усе залежить від того, який критерій покладено в

їхню основу. Наприклад, за джерелом енергії реакції поділяють на термохімічні, електрохімічні та фотохімічні, а за станом середовища — на гомогенні (однорідне середовище) та гетерогенні (неоднорідне середовище) тощо.

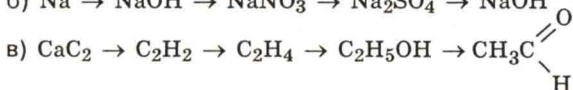
Завдання для самоконтролю

246. Напишіть рівняння реакцій: а) взаємодії алюмінію з хлоридною кислотою; б) нейтралізації гідроксиду барію оцтовою кислотою; в) взаємодії магнію з ортофосфатною кислотою; г) добування кисню з бертолетової солі KClO_3 ; д) взаємодії оксиду кальцію з оксидом нітрогену(V). Зазначте тип кожної реакції.

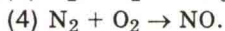
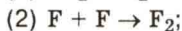
247. Напишіть рівняння реакцій: а) горіння етану; б) гідратування етилену; в) полімеризації пропілену; г) нейтралізації пропанової кислоти їдким натром; д) взаємодії оцтової кислоти з етиловим спиртом; е) дисоціації мурашиної кислоти у водному розчині. Зазначте тип кожної реакції.

248. Напишіть рівняння реакцій взаємодії заліза з сіркою і хлором. Зазначте окисник і відновник.

249. За наведеними схемами перетворень напишіть рівняння реакцій і зазначте тип кожної реакції:



250. Схема реакції, яка одночасно є оборотною, екзотермічною й реакцією сполучення,— це



251. Аміак у хімічних реакціях може виявляти властивості

(1) тільки окисника;

(3) тільки відновника;

(2) ні окисника, ні відновника;

(4) акцептора протонів.

252. Сума коефіцієнтів у рівнянні реакції, що відбувається за схемою $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$, становить

(1) 12;

(3) 15;

(2) 13;

(4) 17.

253. Унаслідок окиснення 3 моль міді розбавленою нітратною кислотою на солеутворення витрачається кислота кількістю речовини

(1) 8 моль;

(3) 4 моль;

(2) 6 моль;

(4) 2 моль.

254*. Сума коефіцієнтів у рівнянні реакції, що відбувається за схемою $\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, становить

- (1) 11; (3) 44;
(2) 22; (4) 60.

255*. Відомо, що 1 моль сульфату натрію може приєднати 10 моль води. До безводної солі додали воду, в результаті чого маса сульфату натрію збільшилася на 25 %. Маса води, яку сіль може ще приєднати, становить

- (1) 25 г; (3) 144 г;
(2) 50 г; (4) 72 г.

256*. Процес, схема якого наведена $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ являє собою процес

- (1) окиснення; (3) без зміни ступенів окиснення;
(2) відновлення; (4) віддавання електронів.

257*. Під час взаємодії металу масою 10 г з водою виділився водень об'ємом 5,6 л (н. у.). Визначте метал, знаючи, що він двохвалентний, і зазначте тип реакції.

258*. Унаслідок спалювання речовини масою 0,65 г добуто оксид карбону(IV) масою 2,2 г і воду масою 0,45 г. Густина пари цієї речовини за воднем 39. Виведіть молекулярну формулу речовини й обчисліть об'єм газу (н. у.), що виділяється під час бромовання цієї сполуки кількістю речовини 2 моль. Назвіть типи реакцій.

259*. Розставте коефіцієнти, використовуючи метод електронного балансу, у таких схемах реакцій:

- а) $\text{MnS} + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
б) $\text{NH}_3 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
в) $\text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

§ 30. ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Тепловий ефект реакцій. Під час хімічних реакцій зв'язки, що вже є в речовині, руйнуються й утворюються нові: відбувається перебудова електронних структур атомів, молекул, йонів. Для розриву хімічних зв'язків у вихідних речовинах необхідно витратити певну енергію. Під час утворення нових хімічних зв'язків у продуктах реакції енергія виділяється. Тому хімічна реакція завжди супроводжується зміною енергії системи, виділенням або поглинанням енергії — певним тепловим ефектом.

Тепловий ефект реакції — це теплота, виділена або поглинута системою під час перебігу в ній хімічної реакції.

Залежно від того, відбувається реакція з виділенням теплоти чи супроводжується поглинанням теплоти, розрізняють екзо- та ендотермічні реакції. До перших, як правило, належать усі реакції сполучення, а до других — реакції розкладу.

Звідки ж береться теплота під час хімічних реакцій? Щоб відповісти на це запитання, треба пригадати з курсу фізики, що кожне тіло має певний запас внутрішньої енергії.

Внутрішня енергія включає усі види енергії, що характеризують тіло: енергію руху молекул одна відносно одної, енергію руху електронів в атомах і атомів у молекулах, йонах. Атоми, йони, молекули у твердому тілі коливаються, обертаються, переміщуються тощо.

Оскільки всі хімічні реакції супроводжуються перерозподілом внутрішньої енергії між реагентами і продуктами, то сума внутрішньої енергії продуктів відмінна від суми внутрішньої енергії реагентів. Різниця показує ту теплоту, яка виділяється або поглинається у процесі реакції.

За постійного тиску ($P = \text{const}$) тепловий ефект реакції збігається зі зміною ентальпії (теплоти) системи, тому замість терміна «тепловий ефект реакції» використовується термін «ентальпія реакції» (позначається H , а зміна ентальпії — ΔH).

Під час екзотермічних реакцій система виділяє частину своєї внутрішньої енергії у зовнішнє середовище у вигляді певної кількості теплоти. Отже, внутрішня енергія системи зменшується, і зміна ентальпії матиме негативне значення.

Під час ендотермічних реакцій теплота поглинається, внутрішня енергія системи та її ентальпія збільшуються, тому зміна ентальпії ΔH матиме позитивне значення.

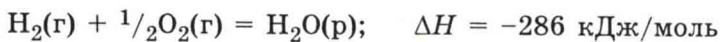
Для порівняння теплових ефектів різних реакцій значення цих величин, як правило, відносять до 1 моль речовини і однакових умов, узятих за стандартні.

За стандартні умови, в яких перебуває речовина, приймають тиск в 101325 Па (1 атм) і температуру, що дорівнює 298,15 К (25 °С).

- Порівняйте стандартні й нормальні умови. Що є спільного і чим вони відрізняються?

Рівняння хімічних реакцій із зазначенням теплового ефекту називають термохімічними рівняннями.

Наприклад, термохімічне рівняння реакції синтезу 1 моль води (тому використовуються дробові коефіцієнти):

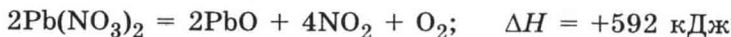


Проте у термохімічному рівнянні, де використовують не дробові, а цілочислові коефіцієнти, тепловий ефект реакції треба подвоїти:



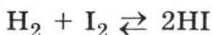
Це означає, що реакція синтезу води супроводжується виділенням кількості теплоти, що дорівнює 572 кДж.

Розглянемо інший приклад:



Такий запис означає, що під час розкладу нітрату плюмбуму(II) за такою реакцією поглинається кількість теплоти, що дорівнює 592 кДж.

Хімічна рівновага. Ви вже знаєте, що хімічні реакції бувають *необоротні*, коли реагенти повністю перетворюються на продукти реакції, та *оборотні*, які не доходять до кінця, оскільки в міру їх перебігу в реакційній системі створюються умови для протилежних змін. Наприклад, якщо суміш водню і йоду нагрівати за температури 410 °С в закритому посуді, то масова частка вихідних реагентів, які перетворюються на йодоводень, становитиме лише 78 %. Це пояснюється тим, що за таких самих умов йодоводень розпадається на йод і водень, але не повністю, а тільки на 22 %:



В обох випадках встановлюється стан, який за даної температури характеризується цілком певним

співвідношенням реагентів. При цьому швидкість взаємодії водню і йоду дорівнює швидкості розкладання йодоводню.

|| Стан системи, за якого швидкість прямої реакції дорівнює швидкості зворотної реакції, називається хімічною рівновагою.

|| Процеси, які одночасно відбуваються у двох взаємно протилежних напрямках (прямому і зворотному) називаються оборотними.

Більшість хімічних реакцій оборотні. Вони відбуваються мимовільно до встановлення в системі хімічної рівноваги. Після настання рівноваги концентрації вихідних речовин і продуктів реакції за даних умов залишаються незмінними. Якщо ж змінюються зовнішні умови, рівновага зміщується, і встановлюється новий стан рівноваги. Вона порушується, якщо змінюються температура, концентрація реагентів, тиск (для газуватих систем).

Закономірність впливу зовнішніх умов на рівновагу оборотних хімічних реакцій установив французький учений Ле Шательє (1850—1936). Її назвали на його честь *принципом Ле Шательє*:

|| якщо умови, за яких система перебуває у рівновазі, змінити, то рівновага зміщується у бік тих процесів, які цій зміні протидіють.

Наприклад, якщо збільшити концентрацію однієї з вихідних речовин, то рівновага в системі зміститься в бік тієї реакції, яка зменшує концентрацію введеної речовини.

Для газуватих систем зсуву рівноваги у бік зменшення об'ємів газів сприятиме збільшення тиску. Зниження температури зсуває рівновагу в бік екзотермічної реакції, тобто реакції, яка відбувається з виділенням теплоти і тим самим заважає зниженню температури.

Швидкість хімічної реакції — характеристика перебігу хімічної реакції у часі. Про швидкість реакції роблять висновок на підставі зміни концентрації однієї з вихідних речовин або продукта реакції за одиницю часу (наприклад, за 1 с, 1 хв або 1 год). У стані хіміч-

ної рівноваги швидкість прямої реакції дорівнює швидкості зворотної, тому зміна концентрації речовин не спостерігається.

Хімічні реакції відбуваються з різною швидкістю. Одні — практично миттєво (нейтралізація кислоти лугом, вибухові реакції), другі — нескінченно повільно, тисячоліттями (хімічне вивітрювання гірських порід, наприклад перетворення граніту на глину).

На швидкість перебігу реакцій впливають різні чинники. Передусім *природа речовин*, що реагують.

Виконаємо такий дослід. У три пробірки наллємо по 1—2 мл розбавленої хлоридної кислоти. В одну пробірку зануримо невеликий очищений залізний цвяшок, у другу — гранулу цинку, а в третю — стружку магнію (площа поверхні металів приблизно однакова).

За об'ємом водню, що виділяється, робимо висновок: магній взаємодіє з хлоридною кислотою швидше, ніж цинк, а швидкість реакції заліза ще менша, ніж цинку. Отже, має значення природа речовин, що реагують.

Швидкість реакції залежить від *концентрації реагуючих речовин*. Для того щоб відбулася реакція, частинки (атоми, молекули, йони, радикали) вихідних речовин повинні зіткнутися одна з одною. Чим частіше зіткнення, тим швидше відбувається реакція. Зрозуміло, що кількість зіткнень частинок за даної температури залежить від концентрації реагуючих речовин. Чим більша концентрація (більше частинок в одиниці об'єму), тим більша ймовірність їх зіткнення і тим вища швидкість хімічної реакції.

Якщо реакція відбувається між газом і твердою речовиною, то її швидкість залежить від зіткнення молекул газу з твердою речовиною на одиницю площі її поверхні. Тому, щоб прискорити реакцію, потрібно збільшити площу поверхні зіткнення реагуючих речовин.

На швидкість реакції великий вплив справляє *температура*. Переважна більшість реакцій у разі нагрівання відбуваються швидше, ніж без нагрівання. Це пояснюється тим, що при підвищенні температури збільшується частка активних частинок (молекул, атомів, йонів), тобто таких, які мають достатній запас енергії для їх взаємодії. Адже відомо, що не кожне

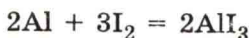
зіткнення частинок веде до хімічної реакції. Отже, підвищення температури — один із засобів активізації частинок реагуючих речовин, надання їм необхідної додаткової енергії.

Каталізатори. Одним із найефективніших засобів впливу на швидкість реакції є застосування каталізатора.

Змішаємо порошковаті алюміній (або цинковий пил) і йод. Ми не помічаємо ознак перебігу реакції. Очевидно, за стандартних умов вона практично не відбувається.

Доторкнемося до суміші розпеченим дротом. Реакція починається і далі триває мимовільно. Ми спостереігаємо, як розпікається реакційна маса.

Тепер до такої самої суміші додамо кілька крапель води. Невдовзі помічаємо перебіг реакції: маса суміші речовин розпікається, відбувається бурхлива реакція з утворенням іодиду алюмінію:

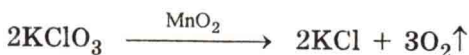


Реакція відбувається так, як і в разі нагрівання. Вода у даному випадку відіграє роль каталізатора.

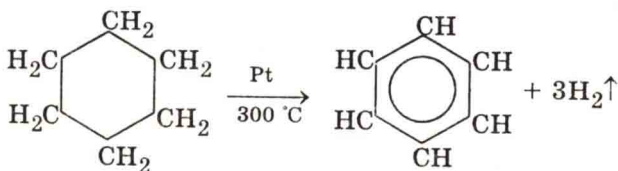
Каталізатором називається речовина, яка, беручи участь у хімічній реакції, збільшує її швидкість, а на кінець реакції залишається незмінною.

Реакції, які відбуваються за участю каталізатора, називаються каталітичними.

Наприклад, добування кисню з бертолетової солі:



Добування бензену дегідруванням циклогексану за температури 300 °С і наявності платини:



Відомі речовини, що уповільнюють реакції, наприклад корозію металів.

|| Речовини, які гальмують хімічні реакції, називаються інгібіторами.

Ці речовини адсорбуються поверхнею металу та утворюють захисну плівку. Інгібітори застосовують для захисту трубопроводів у газо- і нафтовидобувній промисловості. Їх широко використовують для регулювання швидкості реакцій полімеризації, стабілізації каучуків під час їхньої переробки, вуглеводневого палива, збереження харчових жирів, лікувальних препаратів тощо.

Електронну теорію каталізу запропонував український учений Л. В. Писаржевський.

Сучасна промисловість широко використовує каталізатори. І це зрозуміло, оскільки каталіз — найефективніший спосіб інтенсифікації промислового виробництва.

Каталізатори відіграють суттєву роль у життєдіяльності організмів. Хімічні реакції в клітинах, тканинах, у різних органах відбуваються під впливом ферментів — біологічних каталізаторів. За своєю дією вони дуже схожі з неорганічними каталізаторами, але їхня активність значно вища. Вони також легко отруюються каталітичною отрутою, особливо такою, як алкоголь, нікотин, і втрачають свою активність. А це згубно позначається на здоров'ї людини.

Завдання для самоконтролю

260. Чому хімічні реакції супроводжуються певними енергетичними змінами?

261. Поясніть поняття «тепловий ефект реакції» (ентальпія реакції).

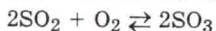
262. Як класифікують реакції за ознакою теплового ефекту?

263. Для розкладу 0,5 моль хлороводню витрачено теплоту, що дорівнює 46 кДж. Напишіть термохімічне рівняння реакції розкладу хлороводню.

264. Поясніть стан хімічної рівноваги на конкретному прикладі.

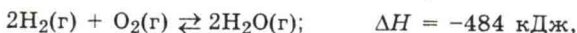
265. Які реакції називаються оборотними? Наведіть приклади оборотної і практично необоротної реакцій.

266. Як вплине на рівноважний стан системи



а) підвищення тиску; б) зменшення концентрації оксиду сульфуру(VI)? Чому?

267. У який бік зміститься хімічна рівновага системи



якщо: а) підвищити температуру; б) знизити температуру.

268. Які чинники і як впливають на зміщення хімічної рівноваги?

269. Як ви розумієте швидкість хімічної реакції? Від чого вона залежить?

270. Що таке каталізатор? Наведіть приклади рівнянь каталітичних і некаталітичних реакцій.

271*. Теплота згоряння ацетилену становить 1307 кДж/моль. Напишіть термохімічне рівняння реакції горіння ацетилену. Обчисліть об'єм спаленого ацетилену, якщо при цьому виділилася теплота, що дорівнює 653,5 кДж.

272*. Унаслідок згоряння сірки масою 12 г (ентальпія утворення оксиду сульфуру(IV) з сірки й кисню дорівнює 296,8 кДж/моль) теплота, що при цьому виділяється, дорівнює

(1) 55,65 кДж; (3) 222,6 кДж;

(2) 111,3 кДж; (4) 333,9 кДж.

273*. У реакційній системі концентрація однієї з реагуючих речовин через 20 с після початку реакції становила 0,1 моль/л, а через 30 с — 0,02 моль/л. Середня швидкість цієї реакції дорівнює

(1) 0,002 моль/(л · с); (3) 0,006 моль/(л · с);

(2) 0,004 моль/(л · с); (4) 0,008 моль/(л · с).

§ 31. ГЕНЕТИЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК МІЖ ОРГАНІЧНИМИ ТА НЕОРГАНІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ

Вам відомо, що речовинний світ природи надзвичайно різноманітний і разом з тим усі речовини взаємозв'язані. Але до початку XIX ст. вважалося, що між органічними та неорганічними речовинами існує непереборна межа, що вони підкоряються різним законам, тому органічні речовини не можна добути з неорганічних.

Такий погляд пояснюється тим, що на початку XIX ст., завдяки працям шведського хіміка Й. Берцеліуса, який у 1806 р. ввів у науку термін «органічна

ЙЄНС-ЯКОБ БЕРЦЕЛІУС (1779—1848)

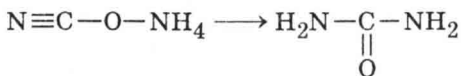


Шведський хімік і мінералог, член Стокгольмської АН, потім її президент (1810—1818). Відкрив Церій, Селен, Силіцій, Цирконій, Тантал, Ванадій, Торій. Збагатив органічну хімію відомостями про кислоти і явища ізомерії. Не менш важливий його внесок у хімічний якісний і кількісний аналізи та мінералогічну хімію. Розвинув атомне вчення класичними дослідженнями закону кратних відношень. Склав таблицю атомних мас елементів. Відкрив каталіз. Запропонував хімічні символи елементів (1814), якими ми користуємося й нині.

хімія», почала формуватися наука про органічні речовини як самостійна галузь хімічних знань.

Обособлення органічної хімії, з одного боку, мало позитивне значення, оскільки підкреслювало важливість цієї групи речовин. Але, з другого боку, таке обособлення зіграло негативну роль, оскільки укріплювало думку, що між органічними та неорганічними речовинами існує непрохідна прірва. А це гальмувало розвиток науки. Такий погляд підкріплювався тим, що на той час ще нікому не вдавалося синтезувати хоча б одну речовину, яка вважалася органічною. У цьому вчені вбачали особливу своєрідність органічних сполук. У зв'язку з цим Й. Берцеліус стверджував, ніби природа має у своєму розпорядженні надприродні сили, якими хіміки не володіють; ніби у живій природі речовини підпорядковуються іншим законам, ніж у неживій, тому утворення органічних сполук відбувається за участю «життєвої сили» — *Vis Vitalis*.

Першого удару по віталізму завдало відкриття німецького хіміка Ф. Велера (учня Й. Берцеліуса), який у 1828 р. з неорганічної речовини ціанату амонію $\text{N}\equiv\text{C}-\text{O}-\text{NH}_4$ добув сечовину $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ — речовину тваринного походження:



Ціанат амонію

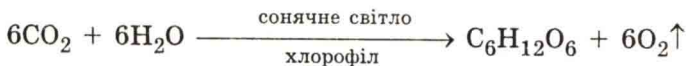
Сечовина

Як з'ясувалося пізніше, це був не синтез, а лише перегрупування атомів.

Остаточне спростування віталістичного вчення відбулося завдяки синтезам таких органічних сполук, як анілін (М. М. Зінін, 1842), оцтова кислота (Г. Кольбе, 1845), жири (М. Бертло, 1854), цукриста речовина (О. М. Бутлеров, 1861), сечова кислота (І. Я. Горбачевський, 1882). Унаслідок цих синтезів учені дійшли важливого висновку: органічні речовини можна дістати з неорганічних. Далі було здійснено ще багато різних синтезів органічних сполук із неорганічних. Усі вони засвідчили, що речовини генетично взаємозв'язані.

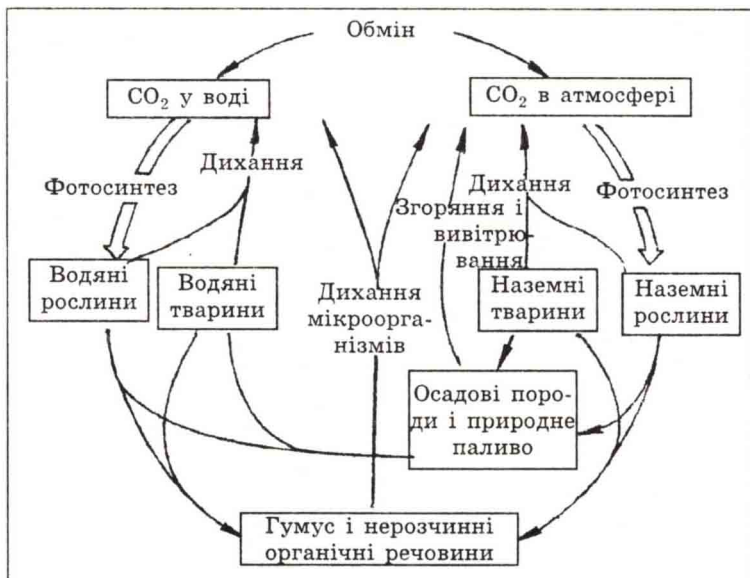
Яскравим свідченням існування генетичного зв'язку між органічними та неорганічними речовинами є також колообіг біогенних елементів у природі.

Згадаємо хоча б колообіг Карбону (див.: § 23 за підручником для 10 класу). Він здійснюється завдяки чітко відпрацьованому у процесі еволюції механізму функціонування двох фундаментальних процесів — фотосинтезу і клітинного дихання. Унаслідок життєдіяльності рослинних організмів (у тім числі й фітопланктону Світового океану), що містять хлорофіл, вуглекислий газ з атмосфери і вода з ґрунту під впливом сонячної енергії перетворюються на органічні сполуки, зокрема на вуглеводи. У разі цих перетворень енергія Сонця переходить в енергію хімічних зв'язків органічних сполук, передусім вуглеводів. Спрощену схему фотосинтезу можна подати так:



Протилежний фотосинтезу процес — це клітинне дихання, під час якого відбувається розщеплення синтезованих з CO_2 і H_2O вуглеводів. Кисень, що виділяється під час фотосинтезу, використовується всіма організмами (і тваринами, і рослинами) для окиснення вуглеводів. Окиснюючи органічні речовини, живі клітини повертають CO_2 в атмосферу (мал. 26). Людина здійснює, по суті, те саме, коли спалює вугілля або нафту: вона повертає в атмосферу ще «палеозойський CO_2 ».

Отже, всі речовини *генетично* (від грец. *genesis* — походження) зв'язані між собою. Генетичний зв'язок

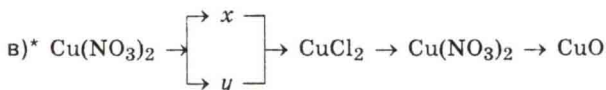
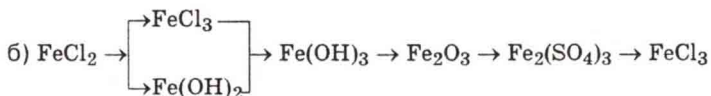
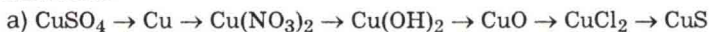


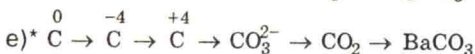
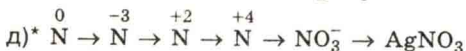
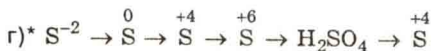
Мал. 26. Колообіг Карбону (за Б. Албертс та ін., 1986)

полягає в тім, що атоми або групи атомів одних класів речовин унаслідок хімічних реакцій можуть переходити до складу речовин інших класів. Навіть органічні речовини можуть взаємодіяти з неорганічними. Їх можна синтезувати з неорганічних і перетворювати на неорганічні. У цьому ви ще раз зможете переконатися, виконавши запропоновані завдання.

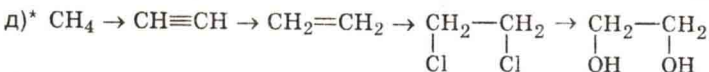
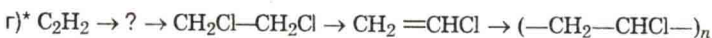
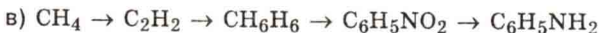
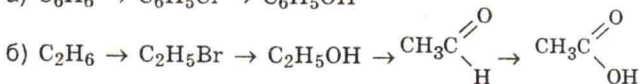
Завдання для самоконтролю

274. Згідно з наведеними схемами напишіть рівняння реакцій, що відображують генетичний зв'язок між неорганічними речовинами:



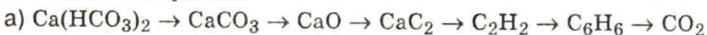


275. Згідно з наведеними схемами напишіть рівняння реакцій, що відображують генетичний зв'язок між органічними речовинами:

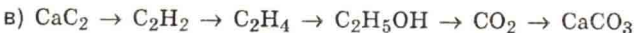


е) * хлорометан \rightarrow етан $\rightarrow ? \rightarrow$ етанол \rightarrow етиловий естер оцтової кислоти.

276. Згідно з наведеними схемами напишіть рівняння реакцій, що відображують генетичний зв'язок між неорганічними та органічними сполуками:



б) оксид карбону(IV) \rightarrow крохмаль \rightarrow глюкоза \rightarrow етанол \rightarrow оцтова кислота \rightarrow ацетат магнію \rightarrow карбонат магнію \rightarrow гідрогенкарбонат магнію



ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практична робота 1

Властивості оцтової кислоти

Дослід 1. *Дія оцтової кислоти на індикатори.*

До розчину оцтової кислоти додайте розчин лакмусу чи метилового оранжевого.

Як змінилося забарвлення розчину? Що це за свідчує?

Дослід 2. *Взаємодія оцтової кислоти з основами.*

До розчину гідроксиду натрію, забарвленого фенолфталеїном, краплями додавайте розчин оцтової кислоти до знебарвлення розчину фенолфталеїну.

Про що свідчать результати дослідів? Складіть рівняння реакцій у молекулярній та йонній формах.

Дослід 3. *Взаємодія оцтової кислоти з металами.*

У пробірку з розбавленою оцтовою кислотою помістіть стружку магнію. Спостерігайте виділення газу.

Який газ виділяється? Складіть рівняння реакції в молекулярній та йонній формах.

Дослід 4. *Взаємодія оцтової кислоти з солями.*

У пробірку з розчином оцтової кислоти додайте сіль кислоти, слабкішої, ніж оцтова, наприклад карбонат натрію. Спостерігайте виділення газу.

Який газ виділяється? Складіть рівняння реакції в молекулярній та йонній формах.

Практична робота 2

Розв'язування експериментальних задач на розпізнавання органічних речовин

1. У пронумерованих пробірках містяться: а) хлоромісна органічна сполука; б) розчин оцтової кислоти; в) розчин крохмалю. Визначте ці речовини.

2. За допомогою одного й того ж реактиву визначте: а) гліцерин; б) оцтовий альдегід.

3. Доведіть, що ацетат натрію — сіль слабкої кислоти.

Результати дослідів підтвердять, де це можливо, рівняннями хімічних реакцій.

Практична робота 3

Розв'язування експериментальних задач

Варіант I

Задача 1. Добудьте нітрат купрум(II), маючи у своєму розпорядженні тільки розчини хлориду купрум(II), нітратної кислоти і гідроксиду калію. Напишіть рівняння реакцій у молекулярній і йонній формах.

Задача 2*. У трьох пронумерованих пробірках містяться розчини гліцерину, глюкози й формальдегіду. Визначте, в якій із пробірок яка речовина міститься, і напишіть необхідні рівняння реакцій.

Варіант II

Задача 1. Добудьте хлорид ферум(III) трьома різними способами. Напишіть рівняння реакцій у молекулярній і йонній формах.

Задача 2*. У трьох пронумерованих пробірках містяться розчини крохмалю, мила і білка. Визначте, в якій із пробірок яка речовина міститься, і, де можливо, напишіть рівняння реакцій.

Варіант III

Задача 1. Добудьте хлорид цинку трьома різними способами. Напишіть рівняння реакцій у молекулярній і йонній формах.

Задача 2*. У трьох пронумерованих пробірках містяться розчини оцтової кислоти, етилового спирту, гліцерину. Визначте, в якій із пробірок яка речовина міститься, і напишіть рівняння реакцій.

Варіант IV

Задача 1*. Доведіть дослідним шляхом, що виданий вам кристалічний моносахарид виявляє властивості

альдегіду і багатоатомних спиртів. Відповідь супроводжуйте рівняннями реакцій.

Задача 2. У трьох пробірках містяться розчини сульфатної, хлоридної, нітратної кислот. Як довести наявність тієї або іншої кислоти? Відповідь проілюструйте рівняннями реакцій.

Задача 3. До розчину фосфату натрію додайте розчин гідроксиду кальцію. Що спостерігається? Чому? Напишіть рівняння реакцій у молекулярній і йонній формах.

Варіант V

Задача 1. Доведіть дослідним шляхом, що до складу олеїнової кислоти входить ненасичений вуглеводневий радикал. Відповідь проілюструйте рівнянням реакції.

Задача 2. У трьох пронумерованих пробірках містяться розчини карбонату натрію, хлориду натрію і сульфату натрію. Визначте, в якій із пробірок яка сіль міститься. Відповідь проілюструйте рівняннями реакцій.

Задача 3. У пробірку з розчином хлориду феруму(III) додайте розчин їдкового натру. Що спостерігається? Чому? Напишіть рівняння реакції в молекулярній і йонній формах.

Варіант VI

Задача 1*. Дослідіть водний розчин феноляту натрію лакмусовим папірцем. Яка реакція розчину? Чим вона пояснюється?

Задача 2. У трьох пробірках містяться розчини хлориду натрію, броміду натрію, іодиду натрію. Як їх розпізнати? Відповідь мотивуйте рівняннями реакцій.

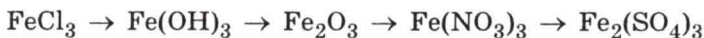
Задача 3. У пробірку з розчином карбонату натрію додайте трохи розбавленої хлоридної кислоти. Що спостерігається? Чому? Напишіть рівняння реакції в молекулярній і йонній формах.

Варіант VII

Задача 1. Доведіть дослідним шляхом, що: а) хлорид амонію — це амонійна сіль; б) хлорид амонію — сіль хлоридної кислоти. Напишіть рівняння реакції в молекулярній і йонній формах.

Задача 2*. У трьох пробірках містяться розчини фенолу, оцтової кислоти і крохмалю. Як їх розрізнити? Напишіть, де можливо, рівняння реакцій.

Задача 3. Здійсніть такі перетворення:



Напишіть рівняння реакцій.

Варіант VIII

Задача 1. Добудьте нітрат купрум(II) трьома різними способами. Складіть рівняння реакцій і запишіть їх у йонній формі.

Завдання 2*. У трьох пробірках містяться розчини глюкози, гліцерину і білку. Як їх розпізнати? Напишіть, де можливо, рівняння реакцій.

Задача 3. Здійсніть такі перетворення:



Напишіть рівняння реакцій.

Практична робота 4

Розв'язування експериментально-розрахункових задач

277. Добудьте сульфат барію реакцією обміну і виділіть його з суміші. Знайдіть масу кожної з вихідних речовин, узятих вами для добування сульфату барію кількістю речовини 0,5 моль.

278. Добудьте карбонат кальцію реакцією обміну і виділіть його з суміші. Знайдіть масу кожної з вихідних речовин, узятих вами для добування карбонату кальцію кількістю речовини 2 моль.

279. Добудьте гідроксид феруму(III) і виділіть його з суміші. Знайдіть масу кожної з вихідних речовин, узятих вами для добування гідроксиду феруму(III) кількістю речовини 0,5 моль.

280. Добудьте і зберіть кисень. Доведіть дослідним шляхом, що добутий газ — кисень. Обчисліть, чи вистачить кисню, добутого під час розкладу 0,5 моль перманганату калію, для спалювання 0,5 моль етану.

281. Добудьте і зберіть оксид карбону(IV). Доведіть дослідним шляхом, що добутий газ — оксид карбону(IV). Обчисліть об'єм (н. у.) оксиду карбону(IV), який можна добути з карбонату кальцію масою 200 г з масовою часткою домішок 10 %.

282. Добудьте і зберіть аміак. Доведіть дослідним шляхом, що добутий газ — аміак. Обчисліть, який об'єм аміаку (н. у.) можна добути з хлориду амонію масою 20 г, якщо вихід аміаку становить 70 %.

283. Доведіть дослідним шляхом, у якої речовини кислотні властивості виявляються слабше — у фенолу чи карбонатної кислоти. Напишіть рівняння реакції та обчисліть об'єм оксиду карбону(IV), який витрачається на реакцію з фенолятом натрію кількістю речовини 0,5 моль.

284*. У пробірку накачайте 3—5 крапель концентрованого розчину фенолу і додавайте краплями насичену бромну воду до появи осаду.

Напишіть рівняння реакції бромовання фенолу, зазначте назву осаду й обчисліть його масу за умови, що на бромовання фенолу кількістю речовини 0,5 моль витрачено 2 моль бром.

Увага! Після роботи з фенолом ретельно вимийте руки.

285*. Збовтайте у пробірці 0,5 мл аніліну і 3—4 мл води. До одержаної емульсії добавляйте краплями концентровану бромну воду до утворення білого осаду. Напишіть рівняння реакції, назвіть речовину, що випала в осад, і обчисліть кількість речовини осаду за умови, що анілін взаємодіяв з бромною водою об'ємом 200 мл з молярною концентрацією бром 3 моль/л.

Практична робота 5

Розв'язування розрахункових задач і вправ

286. Обчисліть об'єм оксиду карбону(IV) (н. у.), що виділяється внаслідок спиртового бродіння глюкози, яка утворюється під час гідролізу 0,5 моль сахарози.

287. Яка сіль і якою масою утворюється внаслідок дії надлишку хлоридної кислоти на 11,2 г заліза?

288. Яка маса солі утвориться внаслідок дії на 10 г гідроксиду калію розчину, який містить 10 г нітратної кислоти?

289. Обчисліть відносну густину за воднем оксиду сульфуру(IV).

290. Є розчин, у якому на 1 моль сульфатної кислоти припадає 1 моль води. Знайдіть масову частку сульфатної кислоти в цьому розчині.

291. На їдкий натр масою 20 г подіяли розчином, який містить 60 г сульфатної кислоти. Яка сіль і якою кількістю речовини утворилась у цьому разі?

292. Обчисліть масу безводної сульфатної кислоти, яку можна добути за розрахунком з 800 т сірчаного колчедану, в якому масова частка Сульфуру становить 45 %.

293. Яка маса гашеного вапна необхідна для добування з нашатиру NH_4Cl стільки аміаку, скільки його потрібно для приготування 1 кг розчину з масовою часткою аміаку 17 %?

294. Яку масу ортофосфату амонію можна добути внаслідок взаємодії аміаку масою 50 кг з 100 кг розчину з масовою часткою ортофосфатної кислоти 75 %?

295. Який об'єм аміаку (н. у.) можна добути, нагріваючи 20 г хлориду амонію з 20 г гідроксиду кальцію, якщо вихід його становить 90 %?

296. Яка маса аміаку потрібна для добування 5 т розчину з масовою часткою нітратної кислоти 60 %, якщо втрати аміаку на виробництві становлять 2,8 %?

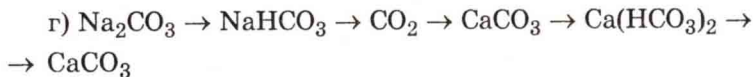
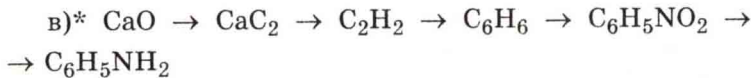
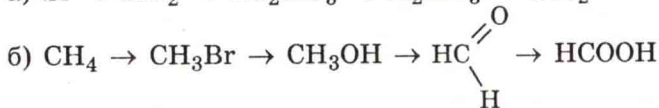
297. Унаслідок пропускання суміші етилену з метаном через склянку з бромом маса склянки збільшилась на 8 г. Визначте об'єм газу (н. у.), що прореагував.

298. Під час спалювання 1,3 г речовини утворилось 4,4 г оксиду карбону(IV) і 0,9 г води. Густина пари цієї речовини за воднем становить 39. Виведіть молекулярну формулу цієї сполуки та обчисліть, чи вистачить 150 л кисню (н. у.) для спалювання 1 моль цієї речовини.

299. Яка маса оцтової кислоти витрачається на синтез 35,2 г етилового естеру оцтової кислоти, якщо вихід останнього становить 80 %?

300. Під час взаємодії двовалентного металу масою приблизно 20 г з водою виділилося 5,11 л водню (н. у.). Визначте взятий метал.

301. Напишіть рівняння реакцій за схемами:



1. РОЗПІЗНАВАННЯ ЙОНІВ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Катіони в розчинах кислот, лугів, солей

H^+	лакмус	→ Червоне забарвлення розчину
	метали	→ Утворення водню H_2
NH_4^+	луг, нагрівання	→ Виділення аміаку NH_3
Ag^+	розчини з Cl^-	→ Білий сирнистий осад $AgCl$
Na^+	у полум'ї	→ Жовте забарвлення полум'я
K^+	у полум'ї	→ Фіолетове забарвлення полум'я
Ba^{2+}	розчини з SO_4^{2-}	→ Білий осад $BaSO_4$
Zn^{2+}	луг OH^-	→ Білий драглистий осад, розчинний у надлишку лугу

Аніони в розчинах кислот, лугів, солей

Cl^-	розчини з Ag^+	→ Білий сирнистий осад $AgCl$
Br^-	розчини з Ag^+	→ Жовтуватий сирнистий осад $AgBr$
I^-	розчини з Ag^+	→ Жовтий сирнистий осад AgI
SO_4^{2-}	розчини з Ba^{2+}	→ Білий осад $BaSO_4$
CO_3^{2-}	розчини кислот, H^+	→ Виділення вуглекислого газу CO_2
NO_3^-	H_2SO_4 (конц.) і Cu	→ Виділення бурого газу NO_2
OH^-	лакмус	→ Синє забарвлення розчину

2. РОЗЧИННІСТЬ КИСЛОТ, ОСНОВ І СОЛЕЙ У ВОДІ

Аніони	Катіони																			
	H ⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ni ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	
OH ⁻		Р	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—	—	Н	Н	Н	Н
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	М	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	М	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	—	—	Р	Р	Н	Н	—	Н	М	—
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	М	—	—	Н	—	Н	Н	Н	Н	Н	—	Н	Н	Н
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	—	—	Н	—	Н	Н	Н	Н	—	—	Н	—	—
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Н	Р	Р
PO ₄ ³⁻	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—	—	Н	Н	Н
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	—	—	Н	—	—	Н	Н	Н	—	—	Н	—	—
SiO ₃ ²⁻	Н	Р	Р	—	Н	Н	Н	Н	—	Н	Н	—	Н	Н	—	—	—	Н	—	—
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	—	Р	Р	—	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р

Примітка. Р — розчиняється, М — мало розчиняється, Н — практично не розчиняється, риска — сполука розкладається водою або не існує.

3. КЛАСИ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН І ФУНКЦІОНАЛЬНІ ГРУПИ

Клас сполук	Функціональна група	Назва групи	Приклад
Галогенопохідні	—F, —Cl, —Br, —I	Галогени	C ₂ H ₅ Cl хлоретан C ₆ H ₅ Br бромобензол
Спирти і феноли	—OH	Гідроксильна (гідроксил)	C ₂ H ₅ OH етанол C ₆ H ₁₃ OH гексанол C ₆ H ₅ OH фенол
Альдегіди	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	Альдегідна	$\text{CH}_3\text{—}\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$ оцтовий альдегід
Карбонові кислоти	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	Карбоксильна (карбоксил)	CH ₃ COOH оцтова кислота
Нітросполуки	—NO ₂	Нітрогрупа	CH ₃ NO ₂ нітрметан
Первинні аміни	—NH ₂	Аміногрупа (первинна)	CH ₃ CH ₂ NH ₂ етиламін
Вуглеводні	—	—	C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ , C ₆ H ₆

4. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ДЕЯКИМИ ФІЗИЧНИМИ ВЕЛИЧИНАМИ

Фізична величина	Позначення	Рівняння для визначення фізичної величини	Одиниця
Молярна маса	M	$M = \frac{m}{n};$ $M = 2D_{H_2}$	кг/моль, г/моль, 1 г/моль = = 10^{-3} кг/моль
Маса речовини	m	$m = V\rho; \quad m = Mn$	кг, г
Кількість речовини	n	$n = \frac{m}{M}; \quad n = \frac{V}{V_m};$ $n = \frac{N}{N_A}$	моль
Об'єм газу	V	$V = \frac{m}{\rho}; \quad V = V_m n$	м ³ , л
Молярний об'єм	V_m	$V_m = \frac{V}{n}; \quad V_m = \frac{M}{\rho}$	м ³ /моль, л/моль
Густина	ρ	$\rho = \frac{m}{n}; \quad \rho = \frac{M}{V_m}$ (для газів)	кг/м ³ , г/см ³ , г/л, г/мл
Відносна густина газів	D	$D = \frac{\rho_1}{\rho_2}; \quad D = \frac{M_1}{M_2}$	—

РОЗПІЗНАВАННЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Насичені вуглеводні	—————→	За стандартних умов не вступають у хімічні реакції
Етилен, ацетилен	<u>розчин $KMnO_4$</u> →	Знебарвлення розчину
	<u>бромна вода</u> →	Знебарвлення бромної води
Бензен	<u>суміш HNO_3 та H_2SO_4</u> →	Жовтувата рідина із запахом гіркої мигдалю (нітробензен $C_6H_5NO_2$)
Етанол	<u>I_2 у лужному середовищі</u> →	Жовтий осад CHI_3
Гліцерин	<u>світовиготовлений $Cu(OH)_2$</u> →	Синій розчин комплексної сполуки
Фенол	<u>бромна вода</u> →	Фіолетовий розчин комплексної сполуки
Альдегіди	<u>$Cu(OH)_2$, нагрівання</u> →	Червоний осад Cu_2O
	<u>аміачний розчин Ag_2O</u> →	Осад срібла («срібне дзеркало»)
Карбонові кислоти	<u>лакмус</u> →	Забарвлення розчину в червоний колір
	<u>метиловий оранжевий</u>	
Глюкоза проба на альдегідну групу	<u>$Cu(OH)_2$, нагрівання</u> →	Червоний осад Cu_2O
	<u>аміачний розчин Ag_2O</u> →	Осад срібла («срібне дзеркало»)
проба на гідроксильні групи	<u>$Cu(OH)_2$</u> →	Синій розчин комплексної сполуки
Крохмаль	<u>I_2</u> →	Синє забарвлення
Білок	<u>$Cu(OH)_2$</u> →	Фіолетове забарвлення
	<u>HNO_3 (конц.)</u> →	Жовте забарвлення

5. ГУСТИНА РОЗЧИНІВ КИСЛОТ І ОСНОВ

Наведено склад водних розчинів, виражений через масову частку w і молярну концентрацію c розчиненої речовини, залежно від густини розчину за температури 20 °С для таких речовин: HCl, HNO₃, H₂SO₄, KOH, NH₃, NaOH

ρ, г/л	w, %	c, моль/л	ρ, г/л	w, %	c, моль/л
HCl			1380	62,70	13,73
1000	0,36	0,10	1385	63,72	14,01
1005	1,36	0,38	1390	64,74	14,29
1010	2,36	0,66	1395	65,84	14,57
1015	3,37	0,94	H₂SO₄		
1020	4,39	1,23	1000	0,26	0,03
1025	5,41	1,52	1005	0,99	0,10
1030	6,43	1,82	1010	1,73	0,18
1035	7,46	2,12	1015	2,49	0,26
1040	8,49	2,42	1020	3,24	0,34
1045	9,51	2,73	1025	4,00	0,42
1050	10,52	3,03	1030	4,75	0,50
1075	15,49	4,57	1035	5,49	0,58
1100	20,39	6,15	1040	6,24	0,66
1125	25,22	7,78	1045	7,00	0,74
1150	30,14	9,51	1050	7,70	0,83
1160	32,14	10,23	1055	8,42	0,91
1170	34,18	10,97	1060	9,13	0,99
1180	36,23	11,73	1065	9,84	1,07
1190	38,32	12,50	1070	10,56	1,15
HNO₃			1180	25,21	3,03
1000	0,33	0,05	1305	40,25	5,36
1005	1,26	0,20	1500	60,17	9,20
1010	2,16	0,35	1730	80,25	14,16
1015	3,07	0,50	1815	90,12	16,68
1020	3,98	0,65	1824	92,00	17,11
1025	4,88	0,80	1831	93,94	17,54
1030	5,78	0,95	1834	95,12	17,79
1035	6,66	1,09	1835	95,72	17,91
1040	7,53	1,24	KOH		
1045	8,40	1,39	1000	0,20	0,04
1050	9,26	1,54	1005	0,74	0,13
1055	10,12	1,69	1010	1,30	0,23
1085	15,13	2,61	1015	1,84	0,33
1115	20,00	3,54	1020	2,38	0,43
1150	25,48	4,65	1025	2,93	0,54
1180	30,00	5,62	1030	3,48	0,64
1280	45,27	9,20	1035	4,03	0,75
1365	59,69	12,93	1040	4,58	0,85

263. 92 кДж/моль
266. Зміститься праворуч
267. а) ліворуч; б) праворуч.
271. $V(C_2H_2) = 11,2$ л
272. (2)
273. (4)
280. Не вистачить
281. $V(CO_2) = 40,32$ л
282. $V(NH_3) = 5,8$ л
283. $V(CO_2) = 11,2$ л
284. $m(\text{осаду}) = 165,5$ г
285. $n(\text{осаду}) = 0,2$ моль
286. $V(CO_2) = 22,4$ л
287. $m(FeCl_2) = 25,4$ г
288. $m(KNO_3) = 16$ г
289. $D_{H_2}(SO_2) = 32$
290. $w(H_2SO_4) = 84,5$ %
291. $n(NaHSO_4) = 0,5$ моль
292. $m(H_2SO_4) = 588$ т
293. $m(Ca(OH)_2) = 370$ г
294. $m(Ca_3(PO_4)_2) = 114$ кг
295. $V(NH_3) = 8,2$ л
296. $m(NH_3) = 823$ кг
297. $V(C_2H_2) = 6,4$ л
298. C_6H_6 ; не вистачить
299. $m(CH_3COOH) = 30$ г
300. Sr

ТЛУМАЧНИЙ СЛОВНИЧОК

Абразиви (від франц. *abrasif* — шліфувальний, від лат. *abrado* — зіскоблюю) — природні або штучні матеріали високої твердості, наприклад алмаз, корунд, наждак. З абразивів виготовляють порошки (суспензії), абразивні інструменти. Інша назва — абразивні матеріали.

Агрикола Георг (справжнє прізвище Бауер) (1494—1555) — німецький учений, лікар, філософ. Займався мінералогією та металургією. Вперше узагальнив досвід гірничо-металургійного виробництва у творі «Про гірничу справу і металургію».

Алкоголь (від араб. *аль кухль* — дуже дрібний порошок сульфиду стибію, яким фарбували вії). Пізніше алкоголем називали рідину, що утворювалася в результаті перегонки вина.

Аморфний (від грец. *аморфос* — безформний) — стан рідких і твердих тіл, що характеризується невпорядкованим розміщенням їхніх молекул.

Антисептичний (від грец. *анти* — проти і *септос* — гнильний) — протигнильний, що протидіє гниттю, затримує розвиток мікробів; знезаражуючий.

Біогенний — такий, що походить від живого організму або пов'язаний з ним. Біогенні елементи — це хімічні елементи (С, Н, О, N, S, P, галогени та деякі інші), що входять до складу організмів.

Гігроскопічний (від грец. *гігро* — волога і *скопес* — дивлюсь) — той, що вбирає вологу.

Гідрофільний (від грец. *гідро* — вода і *філіо* — люблю) — здатний змочуватися водою. До гідрофільних речовин належать, наприклад, глини, силікати.

Гідрофобний (від *гідро* — вода і грец. *фобос* — страх, жах) — не здатний змочуватися водою. До гідрофобних речовин належать, наприклад, багато металів, жири, воски, деякі полімери.

Глюкоза (від грец. *глюкос* — солодкий) — виноградний цукор, вуглевод групи моносахаридів, безбарвні кристали, солодкі на смак.

Денатурація (від *де...* і лат. *natura* — природні якості, ество) — позбавлення природних властивостей, зміна природних властивостей і структури білків під впливом фізичних і хімічних чинників.

Диполь (від грец. *ди* — два і *поліос*) — система з двох однакових за абсолютною величиною, але протилежних за

знаком зарядів, розміщених на певній відстані один від одного.

Ідеальний газ — це газ, силами взаємодії між частинками якого можна знехтувати.

Інгібітор (від лат. *inhibeo* — стримую, зупиняю) — речовина, яка сповільнює перебіг хімічної реакції або зупиняє її.

Пектораль (від лат. *pectus*, родовий відмінок *pectoris* — груди) — шийна металічна прикраса. Відома у Стародавньому Єгипті та Європі у залізному віці.

Пігмент (від лат. *pigmentum* — фарба) — барвна речовина, основа фарби.

Поліпептид (від грец. *поли* — багато і *пептид* — перетравлений) — сполука, утворена в результаті взаємодії трьох і більше молекул амінокислот.

Рух — це зміна взагалі; усяка взаємодія матеріальних об'єктів, а не лише переміщення.

Саркофаг (від грец. *σαρξ* — м'ясо, плоть і *φαυος* — пожирач) — труна, невелика гробниця з дерева, каменю та інших матеріалів, прикрашена малюванням, скульптурою.

Система (від грец. *συστημα* — ціле, складене з частин) — сукупність частин, поєднаних спільною функцією. Реакційна система — сукупність речовин, об'єднаних одна з одною спільною взаємодією.

Скрап (від англ. *scrap*) — металева сировина, відходи металургійних виробництв, що використовуються для переплавлення у металургійних печах; брухт, який переплавляють на придатний метал.

Фараон — титул царів у Стародавньому Єгипті, а також особа, якій присвоєно цей титул.

Фармація (від грец. *φαρμακεια* — ліки) — наука, що займається вишукуванням, вивченням та розробкою способів добування, обробки, виготовлення й зберігання лікарських засобів, препаратів та матеріалів, що застосовуються у медицині й ветеринарії, а також питаннями їх стандартизації та контролю. Разом з фармакологією складає науку про ліки.

Целюлоза (від лат. *cellula* — клітина, комірка) — клітковина, високомолекулярний вуглевод, головна складова оболонки рослинних клітин.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Авогадро А.	108	Зінін М. М.	54, 151
Бертло М.	34, 151	Кольбе Г.	151
Бертолле К.	105	Курнаков М. С.	106
Берцеліус Й.	149, 150	Лавуазьє А.	103, 104
Бунге М. А.	44	Ле Шательє А.	145
Бутлеров О. М.	94, 123, 124, 151	Ломоносов М. В.	72, 94, 102, 103
Велер Ф.	150	Менделєєв Д. І.	94, 110, 111
Гассенді П.	102	Парацельс Т.	71, 72
Гей-Люссак Ж.	106, 107	Писаржевський Л. В.	137, 148
Горбачевський І. Я.	58, 151	Полінг Л.	116
Дальтон Дж.	94	Пруст Ж.	104—106
Демокріт	101, 102	Фішер Е.	62

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Акцептор	115
Альдегід	
мурашиний	
(формальдегід)	19
оцтовий	
(ацетальдегід)	19, 21
Аміни	51—56
Аміногрупа	51
Амінокислоти	57—59
Амфотерні	
сполуки	58
Анілін	53—56
Ацетати	26

Б

Безвідхідна	
технологія	81
Білки	60—64
кольорові	
реакції	62
Бертоліди	106
Бродіння	42
Бромовання	16, 17
Бутанол	8

В

Взаємний вплив	
атомів	17

Відновлення	21, 22, 137
Відновник	137
Відносна густина	
газів	109
Внутрішня енергія	143
Волокна	
натуральні	64
синтетичні	65
штучні	65
Вуглеводи	40—51

Г

Галогенування	138
Генетичний зв'язок	29, 149—152
Гідратація	29, 139
Гідроліз	140
білків	62, 63
жирів	36, 37
крохмалю	47
естерів	31
целюлози	50
Гідрування	21, 139
Глікоген	47
Гліцерин	12—14
Глюкоза	40—42
Гомологічний ряд	7, 8, 19, 23, 24
Гомологія	66
Група	
альдегідна	19
гідроксильна	10
карбоксільна	23

пептидна	59		
функціональна	10		
Д			
Дальтоніди	106		
Декстрини	48		
Денатурація білків	61		
Дипептид	59		
Дисоціація карбонових кислот	25		
Донор	115		
Донорно-акцепторний механізм	114—116		
Е			
Екологія	89		
Електронегативність	116		
Енергетика			
воднева	84		
сонячна	84		
ядерна	84		
Ентальпія реакції	143		
Естерифікація	30		
Етанол			
(етилловий спирт)	6, 8—10		
Етилат натрію	10		
Етиленгліколь	14		
Етиловий естер оцтової кислоти	27		
Естери	26, 27, 30—32		
Ж			
Жири	33—38		
рідкі	34—36		
рослинні	34—36		
тваринні	35		
тверді	34, 35		
З			
Закони			
Авогадро	107—109		
збереження маси			
речовин	102—104		
об'ємних відношень	106, 107		
періодичний	109—111		
сталості складу	104—106		
Зв'язок			
водневий	117—119		
йонний	116, 117		
ковалентний	114—116		
металічний	117		
пептидний	59		
І			
Ізомерія	67, 125		
Ізомери	8		
Інгібітор	148		
К			
Капрон	65		
Картина світу			
загальна	94		
хімічна	94		
Каталізатор	147		
Кермети	77		
Кислоти			
амінооцтова	57, 58		
глюконова	42		
карболова	16		
карбонові	23—27		
масляна			
(бутанова)	24		
мурашина			
(метанова)	23, 24		
олеїнова	33		
оцтова			
(етанова)	23, 24—27		
пропіонова			
(пропанова)	24		
стеаринова	33		
Клітковина	49—51		
Композити	77		
Кристалічні ґратки			
атомні	121		
йонні	121		
металічні	121		
молекулярні	121		
Крохмаль	45—48		
М			
Маргарин	36		
Матеріали			
композиційні	77		
металічні	74, 75		
неметалічні	75, 76		
Матерія	92, 93		
Метанол	6, 8—10		
Мийні засоби			
синтетичні	38, 39, 85—87		
Мило	37—39		
Моделі молекул			
масштабні	7, 13, 15, 20, 24, 33, 35		
Молярний об'єм газу	108		

Н

Наукова картина світу	93
Нітрогліцерин	14
Нітрування	140
Номенклатура	
альдегідів	19
амінокислот	58
карбонових кислот	23
спиртів	6
Нормальні умови	108
Норласти	77

О

Окиснення	20, 136
Окисник	137
Омилення жиру	37

П

Патока	48
Полімер	
природний	45, 49
синтетичний	64
Полімеризація	67
Поліпептид	59
Порошкова металургія	74
Принцип Ле Шательє	145
Процес	
фізико-хімічний	100
фізичний	99, 100
хімічний	100
ядерний	100

Р

Реакції (див. Хімічні реакції)	
Речовина	97

С

Сахароза	43—45
Сильвініт	79
Сировина	78
вторинна	79
комплексне	
використання	79, 80
регенерація	81
рециркуляція	81
Скрап	81
Спирт	
бутиловий	8
етиловий	6, 8—10
метиловий	6, 8—10
пропіловий	8

Спирти

одноатомні	5—11
багатоатомні	12
Стандартні умови	143
Стеарат	37
Структурні формули	124
Ступінь окиснення	136

Т

Теорія хімічної будови	123—125
Тепловий ефект реакції	142—144
Термохімічні рівняння	144
Трибромофенол	17
Триолеїн	36
Трипептид	59
Тристеарин	34

Ф

Фенол	15—18
Фенолят натрію	16
Формальдегід	19
Фотосинтез	40
Фруктоза	42

Х

Хімізація	73
Хімічна реакція	132
Ендотермічна	133, 138
Екзотермічна	133, 138
Заміщення	133, 134
Каталітична	133, 147
Необоротна	133, 144
Обміну	133, 135
Оборотна	133, 144
Окисно-відновна	133, 136
Приєднання	21, 36
Розкладу	133, 134
Сполучення	132, 133
Хімічна рівновага	144, 145
Хімічний елемент	96
Хімічний індивід	99

Ц

Целюлоза	49—51
Цукор	44

Ш

Швидкість хімічної реакції	145—147
----------------------------	---------

Я

Ятрохімія	70, 71
-----------	--------

ЗМІСТ

Як користуватися підручником 3

Розділ I. Органічні сполуки

§ 1. Насичені одноатомні спирти	5
§ 2. Гліцерин	12
§ 3. Фенол	15
§ 4. Альдегіди	19
§ 5. Насичені одноосновні карбонові кислоти . . .	23
§ 6. Взаємозв'язок між вуглеводнями, спиртами, альдегідами і карбовоними кислотами	29
§ 7. Естери	30
§ 8. Жири. Мило	33
§ 9. Вуглеводи. Глюкоза	40
§ 10. Сахароза	43
§ 11. Крохмаль	45
§ 12. Целюлоза	49
§ 13. Аміни	51
§ 14. Амінокислоти	57
§ 15. Білки	60
§ 16. Штучні і синтетичні волокна	64
§ 17. Взаємозв'язок між органічними сполуками, їх багатоманітність	66

Розділ II. Роль хімії в житті суспільства

§ 18. Значення хімії у створенні нових матеріалів	73
§ 19. Значення хімії у розв'язанні сировинної проблеми	78
§ 20. Значення хімії у розв'язанні енергетичної проблеми	82
§ 21. Значення хімії у повсякденному житті	85
§ 22. Хімія та екологія	88
§ 23. Місце хімії серед наук про природу, її значення для розуміння наукової картини світу	92

Розділ III. Узагальнення знань з курсу хімії

§ 24. Основні поняття хімії	96
§ 25. Основні закони хімії. Атомно-молекулярне вчення	101
§ 26. Хімічний зв'язок	113
§ 27. Будова неорганічних та органічних речовин	120
§ 28. Взаємозв'язок складу, будови, властивостей і застосування неорганічних та органічних сполук	127
§ 29. Класифікація хімічних реакцій	132
§ 30. Загальні закономірності хімічних реакцій	142
§ 31. Генетичний зв'язок між органічними та неорганічними речовинами	149

Практичні роботи

Практична робота 1. Властивості оцтової кислоти	154
Практична робота 2. Розв'язування експериментальних задач на розпізнавання органічних речовин	154
Практична робота 3. Розв'язування експериментальних задач	155
Практична робота 4. Розв'язування експериментально- розрахункових задач	157
Практична робота 5. Розв'язування розрахункових задач і вправ	158

Додатки	161
Відповіді на завдання для самоконтролю	168
Тлумачний словничок	170
Іменний покажчик	172
Предметний покажчик	172

Періодична система хімічних елементів (довга форма)

ГРУПИ ЕЛЕМЕНТІВ

ПЕРІОДИ	ГРУПИ ЕЛЕМЕНТІВ																	
	IA	IIA	IIIБ	IVБ	VB	VIB	VIB	VIIIБ		IB	IIБ	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	
1	s-елементи										p-елементи							
	1,0															4,0		
	H Гідроген 1															He Гелій 2		
2	6,9 Li Літій 3	9,0 Be Берилій 4											10,8 B Бор 5	12,0 C Карбон 6	14,0 N Нітроген 7	16,0 O Оксиген 8	19,0 F Флуор 9	20,2 Ne Неон 10
3	23,0 Na Натрій 11	24,3 Mg Магній 12	d-елементи										27,0 Al Алюміній 13	28,1 Si Силіцій 14	31,0 P Фосфор 15	32,1 S Сульфур 16	35,5 Cl Хлор 17	39,9 Ar Аргон 18
4	39,1 K Калій 19	40,1 Ca Кальцій 20	45,0 Sc Скандій 21	47,9 Ti Титан 22	50,9 V Ванадій 23	52,0 Cr Хром 24	54,9 Mn Манган 25	55,9 Fe Ферум 26	58,9 Co Кобальт 27	58,7 Ni Нікол 28	63,5 Cu Купрум 29	65,4 Zn Цинк 30	69,7 Ga Галій 31	72,6 Ge Германій 32	74,9 As Арсен 33	79,0 Se Селен 34	79,9 Br Бром 35	83,8 Kr Криптон 36
5	85,5 Rb Рубідій 37	87,6 Sr Стронцій 38	88,9 Y Ітрій 39	91,2 Zr Цирконій 40	92,9 Nb Ніобій 41	95,9 Mo Молибден 42	(99) Tc Технецій 43	101,1 Ru Рутеній 44	102,9 Rh Родій 45	106,4 Pd Паладій 46	107,9 Ag Аргентум 47	112,4 Cd Кадмій 48	114,8 In Індій 49	118,7 Sn Станум 50	121,8 Sb Стійбій 51	127,6 Te Телур 52	126,9 I Іод 53	131,3 Xe Ксенон 54
6	132,9 Cs Цезій 55	137,3 Ba Барій 56	138,9 La* Лантан 57	178,5 Hf Гафній 72	181,0 Ta Тантал 73	183,9 W Вольфрам 74	186,2 Re Реній 75	190,2 Os Осмій 76	192,2 Ir Ірідій 77	195,1 Pt Платина 78	197,0 Au Аурум 79	200,6 Hg Меркурій 80	204,4 Tl Талій 81	207,2 Pb Плюмбум 82	209,0 Bi Бісмут 83	(209) Po Полоній 84	(210) At Астат 85	(222) Rn Радон 86
7	(223) Fr Францій 87	(226) Ra Радій 88	(227) Ac** Актиній 89	(261) Rf Резерфордій 104	(262) Db Дубній 105	(263) Sg Сиборгій 106	(262) Bh Борій 107	(265) Hs Гасій 108	(266) Mt Майтнерій 109	Uun Унунілій 110								

f-елементи

*	140,1 Ce Церій 58	140,9 Pr Празеодин 59	144,2 Nd Неодим 60	(147) Pm Прометій 61	150,4 Sm Самарій 62	152,0 Eu Європій 63	157,3 Gd Гадоліній 64	158,9 Tb Тербій 65	162,5 Dy Диспрозій 66	164,9 Ho Гольмій 67	167,3 Er Ербій 68	168,9 Tm Тулій 69	173,0 Yb Ітербій 70	175,0 Lu Лютецій 71
**	232,0 Th Торій 90	(231) Pa Протактіній 91	238,1 U Уран 92	(237) Np Нептуній 93	(244) Pu Плутоній 94	(243) Am Америцій 95	(247) Cm Кюрій 96	(247) Bk Берклій 97	(249) Cf Каліфорній 98	(252) Es Ейнштейній 99	(257) Fm Фермій 100	(258) Md Менделевій 101	(259) No Нобелій 102	(260) Lr Лоуренцій 103