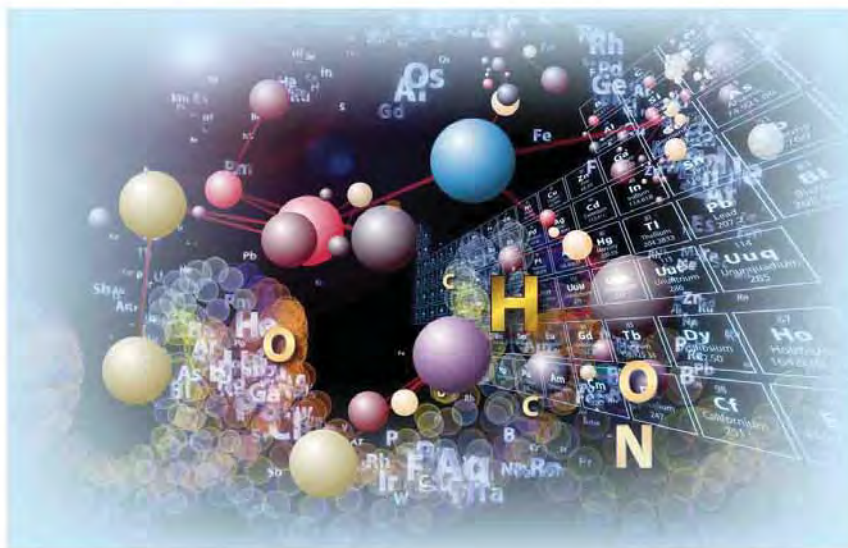


Л. П. Величко

ХІМІЯ

Рівень стандарту

Підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти
Рекомендовано Міністерством освіти і науки України



УДК 375.5+53](075.3)
В27

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 31.05.2018 № 551)*

ВИДАНО ЗА РАХУНОК ДЕРЖАВНИХ КОШТІВ. ПРОДАЖ ЗАБОРОНЕНО

Величко Л. П.

В27 Хімія : рівень стандарту : підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти / Л. П. Величко. — Київ : Пед. думка, 2018. — 136 с.
ISBN 978-966-644-468-7.

Підручник розроблено згідно з чинною навчальною програмою з хімії для 10 класу. В основу викладення змісту знань та їх узагальнення покладено сучасну модель особистісно орієнтованого навчання, якою передбачено самонавчання і самоконтроль, вироблення особистісного ставлення до об'єктів і явищ, розвиток емоційно-ціннісної сфери учнів.

Апарат організації засвоєння змісту підручника (запитання, вправи, задачі, прописи лабораторних і практичних робіт, шрифтові виділення, рубрикація, узагальнювальні таблиці, анонси на початку розділу чи параграфа й резюме – наприкінці) та апарат орієнтування (звертання до учнів, поради щодо самостійної роботи, відповіді до завдань, додаток, іменний і предметний покажчики) спрямовано на навчання учнів у діяльності, що дає змогу сформуванню і виявити їхні ключові й предметні компетентності.

УДК 375.5+53](075.3)

Усі права захищено. Жодна частина, елемент, ідея, композиційний підхід цього видання не можуть бути копіюваними чи відтвореними в будь-якій формі та будь-якими засобами — ні електронними, ні фотомеханічними, зокрема копіюванням, записом або комп'ютерним архівуванням, — без письмового дозволу видавця.

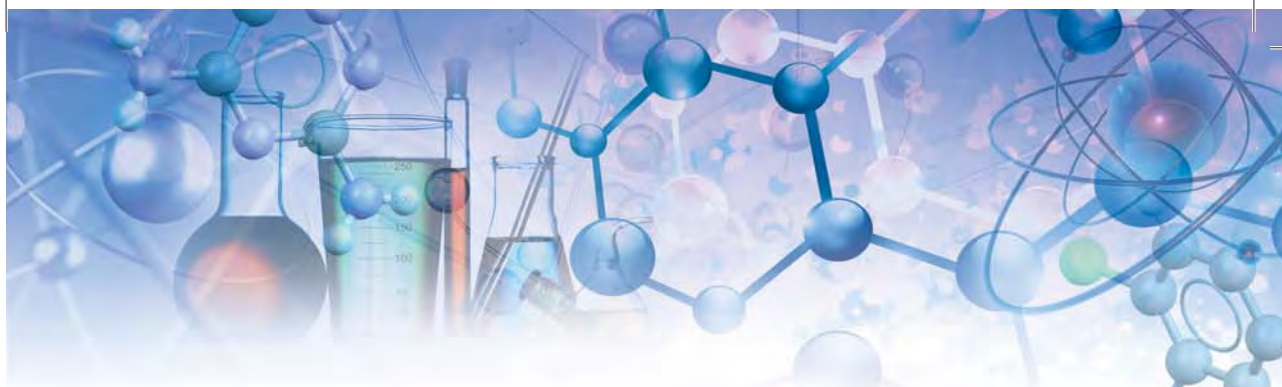
ISBN 978-966-644-468-7

© Л. П. Величко, 2018
© Видавництво «Педагогічна думка», 2018
© Видавництво «Педагогічна думка», художнє оформлення, 2018

ЗМІСТ

<i>До учнів</i>	5
§ 1. Повторення початкових понять про органічні сполуки	6
ТЕОРІЯ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК	8
§ 2. Теорія хімічної будови органічних сполук.....	8
§ 3. Ізомерія. Утвердження і розвиток теорії хімічної будови	12
§ 4. Виведення молекулярної формули речовини	15
§ 5. Карбон-карбонові зв'язки в молекулах органічних сполук. Класифікація органічних сполук	17
ВУГЛЕВОДНІ	21
§ 6. Алкани	21
§ 7. Алкени	30
§ 8. Алкіни.....	34
§ 9. Арени. Бензен	39
§ 10. Взаємозв'язок і взаємоперетворення вуглеводнів	43
ОКСИГЕНОВМІСНІ СПОЛУКИ	45
СПИРТИ І ФЕНОЛ	46
§ 11. Насичені одноатомні спирти.....	46
§ 12. Гліцерол.....	55
§ 13. Фенол	58
АЛЬДЕГІДИ І КАРБОНОВІ КИСЛОТИ	61
§ 14. Альдегіди	61
§ 15. Насичені одноосновні карбонові кислоти.....	66
<i>Лабораторний дослід 1</i>	
Виявлення карбонових кислот у харчових продуктах.....	69
ЕСТЕРИ	71
§ 16. Естери. Жири.....	71
ВУГЛЕВОДИ	77
§ 17. Глюкоза	77

<i>Лабораторний дослід 2. Окиснення глюкози купрум(II) гідроксидом</i>	78
§ 18. Сахароза	79
§ 19. Крохмаль	81
§ 20. Целюлоза (клітковина)	82
<i>Практична робота. Розв'язування експериментальних задач</i>	85
НІТРОГЕНОВМІСНІ СПОЛУКИ	86
§ 21. Аміни. Анілін	86
§ 22. Амінокислоти	93
§ 23. Білки	96
<i>Лабораторний дослід 3. Біуретова реакція</i>	99
<i>Лабораторний дослід 4. Ксантопротеїнова реакція</i>	99
СИНТЕТИЧНІ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ СПОЛУКИ	102
§ 24. Загальна характеристика полімерів. Пластичні маси	103
§ 25. Синтетичні каучуки	110
§ 26. Синтетичні волокна	112
БАГАТОМАНІТНІСТЬ ТА ЗВ'ЯЗКИ МІЖ КЛАСАМИ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН	115
§ 27. Розмаїття органічних речовин, взаємозв'язок між ними	115
§ 28. Біологічно активні речовини	118
§ 29. Роль органічної хімії у розв'язуванні глобальних проблем людства	120
Відповіді до додаткових завдань	127
Додатки	128
Додаток 1. Зв'язки між органічними речовинами	128
Додаток 2. Число ізомерів алканів	129
Додаток 3. Відносні молекулярні маси (округлені) деяких органічних речовин	130
Додаток 4. Розчинність основ, кислот, амфотерних гідроксидів і солей у воді	131
Іменний покажчик	132
Предметний покажчик	133



До учнів

У 9 класі ви вже ознайомилися з деякими найважливішими органічними сполуками й реакціями, знаєте, як багато цих речовин існує в природі й ще більше — синтезовано в лабораторіях. Ці знання знадобляться вам для того, щоб глибше пізнати будову, властивості, застосування, значення для організму людини різноманітних сполук Карбону з Гідрогеном, Оксигеном, Нітрогеном, які називають елементами-органогенами.

Особливістю органічної хімії є її струнка побудова — від найпростіших речовин, як метан, до найскладніших, як білки, тому зміст кожного наступного параграфу підручника ґрунтується на змісті попередніх. Якщо ви зрозумієте логіку цієї науки, вам буде легко і просто опанувати найскладніший матеріал. А підручник сприятиме цьому, нагадуючи, де треба, вже вивчене вами, ставлячи запитання, спонукаючи до міркування з приводу різних важливих і цікавих фактів або й за допомогою ілюстрацій. Допоможуть вам у цьому завдання з позначкою ●, вміщені всередині параграфів.

Перелік того, про що ви можете дізнатися з певних тем, наведено на їх початку, а висновки й узагальнення найважливішого матеріалу вміщено після тем. Це зорієнтує вас на основні питання, терміни, що їх треба засвоїти. Свої знання ви зможете перевірити, виконуючи завдання для самоконтролю, вміщені наприкінці параграфів, а для виконання додаткових завдань вам, можливо, доведеться скористатися довідниковою літературою.

У тексті параграфів описано хімічні досліди, що проводяться під час засвоєння нових знань. Виконуючи лабораторні досліди і практичні роботи, ви набудете навичок експериментування, без чого ґрунтовне вивчення хімії неможливе.

Сподіваюся, що вивчення органічної хімії буде цікавим і корисним для вас.

Успіхів вам!

Авторка



§ 1. ПОВТОРЕННЯ ПОЧАТКОВИХ ПОНЯТЬ ПРО ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

Пригадайте вивчене і виконайте завдання.

- ◆ Органічна хімія вивчає сполуки Карбону.
 1. Які інші елементи можуть входити до складу органічних речовин? Наведіть приклади (формули, назви) органічних речовин.
- ◆ Атоми Карбону можуть сполучатися між собою в ланцюги й утворювати молекули різноманітних форм.
 2. Наведіть приклади.
 3. Чому, на вашу думку, кількість органічних речовин значно переважає кількість неорганічних речовин?
- ◆ Характерні ознаки органічних речовин: ковалентні зв'язки, молекулярні кристалічні ґратки, низька термостійкість, горючість, погана розчинність у воді.
 4. Чим різняться між собою органічні та неорганічні речовини?
 5. Складіть порівняльну таблицю неорганічних та органічних речовин за відомими вам ознаками.
- ◆ Органічні сполуки становлять основу рослинних і тваринних організмів, з них виробляють харчові продукти, папір, тканини, барвники, лікарські та косметичні засоби, пластмаси, паливо тощо.
 6. Позначте перелік, у якому подано лише органічні речовини.
 - А капрон, метан, сірка, вода
 - Б каучук, капрон, поліетилен, глюкоза
 - В вовна, целюлоза, гас, амоніак
 - Г ацетилен (етин), нафтален, вольфрам, етанова (оцтова) кислота
 7. Укажіть предмети, що виготовлені з матеріалів органічного походження.

А книжка	Г підшва кросівок
Б грифель олівця	Д джинси
В кулька кулькової ручки	Е водопровідний кран
Г хімічний стакан	
 8. Назвіть інші предмети, що їх, на вашу думку, виготовлено з органічних речовин.
 9. Як змінилася б ваша класна кімната (кабінет хімії), якби зникли всі матеріали органічного походження?
- ◆ Органічні речовини добувають із природної сировини, а також шляхом синтезу з інших органічних та неорганічних речовин.
 10. Наведіть приклади природних і синтетичних органічних речовин.

11. Наведіть приклади взаємних перетворень органічних речовин, які ви вивчали.

◆ Поділ на органічні та неорганічні речовини є умовним.

12. Поясніть відносність поділу речовин на органічні та неорганічні, а також умовність терміна «органічна хімія».

13. Наведіть приклади кругообігу хімічних елементів у природі. Який висновок можна зробити щодо взаємозв'язку неорганічних та органічних речовин?

14. Наведіть власний приклад взаємозв'язку цих двох груп речовин.

◆ Метан — найпростіша органічна сполука.

15. Складіть молекулярну й структурну формули метану і його хлоропохідних.

16. Що означає риска у структурній формулі?

17. Складіть розповідь про застосування метану і його хлоропохідних.

◆ Гомологи метану належать до групи насичених вуглеводнів.

18. Що таке гомологи? Наведіть приклади (формули, назви) гомологів метану.

◆ У результаті повного окиснення органічних сполук утворюються вуглекислий газ і вода.

19. Складіть рівняння реакції горіння метану й етину. Де використовують ці реакції?

◆ Метан як насичений вуглеводень вступає в реакцію заміщення з хлором.

20. Складіть рівняння послідовного заміщення атомів Гідрогену в метані на атоми Хлору.

◆ Етен і етин як ненасичені вуглеводні вступають у реакції приєднання з воднем і бромом.

21. Складіть рівняння реакцій приєднання водню і броду до етину й етену.

◆ Молекули спиртів можуть містити одну, дві, три і більше гідроксильних груп.

22. Наведіть приклади (формули і назви) відомих вам спиртів.

◆ Етанова (оцтова) кислота за деякими хімічними властивостями подібна до неорганічних кислот.

23. Складіть рівняння реакцій, що підтверджують це.

◆ Крохмаль, целюлоза, білки — природні полімери.

24. Схарактеризуйте біологічне значення цих сполук.

◆ Поліетилен — синтетичний полімер.

25. Розкажіть про використання поліетилену.





ТЕОРІЯ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Наприкінці вивчення теми ви зможете:

- назвати перші синтезовані органічні сполуки;
- описати передумови створення теорії хімічної будови органічних сполук, напрями її розвитку та значення для науки;
- схарактеризувати суть основного положення цієї теорії;
- пояснити, як утворюються прості й кратні карбон-карбонів зв'язки; суть понять: *ізомерія, хімічна будова, структурна формула, взаємний вплив атомів у молекулі*;
- скласти моделі ізомерів;
- вивести формулу речовини за масовими частками хімічних елементів.

§ 2. ТЕОРІЯ ХІМІЧНОЇ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

З ІСТОРІЇ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ. З курсу хімії 9 класу ви знаєте, що органічна хімія вивчає сполуки Карбону, вам відомо багато органічних сполук: вуглеводні, спирти, карбонів кислоти, жири, вуглеводи, білки та ін. Як самостійна галузь хімічної науки органічна хімія виникла на початку XIX ст. У 1808 р. шведський учений Я. Берцеліус запропонував цю назву, що походить від слова «організм». Органічними, на відміну від неорганічних (мінеральних), називали речовини, що їх добуто з рослинних і тваринних організмів. На той час уже було з'ясовано, що всі ці речовини містять Карбон. Проте жоден учений не міг припустити можливість утворення органічної речовини *in vitro* (лат. у пробірці). Вважалося, що органічні речовини можна добувати з продуктів рослинного й тваринного походження, вивчати їх у готовому вигляді, але добути в лабораторії з інших речовин, тобто хімічним способом, неможливо. Згідно з віталістичною теорією (від лат. *vis vitalis* — життєва сила), що панувала на той час у хімії, органічні речовини можуть утворюватися лише в живих організмах під дією «життєвої сили». Такі погляди гальмували розвиток органічної хімії, і до середини XIX ст. синтетичні методи в цій галузі не розвивалися.

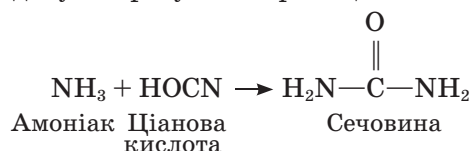


Фрідріх ВЕЛЕР
(1800—1882)

Німецький хімік, професор Геттингенського університету. Працював у галузі органічної та неорганічної хімії. Синтезував низку органічних сполук, установив їхні формули. Уперше синтезував природну органічну речовину — сечовину з неорганічних речовин.

У 1828 р. німецький хімік Ф. Велер повідомив, що добув органічну речовину — сечовину з неорганічних речовин.

Сечовину було добуто в результаті реакції:



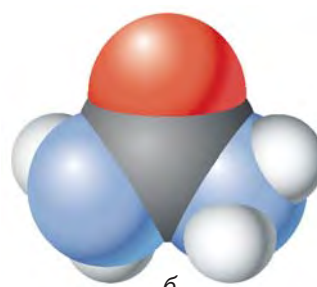
Сечовина належить до речовин тваринного походження і є продуктом білкового обміну в організмі (мал. 1, 2). У листі до Берцеліуса Велер написав, що може робити сечовину, не потребуючи для цього ні нирок, ні живої істоти взагалі, чи то людини, чи собаки. Це повідомлення стало науковою сенсацією.

Наведену реакцію вважають в історії хімії першим синтезом органічної речовини, хоча слово «синтез» стосовно органічних сполук уперше вжив у 1845 р. німецький хімік А. Кольбе, який того року синтезував оцтову (етанову) кислоту.

У 1854 р. французький учений П. Е. М. Бертло вперше синтезував жироподібну речовину, а в 1861 р. російський учений О. М. Бутлеров — цукристу речовину. Серед авторів перших синтезів органічних речовин є й

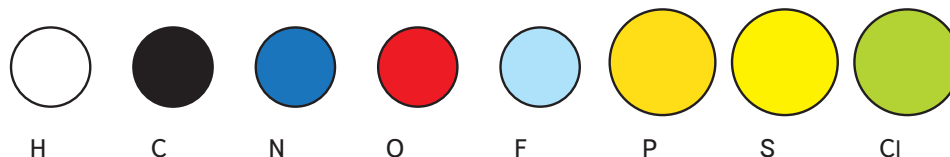


a



б

Мал. 1. Сечовина: *a* — кристали; *б* — масштабна модель молекули



Мал. 2. Атоми різних елементів у моделях молекул прийнято позначати різними кольорами

український учений, академік Іван Якович Горбачевський. У 1882 р. він синтезував сечову (уреатну) кислоту. Ця сполука є кінцевим продуктом обміну білків у деяких плазунів і птахів.

Першими синтезами органічних сполук було доведено принципову можливість їх добування в лабораторіях, а далі — і в промислових умовах. Це був початок широкого поступу органічної хімії, що триває й донині.

Українські вчені зробили вагомий внесок у розвиток органічної хімії. Усьому науковому світові відомі імена С. М. Реформатського (1860—1934), І. Я. Горбачевського (1854—1942), М. І. Коновалова (1858—1906), А. І. Кіпріанова (1896—1972), Є. О. Шилова (1893—1970), О. В. Кірсанова (1902—1992) та інших учених.

ТЕОРІЯ ХІМІЧНОЇ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК О. М. БУТЛЕРОВА. У середині XIX ст. в органічній хімії виникли суперечності між накопиченими фактами й теоретичними уявленнями, на ґрунті яких можна було б пояснити ці факти. У 1835 р. Ф. Велер писав: «Органічна хімія може нині кого завгодно позбавити здорового глузду. Вона здається мені дрімучим лісом, повним дивних речей, безмежною хащею, з якої неможливо вибратися, куди не насмілишся проникнути».

- Схарактеризуйте ситуацію, що склалася в неорганічній хімії напередодні відкриття Періодичного закону, і порівняйте її з описаною ситуацією в органічній хімії.

Важливим кроком у розвитку теоретичних уявлень у хімії було створення вчення про валентність (Е. Франкленд, 1852 р.) і визначення валентності низки елементів. Було висловлено думку про чотиривалентність атомів Карбону та їх здатність сполучатися між собою з утворенням ланцюгів (Ф. А. Кекуле, А. С. Купер, 1857—1858 рр.).

Цікаво, що в хімічній науці на той час ще не було чітко визначено поняття атома і молекули. Лише після Міжнародного з'їзду хіміків у 1860 р. ці поняття остаточно увійшли в науку. Все це створило передумови для появи нової теорії в органічній хімії.

Олександр Михайлович БУТЛЕРОВ (1828—1886)



Російський учений. Здобув освіту в Казанському університеті, там став професором, згодом очолив кафедру в Петербурзькому університеті. Видатний теоретик і блискучий експериментатор. Автор теорії хімічної будови органічних сполук і першого підручника з органічної хімії, в якому матеріал викладався з позицій цієї теорії. За допомогою розроблених ним синтезів ізомерів, передбачених теоретично, підтвердив її справедливості. Уперше синтезував цукристу речовину.

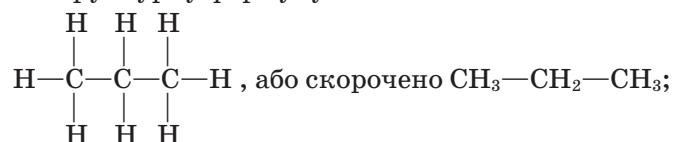
Інтереси О. М. Бутлерова як людини високоосвіченої окрім хімії стосувалися також медицини, бджолярства, садівництва. Був видатним педагогом, виховав плеяду вчених-хіміків.

Проте, як засвідчує історія науки, для створення теорії недостатньо одних лише передумов. Потрібні нові ідеї, спираючись на які, можна будувати цілісну теорію. Які ж наукові ідеї було покладено О. М. Бутлеровим в основу нової теорії?

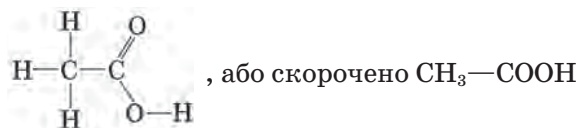
Учений висловив думку про те, що кожній речовині притаманна своя **хімічна будова**. За Бутлеровим, хімічна будова — це «спосіб взаємного сполучення атомів у складному тілі», або, сучасною мовою, послідовність (порядок) сполучення атомів у молекулі.

Наявність хімічної будови означає, що атоми в молекулі розміщуються не безладно, а в певному порядку згідно з їхньою валентністю.

Хімічну будову речовини можна зобразити за допомогою *структурної формули*, або *формули будови*. Пригадаймо структурні формули органічних речовин, які ви вивчали в курсі хімії 9 класу. Наприклад, пропан складу C_3H_8 має структурну формулу



етанова (оцтова) кислота складу $C_2H_4O_2$ має структурну формулу



Хімічну будову можна встановити на основі хімічних перетворень речовини. Визначення того, які атоми, яка їх кількість і в якій послідовності вони сполучені між собою, інакше кажучи, визначення хімічного складу і хімічної будови — це перші кроки в дослідженні будь-якої речовини.

Теорія хімічної будови стверджує також наявність **взаємного впливу атомів у молекулі**. Розглянемо це явище на прикладі відомих вам неорганічних речовин води H_2O і гідроген хлориду HCl та органічної речовини метану CH_4 . Вони містять елемент Гідроген, однак він виявляє різні властивості: у гідроген хлориді легко заміщується на металічний елемент, у воді заміщується лише на активний металічний елемент, у метані не заміщується на металічний елемент. Гідроген по-різному поводить себе в хімічних реакціях, оскільки на нього по-різному впливають атоми, що сполучені з ним. Отже, властивості речовин не зводяться до суми властивостей окремих атомів, оскільки ці атоми чинять взаємний вплив.

Основне положення теорії, що увійшла в науку як **теорія хімічної будови органічних сполук О. М. Бутлерова**, учений сформулював так: «Хімічна натура складної частинки визначається натурою елементарних складових частин, кількістю їх і хімічною будовою».

Згідно із сучасними поняттями це положення можна перефразувати так: *хімічна природа молекули визначається природою атомів, що входять до її складу, їх кількістю та хімічною будовою*.

Це положення встановлює закономірний зв'язок між складом, хімічною будовою і властивостями речовини та є одним із найважливіших серед теоретичних положень хімічної науки.

Теорія будови виникла на основі дослідження органічних речовин. Поняття хімічної будови О. М. Бутлеров пов'язував насамперед з молекулами органічних речовин. Проте ця теорія є загальнохімічною і поширюється також на речовини немалекулярної будови. Відома вам залежність між типом хімічного зв'язку, кристалічною будовою неорганічних речовин та їх властивостями — це також вияв цього закону.

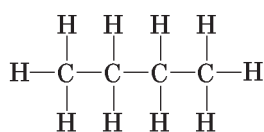


ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

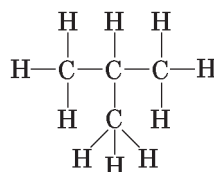
1. Хто і коли вперше синтезував органічну речовину?
2. Поясніть значення перших синтезів органічних речовин для розвитку органічної хімії.
3. Схарактеризуйте стан, що склався в органічній хімії у середині XIX ст.
4. Що таке хімічна будова органічних речовин?
5. Хімічну будову речовини можна схарактеризувати
 - А молекулярною формулою
 - Б молекулярною масою
 - В структурною формулою
6. Яка формула дає більше інформації про молекулу речовини — молекулярна чи структурна? Наведіть докладні пояснення.
7. Поясніть, як ви розумієте взаємний вплив атомів у молекулі.

§ 3. ІЗОМЕРІЯ. УТВЕРДЖЕННЯ І РОЗВИТОК ТЕОРІЇ ХІМІЧНОЇ БУДОВИ

ІЗОМЕРІЯ. Звернемося до структурних формул органічних сполук, які відображають їхню хімічну будову. Запишемо структурну формулу бутану, що має склад C_4H_{10} , пам'ятаючи про чотиривалентність Карбону. Можливі два варіанти сполучення атомів:



Бутан нормальної будови
 $t_{\text{пл}} = -0,5^\circ\text{C}$



Ізомер бутану, або ізобутан
 $t_{\text{пл}} = -12^\circ\text{C}$

Виявляється, ці формули належать різним речовинам з різними властивостями, що засвідчують наведені константи.

Згідно із законом Бутлерова властивості речовин залежать від їхньої хімічної будови. Зміна цієї будови спричиняє зміну властивостей, тобто появу іншої речовини. Бутан та ізобутан мають однаковий якісний і кількісний склад молекул, але різну хімічну будову, тому це різні речовини з різними властивостями.

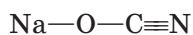
Для пентану складу C_5H_{12} можливі три варіанти будови, тобто такому складу відповідають три різні речовини.

- Складіть структурні формули трьох ізомерів пентану, пам'ятаючи про чотири-валентність Карбону.

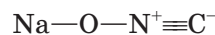
*Сполуки, що мають однаковий склад молекул (однакові молекулярні формули), але різну будову, а тому й різні властивості, називають ізомерами (від грец. *іzos* — однаковий і *мерос* — частина).*

Ми розглянули приклади т. зв. *структурної ізомерії*, зумовленої будовою карбонового скелета молекули. Існують також інші види ізомерії.

Явище ізомерії спостерігається і серед неорганічних сполук. Наприклад, натрій ціанат і натрій фульмінат мають однаковий хімічний склад $NaOCN$. Проте перша сполука плавиться за температури $560\text{ }^\circ\text{C}$, а друга — вибухає від нагрівання. Причина відмінностей полягає в тому, що ці речовини є ізомерами, атоми в них сполучені в різному порядку, а саме:



Натрій ціанат



Натрій фульмінат

Ізомерія стала пробним каменем теорії хімічної будови та її тріумфом. О. М. Бутлеров передбачив на основі теорії, що для сполуки складу C_4H_{10} можливі два ізомери, і синтезував невідомий на той час ізобутан, що, як і очікувалося, відрізнявся за властивостями від бутану.

- Пригадайте, які наукові відкриття сприяли утвердженню Періодичного закону.

ЗНАЧЕННЯ ТЕОРІЇ ХІМІЧНОЇ БУДОВИ. На основі теорії хімічної будови органічних речовин було узагальнено накопичений наукою фактичний матеріал органічної хімії, пояснено причину ізомерії, передбачено й добуто невідомі раніше сполуки.

Теорія хімічної будови *стала інструментом вивчення органічних речовин*. На основі закону Бутлерова, тобто з урахуванням складу, хімічної будови, взаємного впливу атомів у молекулі, виявилось можливим передбачати хімічну поведінку речовини. І навпаки — за хімічними властивостями зробити висновок про будову речовини. Це було справді революційним для тогочасної науки.

Отже, теорія хімічної будови *поглибила уявлення про природу органічних речовин і сприяла розвитку органічної хімії*.

Закономірність взаємозв'язку будови речовин та їх властивостей поширюється не лише на фізичні та хімічні властивості, а й на біологічні функції цих речовин. Цю закономірність покладено в основу створення речовин з необхідним комплексом технічних, біологічних та інших характеристик, наприклад барвників, полімерів, лікарських засобів тощо.

РОЗВИТОК ТЕОРІЇ ХІМІЧНОЇ БУДОВИ. Важливою особливістю справді наукової теорії є те, що ця форма знань може розвиватися разом з наукою. Щодо теорії хімічної будови органічних сполук, то її справедливність доведено подальшим розвитком науки.

У 70-х роках XIX ст. в органічній хімії виявили деякі випадки ізомерії, що їх не можна було пояснити лише різною хімічною будовою ре-

човин. Пояснити явище — означає встановити його причину. Часом це можна зробити, користуючись наявними теоретичними знаннями, але іноді цих знань виявляється недостатньо, постає потреба їх розвитку, доповнення, а то й заміни новими. Виявлення нових випадків ізомерії спонукало вчених висунути гіпотезу просторової будови молекул органічних сполук. Подальші дослідження підтвердили справедливості цієї гіпотези: з'ясувалося, що молекули неплоскі, що атоми певним чином орієнтовані в тривимірному просторі й що властивості речовин залежать від цієї орієнтації. Так виникли вчення про просторову будову молекул і нова галузь хімічної науки — стереохімія (від грец. *стереос* — просторовий).

На початку ХХ ст. на ґрунті найновіших на той час досягнень фізики було розкрито електронну природу хімічних зв'язків. Хімічна будова, структурні формули речовин наповнилися електронним змістом, було з'ясовано електронну сутність взаємного впливу атомів у молекулах.

Розвиток науки розширив поняття «будова органічних речовин». Якщо раніше розглядали лише хімічну будову, то нині будову речовин розглядають у *єдності хімічної, просторової та електронної будови*. У зв'язку з цим основне положення теорії будови органічних сполук було уточнено:

фізичні й хімічні властивості органічних речовин визначаються складом, хімічною, просторовою та електронною будовою їхніх молекул.

Класична теорія хімічної будови — лише етап у розвитку теоретичних поглядів. Вона увійшла до складу сучасної теорії будови органічних сполук. Щоб схарактеризувати речовину згідно із цією теорією, треба вказати якісний і кількісний склад, порядок сполучення атомів у молекулі, просторову форму і розміри молекул, взаємодію електронів у молекулі.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Дайте означення ізомерів.
2. У чому полягає причина ізомерії?
3. У яких напрямках розвивалася теорія хімічної будови?
4. Які аспекти будови вивчає сучасна теорія будови органічних сполук?
5. Сформулюйте основне положення теорії будови органічних сполук у сучасному трактуванні.
6. Схарактеризуйте значення теорії хімічної будови органічних сполук.

Додаткові завдання

1. Чи можна стверджувати, що органічна хімія належить до молодих наук порівняно з: астрономією; ботанікою; інформатикою; генетикою?
2. Які нові наукові ідеї запропонував О. М. Бутлеров?
3. Як теорія хімічної будови вплинула на розвиток органічної хімії?
4. Назвіть спільні та відмінні ознаки ізомерів.
5. Який зміст вкладає сучасна наука в поняття «будова речовини»?
6. Чи «працює» закон Бутлерова для неорганічних сполук? Наведіть приклади.

Висновки

- Термін «органічна хімія» запропонував шведський учений Я. Берцеліус.
- На початку XIX ст. в органічній хімії панувала віталістична теорія.
- Сечовина — перша синтезована органічна сполука.
- Перші синтези органічних речовин сприяли розвитку синтетичної органічної хімії.
- О. М. Бутлеров запровадив у науку поняття про хімічну будову і взаємний вплив атомів у молекулі, виявив залежність властивостей органічних речовин від складу і хімічної будови їхніх молекул.
- Хімічну будову речовин можна наочно відтворити за допомогою структурних формул.
- Згідно із теорією будови кожна речовина має властиву тільки їй хімічну будову.
- Сучасна теорія будови органічних речовин розглядає хімічну, просторову та електронну будову в єдності.

§ 4. ВИВЕДЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФОРМУЛИ РЕЧОВИНИ

У 7 класі ви навчилися обчислювати масові частки елементів у речовині за її молекулярною формулою. Співвідношення між відносною атомною масою елемента та відносною молекулярною масою сполуки виражається формулою:

$$W(\text{елемента}) = \frac{A_r(\text{елемента})n}{M_r(\text{речовини})}, \quad (1)$$

де n — кількість атомів елемента.

Може ставитися й обернена задача: обчислити кількість атомів кожного елемента в молекулі, тобто вивести молекулярну формулу речовини за відомим умістом елементів. Тоді

$$n = \frac{W(\text{елемента}) M_r(\text{речовини})}{A_r(\text{елемента})}. \quad (2)$$

Відносну молекулярну масу газуватої речовини можна обчислити, знаючи її відносну густину за іншим газом, наприклад киснем, воднем чи повітрям. Відносна густина визначається як частка від ділення відносної молекулярної маси газу на відносну молекулярну масу відповідно кисню, водню чи повітря:

$$D_{\text{O}_2} = \frac{M_r(\text{речовини})}{32}; \quad D_{\text{H}_2} = \frac{M_r(\text{речовини})}{2}; \quad D_{\text{пов}} = \frac{M_r(\text{речовини})}{29}. \quad (3)$$

Звідси можна обчислити шукану відносну молекулярну масу газу:

$$M_r(\text{речовини}) = 2D_{\text{H}_2} = 32D_{\text{O}_2} = 29D_{\text{пов.}} \quad (4)$$

Задача 1. Визначте молекулярну формулу газуватого вуглеводню, який містить 80 % Карбону. Відносна густина вуглеводню за воднем становить 15.

І с п о с і б . Насамперед визначимо відносну молекулярну масу вуглеводню за формулою (4):

$$M_r = 2 \cdot 15 = 30.$$

За формулою (2) визначимо кількість атомів Карбону й Гідрогену. Оскільки сполука — вуглеводень, то частка Гідрогену становить: $100\% - 80\% = 20\%$.

$$n(\text{C}) = \frac{0,8 \cdot 30}{12} = 2; \quad n(\text{H}) = \frac{0,2 \cdot 30}{1} = 6.$$

Отже, в молекулі вуглеводню на два атоми Карбону припадає шість атомів Гідрогену. Формула вуглеводню — C_2H_6 , відносна молекулярна маса — 30.

В і д п о в і д ь : формула вуглеводню — C_2H_6 .

І с п о с і б . Припустимо, що в молекулі вуглеводню міститься x атомів Карбону та y атомів Гідрогену. Маса x атомів Карбону становить $12x$, а y атомів Гідрогену — $1y$. Маси Карбону й Гідрогену відносяться між собою, як 80 : 20.

$$12x : y = 80 : 20; \quad x : y = \frac{80}{12} : \frac{20}{1}; \quad x : y = 6,6 : 20.$$

Переходячи до цілих чисел, ділимо обидва члени відношення на найменший із них:

$$x : y = 1 : 3.$$

Отже, в молекулі вуглеводню на один атом Карбону припадає три атоми Гідрогену; так звана найпростіша формула сполуки — CH_3 . Щоб визначити справжню молекулярну формулу, треба визначити відносну молекулярну масу сполуки за формулою (4):

$$M_r = 2 \cdot 15 = 30.$$

Оскільки $M_r(\text{CH}_3) = 15$, то найпростішу формулу треба подвоїти: шукана формула вуглеводню — C_2H_6 .

Молекулярну формулу речовини можна встановити за масою, об'ємом або кількістю речовини реагентів або продуктів реакції.

Задача 2. У результаті спалювання газуватої речовини об'ємом 112 мл добуто вуглекислий газ об'ємом 448 мл і воду масою 0,45 г. Густина газу за воднем становить 29. Визначте молекулярну формулу газу.

Визначимо відносну молекулярну масу (M_r) невідомої речовини:

$$M_r = 2 \cdot 29 = 58.$$

Продукти реакції горіння містять три елементи: Карбон, Гідроген і Оксиген. Склад невідомої речовини можна позначити, як C_xH_y або $C_xH_yO_z$, оскільки Оксиген може потрапити до складу продуктів згоряння з кисню. Через те передусім треба визначити, чи міститься Оксиген у складі невідомого газу.

Якщо газ масою 58 г займає об'єм 22 400 мл, то маса 112 мл газу становить:

$$M_r = \frac{58 \text{ г} \cdot 112 \text{ мл}}{22\,400 \text{ мл}} = 0,29 \text{ г.}$$

Визначимо вміст Карбону й Гідрогену в невідомій речовині. Моль вуглекислого газу (22 400 мл) містить 12 г Карбону, а моль води (18 г) містить 2 г Гідрогену, тоді в 448 мл вуглекислого газу міститься Карбону:

$$\frac{12 \text{ г} \cdot 448 \text{ мл}}{22\,400 \text{ мл}} = 0,24 \text{ г (C)},$$

а в 0,45 г води міститься Гідрогену:

$$\frac{2 \text{ г} \cdot 0,45 \text{ г}}{18 \text{ г}} = 0,05 \text{ г (H)}.$$

Маса Карбону й Гідрогену разом становить $0,24 \text{ г} + 0,05 \text{ г} = 0,29 \text{ г}$, як і було визначено вище. Отже, у складі невідомого газу немає Оксигену, формула газу C_xH_y . Знайдемо співвідношення x і y :

$$x : y = \frac{0,24}{12} : \frac{0,05}{1} = 0,02 : 0,05 = 1 : 2,5 = 2 : 5 = 4 : 10.$$

Формула невідомого газу — C_4H_{10} .

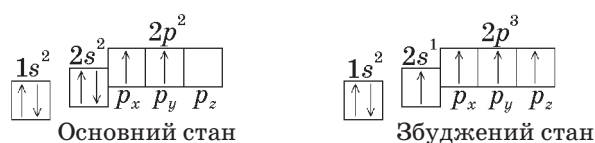
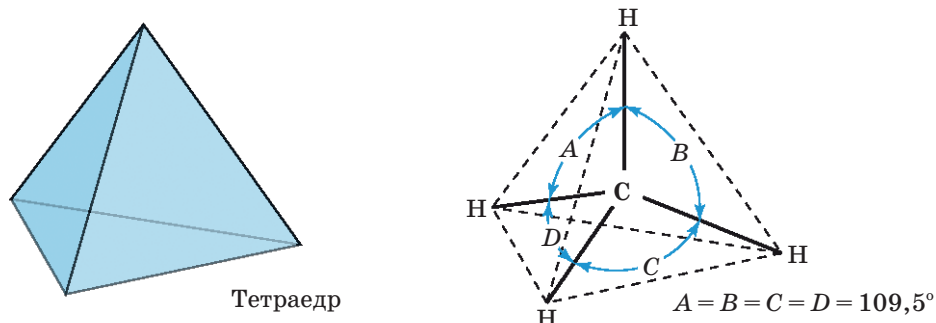
§ 5. КАРБОН-КАРБОНОВІ ЗВ'ЯЗКИ В МОЛЕКУЛАХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК. КЛАСИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Ви вже знаєте, що в молекулах органічних речовин між атомами Карбону можуть встановлюватись прості й кратні зв'язки. Коротко нагадаємо про це.

ПРОСТИЙ С—С-ЗВ'ЯЗОК. Молекула метану CH_4 утворюється за допомогою чотирьох ковалентних зв'язків між атомами Карбону та Гідрогену. Ці зв'язки спрямовані у просторі під кутами $109,5^\circ$ (тетраедричні кути) (мал. 3).

Така будова молекули метану зумовлена електронною будовою атома Карбону. Пригадаємо його електронну конфігурацію в основному і збудженому станах (мал. 4).

У результаті переміщення одного $2s$ -електрона на вільну $2p$ -орбіталь атом Карбону має чотири неспарені електрони, що можуть утворювати



Мал. 4. Електронна конфігурація атома Карбону

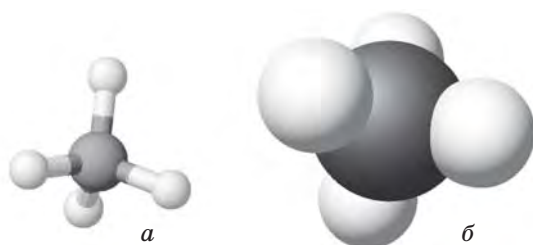
чотири ковалентні зв'язки. Тетраедричний напрямок цих зв'язків забезпечує максимальне перекривання електронів атома Карбону з електронами чотирьох атомів Гідрогену в молекулі метану.

Моделі молекули метану наведено на мал. 5 і 6.

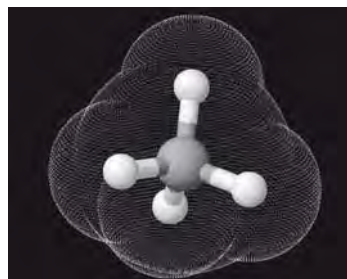
- Пригадайте, які існують види моделей молекул. Які з них більше відповідають реальним молекулам?
- Розгляньте кулестержневу (а) й масштабну (б) моделі молекули метану (мал. 5). Порівняйте їх з комп'ютерною моделлю (мал. 6).
- Запишіть електронну й структурну формули метану.

У молекулі етану C_2H_6 кожен атом Карбону віддає у спільне користування по одному електрону, утворюючи ковалентний зв'язок. Інші три електрони кожного атома Карбону беруть участь в утворенні зв'язків з атомами Гідрогену. Моделі молекули етану наведено на мал. 7.

- Запишіть електронну й структурну формули етану.



Мал. 5. Кулестержнева (а) й масштабна (б) моделі молекули метану



Мал. 6. Комп'ютерна модель молекули метану

ПОДВІЙНИЙ С=C-ЗВ'ЯЗОК. У молекулі етену C_2H_4 між атомами Карбону утворюється подвійний зв'язок завдяки усупільненню чотирьох електронів, тобто утворюються дві електронні пари (два зв'язки). По два електрони, що залишилися в атомів Карбону, утворюють зв'язки з електронами атомів Гідрогену. Модель молекули етену наведено на мал. 11 (с. 30).

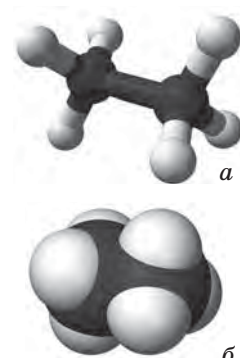
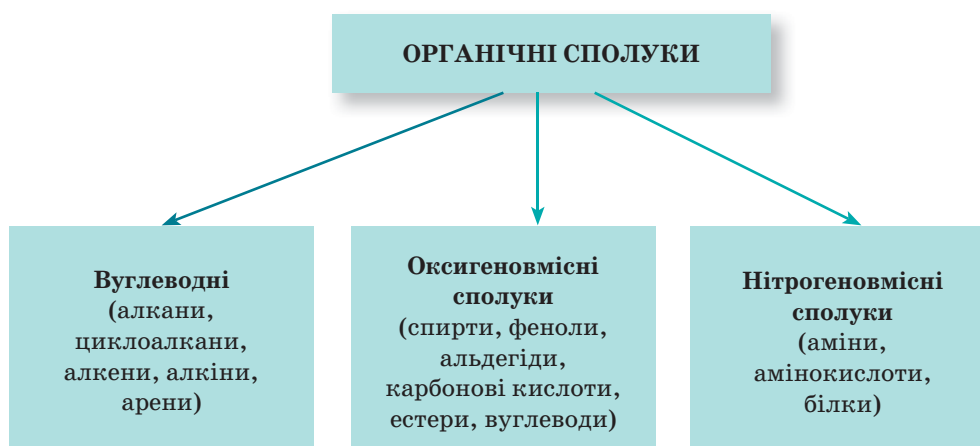
- Запишіть електронну й структурну формули етену.

ПОТРІЙНИЙ С≡C-ЗВ'ЯЗОК. У молекулі етину C_2H_2 атоми Карбону використовують по три електрони для утворення трьох спільних електронних пар (потрійного зв'язку) і по одному електрону – для утворення зв'язку з атомами Гідрогену. Модель молекули етину наведено на мал.13 (с. 34).

- Запишіть електронну й структурну формули етину.

КЛАСИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК. З метою упорядкування знань про величезну кількість різних об'єктів, що їх вивчає наука, ці об'єкти класифікують за певними ознаками. Вам відома класифікація неорганічних речовин на оксиди, кислоти, основи, солі, яка ґрунтується на хімічному складі цих сполук.

Класифікаційними ознаками органічних сполук є будова карбонового ланцюга і наявність певних груп атомів, що визначають функції речовин, — т. зв. **функціональних груп**. Їх ще називають **характеристичними** групами. У 9 класі ви вивчали деякі найважливіші органічні речовини, до складу молекул яких входять такі функціональні групи, як гідроксильна, карбоксильна, аміногрупа і які належать, відповідно, до спиртів, карбонових кислот, амінокислот. За складом і функціональними (характеристичними) групами органічні речовини можна згрупувати так:



Мал. 7.
Кулестержнева (а)
й масштабна (б)
моделі молекули
етану

Вуглеводні етан, етен, етин ви розрізняли за наявністю в їхніх молекулах простого чи кратного зв'язку між атомами Карбону. Сам карбоновий ланцюг може бути прямим, розгалуженим або циклічної форми. Розглянемо класифікацію вуглеводнів за цими ознаками.

Класифікація вуглеводнів

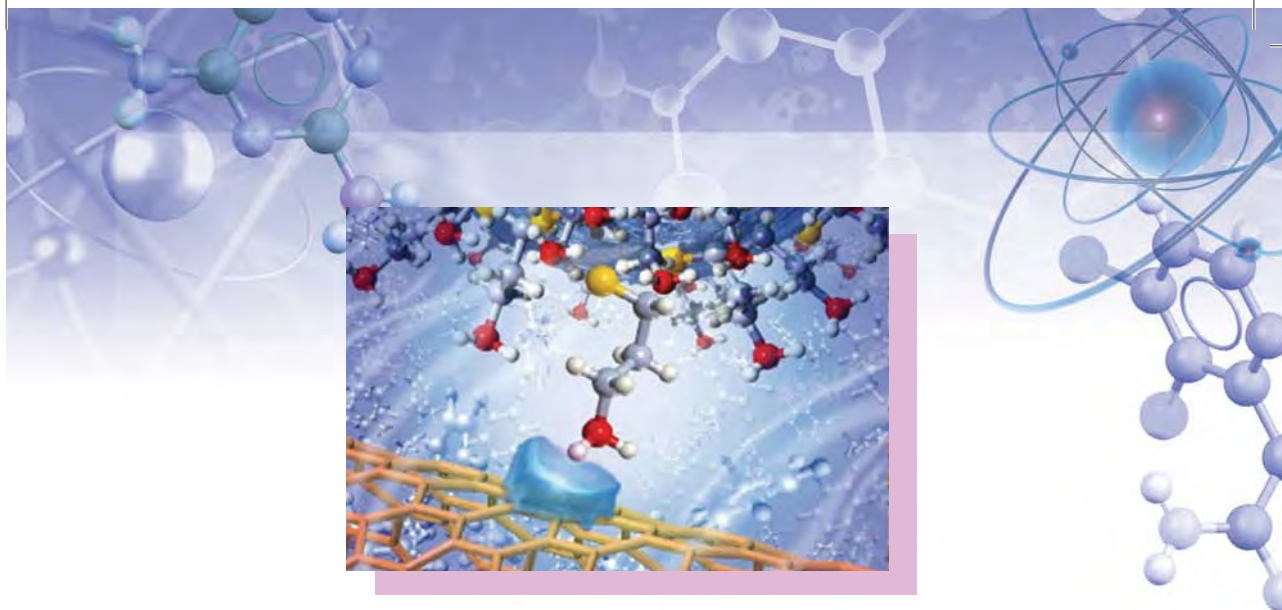
Вуглеводні				
Ациклічні (аліфатичні)			Циклічні	
Насичені	Ненасичені			
Алкани C_nH_{2n+2}	Алкени C_nH_{2n}	Алкіни C_nH_{2n-2}	Циклоалкани C_nH_{2n}	Ароматичні (арени) C_nH_{2n-6}
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ Метан	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ Етен	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ Етин	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C} & - & \text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C} & - & \text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ Циклобутан	$\begin{array}{c} \text{CH} \\ // \\ \text{HC} & & \text{CH} \\ & & \\ \text{HC} & & \text{CH} \\ // \\ \text{CH} \end{array}$ Бензен

Відомі вам метан і його гомологи належать до насичених вуглеводнів (за міжнародною назвою — алканів), етилен (етен) — до алкенів, ацетилен (етин) — до алкінів. Із різними групами вуглеводнів ви ознайомитеся в наступному розділі.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть відмінність між основним і збудженим станами атома Карбону.
2. Які зв'язки утворюються між атомами Карбону? Наведіть приклади
3. Наведіть приклади (формули, назви) відомих вам оксигено- й нітрогеновмісних органічних речовин.
4. Наведіть приклади органічних речовин з йонним зв'язком.
5. Поясніть, як змінюються зв'язки між атомами Карбону в процесі полімеризації етину з утворенням поліетилену.



ВУГЛЕВОДНІ

Наприкінці вивчення теми ви зможете:

- назвати вуглеводні за правилами номенклатури;
- скласти формули вуглеводнів за їхніми назвами та назви — за формулами;
- скласти формули структурних ізомерів;
- описати фізичні властивості сполук;
- пояснити реакційну здатність вуглеводнів; записати рівняння реакцій окиснення, заміщення, приєднання, розкладу, ізомеризації;
- розповісти про застосування вуглеводнів;
- засвоїти терміни: *алкани, алкени, алкіни, арени, номенклатура, алкільний замісник, піроліз, крекінг*.

§ 6. АЛКАНИ

СКЛАД МОЛЕКУЛ. Пригадайте вивчене в курсі хімії 9 класу і дайте відповіді на запитання.

- Що таке гомологи?
- Яка загальна формула гомологів метану?
- Пригадайте назви перших десяти гомологів метану, наведіть їхні молекулярні формули.
- Складіть структурні формули вуглеводнів, що містять три, чотири, п'ять атомів Карбону, пам'ятаючи про його чотиривалентність.

Вам уже відомо, що гомологи метану належать до **насичених вуглеводнів (парафінів)**; міжнародна назва — **алкани**. Загальна формула алканів — C_nH_{2n+2} .

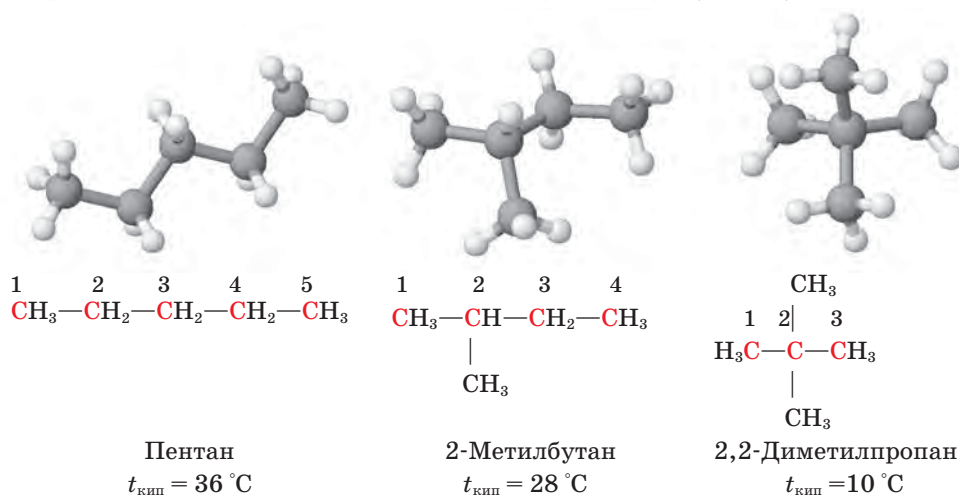
- Складіть формулу алкану, молекула якого містить 15 атомів Карбону (пентадекан).

Назви перших чотирьох алканів склалися історично, а починаючи з пентану, утворені від назв грецьких або латинських числівників доданням суфікса **-ан** (табл. 1 на с. 22).

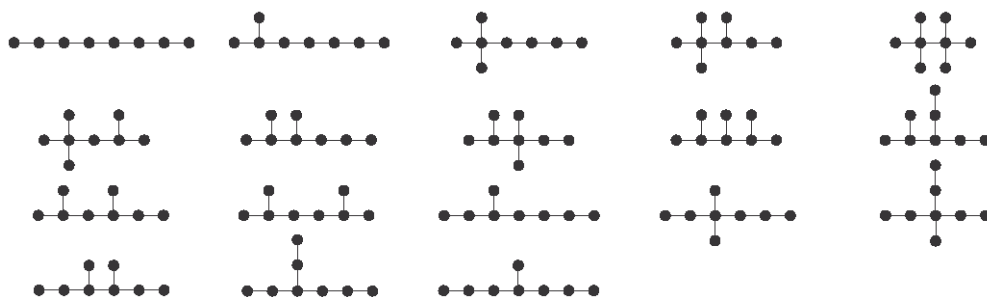
Характеристики алканів

Назва	Формула		Температура, °С		Густина, г/см ³
	молекулярна	скорочена структурна	плавлення	кипіння	
Метан	CH ₄		-182,5	-162	
Етан	C ₂ H ₆	CH ₃ —CH ₃	-183	-89	
Пропан	C ₃ H ₈	CH ₃ —CH ₂ —CH ₃	-188	-42	
Бутан	C ₄ H ₁₀	CH ₃ —(CH ₂) ₂ —CH ₃	-138	-0,5	
Пентан	C ₅ H ₁₂	CH ₃ —(CH ₂) ₃ —CH ₃	-130	36	0,63
Гексан	C ₆ H ₁₄	CH ₃ —(CH ₂) ₄ —CH ₃	-95	69	0,66
Гептан	C ₇ H ₁₆	CH ₃ —(CH ₂) ₅ —CH ₃	-91	98	0,68
Октан	C ₈ H ₁₈	CH ₃ —(CH ₂) ₆ —CH ₃	-57	126	0,70
Нонан	C ₉ H ₂₀	CH ₃ —(CH ₂) ₇ —CH ₃	-54	151	0,72
Декан	C ₁₀ H ₂₂	CH ₃ —(CH ₂) ₈ —CH ₃	-30	174	0,73

ІЗОМЕРІЯ. Насиченим вуглеводням властива *структурна ізомерія*, що зумовлена різною послідовністю сполучення атомів у молекулі (хімічною будовою). Наприклад, у молекулі пентану атоми можуть сполучатися трьома способами, тобто пентан має три ізомери (мал. 8).



Мал. 8. Структурні формули й моделі молекул ізомерів пентану



Мал. 9. Схематична будова молекул ізомерів октану

Зверніть увагу, що в молекулах ізомерів зберігаються валентні кути $109,5^\circ$ і довжина зв'язків C—C 0,154 нм. Завдяки тетраедричній напрямленості зв'язків ланцюг атомів Карбону набуває зигзагоподібної будови.

- На мал. 9 зображено схеми «скелетів» ізомерів октану C_8H_{18} . Складіть за цими схемами структурні формули.

НОМЕНКЛАТУРА. Кожна наука створює й використовує власну мову, що складається зі спеціальних термінів, символів, формул і правил їх застосування. Символи і назви хімічних елементів, хімічні формули, хімічні рівняння, назви сполук, різні інші хімічні терміни — усе це в сукупності становить хімічну мову. В хімії особливе значення мають власні назви сполук, завдяки яким їх можна відрізнити одну від одної, та правила утворення цих назв, тобто **номенклатура**.

Історично склалося, що для багатьох органічних сполук використовують традиційні, т. зв. *тривіальні* назви (від лат. *trivialis* — звичайний, буденний), які не підлягають жодним правилам і які можна лише запам'ятати. Наукові (*систематичні*) назви органічних речовин, що є зрозумілими для всіх хіміків світу, складаються за правилами, розробленими міжнародною науковою спільнотою, і відображають хімічну будову речовин.

З назвами алканів *нормальної* (нерозгалуженої) будови ви вже ознайомлені, їх треба запам'ятати. Ці назви беруть за основу систематичних назв алканів розгалуженої будови, зазначаючи місце та назву груп атомів, що становлять відгалуження. Такі групи атомів називають *алкільними замісниками*.

Назви алкільних замісників *утворюють заміною суфікса -ан у назві алканів на суфікс -ил (-іл)* (алкан — алкіл). Загальна формула одновалентних алкільних замісників C_nH_{2n+1} . Приклади найпростіших з них наведено в таблиці 2 на с. 24.

Щоб скласти назву алкану розгалуженої будови, треба:

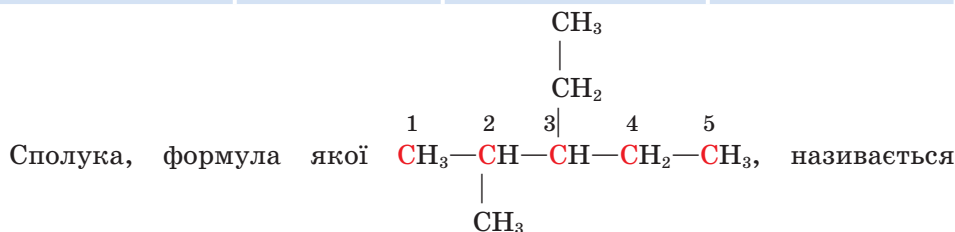
- визначити головний (найдовший) ланцюг атомів Карбону;
- пронумерувати їх, починаючи від найближчого відгалуження (алкільного замісника);
- перед назвою сполуки цифрами вказати місця алкільних замісників і їх назви в абетковому порядку.

За наявності однакових замісників уживають множинні префікси *ди-, три-, тетра-*.

Таблиця 2

Алкани та алкільні замісники

Алкан C_nH_{2n+2}		Алкіл C_nH_{2n+1}	
Формула	Назва	Формула	Назва
CH_4	Метан	CH_3-	Метил
C_2H_6 CH_3-CH_3	Етан	C_2H_5- CH_3-CH_2-	Етил
C_3H_8 $CH_3-CH_2-CH_3$	Пропан	C_3H_7- $CH_3-CH_2-CH_2-$	Пропіл



3-етил-2-метилпентаном.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Звернувшись до наведених у таблиці 1 фізичних констант алканів, можна помітити, що зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулі зростають температури плавлення і кипіння цих речовин. Перші чотири речовини за стандартних умов — гази. Далі йдуть рідини, а починаючи з вуглеводню складу $C_{18}H_{38}$ (у таблиці не наведено) — тверді речовини. Від пентану в кожного наступного члена ряду температури кипіння зростають на 20—30 °С.

Густина насичених вуглеводнів збільшується зі збільшенням розмірів молекул, проте всі вони легші за воду.

Пропан і бутан легко скраплюються за підвищеного тиску.

Алкани — неполярні або слабкополярні сполуки, практично нерозчинні у воді, яка є полярною сполукою.

Газуваті й тверді алкани не мають запаху, а рідкі (складу C_5 — C_{17}) мають характерний запах бензину.

Природний газ, що надходить у газові магістралі, має, як ви знаєте, неприємний запах. Він спричинений навмисним добавлянням спеціальних речовин — меркаптанів.

- З якою метою, на вашу думку, добавляють ці речовини?

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. За звичайних умов алкани **хімічно інертні**, не взаємодіють з кислотами, лугами, з таким сильним окисником, як калій перманганат. У цьому можна переконатися на досліді, діючи на різні насичені вуглеводні розчинами названих речовин. Якщо метан про-

пускати крізь розчин калій перманганату фіолетового кольору, то його забарвлення не змінюється, що свідчить про відсутність будь-яких змін окисника.

Низька реакційна здатність алканів зумовлена порівняно високою міцністю зв'язків С—С і С—Н. Для розривання цих зв'язків та ініціювання реакції за їх участі потрібні досить жорсткі умови, наприклад висока температура, наявність каталізатора, дія ультрафіолетового випромінювання тощо.

Реакції повного й часткового окиснення. Підпалені на повітрі або в кисні алкани горять. Горіння вуглеводнів — це реакція повного окиснення, продуктами якого є вуглекислий газ і вода. Крім того, виділяється велика кількість теплоти.

Продукти реакції можна виявити експериментально (цей дослід ви проводили в 9 класі). Якщо підпалити метан, зібраний у циліндрі, або опустити газовідвідну трубку з полум'ям метану в скляний циліндр, то через деякий час можна помітити утворення вологи на стінках циліндра. Вапняна вода, що її налито в циліндр, стає каламутною. Отже, внаслідок згоряння метану виділяються вода і вуглекислий газ:



Характер горіння алканів залежить від їхнього складу. Вищі алкани (ті, що мають високі відносні молекулярні маси) горять кіптявим полум'ям. Запалимо в порцеляновій чашці шматочки твердого вуглеводню, попередньо розплавивши його. Спостерігатимемо утворення кіптяви під час горіння. Це добре видно, якщо над полум'ям потримати скло.

Оскільки газуваті вуглеводні (у нашому досліді — метан) добре змішуються з повітрям, то їх згоряння (окиснення) відбувається повністю. Розплавлений вуглеводень згорає за нестачі кисню, отже, окиснення відбувається неповністю, частина речовини розкладається, і крім вуглекислого газу утворюється вуглець у вигляді сажі.

У разі нестачі кисню метан також окиснюється неповністю, і в результаті утворюється вуглець (сажа) або карбон(II) оксид.



Карбон(II) оксид — дуже токсична речовина без запаху і кольору. Пригадайте, що ознакою неповного окиснення метану в побутових газових приладах є жовте забарвлення полум'я, якого йому надають розжарені часточки вуглецю.

- Пригадайте дію чадного газу на організм людини. Яким чином можна вберегти від отруєння ним?

Суміші метану чи іншого газуватого вуглеводню, а також випари рідких вуглеводнів з киснем або повітрям є вибухонебезпечними.

- Поясніть, яких правил слід дотримуватись, щоб запобігти цьому.

Реакція розкладу. Внаслідок нагрівання до високої температури алкани розкладаються, при цьому можуть розриватися зв'язки С—С і С—Н.

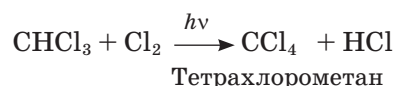
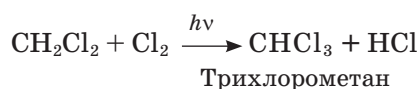
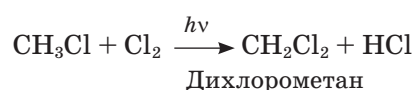
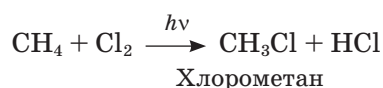
Молекула метану розщеплюється за температури понад 1000 °С, а молекули вищих алканів — за значно нижчої температури: близько 450 °С.



Розщеплення сполук під дією нагрівання називають *піролізом* (від грец. *nip* (*nipoc*) — вогонь і *liz* — розкладати). Щодо піролізу алканів, зокрема якщо йдеться про переробку нафти, вживають термін *крекінг* (від англ. *cracking* — розщеплювати).

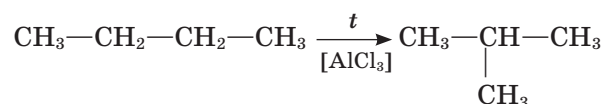
Розрізняють термічний, каталітичний, гідрокрекінг (за участі водню). Залежно від умов крекінг алканів супроводжується відщепленням водню, утворенням нижчих вуглеводнів, ізомеризацією, циклізацією тощо.

Реакції заміщення (галогенування). За нагрівання до 250—400 °С або під дією ультрафіолетового випромінювання алкани вступають у реакцію заміщення з галогенами (крім йоду). Атоми Гідрогену поступово заміщуються на атоми галогену. На практиці, за умови достатньої кількості хлору, утворюється суміш моно-, ди-, три-, тетразаміщених сполук, що їх називають *галогенопохідними* насичених вуглеводнів.



Якщо колбу наповнити сумішшю метану і хлору й залишити її у темряві, то жодних ознак реакції не спостерігатимемо. У колбі, винесеній на світло, одразу можна помітити послаблення жовтого забарвлення хлору, що засвідчує початок хімічної реакції. Вона може супроводжуватися вибухом, якщо суміш газів освітити прямим ультрафіолетовим промінням.

Реакція ізомеризації. Під дією підвищеної температури та за наявності каталізатора алкани можуть зазнавати **ізомеризації**:



Бутан

2-Метилпропан (ізобутан)

Реакція ізомеризації має значення для добування потрібних сортів пального.

- Пригадайте, як склад пального позначається на його якості.

новки з добування біогазу вже нерідкісні в сільській місцевості, де багато сільськогосподарських відходів (соломи, бадилля, качанів тощо).

- З'ясуйте, як добування біогазу сприяє розв'язуванню енергетичної проблеми і водночас — поліпшенню екологічної ситуації. Підготуйте доповідь з цього питання.

Природна суміш твердих вуглеводнів з кількістю атомів Карбону в молекулі від 18 до 35 — це відомий вам *парафін*. Про його використання йшлося в курсі хімії 9 класу. Поновіть свої знання і підготуйте повідомлення на цю тему.

Висновки

- Загальна формула алканів (парафінів) — C_nH_{2n+2} .
- Алканам властива структурна ізомерія, зумовлена будовою карбонового скелета.
- В основу систематичної номенклатури алканів покладено назви сполук нормальної будови.
- Алкани нерозчинні у воді. Температури плавлення й кипіння алканів зростають пропорційно зростанню їхніх відносних молекулярних мас.
- Завдяки значній міцності C—C-зв'язків алкани хімічно стійкі за стандартних умов.
- За певних умов алкани вступають у реакції окиснення, розкладу, заміщення, ізомеризації.
- Алкани горять з утворенням вуглекислого газу і води.
- Природними джерелами алканів є корисні копалини: природний газ, нафта, кам'яне вугілля.

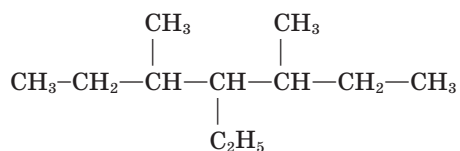


ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Назвіть відомі вам групи вуглеводнів.
2. Що є причиною ізомерії алканів?
А електронегативність атомів Карбону
Б довжина карбонового ланцюга
В структура карбонового ланцюга
Г розмір молекул
3. Складіть формули ізомерів гексану й назвіть їх за систематичною номенклатурою.
4. Назвіть характерні фізичні властивості алканів.
5. За допомогою яких хімічних проб можна довести хімічну стійкість алканів?
6. У чому полягають особливості реакцій горіння алканів різного складу? Чим вони зумовлені?
7. Що таке повне і часткове окиснення вуглеводнів? Наведіть приклади.
8. Обґрунтуйте застосування алканів їхніми хімічними властивостями.
9. Яких правил безпеки слід дотримуватися під час використання в побуті метану та інших алканів?

Додаткові завдання

1. Укажіть назву алкану



- А гептан
 Б 4-етил-3,5-диметилгептан
 В 3-бутил-4-метилгептан
 Г пентадекан

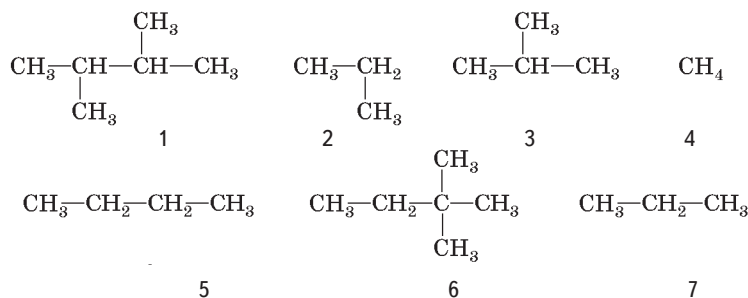
2. Позначте ізомери серед наведених сполук.

А 2,7

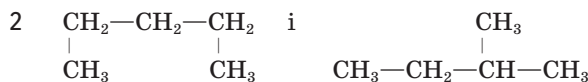
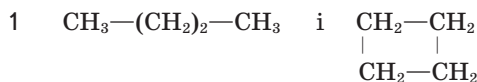
Б 3,5

В 1,6

Г 2,3



3. За даними таблиці 1 накресліть графік залежності температур кипіння алканів нормальної будови від кількості атомів у молекулі. Який характер має ця залежність — монотонний чи періодичний?
4. Якого об'єму кисень треба затратити для спалювання суміші газів об'ємом 1 м^3 , що складається з 75 % метану та 25 % етану?
5. Спалили речовини такої будови:

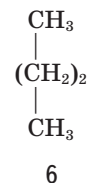
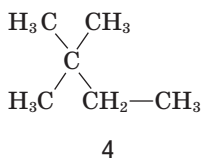
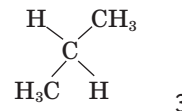
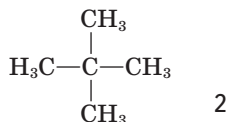
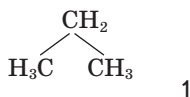


Чи можна розрізнити ці речовини за об'ємом газів (разом із водяною парою), що утворилися в результаті згоряння?

6. Кисню, що міститься в повітрі кухні (площа — 10 м^2 , висота — $2,5 \text{ м}$), вистачить на спалювання метану таким об'ємом
 А $2,5 \text{ м}^3$ Б 5 м^3 В 10 м^3 Г 20 м^3
 Вважати, що вміст кисню в повітрі становить 20 % за об'ємом.

7. Позначте гомологи серед наведених сполук.

А 1, 5, 6 Б 1, 3 В 3, 4 Г 2, 4



8. На основі даних таблиці 3 та враховуючи, що теплота згоряння вугілля (у перерахунку на чистий вуглець) становить 394 кДж/моль, поясніть, який продукт — природний газ чи вугілля — доцільніше (за масою) використовувати як паливо у побуті. Які переваги й недоліки цих видів палива?

Таблиця 3

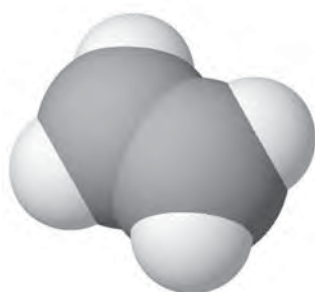
Теплота згоряння вуглеводнів

Назва алкану	Формула	Теплота згоряння, кДж/моль	Назва алкану	Формула	Теплота згоряння, кДж/моль
Метан	CH ₄	890	Пентан	C ₅ H ₁₂	3536
Етан	C ₂ H ₆	1560	Гексан	C ₆ H ₁₄	4141
Пропан	C ₃ H ₈	2220	Гептан	C ₇ H ₁₆	4817
Бутан	C ₄ H ₁₀	2878	Октан	C ₈ H ₁₈	5474

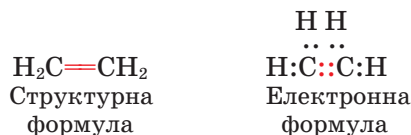
9. Визначте молекулярну формулу хлоропохідної сполуки, якщо масові частки елементів у ній такі: Карбону — 10 %, Хлору — 90 %, густина за воднем 118,5.

§ 7. АЛКЕНИ

СКЛАД МОЛЕКУЛ. Вам уже відомі ненасичені вуглеводні, в молекулах яких є подвійний зв'язок між атомами Карбону, та найпростіший серед них — етен (тривіальна назва — етилен) C₂H₄ (мал. 11):

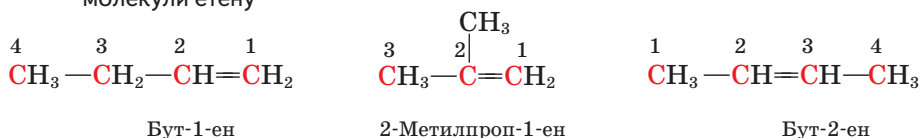


Мал. 11. Модель молекули етену



Етен започатковує групу ненасичених вуглеводнів **алкенів**. Загальна формула — C_nH_{2n}. У таблиці 4 наведено характеристики вуглеводнів ряду етену нормальної будови.

ІЗОМЕРІЯ. Алкенам властива *структурна ізомерія* карбонового скелета і положення кратного зв'язку:

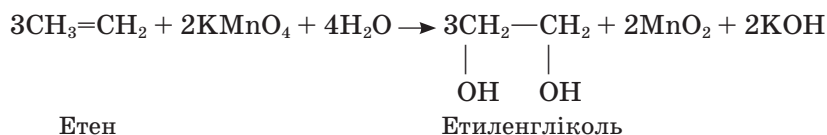


- Складіть формули структурних ізомерів пент-1-ену.

НОМЕНКЛАТУРА. За правилами систематичної номенклатури **назви** алкенів *утворюють від назв алканів заміною суфікса -ан на -ен*. *Насамперед треба визначити найдовший карбоновий ланцюг, у якому є подвійний зв'язок, і пронумерувати атоми з кінця, ближчого до подвійного зв'язку; перед назвою цифрою позначити місце замісників і*

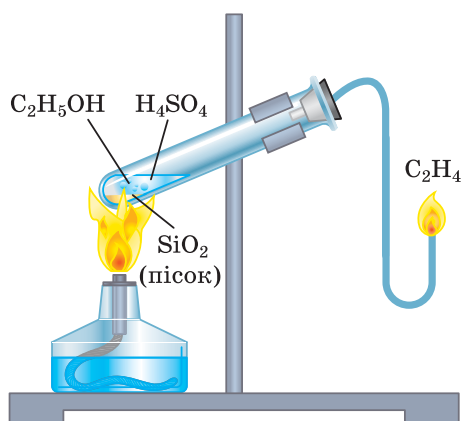
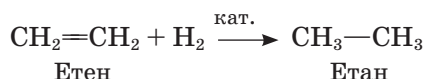
ну від алканів алкени виявляють значну активність у цій реакції, в чому можна переконатися на досліді (виконується віртуально).

Пропустимо етен крізь розчин калій перманганату: фіолетове забарвлення зникає, тому що відбувається реакція часткового окиснення етену:



У результаті часткового окиснення алкенів утворюються різні оксигеновмісні сполуки, наприклад двохатомний спирт етиленгліколь. Цю реакцію використовують для *аналітичного виявлення* ненасичених вуглеводнів: зміна кольору калій перманганату свідчить про наявність сполуки з кратним зв'язком.

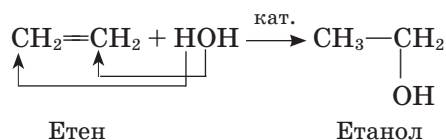
Реакції приєднання. За наявності каталізатора (Pt, Pd, Ni) за місцем подвійного зв'язку приєднується водень, у результаті чого алкени перетворюються на алкани:



Мал. 12. Прилад для добування етену в лабораторії

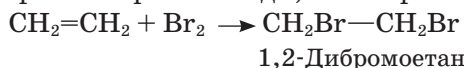
Реакцію приєднання атомів Гідрогену називають реакцією **гідрування (гідрогенізації)**.

Важливою є реакція алкенів з водою, в результаті якої утворюються спирти. Етен, приєднуючи воду, перетворюється на етанол:



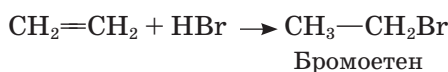
Реакцію приєднання води до речовини називають реакцією **гідратації**.

Хлор і бром приєднуються за місцем подвійного зв'язку з утворенням галогенопохідних алканів. Якщо пропустити етен крізь розчин бромної води, то забарвлення броду зникає:



Цю реакцію також використовують для *аналітичного виявлення* ненасичених вуглеводнів.

Алкени реагують з гідроген галогенідами, утворюючи галогенопохідні сполуки:



Молекули алкенів здатні сполучатися між собою з утворенням **полімерів**. Результатом реакції полімеризації етилену є **поліетилен**:



● Пригадайте з курсу хімії 9 класу означення реакції полімеризації.

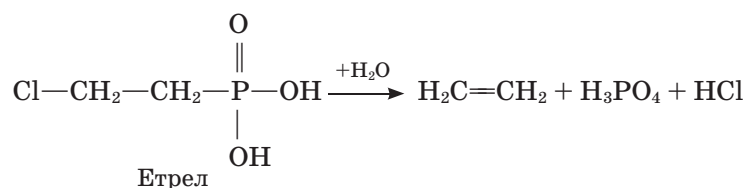
ЗАСТОСУВАННЯ. З **алкенів** добувають багато різних продуктів. Це насамперед **поліетилен** і **поліпропілен**, що їх використовують у виробництві пластмас, а останні — під час виготовлення виробів для потреб промисловості й побуту.

З **етену** добувають **етанол** (етиловий спирт) для застосування у виробництві багатьох цінних речовин.

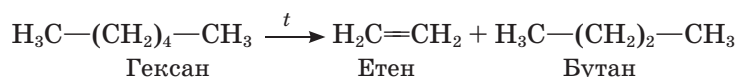
Продукт приєднання хлору до етену — **1,2-дихлоретан** $\text{CH}_2\text{Cl—CH}_2\text{Cl}$ є розчинником і засобом знищення шкідників сільськогосподарських культур.

Етен використовують для прискорення досягання овочів і фруктів. Достатньо 0,08 мл етену, щоб протягом 24 год перетворити 1 кг зелених помідорів на червоні.

Є сполуки, що можуть гідролізувати з утворенням етену, наприклад **етрел**. Якщо під час досягання помідорів увести його в рослину разом з іншими поживними речовинами, то він розкладеться в ній з виділенням етену:

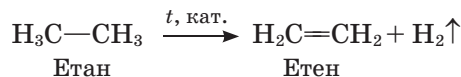


ДОБУВАННЯ. Етен утворюється у процесі **переробки насичених вуглеводнів**, що містяться в нафті:



У дуже малих кількостях алкени трапляються в природному газі, їх добувають також із продуктів переробки кам'яного вугілля.

Промисловим методом добування алкенів є **дегідрування** (відщеплення водню) алканів за підвищеної температури й наявності каталізатора:



Висновки

- Алкени — ненасичені вуглеводні, в молекулах яких є один подвійний зв'язок.
- Загальна формула алкенів — C_nH_{2n} .

- Алкенам властиві структурна ізомерія карбонового скелета й положення кратного зв'язку.
- Фізичні властивості алкенів змінюються зі зміною кількості атомів Карбону в молекулі подібно до алканів.
- Хімічна активність алкенів визначається наявністю подвійного зв'язку, за яким відбуваються реакції приєднання.
- У промисловості алкени добувають переважно з нафтопродуктів.
- Застосування алкенів пов'язане насамперед з виробництвом продуктів полімеризації — поліетилену й поліпропілену.

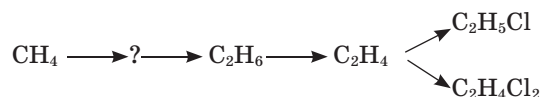


ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Скільком структурним ізомерам відповідає формула C_5H_{10} ? Складіть структурні формули, назвіть сполуки.
2. Які реакції характерні для етену? Складіть рівняння реакцій.
3. Назвіть найважливіші галузі застосування алкенів.

Додаткові завдання

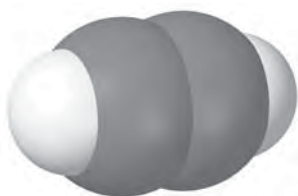
1. Порівняйте хімічну активність алканів і етену. Зробіть висновок.
2. Які розчини використовують для аналітичного визначення алкенів?
 - А бромоводень
 - Б бромну воду
 - В калій перманганат
 - Г сульфатну кислоту
3. Запропонуйте спосіб добування етену з метану.
4. Складіть рівняння реакцій, що відбуваються за схемою:



5. Обґрунтуйте галузі застосування етену його хімічними властивостями.
6. Спалили вуглеводень, отримали вуглекислий газ (17,6 г) і воду (7,2 г). Визначте формулу вуглеводню.

§ 8. АЛКІНИ

СКЛАД МОЛЕКУЛ. Найпростіший з алкінів — **етин** (тривіальна назва — ацетилен) C_2H_2 . Молекула етину містить на два атоми Гідрогену менше, ніж молекула етену, що засвідчує ще більш ненасичений характер цієї сполуки. Атоми Карбону сполучені в молекулі етину потрійним зв'язком:



Мал. 13. Модель молекули етину



Модель молекули етину зображено на мал. 13. У таблиці 5 наведено характеристики деяких алкінів.

Таблиця 5

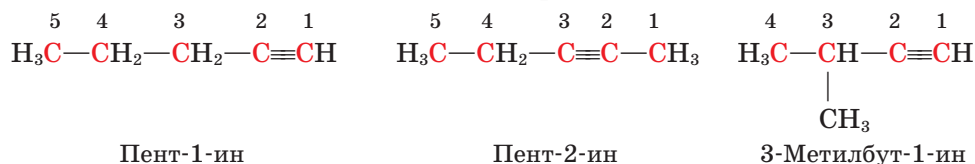
Характеристики алкінів

Назва	Формула		Температура, °С	
	молекулярна	скорочена структурна	плавлення	кипіння
Етин	C ₂ H ₂	HC≡CH	-81	-83,8
Пропін	C ₃ H ₄	HC≡C—CH ₃	-102,7	-23,2
Бут-1-ин	C ₄ H ₆	HC≡C—CH ₂ —CH ₃	-126	-8,6
Бут-2-ин	C ₄ H ₆	H ₃ C—C≡C—CH ₃	-32	27
Пент-1-ин	C ₅ H ₈	HC≡C—(CH ₂) ₂ —CH ₃	-98	40
3-Метилбут-1-ин	C ₅ H ₈	$\begin{array}{l} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{C}\equiv\text{CH} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$	—	29,3
Гекс-1-ин	C ₆ H ₁₀	HC≡C—(CH ₂) ₃ —CH ₃	-132	72
Гепт-1-ин	C ₇ H ₁₂	HC≡C—(CH ₂) ₄ —CH ₃	-81	100
Окт-1-ин	C ₈ H ₁₄	HC≡C—(CH ₂) ₅ —CH ₃	-80	128

- Намалюйте схематично геометрію молекули пропіну.

Етин започатковує групу ненасичених вуглеводнів *алкінів*. Загальна формула сполук — C_nH_{2n-2}.

ІЗОМЕРІЯ. НОМЕНКЛАТУРА. Алкінам властива *структурна ізомерія* карбонового скелета і положення кратного зв'язку. Наприклад, для сполуки складу C₅H₈ можливі такі ізомери:



- З'ясуйте, чи можливі інші структурні ізомери складу C₅H₈.

За правилами систематичної номенклатури назви алкінів *утворюють від назв алканів заміною суфікса -ан на -ин (-ін)*. Спершу треба визначити найдовший карбоновий ланцюг, у якому є потрібний зв'язок, і пронумерувати атоми з кінця, ближчого до потрібного зв'язку; перед назвою цифрою зазначити місця замісників та їх назви в алфавітному порядку; перед суфіксом цифрою вказати атом Карбону, після якого слідує потрібний зв'язок.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Етин — безбарвний газ, має слабкий фруктовий запах, малорозчинний у воді, трохи легший за повітря. Неприємний запах, що поширюється під час добування етину з кальцій карбідом, належить зовсім не цьому газу, а домішкам сірководню і фосфінів, що утворюються як побічні продукти.

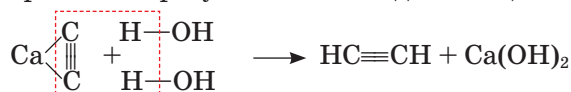
Фізичні властивості гомологів етину закономірно змінюються зі зростанням кількості атомів Карбону в їхніх молекулах (див. табл. 5).

- Складіть графік зміни температур плавлення, кипіння алкінів залежно від складу їхніх молекул. Порівняйте цей графік з аналогічним для алканів і алкенів. Зробіть узагальнення.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Реакції повного й часткового окиснення.

Як і інші вуглеводні, алкіни горять з утворенням карбон(IV) оксиду та води й виділенням великої кількості теплоти.

Добудемо етин, скориставшись приладом, зображеним на мал. 14. Етин утворюється в результаті взаємодії кальцій карбід з водою за реакцією:



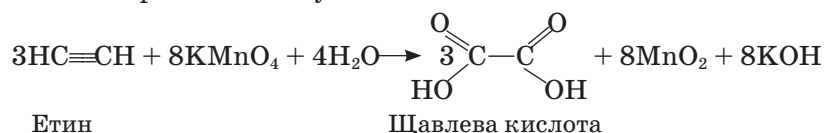
Підпалимо етин біля газовідвідної трубки — газ горітиме кіптявим полум'ям:



- Пригадайте з вивченого в 9 класі, як можна пояснити утворення кіптявого полум'я під час горіння етину.

Для повного згоряння етину, наприклад у разі зварювання металів, у полум'я додатково подають повітря або кисень. Слід пам'ятати, що суміші етину з повітрям або киснем вибухонебезпечні!

Алкіни подібно до алкенів легко **окиснюються** розчином калій перманганату в кислому, лужному і нейтральному середовищах з утворенням оксигеновмісних сполук. Пропускаючи етин крізь цей розчин, можна спостерігати його знебарвлення. Як і в разі часткового окиснення алкенів, утворюються оксигеновмісні органічні сполуки:



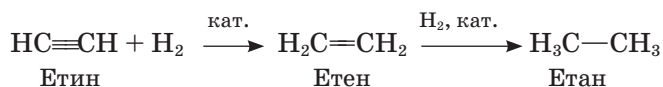
Етин

Щавлева кислота

Реакції приєднання. Алкіни вступають у реакції приєднання за місцем кратного зв'язку. За наявності каталізатора вони приєднують водень, відновлюючись при цьому до алканів. Як проміжні продукти утворюються відповідні алкени:



Мал. 14. Добування етину в лабораторії

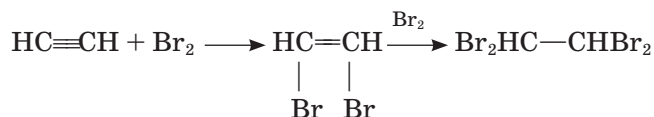


Етин

Етен

Етан

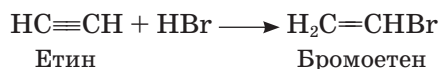
У результаті приєднання до молекули алкіну однієї молекули хлору чи бромю утворюються дигалогенопохідні алкенів, а якщо в реакцію вступають дві молекули галогену, то — тетрагалогенопохідні алканів:



Етин

1,2-Дибромоетен 1,1,2,2-Тетрабромоетан

Етин приєднує гідроген галогеніди з утворенням галогенопохідних сполук.



Молекули алкінів можуть сполучатися між собою з утворенням сполук різної будови. З двох молекул етину утворюється важлива для практики сполука вінілацетилен $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$.

ЗАСТОСУВАННЯ. Найважливішим серед алкінів є *етин* (ацетилен). Завдяки високій питомій теплоті згоряння ацетилен використовують для газового різання і зварювання металів. З цією метою ним наповнюють спеціальні балони. Ацетилено-кисневе полум'я має температуру 2 800 °С і легко плавить сталь (мал. 15).

Вам відомо, що в ХІХ ст. ацетилен використовували для освітлення.

- Пригадайте, чому ця галузь використання не набула поширення.

Нині ацетилен є важливим промисловим продуктом. З нього добувають вихідні речовини для виготовлення пластмас (хлорвініл $\text{H}_2\text{C}=\text{CHCl}$, вінілацетат $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{O}-\text{CO}-\text{CH}_3$) та каучуків (вінілацетилен $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$). Ацетилен є сировиною для добування інших органічних сполук.

ДОБУВАННЯ. Ацетилен для зварювальних робіт добувають часто на місці використання змішуванням *кальцій карбиду* і *води*.



Донедавна саме так добували ацетилен і в промисловості.

- Якщо ви спостерігали цю реакцію під час спорудження чи ремонту будівель, опишіть (усно) апарати, в яких вона відбувається. Порівняйте цей спосіб з лабораторним способом добування ацетилену.

Кальцій карбід утворюється в результаті нагрівання в електропечках суміші негашеного вапна CaO та коксу до температури 2500 °С:



Карбідний спосіб добування ацетилену дуже енергоємний (чому?), у цьому полягає його основний недолік.



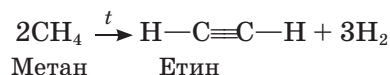
а



б

Мал. 15. Для ацетилено-кисневого зварювання (а) використовують спеціальне обладнання (б)

Економічно вигідніше добувати ацетилен з метану нагріванням його до температури $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ — *піролізом*. Реакція відбувається за схемою:



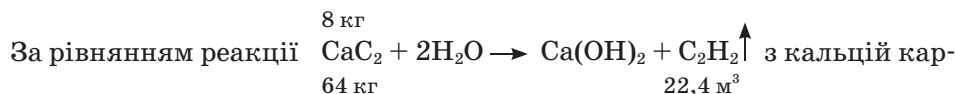
Обчислення кількості речовини, маси або об'єму за кількістю речовини, масою або об'ємом реагенту, що містить певну частку домішок

Сировина, що її використовують для добування речовин у промислових умовах, як правило, містить домішки, що не беруть участі в реакції або утворюють побічні продукти. Вміст домішок визначають заздалегідь, а обчислення витрат реагентів проводять, нехтуючи цими домішками.

Задача. Якого об'єму етин утвориться в результаті обробки водою кальцій карбїду масою 10 кг, якщо вміст домішок у сировині становить 20 % ?

Обчислимо масу чистого кальцій карбїду, що становить 80 % (100 % - 20 % = 80 %):

$$\frac{10 \text{ кг} \cdot 80 \%}{100 \%} = 8 \text{ кг (CaC}_2\text{)}.$$



$$\frac{8 \text{ кг} \cdot 22,4 \text{ м}^3}{64 \text{ кг}} = 2,8 \text{ м}^3 (\text{C}_2\text{H}_2).$$

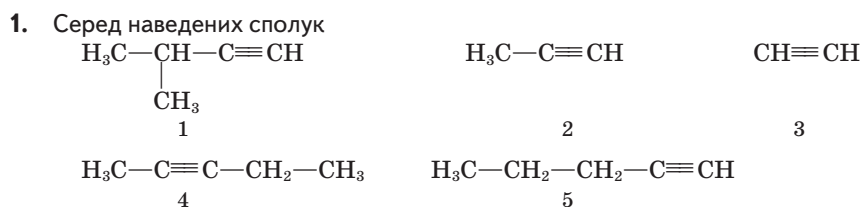
Отже, утвориться етин об'ємом 2,8 м³.

Висновки

- Алкіни — ненасичені вуглеводні, в молекулах яких є потрійний карбон-карбонівий зв'язок.
- Загальна формула алкінів — $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.
- Алкінам властива структурна ізомерія карбонів ланцюга і положення кратного зв'язку.
- Для вуглеводнів ряду етину характерні реакції приєднання за місцем потрійного зв'язку.
- Етин — найважливіший серед алкінів. Його використовують у промисловості для добування синтетичних каучуків і пластмас, а також для газового зварювання й різання металів.
- Етин добувають піролізом метану або реакцією кальцій карбїду з водою.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ



ізомери: **A** 1, 4, 5 **B** 1, 2, 3 гомологи: **B** 2, 3, 5 **Г** 1, 4.

- Складіть рівняння реакції приєднання двох молекул гідроген галогеніду до молекули етину.
- На якій хімічній властивості етину ґрунтується його застосування для зварювання металів?
- Укажіть правильне твердження.
A кальцій карбід пахне ацетиленом
B алкіни горять кіптявим полум'ям
B алкіни й алкени — ізомери
Г алкіни — насичені вуглеводні

Додаткові завдання

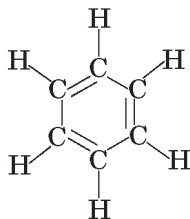
- Порівняйте будову молекул етену й етину.
- Наведіть структурні формули й назви ізомерів складу C_6H_{10} .
- Чим різняться між собою реакції приєднання в алкенів і алкінів? Наведіть приклади.
- Обґрунтуйте галузі застосування ацетилену його хімічними властивостями.
- Схарактеризуйте способи добування ацетилену з погляду їх економічності.
- Для добування етину піролізом метану використали природний газ, що містить 8 % домішок, об'ємом 48,7 л. Якого об'єму етин добуто?

§ 9. АРЕНИ. БЕНЗЕН

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛИ. Молекула бензену має склад C_6H_6 . Сполука належить до групи *ароматичних вуглеводнів (аренів)*. Ця назва, як і багато інших в органічній хімії, склалася історично, оскільки перші з добутих сполук цієї групи справді мали приємний запах.

Будова молекули бензену багато років становила теоретичну проблему, жодна із запронованих структурних формул не відповідала властивостям речовини, що спостерігалися вченими в лабораторії.

У 1865 р. (через 40 років після визначення елементного складу бензену) німецький учений А. Кекуле запропонував зображати структурну формулу бензену у вигляді шестичленного циклу з атомів Карбону, між якими чергуються прості й подвійні зв'язки:





Мал. 16. Модель молекули бензену

За такої будови очевидно, що всі атоми Карбону є рівноцінними (мал. 16). Проте й ця формула неповністю відповідає хімічним властивостям бензену. Будучи формально ненасиченим, він виявляє певну хімічну інертність.

Щоб показати, що в молекулі бензену немає простих і кратних зв'язків, було запропоновано зображати структурну формулу як правильний шестикутник з кільцем усередині:



ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. За стандартних умов бензен — безбарвна рідина з характерним запахом, температурою кипіння $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, практично нерозчинна у воді, але водночас є розчинником багатьох органічних речовин. У цьому можна переконатися на досліді.

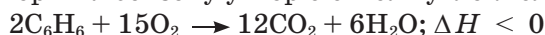
В одну пробірку наллємо бензену, в іншу — води. Додавимо в обидві пробірки по кілька краплин жиру і збовтаємо їх. Жир розчиняється у бензені, але спливає над водою.

Бензен — отруйна речовина, вдихати його випари небезпечно, тому працювати з ним слід обов'язково у витяжній шафі.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Реакції бензену зумовлено наявністю стабільного карбонового кільця.

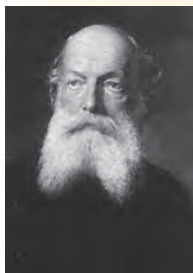
Реакція окиснення. Бензен стійкий проти дії окисників, він не знебарвлює розчин калій перманганату, якщо суміш цього розчину з бензеном збовтати у пробірці. За жорстких умов (каталізатор, висока температура, дія кисню) його все-таки вдається окиснити. Цим бензен нагадує насичені вуглеводні.

У результаті горіння бензену утворюються вуглекислий газ і вода:



● Пригадайте характер горіння метану, етену, етину. В чому полягали відмінності цих реакцій?

Оскільки у складі молекули бензену вміст Карбону є значним, то можна припустити, що горіння бензену на повітрі супроводжуватиметься утворенням кіптяви, як і в разі етину. Переконаємося в цьому на досліді, підпаливши у витяжній шафі в порцеляновій чашці кілька мілілітрів бензену: він справді горить кіптявим полум'ям з утворенням сажі. У кисні бензен згорає повністю.



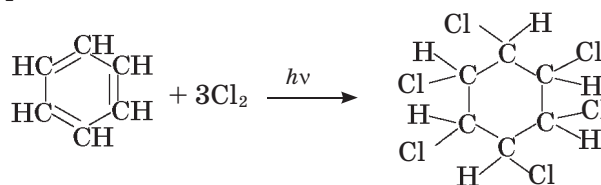
Фрідріх Август КЕКУЛЕ
(1829— 1896)

Німецький хімік. Праці вченого сприяли становленню теоретичних основ органічної хімії. Висловив думку про чотиривалентність атомів Карбону та їхню здатність сполучатися між собою, утворюючи ланцюги. Запропонував циклічну формулу бензену. Синтезував чимало органічних сполук.

Реакції приєднання. Зважаючи на формальну ненасиченість складу бензену, можна припустити, що йому властиві реакції приєднання, наприклад бромну.

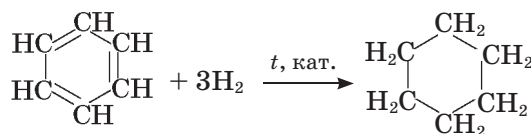
У пробірку з бензеном добавимо трохи бромної води і суміш збовтаємо. Бромна вода не знебарвлюється, бром переходить у верхній шар, отже, реакція не відбувається.

На відміну від ненасичених вуглеводнів бензен вступає в реакції приєднання за особливих умов. Наприклад, до молекули бензену, активованої дією ультрафіолетового випромінювання, можуть приєднатися три молекули хлору, при цьому утворюється гексахлороциклогексан, або гексахлоран, відомий як засіб боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур:



Гексахлороциклогексан

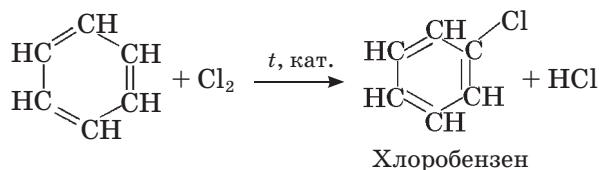
Приєднання водню до бензену відбувається за підвищених температури і тиску та наявності каталізатора. У результаті реакції утворюється циклогексан:



Циклогексан

Реакції заміщення. Бензен легко вступає в реакції заміщення. До таких реакцій належать реакція галогенування та ін.

Галогенування бензену за типом заміщення відбувається під дією каталізатора:



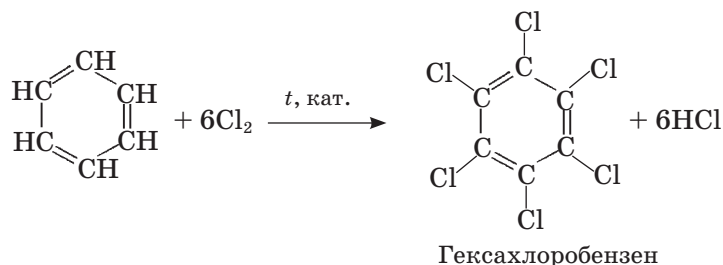
Хлоробензен



Микола Дмитрович ЗЕЛІНСЬКИЙ
(1861–1953)

Хімік-органік, академік. Закінчив Новоросійський університет в Одесі, працював там деякий час. Наукові праці стосуються органічного каталізу, хімії амінокислот і білків. Досліджував склад нафти і продуктів її переробки, синтезував чимало органічних сполук, у т. ч. бензен з етину. Винайшов вугільний протигаз.

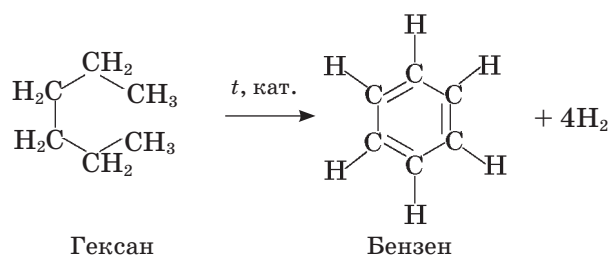
Можуть заміщуватися усі шість атомів Гідрогену з утворенням гексахлоробензену:



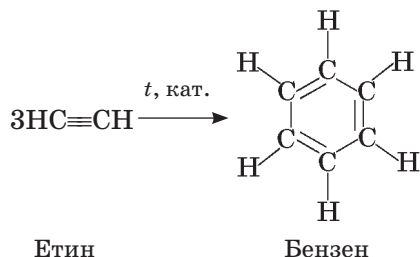
Бензен вступає як у реакції заміщення, так і реакції приєднання, причому заміщення відбувається у бензені легше, ніж у насичених вуглеводнях, а приєднання — важче, ніж у ненасичених. Отже, бензену більше властиві реакції заміщення.

ДОБУВАННЯ. У минулому столітті бензен добували із продуктів переробки *кам'яного вугілля*; цей метод і досі використовують у промисловості.

Бензен добувають також з *нафтопродуктів* за допомогою процесів *ароматизації*, тобто перетворення неароматичних сполук на ароматичні, наприклад дегідруванням гексану за наявності каталізатора. Відбувається процес одночасного дегідрування і циклізації:



Цікавим є спосіб добування бензену, запропонований М. Д. Зелінським, згідно з яким етин пропускають над активованим вугіллям за температури 600 °С:



ЗАСТОСУВАННЯ. Бензен є вихідною речовиною для синтезу величезної кількості органічних речовин, серед яких барвники, лікарські засоби, полімери, пестициди, вибухові речовини. Отже, бензен — базова сировина для промислового органічного синтезу. Використовують сполуку і як розчинник.

Висновки

- Бензен належить до ароматичних вуглеводнів.
- Молекула бензену має форму правильного плоского шестикутника.
- У молекулі бензену зв'язки між атомами Карбону є рівноцінними.
- Бензену властиві реакції заміщення; за певних умов він вступає в реакції приєднання.
- Промисловим джерелом добування бензену є кам'яне вугілля. Бензен є сировиною для виробництва барвників, ліків, вибухових речовин, засобів захисту рослин від шкідників тощо.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Чому структуру бензену було з'ясовано лише через 40 років після його відкриття?
2. За хімічними властивостями бензен не належить ні до насичених, ні до ненасичених вуглеводнів. Чому?
3. На мал. 17 зображено полум'я бензену, метану й етену. Яке зображення відповідає кожній з речовин? Відповідь поясніть.
4. Чи знебарвлює бензен бромну воду? Поясніть, чому.
5. Які реакції характерні для бензену? Складіть рівняння реакцій.
6. Які з наведених сполук належать до насичених, ненасичених, ароматичних: C_6H_{12} , C_6H_6 , C_6H_5Cl , C_6H_{14} ?



Мал. 17. Полум'я вуглеводнів різного складу

Додаткові завдання

1. Поясніть умовність формули Кекуле для бензену.
2. Поясніть вплив умов на перебіг реакції бензену з хлором.
3. Зробіть висновок про реакційну здатність бензену порівняно з насиченими і ненасиченими вуглеводнями.
4. Складіть рівняння послідовних перетворень: вугілля на бензен; метану на хлорбензен.
5. Для добування 225 г хлорбензену треба затратити хлор об'ємом (н. у.)
А 22,4 л **Б** 67,2 л **В** 44,8 л **Г** 11,2 л

§ 10. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК І ВЗАЄМОПЕРЕТВОРЕННЯ ВУГЛЕВОДНІВ

Вивчаючи вуглеводні, ви пересвідчилися в їхній різноманітності, зумовленій здатністю атомів Карбону утворювати молекули лінійної та циклічної будови, сполучатися між собою за допомогою простих і кратних зв'язків. А ще — утворювати гомологічні ряди та ізомери.

- Напишіть загальні формули гомологів метану, етену, етину.

Незначна зміна складу молекули (на групу $-CH_2-$) спричиняє зміну фізичних властивостей гомолога, а незначна зміна порядку сполу-

чення атомів приводить до утворення ізомеру, тобто нової сполуки з притаманними їй властивостями. У цьому виявляється дія закону залежності властивостей органічних речовин від складу і хімічної будови молекул.

- Наведіть конкретні приклади цієї залежності, підтвердіть їх фізичними константами речовин та хімічними реакціями.

За складом молекул вуглеводні різних груп різняться між собою кількістю атомів Гідрогену, що припадають на певну кількість атомів Карбону. Отже, внаслідок приєднання або відщеплення атомів Гідрогену сполуки однієї групи перетворюються на сполуки іншої групи (реакції гідратування і дегідратування).

- Наведіть приклади таких реакцій.

Послідовними хімічними перетвореннями з неорганічної сполуки кальцій карбідом можна отримати етин, а з нього — бензен, останній переробити на інші сполуки.

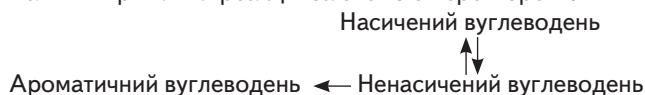
- Складіть рівняння цих хімічних перетворень.

Ці приклади засвідчують генетичний взаємозв'язок між вуглеводнями, а також між органічними та неорганічними речовинами. Знання цих взаємозв'язків уможливує добування багатьох цінних сполук за допомогою хімічного синтезу.

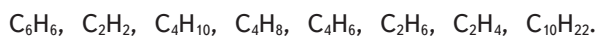


ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

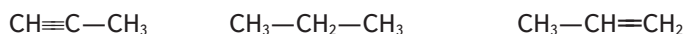
1. Напишіть рівняння реакцій за схемою перетворень:



2. Чим зумовлена структурна ізомерія вуглеводнів? Наведіть приклади.
3. Напишіть структурні формули речовин наведеного складу. Згрупуйте речовини-гомологи:

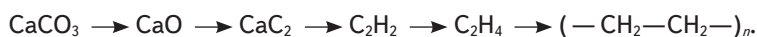


4. Наведені речовини — це



- A** гомологи
B ізомери
B ні ізомери, ні гомологи

5. Напишіть рівняння реакцій за схемою перетворень:



Зробіть висновок про взаємозв'язок неорганічних та органічних речовин.



ОКСИГЕНОВМІСНІ СПОЛУКИ

Оксигеновмісні сполуки відіграють визначальну роль у функціонуванні живих організмів — рослин і тварин, входять до складу їжі (це відомі вам жири і вуглеводи), є основою деревини, з них виготовляють папір, волокна, вони є складниками мила та інших мийних засобів, ліків тощо. Відомі вам з курсу хімії 9 класу терміни «спирт», «етанова кислота», «естер», «жир», «глюкоза» — це назви оксигеновмісних органічних речовин. Саме їх та багато інших сполук ви докладно вивчатимете в цьому розділі органічної хімії.

- Розгляньте таблицю і пригадайте, що таке функціональна (характеристична) група.

Оксигеновмісні органічні сполуки

Клас	Загальна формула	Функціональна група
Спирти Феноли	$R-OH$	$-OH$
Альдегіди	$R-\overset{\text{O}}{\parallel}{C}-H$	$-\overset{\text{O}}{\parallel}{C}-H$
Карбонові кислоти	$R-\overset{\text{O}}{\parallel}{C}-OH$	$-\overset{\text{O}}{\parallel}{C}-OH$
Естери	$R-\overset{\text{O}}{\parallel}{C}-O-R^1$	$-\overset{\text{O}}{\parallel}{C}-O-R^1$

СПИРТИ І ФЕНОЛИ

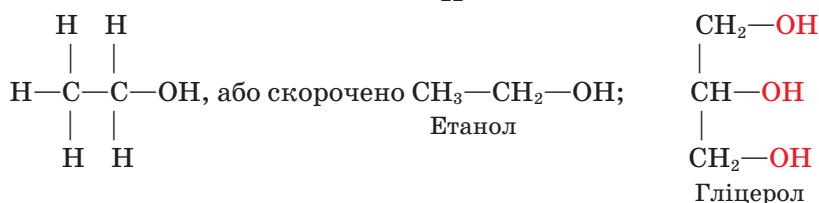
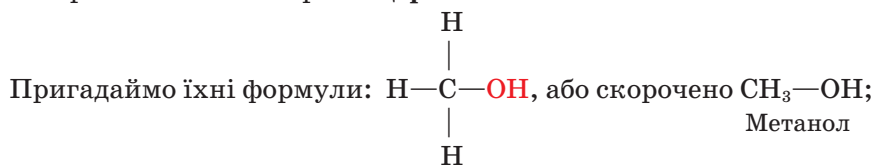
Наприкінці вивчення теми ви зможете:

- назвати спирти за правилами номенклатури;
- скласти формули спиртів за їхніми назвами та назви — за формулами;
- скласти формули структурних ізомерів спиртів;
- схарактеризувати водневі зв'язки;
- пояснити електронну будову спиртів і фенолу;
- описати фізичні властивості сполук;
- пояснити реакційну здатність спиртів і фенолу;
- записати рівняння реакцій окиснення, заміщення, дегідратації;
- пояснити електронну суть взаємного впливу атомів у молекулах спиртів і фенолу;
- пояснити дію етанолу на організм людини;
- розповісти про методи добування сполук та їхнє застосування;
- класифікувати спирти;
- засвоїти терміни: внутрішньо- й міжмолекулярна дегідратація, фенол.

§ 11. НАСИЧЕНІ ОДНОАТОМНІ СПИРТИ

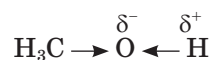
СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ. Як вам уже відомо, наявність у молекулі однієї або кількох функціональних (характеристичних) *гідроксильних груп*, сполучених з вуглеводневою групою, є ознакою класу органічних речовин, що їх називають **спиртами**. Насичені одноатомні спирти можна розглядати як сполуки, що є похідними насичених вуглеводнів (алканів), у яких один атом Гідрогену заміщений на гідроксильну групу. Міжнародна назва цих сполук — *алканоли*, іноді застосовують тривіальну назву — алкогολі.

Залежно від будови вуглеводневої групи розрізняють спирти *насичені*, *ненасичені*, *ароматичні*, а за кількістю гідроксильних груп — *одно-* і *багатоатомні*. Вам відомі насичені одноатомні спирти **метанол** і **етанол**, що містять залишок насиченого вуглеводню й одну гідроксильну групу, а також трьохатомний спирт **гліцерол**.



Зв'язок $\text{O}-\text{H}$ поляризований, оскільки атом більш електронегативного Оксигену відтягує до себе електронну густину зв'язку. Внаслідок

поляризації на атомі Гідрогену виникає частковий позитивний заряд, а на атомі Оксигену — частковий негативний:



Полярність зв'язку впливає на властивості спиртів.

Метанол розпочинає гомологічний ряд насичених одноатомних спиртів. Характеристики гомологів наведено в табл. 6. Моделі молекул метанолу й етанолу зображено на мал. 18.

Загальну формулу насичених одноатомних спиртів можна вивести із загальної формули насичених вуглеводнів заміщенням атома Гідрогену на гідроксильну групу:

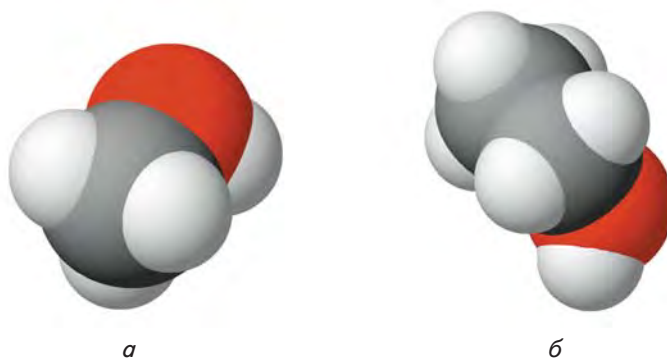


Якщо вуглеводневу групу позначити літерою R, то загальна формула спиртів матиме вигляд **R—OH**.

Таблиця 6

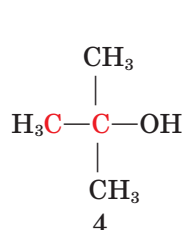
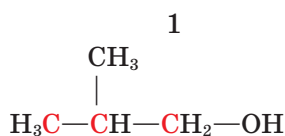
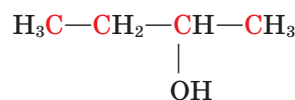
Характеристики насичених одноатомних спиртів

Назва спирту	Формула		Температура, °С		Густина, г/см ³	Розчинність, г/100 г H ₂ O
	молекулярна	скорочена структурна	плавлення	кипіння		
Метанол	CH ₃ OH	CH ₃ —OH	-94	64,5	0,792	Необмежена
Етанол	C ₂ H ₅ OH	CH ₃ —CH ₂ —OH	-114	78,4	0,789	»
Пропан-1-ол	C ₃ H ₇ OH	CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —OH	-127	97,4	0,804	»
Бутан-1-ол	C ₄ H ₉ OH	CH ₃ —(CH ₂) ₂ —CH ₂ —OH	-90,2	117,4	0,810	7,9
Пентан-1-ол	C ₅ H ₁₁ OH	CH ₃ —(CH ₂) ₃ —CH ₂ —OH	-78,5	137,8	0,814	2,4
Гексан-1-ол	C ₆ H ₁₃ OH	CH ₃ —(CH ₂) ₄ —CH ₂ —OH	-52	157	0,821	0,6
Гептан-1-ол	C ₇ H ₁₅ OH	CH ₃ —(CH ₂) ₅ —CH ₂ —OH	-34	176	0,822	0,1
Октан-1-ол	C ₈ H ₁₇ OH	CH ₃ —(CH ₂) ₆ —CH ₂ —OH	-17	194	0,825	0,05
Нонан-1-ол	C ₉ H ₁₉ OH	CH ₃ —(CH ₂) ₇ —CH ₂ —OH	-5	215	0,827	Нерозчинний
Декан-1-ол	C ₁₀ H ₂₁ OH	CH ₃ —(CH ₂) ₈ —CH ₂ —OH	7	230	0,829	»



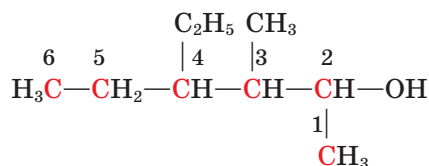
Мал. 18. Моделі молекул метанолу (а) та етанолу (б)

ІЗОМЕРІЯ. НОМЕНКЛАТУРА. Насиченим одноатомним спиртам властива *структурна ізомерія*, зумовлена будовою карбонового скелета і положенням гідроксильної групи. Для спирту складу C_4H_9OH можливі такі ізомери:



За систематичною номенклатурою **назви** насичених одноатомних спиртів (алканолів) нерозгалуженої будови *утворюють від назв алканів додаванням до назв суфікса -ол* (метан — метанол, пропан — пропанол). Щоб назвати спирт розгалуженої будови, треба пронумерувати найдовший карбоновий ланцюг, починаючи від атома, найближчого до гідроксильної групи; перед назвою вказати місце і назви алкільних замісників у алфавітному порядку; після назви головного ланцюга цифрою позначити місце гідроксильної групи і додати суфікс *-ол*.

Наприклад: 4-етил-3-метилгексан-2-ол



- Складіть назви ізомерів бутанолу, що їх наведено вище.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. ВОДНЕВИЙ ЗВ'ЯЗОК. Насичені одноатомні спирти — рідкі або кристалічні (вищі спирти) речовини, безбарвні, зі специфічним спиртовим запахом.

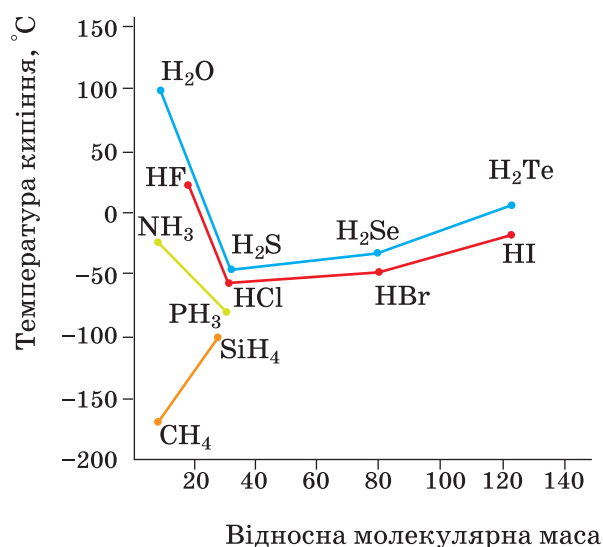
Серед спиртів, на відміну від вуглеводнів, немає газуватих речовин. Температури плавлення і кипіння спиртів значно вищі, ніж вуглеводнів з майже такою самою відносною молекулярною масою (табл. 7).

Таблиця 7

Температури кипіння вуглеводнів і спиртів

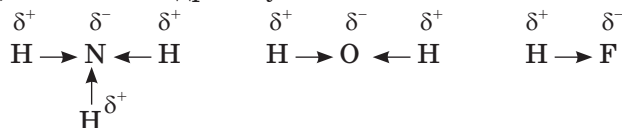
Формула вуглеводню	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	Формула спирту	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
C_2H_6	-89	CH_3OH	64,5
C_3H_8	-42	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	78,4
C_4H_{10}	-0,5	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	97,4
C_5H_{12}	36	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	117,4
C_6H_{14}	69	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$	137,8

Таку відмінність температур можна пояснити наявністю додаткової взаємодії між молекулами спирту. Для з'ясування природи цієї взаємодії звернемося до неорганічної хімії й розглянемо температури кипіння сполук Гідрогену з деякими елементами IV— VII груп Періодичної системи (мал. 19). Зверніть увагу, що зі збільшенням відносної молекулярної маси цих сполук їхні температури кипіння підвищуються. Виняток становлять гідроген флуорид, вода та амоніак, константи яких дуже відрізняються від констант сполук сусідніх елементів у підгрупі. Маючи найнижчі відносні молекулярні маси, вони характеризуються найвищими температурами кипіння, тобто молекули цих сполук міцніше зв'язані між собою. Чому?

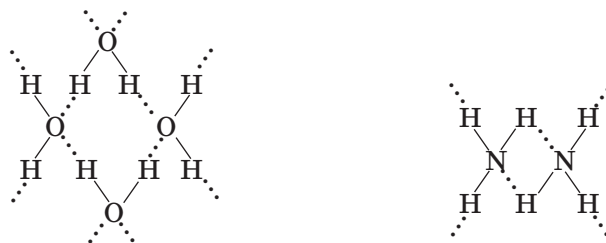


Мал. 19. Залежність температур кипіння сполук неметалічних елементів з Гідрогеном від їхньої відносної молекулярної маси

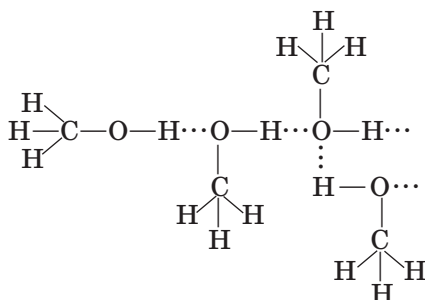
Зв'язки між атомами Гідрогену й електронегативними атомами N, O, F поляризовані, на атомах Гідрогену виникає частковий позитивний заряд:



За рахунок притягання позитивно зарядженого атома Гідрогену однієї молекули і негативно зарядженого атома Оксигену, Нітрогену чи Флуору іншої молекули утворюється т. зв. *водневий зв'язок* (позначають трьома крапками). Гідроген є ніби містком між двома електронегативними атомами:



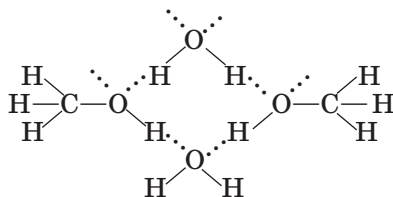
Так само утворюються водневі зв'язки між полярними молекулами спирту:



Водневий зв'язок належить до слабких зв'язків, однак для того щоб рідина, в якій молекули асоційовані за рахунок водневих зв'язків, перетворилася на пару (закипіла), потрібно затратити додаткову енергію на руйнування цих зв'язків.

Отже, порівняно високі температури кипіння спиртів (а також води, амоніаку, гідроген флуориду) пояснюються наявністю водневих зв'язків між їхніми молекулами.

Унаслідок утворення водневих зв'язків між молекулами води і спиртів останні розчиняються у воді:



Проте це характерно лише для нижчих спиртів, у яких гідроксильна група становить значну частину молекули. Перші три члени гомологічного ряду необмежено розчинні; у наступних гомологів з подовженням карбонового ланцюга його частка в молекулі збільшується, тому розчинність спиртів зменшується.

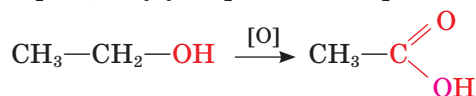
У цьому можна переконатися на досліді. У чотири пробірки з водою добавимо однаково кількість метанолу, етанолу, бутанолу, пентанолу. Спостерігатиметься повне розчинення перших двох спиртів і значно менша розчинність двох інших.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Реакції повного й часткового окиснення. Як і всі органічні речовини, спирти горять з виділенням теплоти. Підпалимо зразки метанолу, етанолу, пропанолу, пентанолу в порцелянових чашках. Помітна відмінність у характері горіння спиртів: від майже неслітного синюватого полум'я метанолу до кіптявого — пентанолу.



- Поясніть характер горіння спиртів різного складу, спираючись на знання характеру горіння вуглеводнів.

Частково окиснюють спирти калій дихромат або калій перманганат у кислому середовищі, при цьому утворюються карбонові кислоти:

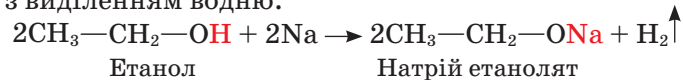


Етанова кислота

Реакції заміщення. Оскільки електронна густина зв'язку $\text{O} \leftarrow \text{H}$ зміщена до Оксигену, можна припустити, що для спиртів можливі реакції з **відщепленням Гідрогену**. Проте проба спирту на електропровідність дає негативний результат; практично не спостерігається й електролітичної дисоціації спирту у воді.

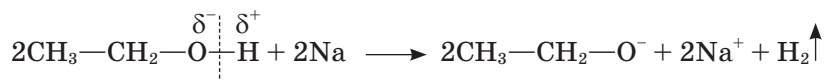
Отже, атом Гідрогену хоча й набуває рухливості, але хімічний зв'язок O—H за таких умов не розривається.

Спробуємо провести реакцію з активнішими реагентами. Вмістимо шматочок металічного натрію в пробірку з 2 мл етанолу й закриємо її пробкою зі скляною трубкою, відтягнутою на кінці. Відбувається реакція заміщення з виділенням водню:



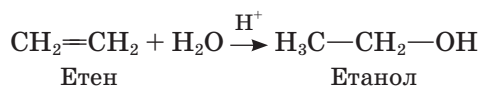
- Як можна переконатися, що виділяється справді водень?

У цій реакції виявляються слабкі кислотні властивості спирту:



Загальна назва аніонів у продуктах заміщення Гідрогену на металічний елемент — *алканолати* (алкоголяти). Добутий нами *натрій етанолат* можна виділити у твердому вигляді.

Етанол утворюється також у результаті реакції *гідратації етену*:



Найдавніший метод добування етанолу — це *спиртове бродіння глюкози*, що міститься у винограді, інших фруктах. Процес відбувається під дією природних каталізаторів — *ензимів (ферментів)*, що їх виробляють дріжджі деяких видів. У загальному вигляді процес спиртового бродіння можна подати рівнянням:



Насправді утворюється суміш спиртів та інших речовин, у якій лише 12 % етанолу. Для його виділення використовують метод *дистиляції*, або перегонки (мал. 21, 22). У результаті утворюється т. зв. *ректифікат*, що містить 96 % етанолу і 4 % води.

Етанол добувають також *гідратацією етену*. Добутий у такий спосіб спирт використовують для технічних потреб.

Використання етанолу надзвичайно широке. Це розчинник для виготовлення фармацевтичних препаратів (настоянок, екстрактів тощо), парфумерних і косметичних виробів, есенцій, лаків (політури для меблів). Етанолом як бактерицидним засобом обробляють рани. У харчовій промисловості з нього виготовляють алкогольні напої.

З етанолу в промислових масштабах виробляють оцтову кислоту, хлороформ, медичний ефір та ін. У багатьох країнах суміш бензину з етанолом (до 10 %) використовують як пальне.

- Схарактеризуйте переваги використання такої суміші з погляду зменшення шкідливих викидів у атмосферу.

Етанол, призначений для технічних цілей, називається *денатуратом*. Цей продукт містить домішки, що змінюють запах, смак і колір етанолу і роблять його непридатним для споживання.



Мал. 21. Апарат для перегонки спирту (1500 р.)



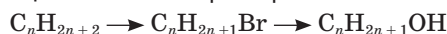
Мал. 22. Сучасний перегонний куб

Дія етанолу на організм. З курсів хімії і біології ви вже знаєте про згубну дію алкогольних напоїв на організм людини, що призводить до тяжкого захворювання — алкоголізму. Поясніть на основі цих знань та залучаючи додаткову літературу, чому алкоголь особливо небезпечний для молодого організму.



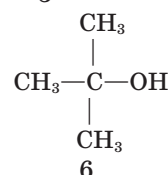
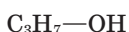
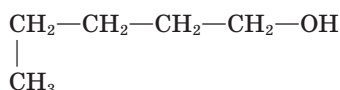
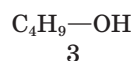
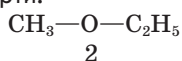
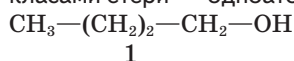
ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке функціональна (характеристична) група?
2. Які сполуки називають спиртами?
3. Як позначається вплив атома Оксигену на розподілі електронної густини в молекулі спирту?
4. Чим зумовлена ізомерія насичених одноатомних спиртів? Наведіть приклади.
5. Поясніть причину аномально високої температури кипіння води.
6. Поясніть вплив водневих зв'язків на фізичні властивості спиртів.
7. Наведіть рівняння хімічних реакцій спиртів, що відбуваються з розриванням зв'язків C—OH і CO—H.
8. Поясніть вплив умов на перебіг реакції дегідратації етанолу.
9. Складіть рівняння реакцій за схемою перетворень:



Додаткові завдання

1. Укажіть ізомери і гомологи серед наведених сполук, зважаючи на ізомерію між класами етери — одноатомні спирти.



А ізомери: 1 і 6, 2 і 5

гомологи: 1, 4, 5

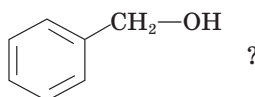
Б ізомери: 1 і 4

гомологи: 5 і 2

В ізомери: 2 і 3

гомологи: 4 і 6

2. Складіть структурні формули ізомерних спиртів складу $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$.
3. Етин — газ, гідроген ціанід — рідина (н. у.), хоча молекулярні маси цих сполук приблизно однакові. Поясніть це.
4. Які хімічні властивості етанолу підтверджують, що його формула $\text{C}_2\text{H}_5-\text{OH}$?
5. Порівняйте властивості метанолу з властивостями води і метану. Зробіть узагальнювальний висновок.
6. Які хімічні властивості, на вашу думку, матиме бензиловий спирт

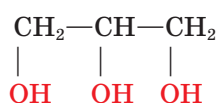


7. Напишіть рівняння послідовних перетворень: етанолу на етан; метану на метанол; вуглецю на метанол.
8. Унаслідок повного згоряння речовини масою 13,8 г утворилося 26,4 г вуглекислого газу і 16,2 г води. Визначте молекулярну формулу цієї речовини, якщо густина її пари за воднем дорівнює 23.

§ 12. ГЛІЦЕРОЛ

СКЛАД МОЛЕКУЛИ. Молекули спиртів можуть містити дві, три і більше гідроксильних груп біля різних атомів Карбону. Такі спирти називають відповідно *двохатомними*, *трьохатомними*, *багатоатомними* (якщо таких груп понад три). Щодо трьохатомних застосовують також загальну назву **гліцероли**. За систематичною номенклатурою їх називають *тріолами*.

Найпростіший трьохатомний спирт — **гліцерол** (тривіальна назва — гліцерин):



Пропан-1,2,3-тріол (гліцерол)

На мал. 23 зображено масштабну модель молекули гліцеролу.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Гліцерол — безбарвна в'язка рідина, добре розчинна у воді. Особливістю гліцеролу та багатоатомних спиртів є солодкий смак, що посилюється зі збільшенням числа гідроксильних груп у молекулі. Ця властивість гліцеролу відбита в його назві, що походить від грецького слова *глікос* — солодкий. У XVIII ст., коли гліцерол було виділено з маслинової олії, його називали ще олійним цукром.

Завдяки наявності гідроксильних груп між молекулами багатоатомних спиртів утворюються водневі зв'язки, як і між молекулами одноатомних спиртів. Цим пояснюються висока густина і розчинність у воді етиленгліколю й гліцеролу.

- Складіть схему утворення водневих зв'язків між молекулами гліцеролу.

Гліцерол гігроскопічний (від грец. *гігро* — волога і *скопія* — спостерігати), гліцерол вбирає з повітря до 40 % вологи (за об'ємом).

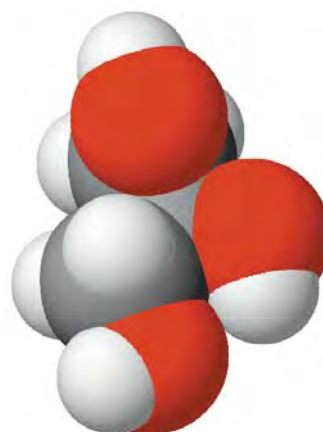
ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Для багатоатомних спиртів характерні реакції одноатомних спиртів, причому вони відбуваються за участі однієї або кількох гідроксильних груп.

Реакції повного й часткового окиснення. Як й інші органічні речовини, гліцерол окиснюється з утворенням вуглекислого газу і води.

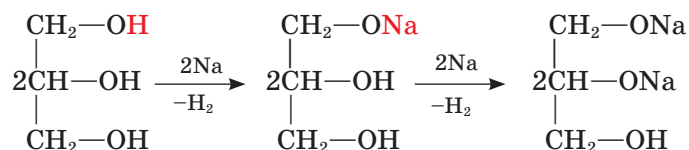
- Складіть рівняння реакції повного окиснення гліцеролу.

У результаті часткового окиснення утворюється суміш продуктів, у кінцевому результаті — карбонові кислоти.

Реакції заміщення. Гліцерол вступає в реакцію заміщення з металічним *натрієм*. У пробірку з гліцеролом опустимо шматочок металічного натрію, нагріємо її вміст. Відбувається реакція з виділенням водню:



Мал. 23. Масштабна модель молекули гліцеролу



Наявність кількох гідроксильних груп позначається на хімічній активності сполук, зокрема посилюються кислотні властивості: якщо одноатомні спирти утворюють алканолати лише з лужними металами, то етиленгліколь і гліцерол реагують також з *лугами та гідроксидами важких металічних елементів*.

Характерною реакцією багатоматних спиртів, що її використовують для їх виявлення, є реакція з купрум(II) гідроксидом з утворенням розчину синього кольору.

● Цю реакцію ви проводили в 9 класі. Пригадайте свої спостереження.

ЗАСТОСУВАННЯ. Гліцерол (гліцерин) широко застосовують передусім завдяки його гігроскопічності (мал. 24). У парфумерії та фармації — як пом'якшувальний засіб або основу мазей, добавку до мила, зубної пасти (щоб запобігти їх висиханню); у харчовій промисловості — як добавку до напоїв, кондитерських виробів. Шкіряне виробництво й текстильна промисловість послуговуються гліцеролом для обробки пряжі й шкіри з метою їх пом'якшення та надання еластичності. Продукт нітрування гліцеролу — тринітрогліцерол — вибухова речовина, з якої виготовляють динаміт. Ця сполука чинить судинорозширювальну дію і під назвою «нітрогліцерин» використовується як ліки від серцевих захворювань.



Мал. 24. Застосування гліцеролу



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. До якого класу сполук належить гліцерол?
2. Які властивості гліцеролу пояснюють утворенням водневих зв'язків?
3. Порівняйте хімічні властивості етанолу та гліцеролу. Складіть рівняння відповідних реакцій.
4. У двох пробірках містяться гліцерол та етанол. Як хімічним способом розрізнити ці сполуки?
5. Чи відомий вам гліцерол із побутового застосування? Розкажіть про це.

Додаткові завдання

1. Поясніть причину різноманітності сполук, що належать до класу спиртів.
2. Чи є гомологами пропанол і гліцерол? Відповідь поясніть.
3. Яка сполука має, на вашу думку, більшу густину — двохатомний чи трьохатомний спирт? Відповідь поясніть. Для підтвердження свого припущення скористайтеся довідником.
4. Поясніть, чому пентанол малорозчинний у воді, а пентантріол — добре розчинна сполука.
5. У результаті вибуху динаміту утворюється суміш вуглекислого газу, азоту, кисню і води, на які розкладається тринітрогліцерол. Укажіть суму коефіцієнтів у рівнянні реакції розкладу.

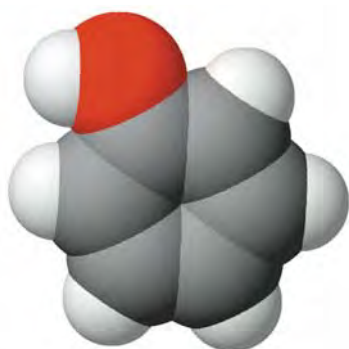
A 34 B 33 B 12

Висновки

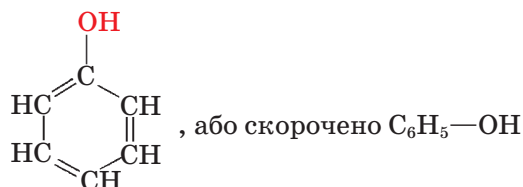
- Молекули спиртів містять функціональну гідроксильну групу, сполучену з вуглеводневим залишком. Багатоатомні спирти містять кілька таких груп біля різних атомів Карбону.
- Спирти — полярні сполуки. Електронна густина зв'язку O—H зміщена до більш електронегативного атома Оксигену.
- Насиченим одноатомним спиртам властиві: структурна ізомерія, зумовлена будовою карбонового скелета й положенням гідроксильної групи.
- Спирти мають вищі порівняно з вуглеводнями температури плавлення і кипіння, більшу густину внаслідок утворення водневих зв'язків між молекулами. У багатоатомних спиртів ці константи мають ще більші значення.
- Спирти розчинні у воді внаслідок утворення водневих зв'язків.
- Повне окиснення спиртів відбувається до вуглекислого газу і води; часткове окиснення одноатомних спиртів — до карбонових кислот.
- Дегідратація насичених одноатомних спиртів відбувається, залежно від умов, з утворенням або алкенів, або етерів.
- Багатоатомні спирти реагують за однією або кількома гідроксигрупами.
- Метанол, етанол, гліцерол широко застосовують, тому їх виробляють у промислових масштабах.
- Уживання алкоголю справляє отруйну дію на організм людини. Це може врешті-решт призвести до хвороби, що супроводжується деградацією особистості.

§ 13. ФЕНОЛ

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛИ. Якщо гідроксильна група сполучена безпосередньо з бензеновим ядром, то утворюється сполука **фенол**, представник класу **фенолів**. Структурна формула фенолу

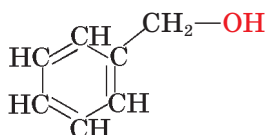


Мал. 25. Масштабна модель молекули фенолу



Модель молекули фенолу наведено на мал. 25.

Слід розрізняти фенол й ароматичні спирти, в яких гідроксильна група сполучена з бензеновим ядром через бічну вуглеводневу групу. Наприклад, бензиловий спирт



ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Фенол — кристалічна безбарвна речовина з характерним запахом. У разі зберігання в нещільно закритому посуді внаслідок окиснення набуває рожевого кольору.

Фенол — низькоплавка речовина ($t_{\text{пл}} = 42^\circ\text{C}$).

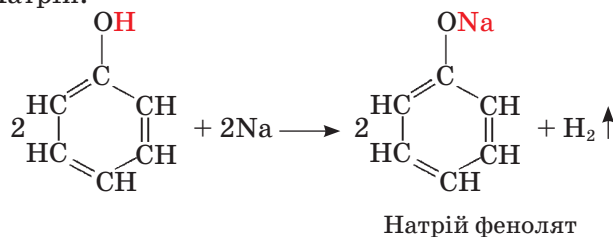
Помістимо пробірку з фенолом у посудину з гарячою водою: речовина розплавиться. У холодній воді фенол розчиняється погано, проте швидко розчиняється, якщо додати в пробірку з фенолом гарячої води.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. За наявності в молекулі фенолу гідроксильної групи можна припустити його подібність до спиртів, а за наявності бензенового ядра — до бензену. З'ясуємо це.

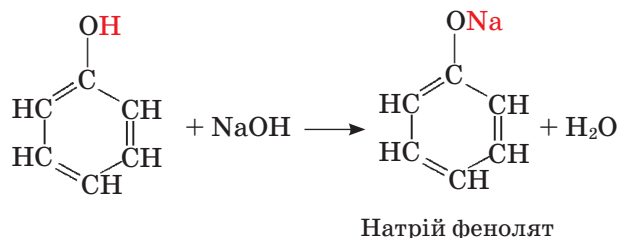
Реакції заміщення. Спершу розглянемо реакції фенолу за *гідроксильною групою*.

● 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 натрій фенолят у результаті реакції заміщення гідроксильного Гідрогену на Натрій:



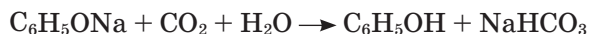
Етанол не реагує з розчином лугу, а фенол вступає в цю реакцію, утворюючи фенолят:



Отже, завдяки впливу бензенового ядра у фенолі зв'язок О—Н послаблюється порівняно зі спиртом.

У даній 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 слабша за карбонатну. У цьому можна переконаватися на досліді.

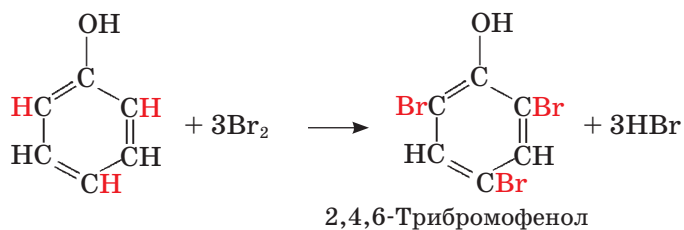
До водної емульсії фенолу добавлятимемо по краплинах розчин *лугу* — утвориться розчин феноляту. Крізь порцію феноляту в пробірці пропустимо вуглекислий газ — розчин знову каламутніє, бо виділяється вільний фенол:



Отже, фенол — слабка кислота, ніж карбонатна, оскільки остання витісняє його 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 бромної води, то відбудеться реакція заміщення (бромовання) з утворенням білого осаду трибромфенолу:



У реакціях фенолу виявляється взаємний вплив 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 атомів Гідрогену ядра, і фенол реагує з бромною водою.

ЗАСТОСУВАННЯ ФЕНОЛУ. Фенол було 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, що їх було виявлено ще в другій половині XIX ст. Вони зумовлюють використання його розчину (5 % -го) для

знезаражування приміщень, хірургічних інструментів, його добавляють до деяких сортів мила, ним протравлюють деревину, щоб запобігти гниттю.

Разом з тим це токсична речовина, що може спричинити опіки шкіри. Оскільки фенол є продуктом коксохімічної промисловості, то вкупі з іншими промисловими викидами він потрапляє в стічні води, тим самим забруднюючи навколишнє середовище. Щоб запобігти цьому, фенол окиснюють до нешкідливих речовин або видаляють за допомогою розчинників.

Висновки

- У молекулі фенолу функціональна гідроксильна група сполучена безпосередньо з бензеновим ядром.
- Фенол розчиняється у воді завдяки утворенню водневих зв'язків.
- Фенол вступає в реакції за гідроксильною групою і бензеновим ядром.
- Гідроксильна група так впливає на бензенове ядро, що зростає його активність у реакціях заміщення атомів Гідрогену бензенового ядра.
- Під впливом бензенового ядра послаблюється зв'язок О—Н у гідроксильній групі, і фенол виявляє кислотні властивості.
- Основне промислове джерело фенолу — кам'яновугільна смола.
- Фенол — антисептик, але він отруйний для людини.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. У чому полягає відмінність хімічної будови ароматичних спиртів і фенолів?
2. Поясніть розчинність фенолу у воді.
3. Які реакції доводять, що фенол має кислотні властивості?
4. У чому полягає вплив гідроксильної групи на бензенове ядро (порівняйте з бензеном)?
5. Поясніть вплив бензенового ядра на гідроксильну групу (порівняйте з метанолом).

Додаткові завдання

1. Схарактеризуйте подібні хімічні властивості фенолу й одноатомних спиртів. До якого типу реакцій належить реакція фенолу з лугом?
2. У трьох пробірках містяться етанол, гліцерол, розчин фенолу. Як розрізнити вміст пробірок за фізичними властивостями цих сполук?
3. До розчину натрій феноляту обережно по краплинах добавляють розчин сульфатної кислоти. Розчин каламутніє. Чому? Складіть рівняння реакції.
4. Обчисліть масу трибромфенолу, що утвориться в результаті бромовання фенолу масою 235 г, в якому масова частка домішок становить 20 %.
5. Розчином фенолу обробляють залізничні шпали завдяки його
 - А кислотним властивостям
 - Б характерному запаху
 - В антисептичним властивостям
 - Г здатності окиснюватися на повітрі
6. Користуючись додатковою літературою, підготуйте стисле повідомлення про вплив фенолу на довкілля.

АЛЬДЕГІДИ І КАРБОНОВІ КИСЛОТИ

Наприкінці вивчення теми ви зможете:

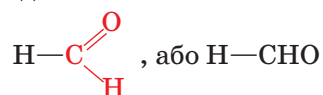
- назвати альдегіди і карбонові кислоти за правилами номенклатури;
- скласти формули структурних ізомерів;
- описати фізичні властивості сполук, багатоманітність карбонових кислот;
- пояснити реакційну здатність альдегідів і карбонових кислот;
- записати рівняння реакцій окиснення, відновлення, нейтралізації, естерифікації, дегідратації, гідратації етину за методом Кучерова;
- пояснити методи добування сполук;
- розповісти про їхнє застосування;
- засвоїти терміни: *альдегід, карбонільна група, альдегідна група, димер.*

§ 14. АЛЬДЕГІДИ

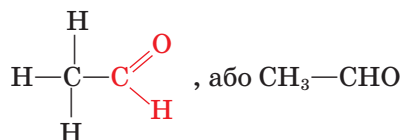
СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ. До класу альдегідів належать речовини, в молекулах яких функціональна *альдегідна група* $\text{—C}\begin{matrix} \text{//} \\ \text{O} \\ \text{—} \\ \text{H} \end{matrix}$ сполучена з вуглеводневим залишком (у найпростішого альдегіду — з атомом Гідрогену).

Загальна формула альдегідів — $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{CHO}$, або R—CHO .

Порівняно зі спиртами у складі молекул альдегідів є на два атоми Гідрогену менше. Це відбивається в 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:



ІЗОМЕРІЯ, НОМЕНКЛАТУРА. Альдегідам властива *структурна ізомерія* карбонового скелета.

- Складіть кілька формул структурних ізомерів альдегідів, наведених у табл. 8.

Систематичні **назви** альдегідів утворюють *від назв алканів з відповідним числом атомів Карбону додаванням суфікса -аль*.

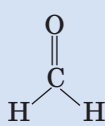
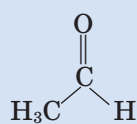
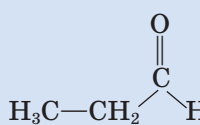
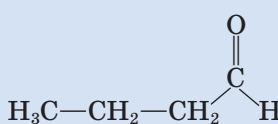


Мал. 26. Масштабна модель молекули етаналу

Формули і назви деяких інших альдегідів наведено в табл. 8, модель молекули етаналю — на мал. 26.

Таблиця 8

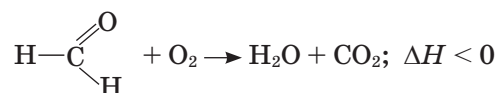
Характеристики альдегідів

Назва		Структурна формула	Температура кипіння, °С
систематична	тривіальна		
Метаналь	Мурашиний альдегід (формальдегід)		-21
Етаналь	Оцтовий альдегід (ацетальдегід)		21
Пропаналь	Пропіоновий альдегід		49
Бутаналь	Масляний альдегід		79

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Альдегіди — леткі рідини (метаналь — газ). Переважна більшість їх мають характерний запах. Температури кипіння цих сполук нижчі порівняно зі спиртами, що засвідчує відсутність міжмолекулярних водневих зв'язків.

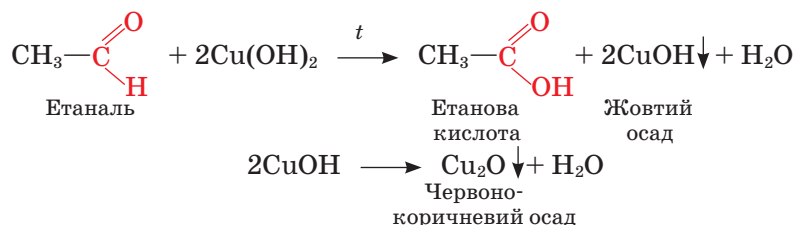
Нижчі альдегіди, в яких переважає полярна частина над неполярною (вуглеводневою групою), добре розчинні у воді, інші — розчиняються в органічних розчинниках.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Реакції повного й часткового окиснення. Альдегіди легко вступають у реакції окиснення. Повне окиснення (горіння) відбувається за схемою:



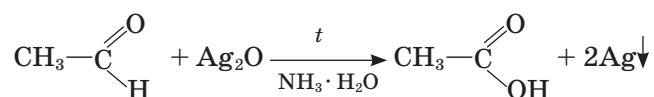
Часткове окиснення альдегіду можна провести за допомогою купрум(II) гідроксиду.

У пробірці добудемо купрум(II) гідроксид, додавши до кількох краплин розчину купрум(II) сульфату розчин натрій гідроксиду. До осаду, що утворився, добавимо 1 мл розчину етаналю, суміш нагріємо. У пробірці утворюється жовтий осад купрум(I) гідроксиду, що відразу розкладається на купрум(I) оксид червоного кольору і воду:



Окиснити альдегід можна й іншим реактивом — амоніаковим розчином аргентум(I) оксиду.

У ретельно вимиту пробірку наллємо 1 мл амоніакового розчину аргентум(I) оксиду й обережно добавимо кілька краплин розчину етаналю. Нагріємо пробірку в стакані з гарячою водою. На стінках посудини осідає металічне срібло (мал. 27). Цю реакцію називають реакцією «срібного дзеркала»:

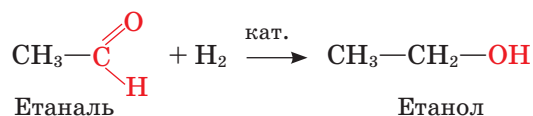


Проведені реакції *характерні* для альдегідів і використовують з метою їх аналітичного визначення.

Реакції приєднання. Оскільки альдегідна група містить подвійний зв'язок, то можна припустити, що альдегіди вступатимуть у реакцію приєднання за місцем цього зв'язку.

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

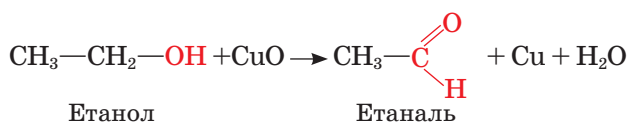
Приєднуючи водень, етаналь перетворюється на етанол:



Отже, альдегіди відновлюються до спиртів. Крім того, спирт можна окиснити до альдегіду.

Мідний дріт розжаримо в полум'ї спиртівки. Коли він вкриється мідною окалиною (CuO), опустимо його в пробірку з етанолом. Відчувається характерний запах етаналю.

Зверніть увагу на колір мідного дроту — окалина відновилася до металічної міді:



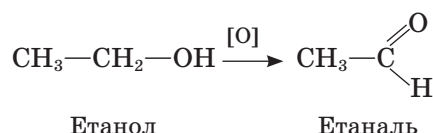
- Доповніть свої записи в темі «Спирти» інформацією про властивість спиртів окиснюватися до альдегідів, запишіть відповідне рівняння реакції.



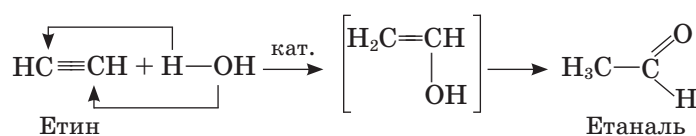
Мал. 27. У результаті реакції «срібного дзеркала» на стінках колби утворюється осад срібла

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

ДОБУВАННЯ. Загальний метод добування альдегідів — окиснення первинних спиртів. Етаналь утворюється в результаті окиснення етанолу:



Етаналь добувають також *гідратацією етину* за наявності каталізатора — суміші сульфатної кислоти й меркурій(II) сульфату. Цю реакцію відкрив російський учений М. Г. Кучеров у 1881 р.:

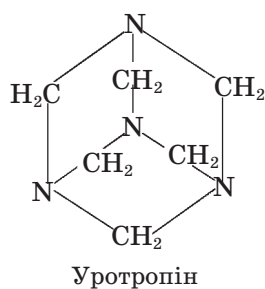


Реакція відбувається через утворення проміжного продукту — вінілового спирту. Проте сполука з гідроксигрупою біля атома, сполученого подвійним зв'язком, є нестійкою, через те відбувається її ізомеризація в альдегід.

ЗАСТОСУВАННЯ. Водний розчин метанолу (формальдегіду, 36—37 % -й) з домішкою метанолу називають *формаліном* і застосовують як дезінфікуючий засіб і консервант анатомічних препаратів.

Формальдегід є також сировиною для виробництва фенолоформальдегідних пластмас.

З формальдегіду добувають *уротропін* (гексаметилентетрамін), який використовують у виробництві пластмас, вибухівки та як лікарський засіб:



Ця сполука відома як харчова добавка (консервант Е 239), однак її використання в Україні заборонено.

Етаналь (оцтовий альдегід) використовують для добування етанової (оцтової) кислоти. У невеликих кількостях етаналь утворюється в процесі обміну речовин в організмі людини, зокрема в результаті метаболізму алкоголю. Надлишок етанолу дуже шкідливий і спричиняє неприємні відчуття, це використовують для лікування від алкоголізму.

Висновки

- Альдегіди містять функціональну альдегідну групу —CHO.
- Загальна формула насичених альдегідів — $C_nH_{2n+1}CHO$.
- Наявність полярної альдегідної групи і подвійного зв'язку визначає хімічну активність альдегідів.
- Альдегіди легко окиснюються до карбонових кислот, відновлюються до первинних спиртів.
- Реакції з купрум(II) гідроксидом та амоніаковим розчином аргентум(I) оксиду використовують для аналітичного визначення альдегідів.
- Загальний спосіб добування альдегідів — окиснення спиртів. Етаналь добувають також гідратацією етину.
- Формальдегід є сировиною для виробництва пластмас; оцтовий альдегід — сировиною для виробництва оцтової кислоти.

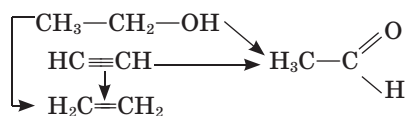


ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Яку функціональну групу називають альдегідною?
2. Чим зумовлена хімічна активність альдегідів?
3. Наведіть рівняння реакцій приєднання за місцем подвійного зв'язку в альдегідній групі.
4. До яких сполук відбувається повне й часткове окиснення альдегідів? Складіть рівняння реакцій.
5. Сума коефіцієнтів у рівнянні повного окиснення пропаналю становить
А 9 Б 10 В 11 Г 12
6. Які реакції використовують для розпізнавання альдегідів?
7. Що таке реакція Кучерова? Як вона відбувається?

Додаткові завдання

1. Чому в назвах альдегідів не зазначають місце функціональної групи?
2. Поясніть, чому різняться між собою температури кипіння сполук, що мають близькі відносні молекулярні маси:
 пентан — 36 °С, бутаналь — 79 °С, бутан-1-ол — 117,4 °С.
3. Складіть рівняння реакцій за схемою:



4. Як хімічним способом розрізнити гліцерол і етаналь?
5. Як хімічним способом розпізнати етаналь?
6. Складіть рівняння реакцій за схемою перетворень:
 Етаналь → А → Етен → Етанол.
7. За реакцією Кучерова добули етаналь масою 44 г, використавши 28 л етину (н. у.). Визначте вміст домішок в етині за об'ємом (у відсотках).
8. Якого об'єму метаналь (це газ за н. у.) треба розчинити у воді, щоб виготовити 200 г 40 %-го розчину?

§ 15. НАСИЧЕНІ ОДНООСНОВНІ КАРБОНОВІ КИСЛОТИ

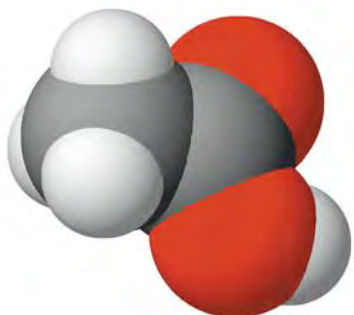
СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ. Вам відомо, що до карбонових кислот належать сполуки, в молекулах яких вуглеводнева група сполучена з

функціональною (характеристичною) карбоксильною групою $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$

Пригадайте, що її назва походить від назв двох груп, з яких вона склада-

ється: карбонільної $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \backslash \end{array}$ та гідроксильної —OH .

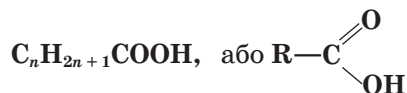
Залежно від кількості карбоксильних груп у молекулі розрізняють одно-, дво-, багатоосновні карбонові кислоти; залежно від будови вуглеводневого ланцюга — насичені, ненасичені, ароматичні кислоти.



Мал. 28. Масштабна модель молекули етанової кислоти

Розглянемо насичені одноосновні карбонові кислоти (їхні характеристики наведено в таблиці 9, масштабну модель молекули етанової кислоти — на мал. 28).

Загальна формула цих сполук:

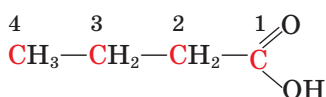


У найпростішій карбонівій кислоті — метановій (мурашиній) карбоксильна група сполучена з атомом Гідрогену (табл. 9).

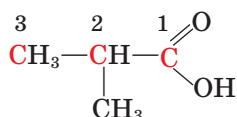
НОМЕНКЛАТУРА, ІЗОМЕРІЯ. Тривіальні назви карбонових кислот часто відбивають їхнє походження, а за систематичною номенклатурою назви утворюють від назв вуглеводнів додаванням суфікса *-ов-*, закінчення *-а* та слова *кислота*.

● Пригадайте з курсу хімії 9 класу, де в природі, побуті трапляються карбонові кислоти.

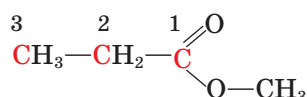
Карбонічним кислотам властива структурна ізомерія вуглеводневого ланцюга та між класами сполук карбонові кислоти — естери:



Бутанова кислота



2-Метилпропанова кислота



Метилпропанат (естер)

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Перші три кислоти в гомологічному ряду за стандартних умов — рідини з різким кислим запахом, добре розчинні у воді; наступні шість — оліїсті рідини з неприємним запахом; починаючи з кислоти з десятьма атомами Карбону в молекулі, — тверді речовини (табл. 9, мал. 29). Розчинність карбонових кислот у воді зменшується зі зростанням відносної молекулярної маси, вищі карбонові кислоти нерозчинні у воді.

Таблиця 9

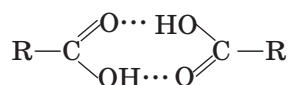
Характеристики насичених одноосновних карбонових кислот

Назва		Структурна формула	Температура, °C	
систематична	тривіальна		плав-лення	кипін-ня
Метанова	Мурашина (форміатна)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	8	101
Етанова	Оцтова	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	17	118
Пропанова	Пропіонова	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	-21	141
Бутанова	Масляна	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	-5—8	164
Пентанова	Валеріанова	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_3-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	-35	185
Гексанова	Капронова	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	3—4	205
Гептанова	Енантова	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_5-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	7—10	223
Гексадеканова	Пальмітинова	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{14}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	62—64	215
Октадеканова	Стеаринова	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{16}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	69—70	232



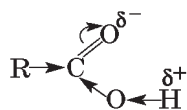
Мал. 29. Чиста («льодяна») етанова кислота замерзає за температури 16,7 °С

Порівнюючи температури кипіння карбонових кислот і близьких за відносними молекулярними масами спиртів, можна виявити, що кислоти киплять за значно вищих температур, отже, вони ще більше асоційовані, ніж спирти. Справді, водневі зв'язки між молекулами карбонових кислот устанавлюються за двома центрами, в результаті чого утворюються димери:



На розривання таких зв'язків і руйнування асоціатів треба затратити додаткову енергію, що спричиняє підвищення температур кипіння цих сполук.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Електролітична дисоціація. Хімічні властивості карбонових кислот визначаються наявністю функціональної карбоксильної групи, в якій електронна густина хімічного зв'язку C=O зміщується до атома Оксигену, внаслідок чого зв'язок O—H поляризується і атом Гідрогену набуває здатності відщеплюватися:



Це зумовлює кислотні властивості карбонових кислот. Їхні розчини мають кислий смак, змінюють забарвлення індикаторів, що засвідчує перебіг електролітичної дисоціації.

У дві пробірки наллємо розчин етанової кислоти об'ємом 1—2 мл. В одну з них добавимо кілька краплин розчину лакмусу, в іншу — розчин метилового оранжевого. Спостерігаємо зміну забарвлення індикаторів.

Карбонові кислоти (крім метанової) — слабкі електроліти, мають низькі ступені дисоціації (див. табл. 9). Через те в рівняннях йонних реакцій формули карбонових кислот записують у молекулярній формі.

Реакції повного й часткового окиснення. Як вам уже відомо, карбонові кислоти можуть утворюватися в результаті окиснення вуглеводнів, спиртів, альдегідів, проте самі вони (за винятком метанової) **стійкі проти окисників**.

Реакції з металами, основними оксидами й основами, солями. Карбонові кислоти подібно до неорганічних взаємодіють з активними *металами, основними оксидами й основами, солями* слабших кислот з утворенням сполук з йонним зв'язком — солей.

Пригадайте деякі досліди з етановою кислотою, що ви їх виконували в 9 класі.

У пробірку з розчином етанової кислоти добавляли порошок магнію або вміщували в неї стружку магнію. Спостерігали виділення газу.

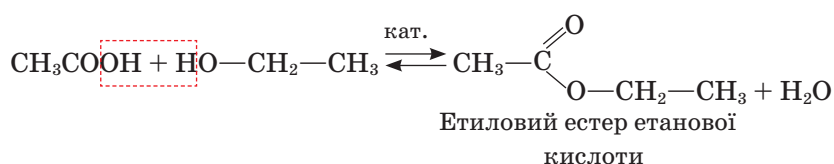
- Складіть рівняння реакції.

У пробірку з розчином натрій гідроксиду об'ємом 1—2 мл добавляли кілька краплин фенолфталеїну. До забарвленого розчину по краплинах добавляли розчин етанової кислоти до знебарвлення вмісту пробірки.

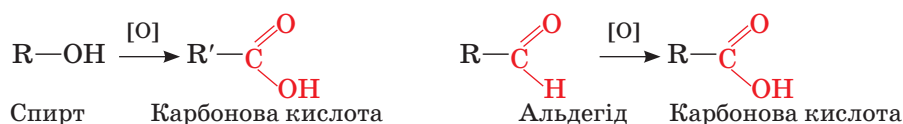
- Що засвідчує цей дослід? Складіть рівняння реакції.
- З побуту вам відома взаємодія питної соди з оцтом. Поясніть реакцію, що відбувається. Складіть рівняння реакції.

Реакція естерифікації. Карбонові кислоти реагують зі спиртами. За нагрівання та наявності каталізатора (сульфатної кислоти) відбувається реакція *естерифікації*.

До суміші етанолу із сульфатною кислотою добавимо етанової кислоти і суміш нагріємо. Пошириться приємний запах, що засвідчує утворення речовини, яка належить до класу естерів:



ДОБУВАННЯ. Загальний спосіб добування карбонових кислот — окиснення *первинних спиртів* та *альдегідів* такими окисниками, як калій перманганат, калій дихромат, нітратна кислота:



- Складіть рівняння реакцій із конкретними речовинами.

З курсу хімії 9 класу вам відомо, що карбонові кислоти дуже поширені в природі, вони містяться у фруктах, овочах, молочнокислих продуктах, їх використовують як харчові добавки.



Лабораторний дослід 1

Виявлення карбонових кислот у харчових продуктах

Підготуйте для випробування такі продукти в невеликій кількості: оцет, майонез, свіже молоко, кефір, соки з цитрини й стиглого яблука, свіжу й квашену капусту.

Використовуючи індикатори, перевірте ці продукти на вміст кислот. Зробіть висновки.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які сполуки належать до класу карбонових кислот?
2. Складіть формули ізомерів масляної кислоти.
3. Поясніть утворення водневих зв'язків між молекулами карбонових кислот.
4. Натрієву сіль трихлороетанової кислоти CCl_3COONa використовують як гербіцид. Складіть формулу цієї сполуки.
5. У яких реакціях карбонові кислоти поведуться подібно до неорганічних? Складіть рівняння реакцій.
6. Етанова кислота витискує карбонатну кислоту з її солей. Про що це свідчить? Складіть рівняння реакції.

Додаткові завдання

1. Поясніть відношення карбонових кислот до окисників і відновників. Складіть рівняння реакцій.
2. Карбонові кислоти можна добути
 - А гідруванням етену
 - Б окисненням естерів
 - В дегідратацією спиртів
 - Г окисненням альдегідів
3. Складіть рівняння за схемою таких хімічних перетворень:
Етанол \rightarrow Етаналь \rightarrow Етанова кислота \rightarrow Цинк етаноат.
4. Обчисліть об'єм вуглекислого газу (н. у), що утвориться внаслідок взаємодії оцтової кислоти з вапняком масою 30 г, в якому масова частка домішок становить 10 %.

Висновки

- Молекули карбонових кислот містять вуглеводневий залишок і функціональну карбоксильну групу.
- Загальна формула насичених одноосновних карбонових кислот — $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$. Одноосновні карбонові кислоти ізомерні естерам.
- Карбонові кислоти утворюють асоціати (димери) внаслідок установаження водневих зв'язків.
- Карбоксильна група полярна, через це полегшується відщеплення Гідрогену гідроксильної групи, тобто сполука набуває кислотних властивостей.
- Карбонові кислоти належать до слабких кислот (метанова — середньої сили).
- Карбонові кислоти взаємодіють з металами, основами, основними оксидами, солями, спиртами, змінюють забарвлення індикаторів.
- Одноосновні карбонові кислоти добувають окисненням альдегідів, спиртів.

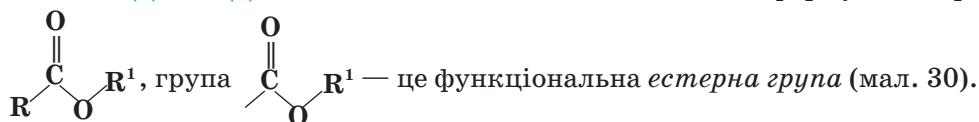
ЕСТЕРИ

Наприкінці вивчення теми ви зможете:

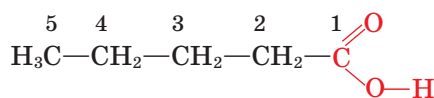
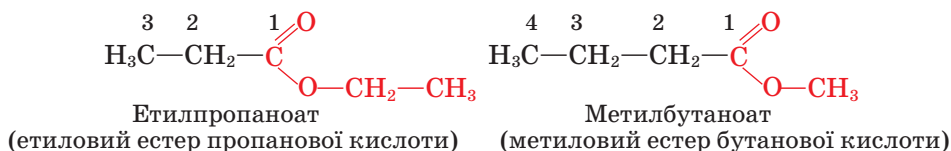
- назвати естери за правилами номенклатури;
- скласти формули естерів, жирів;
- описати фізичні властивості сполук;
- записати рівняння реакцій естерифікації та гідролізу естерів, омилення й гідрування жирів;
- пояснити роль жирів у харчуванні людини;
- розповісти про застосування сполук;
- порівняти мило і синтетичні мийні засоби;
- засвоїти терміни: *реакції естерифікації, омилення, синтетичні мийні засоби, детергенти.*

§ 16. ЕСТЕРИ. ЖИРИ

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ ЕСТЕРІВ. Загальна формула естерів



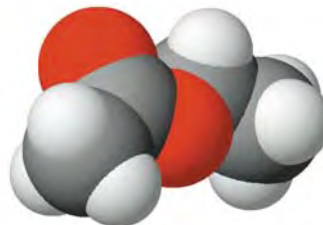
Естерам властиві *структурна ізомерія* карбонового скелета й ізомерія між класами сполук *естери — карбонові кислоти*. Наприклад:



Пентанова кислота

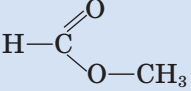
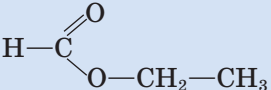
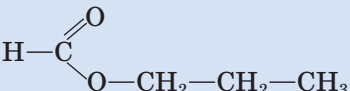
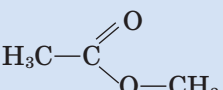
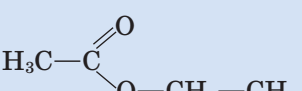
Назви естерів за систематичною номенклатурою *утворюють від назви карбонового ланцюга, що містить естерну групу (нумерація — від естерної групи), додаванням назви алкільної групи (префікс) та суфікса -оат*. Інакше кажучи, префікс походить від назви спирту, а корінь — від назви карбонової кислоти, з яких утворився естер.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Естери — переважно рідини, безбарвні, мають приємний запах, як правило, малорозчинні у воді. Порівняно з карбоновими кислотами близьких відносних молекулярних мас естери киплять за значно нижчих температур. Це засвідчує відсутність у них міжмолекулярних водневих зв'язків. Характеристики деяких естерів наведено в табл. 10.



Мал. 30. Масштабна модель молекули етилетаноату

Характеристики естерів

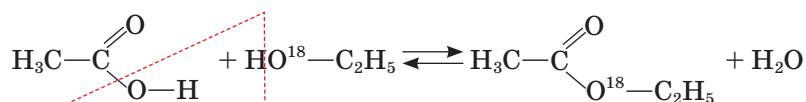
Назва		Структурна формула	Температура, °C	
систематична	тривіальна		плавлення	кипіння
Метилметаноат	Метилловий естер мурашиної кислоти		-99	31
Етилметаноат	Етиловий естер мурашиної кислоти		-80	54
Пропілметаноат	Пропіловий естер мурашиної кислоти		-93	81
Метилетаноат	Метилловий естер оцтової кислоти		-98	57
Етилетаноат	Етиловий естер оцтової кислоти		-84	77

Запах фруктів, квітів зумовлюється переважно естерами (мал. 31). Деякі рослини, наприклад ясенєць, виділяють таку велику кількість естерів, що навколо рослини утворюється естерна хмаринка. Оскільки естери — легкозаймісті речовини, то якщо піднести полум'я до цієї хмаринки, вона швидко займеться й згорить, не встигнувши підпалити саму рослину. Подібне явище описане в біблійній оповіді про неопалиму купину — кущ, який горить і не згорає.

РЕАКЦІЯ ЕСТЕРИФІКАЦІЇ. Реакцію між карбоною кислотою і спиртом, унаслідок якої утворюється естер, називають **реакцією естерифікації**. Експериментально, за допомогою методу мічених атомів, доведено, що від молекули карбонової кислоти відщеплюється гідроксильна група, а від молекули спирту — атом Гідрогену, внаслідок 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:



Мал. 31. Естери належать до речовин, що зумовлюють запах фруктів

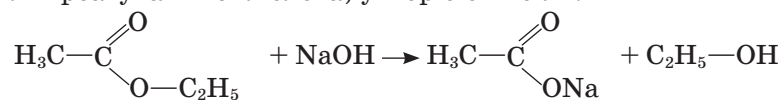


Ця реакція оборотна: одночасно з естерифікацією відбувається взаємодія естеру з водою, або **гідроліз** (розклад водою) естеру на спирт і кислоту. Після встановлення рівноваги в суміші містяться кислота, спирт, естер і вода.

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

Оборотність реакції становить певну незручність для добування естерів. З метою збільшення виходу продукту реакції треба змістити її рівновагу в потрібному напрямку. Для цього можна збільшувати концентрацію однієї з вихідних речовин. Можна також видаляти із зони реакції один із продуктів, тим самим стимулюючи його утворення. Для відокремлення 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:



Спирт можна відокремити перегонкою, а кислоту добути із солі дією сильнішої кислоти, що витісняє етанову з її солей:

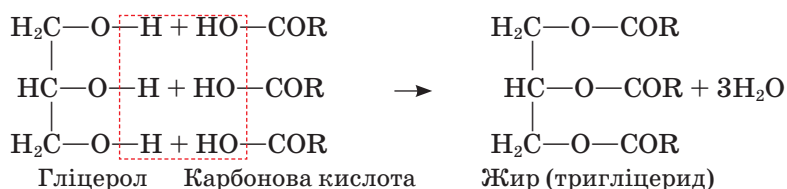


На цьому прикладі ви переконалися, що на основі теоретичних знань можна скерувати синтез і добути потрібну речовину.

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ ЖИРІВ. Вам відомо, що серед естерів найбільше значення мають жири, що утворені трьохатомним спир-

том гліцеролом і вищими карбоновими кислотами — стеариною, пальмітиною, олеїною та іншими.

У загальному вигляді реакція естерифікації з утворенням жиру записується так:



Кулестержнева модель молекули тристеарину наведено на мал. 32.

У першій чверті XIX ст. французький учений М. Шеврель установив хімічний склад жирів, а перший синтез жироподібної речовини здійснив його співвітчизник М. Бертло (1854 р.), нагріваючи гліцерол зі стеариною кислотою.

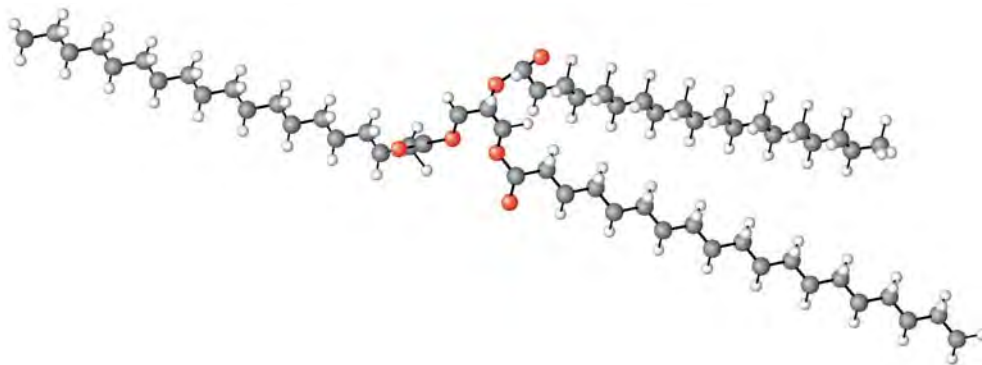
Властивості жирів залежать від складу і будови карбонових ланцюгів тригліцеридів. Нижче наведено температури плавлення деяких жирів:

Вуглеводнева група	Жир	$t_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$
—C ₁₅ H ₃₁	Трипальмітин	72
—C ₁₇ H ₃₅	Тристеарин	65
—C ₁₇ H ₃₃	Триолеїн	-4

- Пригадайте з курсу хімії 9 класу формули пальмітинової, стеаринової, олеїнової кислот. Яка з них ненасичена, тобто містить подвійний зв'язок у вуглеводневій групі?
- Поясніть, як залежить агрегатний стан жиру від характеру (насиченості чи ненасиченості) карбонового ланцюга.
- Пригадайте з вивченого в 9 класі, що таке олії.

Більшість натуральних жирів складаються із суміші гліцеридів, тому не мають точки плавлення, а плавляться в певному інтервалі температур, тобто поступово розм'якшуються під дією нагрівання.

Цікаво, що до складу молекул жиру морських тварин входять за-



Мал. 32. Кулестержнева модель молекули тристеарину

лишки ненасичених карбонових кислот. До складу вершкового масла входять змішані естери насичених і ненасичених кислот (мал. 33).

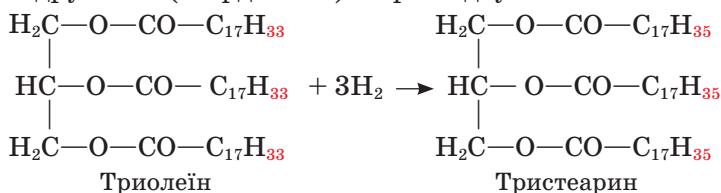
ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЖИРІВ.

Реакції окиснення. На повітрі, під дією теплоти і світла жири окиснюються до жирних кислот, альдегідів, інших сполук, що й зумовлюють появу неприємних запаху і смаку.

Реакція гідрування. У молекулах рідких жирів за місцем подвійних карбон-карбонових зв'язків можлива реакція приєднання Гідрогену. У результаті цієї реакції ненасичена сполука перетворюється на насичену, а рідкий жир — на твердий.

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

Гідрування (тверднення) жирів відбувається за такою схемою:



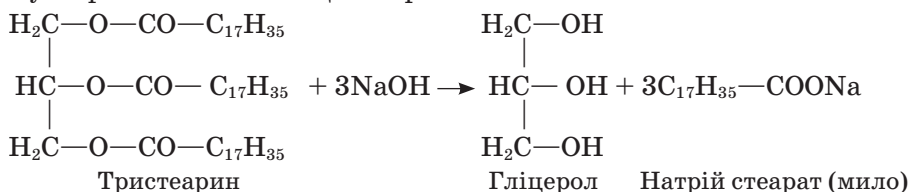
На цьому процесі ґрунтується виробництво маргарину (від грец. *маргароу* — перлина).

- Підготуйте повідомлення про виробництво маргарину.

Реакція гідролізу. Жири як естери зазнають гідролізу, в результаті утворюються гліцерол і карбонові кислоти.

- Складіть рівняння гідролізу жиру (у загальному вигляді).

Практичне значення має гідроліз жиру в присутності лугу, внаслідок чого утворюються солі вищих карбонових кислот — *мила*:



Оскільки лужним гідролізом жиру добувають *мило*, цю реакцію називають **омиленням жиру**.

Натрієві солі вищих карбонових кислот — основний складник твердого мила, солі Калію — рідкого мила.

Для добування мила з жиру в промисловості замість лугу використовують соду Na_2CO_3 . Мило, добуте безпосередньо внаслідок реакції жиру із содою, називають *ядровим*, воно відоме як господарське.



Мал. 33. Ці продукти містять жири



Мал. 34. Так виготовляли мило в 1600 р.



Мал. 35. Фасування мила

Туалетне мило відрізняється від господарського наявністю добавок: барвників, ароматизаторів, антисептиків тощо.

Процес виготовлення мила відомий людям здавна (мал. 34, 35). Миловаріння полягало в нагріванні тваринного жиру (сала) з поташем (K_2CO_3), що його вимивали з рослинного попелу. Повторити цей стародавній процес ви зможете в лабораторії, спостерігаючи демонстраційний дослід.

Висновки

- Естери утворюються в результаті реакції між карбоновими кислотами і спиртами (реакція естерифікації).
- Реакція естерифікації оборотна, одночасно з нею відбувається гідроліз естеру. Естери широко використовують у харчовій та парфумерній промисловості.
- Жири — це естери гліцеролу й вищих карбонових кислот.
- Тверді жири утворюються насиченими карбоновими кислотами, рідкі — ненасиченими.
- Жири вступають у реакції окиснення, гідрування, гідролізу.
- У результаті омилення жирів утворюється мило.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Яка реакція називається реакцією естерифікації?
2. За яких умов можна змістити рівновагу реакції естерифікації у бік утворення: естеру; кислоти і спирту?
3. Поясніть хімічну будову жирів.
4. Чим різняться за складом рідкі й тверді жири?
5. Які речовини утворюються внаслідок окиснення жирів?
6. Яку хімічну реакцію покладено в основу виготовлення маргарину?
7. Що таке «омилення жиру»?

Додаткове завдання

Як хімічним способом добути етилетаноат, виходячи з етену? Складіть рівняння послідовних реакцій.

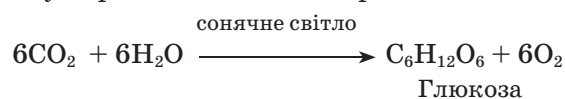
ВУГЛЕВОДИ

Наприкінці вивчення теми ви зможете:

- класифікувати вуглеводи;
- скласти формули найважливіших вуглеводів;
- порівняти хімічну будову крохмалю й целюлози;
- описати фізичні властивості сполук;
- записати рівняння реакцій окиснення, відновлення, бродіння, естерифікації, гідолізу вуглеводів;
- розповісти про застосування сполук;
- засвоїти терміни: *моно-, ди-, полісахариди, штучний шовк.*

Вуглеводи — найпоширеніший клас природних органічних сполук і важливий компонент організмів, джерело їхньої енергії та будівельний матеріал. Ви вже знаєте про походження назви *вуглеводи*, хімічний склад і деякі властивості *глюкози, сахарози, крохмалю, целюлози*. Тепер розглянемо ці сполуки докладніше.

Передусім пригадайте, як у природі утворюється глюкоза. Процес фотосинтезу відбувається в рослинних клітинах під дією сонячної енергії та за участі зеленого пігменту хлорофілу, що вбирає цю енергію. Загалом процес фотосинтезу виражають хімічним рівнянням:



У рослинах із глюкози утворюються сахароза, крохмаль, целюлоза.

КЛАСИФІКАЦІЯ ВУГЛЕВОДІВ. Залежно від складу вуглеводи поділяють на такі групи:

моносахариди, або прості вуглеводи (до них належать глюкоза, фруктоза, рибоза);

олігосахариди можна розглядати як продукти сполучення кількох молекул моносахаридів. Найважливішими з них є *дисахариди* (сахароза, лактоза);

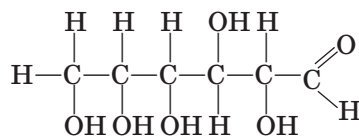
полісахариди — полімерні сполуки, продукти конденсації великої кількості молекул моносахаридів.

Належність сполук до класу вуглеводів підкреслюється в їхній назві закінченням -оза.

§ 17. ГЛЮКОЗА

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛИ. Молекулярна формула глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

У молекулі глюкози містяться п'ять гідроксильних груп і одна альдегідна група:



У рівняннях хімічних реакцій глюкозу прийнято зображувати у спрощеному вигляді: $\text{HOCH}_2\text{—}(\text{CHOH})_4\text{—CHO}$.

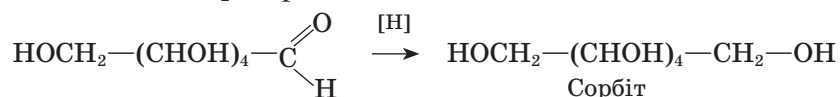
ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Глюкоза — безбарвна кристалічна речовина, добре розчинна у воді, солодка на смак (пригадайте походження терміна *глюкоза*). У вільному стані міститься в багатьох фруктах, зокрема у винограді (звідси походить інша назва глюкози — *виноградний цукор*), у меду, є вона й у корінні, листках і квітах рослин, у крові людини і тварин (близько 0,1 %).

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Внаслідок **повного окиснення** глюкози сильними окисниками вона перетворюється на вуглекислий газ і воду.



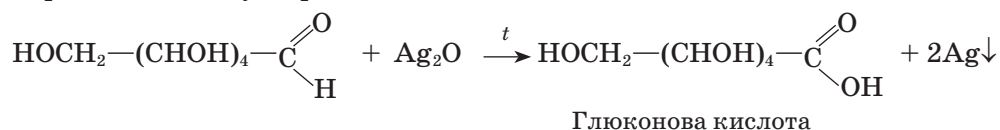
Оскільки молекула глюкози містить функціональні альдегідну й гідроксильні групи, можна припустити, що ця речовина вступатиме в реакції, характерні для альдегідів і багатоатомних спиртів.

Унаслідок **відновлення** альдегідної групи до спиртової утворюється шестиатомний спирт *сорбіт*:



Ця сполука є заміником цукру в дієті хворих на діабет.

Як альдегід глюкоза реагує з амоніаковим розчином аргентум(I) оксиду (реакція «срібного дзеркала») — альдегідна група **окиснюється** до карбоксильної й утворюється *глюконова кислота*:



Як альдегід глюкоза окиснюється й у результаті нагрівання з купрум(II) гідроксидом.

● Складіть рівняння цієї реакції за аналогією з альдегідами.

З купрум(II) гідроксидом глюкоза реагує як **багатоатомний спирт**.



Лабораторний дослід 2

Окиснення глюкози купрум(II) гідроксидом

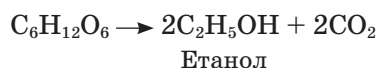
У пробірку з кількома краплями розчину купрум(II) сульфату додайте 1 мл розчину натрій гідроксиду. Спостерігайте утворення осаду купрум(II) гідроксиду. До осаду додайте розчин глюкози і суміш збовтайте. Спостерігайте утворення прозорого розчину сполуки синього кольору.

Нагрійте суміш. Що спостерігаєте?

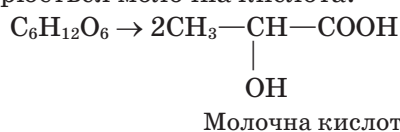
Отже, залежно від умов реакції за допомогою купрум(II) гідроксиду можна виявити і спиртові, й альдегідні групи в молекулі глюкози.

Важливою реакцією глюкози є реакція **бродиння**. Під дією ферментів (ензимів), що їх виробляють мікроорганізми, молекули глюкози роз-

щеплюються. Зокрема, під дією ферментів дріжджів і без доступу повітря глюкоза перетворюється на етиловий спирт — відбувається *спиртове бродіння*:



Процеси бродіння дуже поширені у природі; залежно від кінцевого продукту є бродіння спиртове, оцтовокисле, молочнокисле та інші види. *Оцтовокисле бродіння* має місце під час скисання вина — утворюється оцтова кислота. Скисання молока, квашення капусти, силосування зелених кормів для худоби — все це приклади *молочнокислого бродіння*, в результаті якого утворюється молочна кислота:



ДОБУВАННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ. Глюкозу добувають як продукт кислотного гідролізу полісахаридів, наприклад крохмалю.

- Складіть розповідь про застосування глюкози як поживної речовини, зокрема в медицині.

У природі поширений інший моносахарид — фруктоза, що є структурним ізомером глюкози. Як ізомери ці сполуки мають таку саму молекулярну формулу — $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ і різняться між собою хімічною будовою. Для фруктози ми її не розглядаємо.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Який зв'язок існує між назвою і смаком глюкози?
2. Яка функціональна група визначає властивість глюкози вступати в реакції окиснення й відновлення? Які продукти утворюються?
3. До яких сполук окиснюється й відновлюється глюкоза?
4. У чому полягає подібність глюкози і: гліцеролу; етанолу? Як довести цю подібність експериментально?
5. Під дією яких речовин відбувається реакція бродіння? Від чого залежить її напрямок?
6. Яке біологічне значення реакції повного окиснення глюкози?
7. У процесі спиртового бродіння глюкози масою 200 г утворився вуглекислий газ об'ємом 44,8 л. Визначте вміст домішок у глюкозі у відсотках.

§ 18. САХАРОЗА

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛИ. Молекулярна формула **сахарози** — $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Сахароза — *дисахарид*, у природі синтезується із глюкози й фруктози.

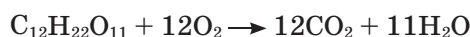
ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Пригадайте вивчене в 9 класі й самостійно схарактеризуйте фізичні властивості сахарози. У разі потреби скористайтеся довідником.



Микола Андрійович БУНГЕ
(1842—1915)

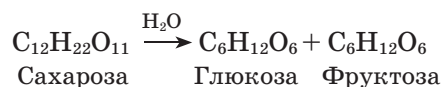
Український хімік. Закінчив Київський університет, був професором цього навчального закладу. Працював у галузі електрохімії та хімічної технології. Досліджував електроліз розчинів неорганічних і органічних сполук, удосконалив методику газового аналізу. Вивчав процес виробництва цукру із цукрових буряків та умови його перебігу. Зробив вагомий науковий внесок у розвиток вітчизняної цукрової промисловості.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Реакція повного окиснення. Сахароза окиснюється з утворенням вуглекислого газу і води:



Реакція гідролізу. Під дією неорганічних кислот сахароза гідролізує до глюкози і фруктози. Прокип'ятимо розчин сахарози з невеликою кількістю сульфатної кислоти, нейтралізуємо кислоту лугом і розчин нагріємо з купрум(II) гідроксидом. Утворюється червоний осад купрум(I) оксиду.

Ця реакція засвідчує наявність альдегідної групи, отже, можна припустити, що серед продуктів гідролізу є глюкоза:



Мал. 36. Цукровий буряк — джерело сахарози

Доведено, що середньорічне споживання людиною цукру становить близько 30 кг. Оскільки сахароза — цінний харчовий продукт, її добувають у великій кількості. Світове виробництво цукру перевищує 50 млн тонн на рік. Україна виробляє кілька мільйонів тонн цукру на рік із цукрового буряку (мал. 36, 37).

- Добування цукру полягає в його виділенні з природної сировини, очищенні й кристалізації продукту. Пригадайте з курсу хімії 9 класу основні стадії виробництва цукру. Складіть загальну схему виробництва.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

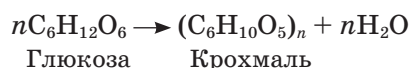
1. Чому сахароза належить до дисахаридів? Як вона утворюється?
2. Чи є в молекулі сахарози альдегідна група? Доведіть це.
3. Які продукти утворюються в результаті гідролізу сахарози?
4. Доведіть, що серед продуктів гідролізу сахарози є сполука з альдегідною групою.
5. Якщо у вашій місцевості вирощують чи переробляють цукрові буряки, розкажіть про це.
6. Цукристість втрачається під час тривалого зберігання коренеплодів. Як, на вашу думку, можна уникнути цього?



Мал. 37. У цехах цукрового заводу

§ 19. КРОХМАЛЬ

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛИ. Склад молекули крохмалю відповідає формулі $(C_6H_{10}O_5)_n$. Це природний полімер, полісахарид, що синтезується в рослинах з глюкози за такою сумарною реакцією:

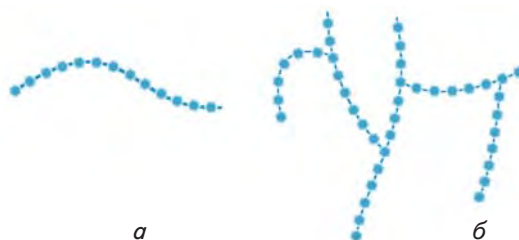
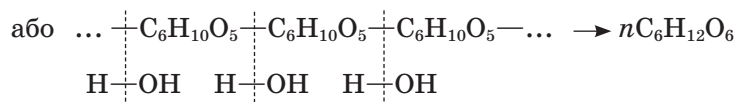
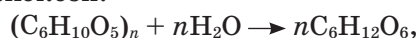


Мономерною ланкою цього полімеру є залишок глюкози.

Крохмаль — не однорідна речовина, а суміш полімерів двох типів: *амілози* (25 %) та *амілопектину* (75 %). Амілоза має лінійні молекули зі ступенем полімеризації $n = 200—1200$, а амілопектин — розгалужені ($n = 600—6\,000$) (мал. 38).

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Реакція гідролізу. Накопичений рослинами крохмаль розщеплюється під дією ферментів (ферментативний гідроліз) з утворенням глюкози, а в результаті окиснення останньої вивільняється енергія. Процес гідролізу можна відтворити в лабораторії, прокип'ятивши крохмаль із водою за наявності сульфатної кислоти.

До кожної мономерної ланки полімерного ланцюга крохмалю приєднується молекула води, полімерний ланцюг розривається й утворюються молекули глюкози:



Мал. 38. Будова полімерних ланцюгів амілози (а) й амілопектину (б)

Наведене рівняння — сумарне. Насправді гідроліз відбувається послідовно, з утворенням проміжних продуктів — *декстринів*, що мають меншу, ніж у крохмалю, молекулярну масу. Цей процес відбувається під час приготування їжі: варіння й смаження картоплі, випікання хліба тощо. Під час прасування накрохмаленої білизни крохмаль також частково гідролізує з утворенням декстринів. Декстрини легше, ніж крохмаль, засвоюються організмом. Суміш продуктів часткового гідролізу (декстринів і глюкози) називають *патокою*.

ДОБУВАННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ. Крохмаль виділяють механічним способом із крохмалевмісних продуктів (злаків, картоплі). Після подрібнення сировини її обробляють водою, відціджують і добувають суспензію відстоюють; далі продукт відокремлюють від води і висушують.

Проміжні продукти гідролізу крохмалю — суміш декстринів і глюкози (патоку) використовують у кондитерській промисловості для виготовлення цукерок, добавляють у тісто для печива.

Крохмаль є сировиною для виробництва етилового спирту. З цією метою крохмаль піддають гідролізу, в результаті утворюється глюкоза, яка далі внаслідок спиртового бродіння перетворюється на етанол.

- Складіть рівняння послідовних реакцій.

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



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть, як утворюється крохмаль у рослинах.
2. Поясніть, чому крохмаль належить до полісахаридів.
3. Чи можна стверджувати, що крохмаль — однорідна речовина? Чому?
4. За яких умов можливий гідроліз крохмалю?
5. Які сполуки утворюються в результаті гідролізу крохмалю?
6. Що таке декстрини?
7. Які процеси відбуваються під час приготування крохмалевмісної їжі?
8. Пригадайте з вивченого в 9 класі реакцію йоду з крохмалем. У чому її особливості?
9. Вдома випробуйте на наявність крохмалю: свіжі зрізи картоплини і зеленого яблука, варену ковбасу, плавлений сир, борошно, печиво, зубний порошок, косметичну пудру тощо. Зробіть висновки.
10. «Крохмаль є клітинним паливом організму людини». Поясніть це твердження.
11. На яких властивостях ґрунтується добування крохмалю з картоплі?

§ 20. ЦЕЛЮЛОЗА (КЛІТКОВИНА)

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ. Целюлоза, як і крохмаль, — природний полімер, побудований із ланок складу $\text{—C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5\text{—}$, такого самого, як у крохмалю. Загальна формула целюлози, як і крохмалю, $\text{—(C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5\text{)}_n\text{—}$, проте молекулярна маса целюлози набагато більша, ніж у крохмалю: n становить 10—14 тисяч.

Вам відома також інша назва целюлози — клітковина.

- Пригадайте або з'ясуйте за словником походження слова «целюлоза».
- Складіть розповідь про поширення целюлози у природі.

Молекули целюлози ниткоподібні, лінійні, вона має волокнисту структуру.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Реакція повного окиснення. Целюлоза горить з утворенням вуглекислого газу та води і виділенням енергії:



Під час спалювання деревини, хмизу, соломи тощо відбувається саме ця реакція.

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

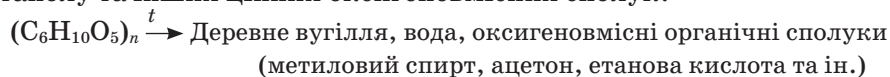


В організмі людини целюлоза, спожита з рослинною їжею, не гідролізується, отже, не засвоюється.

- Пригадайте, які тварини здатні перетравлювати целюлозу.

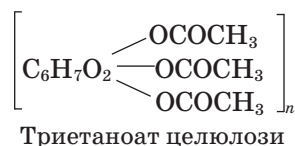
Целюлоза зазнає часткового гідролізу під час силосування соломи, кукурудзи тощо, такі продукти є цінним кормом для сільськогосподарських тварин.

Реакція розкладу. У результаті нагрівання деревини без доступу повітря відбувається розклад целюлози з утворенням деревного вугілля, метанолу та інших цінних оксигеновмісних сполук:

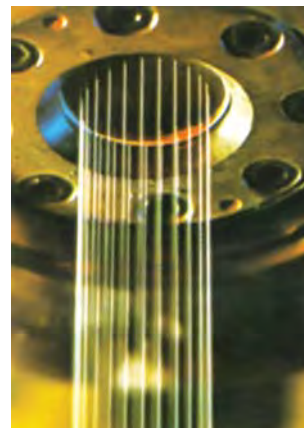


Штучний шовк. Нині природні волокнисті матеріали не можуть задовольнити зрості потреби людства, тому широко використовують їхні замінники, добуті штучно. Серед них — *штучний шовк* (*віскозу, ацетатний шовк*), що його виробляють із целюлози, виділеної з деревини або відходів бавовнику.

Для переробки целюлози на волокно її переводять у розчинну форму, наприклад в естер триацетат:



Ця сполука розчиняється в органічних розчинниках. В'язкий розчин продавлюють крізь т. зв. *фільтри* — пристрої з отворами малого діаметра, що нагадують сітку душу (мал. 39). Тонкі цівки розчину обдувають гарячим повітрям у вертикальній шахті. Розчинник



Мал. 39 Фільтера

випаровується, а триацетат перетворюється на тонкі нитки, що є основою для скручування товстіших ниток, з яких виробляють тканини.

БІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ВУГЛЕВОДІВ. Вуглеводи виконують важливі функції у живих організмах. З глюкози та інших моносахаридів, що утворюються в результаті фотосинтезу, в рослинах синтезуються полісахариди крохмаль (енергетичний резерв) і целюлоза (будівельний матеріал клітин).

Вуглеводи посідають чільне місце в раціоні людини, це клітинне паливо організму. Сахароза і крохмаль, спожиті у вигляді їжі, під дією ферментів розщеплюються в організмі до глюкози, а вже вона окиснюється в клітинах з вивільненням енергії. Сумарно цей процес можна описати рівнянням:



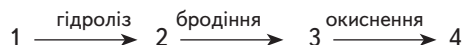
Надлишки глюкози відкладаються в печінці у вигляді «запасного» вуглеводню глікогену, близького за структурою до крохмалю. Якщо людина витрачає енергію, наприклад під час фізичних чи розумових навантажень, то глікоген знову перетворюється на глюкозу, яка живить організм. Кожен грам вуглеводів у результаті окиснення в організмі дає 19,2 кДж енергії.

Отже, крохмаль — запасна речовина рослин, а тварини запасують енергію у вигляді глікогену. На думку фахівців, енергетичні потреби людини на 60 % мають задовольнятися внаслідок уживання рослинної їжі, зокрема овочів і фруктів.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Чим різняться між собою крохмаль і целюлоза: за складом і будовою молекул?
2. Які продукти утворюються внаслідок термічного розкладу целюлози?
3. На якій реакції целюлози ґрунтується виробництво штучного волокна?
4. Позначте назви речовин у схемі реакції:



А 1 — метан, 2 — етанол, 3 — глюкоза, 4 — вуглекислий газ

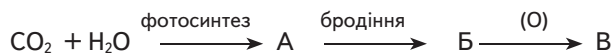
Б 1 — глюкоза, 2 — сахароза, 3 — етанол, 4 — метан

В 1 — целюлоза, 2 — глюкоза, 3 — етанол, 4 — вуглекислий газ

Додаткові завдання

1. Поясніть класифікацію вуглеводів. Наведіть приклади.
2. Як за допомогою одного й того самого реактиву можна розпізнати сахарозу й глюкозу?
3. Які з вивчених вуглеводів дають реакцію «срібного дзеркала»? Що це засвідчує?
4. Яку спільну властивість мають оліго- і полісахариди?
5. Яке значення реакцій гідролізу вуглеводів? Відповідь поясніть.
6. Складіть рівняння послідовних реакцій, за допомогою яких можна добути кальцій глюконат з крохмалю.
7. Поясніть залежність властивостей речовини від складу і будови молекул на прикладі крохмалю й целюлози.
8. Поясніть взаємозв'язок органічних та неорганічних речовин на прикладі вуглеводів.
9. Поясніть значення й перспективи біотехнологічної переробки целюлози. Підготуйте повідомлення на цю тему.

10. Чи можна дрова назвати біопаливом?
11. Унаслідок окиснення жирів у організмі виділяється вдвічі більше енергії, ніж під час окиснення вуглеводів. Яке значення це має для підтримання нормальної маси тіла?
12. Визначте речовини, що утворюються за схемою перетворень:



Висновки

- У природі вуглеводи утворюються завдяки реакції фотосинтезу.
- Вуглеводи поділяються на моно-, оліго- та полісахариди.
- Глюкоза — моносахарид. Загальна формула — $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.
- Глюкоза вступає в реакції окиснення й відновлення, естерифікації, бродиння.
- Фруктоза — ізомер глюкози.
- Сахароза — дисахарид, загальна формула — $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.
- У результаті гідролізу сахарози утворюються глюкоза і фруктоза.
- Крохмаль і целюлоза — природні полімери, полісахариди. Загальна формула цих сполук — $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$.
- Крохмаль і целюлоза різняться між собою будовою молекул, ступенем полімеризації.
- Крохмаль — неоднорідна сполука; він складається з амілози й амілопектину. Проміжні продукти гідролізу крохмалю — декстрини, кінцевий продукт — глюкоза.
- Целюлоза вступає в реакції окиснення, гідролізу (до глюкози), термічного розкладу.
- Естери целюлози є основою виробництва штучних волокон.
- Вуглеводи — цінні поживні речовини.

Практична робота

Розв'язування експериментальних задач

Задача 1. Доведіть експериментально, що в пронумерованих пробірках міститься: а) гліцерол; б) глюкоза.

Складіть перелік реактивів та обладнання, потрібних для виконання дослідів. Напишіть рівняння реакцій.

Задача 2. Доведіть експериментально, що етанова кислота належить до слабких кислот.

Складіть перелік реактивів та обладнання, потрібних для виконання дослідів. Напишіть рівняння реакцій.

Задача 3. Визначте хімічним способом, у якій з виданих вам пробірок міститься крохмальний клейстер.

Складіть перелік реактивів та обладнання, потрібних для виконання дослідів. Опишіть спостереження без запису рівняння реакції.

Задача 4. Добудьте стеаринову кислоту з мила.

Складіть перелік реактивів та обладнання, потрібних для виконання дослідів. Напишіть рівняння реакцій.



НІТРОГЕНОВМІСНІ СПОЛУКИ

Багато органічних речовин містять крім Карбону, Гідрогену, Оксигену ще й Нітроген. З курсів хімії та біології 9 класу ви можете пригадати, що Нітроген входить до складу таких важливих сполук, як амінокислоти, білки, нуклеїнові кислоти. Важливими для людини є й аміни, з яких ви розпочнете вивчення нової теми.

Пригадайте:

- що таке функціональна (характеристична) група;
- які функціональні групи входять до складу амінокислот;
- як амінокислоти сполучаються між собою, утворюючи білки;
- яке біологічне значення амінокислот і білків.

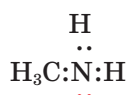
Наприкінці вивчення теми ви зможете:

- назвати сполуки за правилами номенклатури;
- скласти формули структурних ізомерів амінів, амінокислот;
- пояснити будову амінів і амінокислот;
- пояснити рівні структурної організації білків;
- описати фізичні властивості сполук;
- записати рівняння реакцій амінів як основ і амінокислот як амфотерних сполук;
- пояснити роль амінокислот і білків у харчуванні людини;
- розповісти про добування та застосування сполук;
- засвоїти терміни: *анілін, анілінові барвники, біполярний іон.*

§ 21. АМІНИ. АНІЛІН

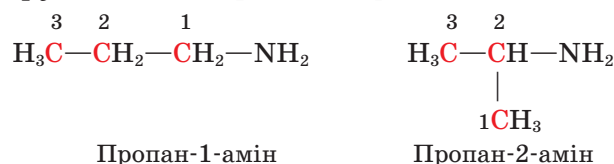
АЛІФАТИЧНІ АМІНИ. СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ. Аміни становлять клас сполук, ознакою якого є наявність функціональної *аміногрупи* —NH_2 . Їх можна розглядати як похідні амоніаку, в молекулі якого один

або кілька атомів Гідрогену заміщені на алкільні групи. Залежно від числа заміщених атомів розрізняють *первинні*, *вторинні* та *третинні* аміни:



Атом Нітрогену має неподілену пару електронів, що впливає на властивості речовини.

НОМЕНКЛАТУРА. ІЗОМЕРІЯ. Назви первинних амінів утворюють поєднанням назви алкану та слова *амін*, перед яким цифрою позначають місце аміногрупи. Назви вторинних і третинних амінів не розглядаємо.



Ми розглядатимемо первинні аміни, загальна формула яких $\text{R}-\text{NH}_2$.

R — вуглеводнева група насиченого ряду; такі аміни називають аліфатичними.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Серед амінів є гази, рідини, тверді речовини. Нижчі аміни мають запах амоніаку, розчинні у воді. Первинні аміни утворюють водневі зв'язки, тому їхні температури кипіння значно вищі, ніж у вторинних і третинних амінів.

- Складіть схеми утворення водневих зв'язків між молекулами метанаміну.

Характеристики деяких амінів наведено в таблиці 11, модель молекули метанаміну — на мал. 40.

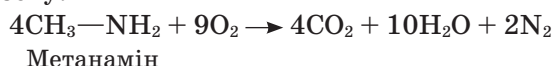
Таблиця 11

Характеристики амінів

Назва	Структурна формула	Температура кипіння, °C
Метанамін	$\text{H}_3\text{C}-\text{NH}_2$	-6,5
Етанамін	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{NH}_2$	17
Пропан-1-амін	$\text{C}_3\text{H}_7-\text{NH}_2$	48
Бутан-1-амін	$\text{C}_4\text{H}_9-\text{NH}_2$	78

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Реакція окиснення. Аміни горять на повітрі з утворенням вуглекислого газу, води й азоту:

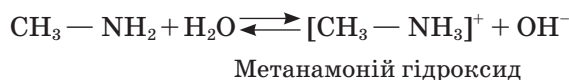




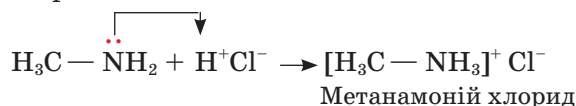
Мал. 40. Масштабна модель молекули метанаміну

Реакції амінів як основ. Аміни взаємодіють з водою. Перевіримо це на досліді.

До розчину метанаміну додамо фенолфталеїн — він забарвлюється в малиновий колір. Отже, розчин має лужні властивості:

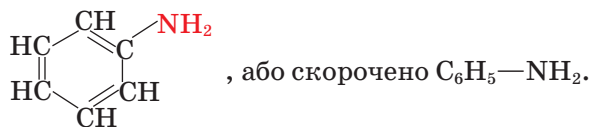


Завдяки наявності неподіленої пари електронів аміни реагують з кислотами. Якщо до отвору газовідвідної трубки, з якої виділяється метанамін, піднести склянку з хлоридною кислотою або скляну паличку, змочену цією кислотою, то можна спостерігати утворення білої хмаринки солі:



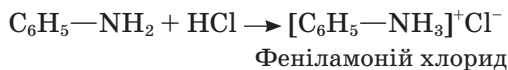
Реакції амінів підтверджують, що вони мають основні властивості; через це аміни називають *органічними основами*.

АНІЛІН. СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛИ. У разі якщо аміногрупа сполучена з бензеновим ядром, то утворюється ароматичний амін **феніламін**, або **анілін** (мал. 41):



За **фізичними властивостями** анілін — безбарвна оліїста рідина, малорозчинна у воді.

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ аніліну дещо відмінні від властивостей аліфатичних амінів. Випробування розчинами фенолфталеїну і фіолетового лакмусу засвідчують, що анілін **не змінює забарвлення індикаторів**. Він реагує лише із **сильними кислотами**, утворюючи солі:



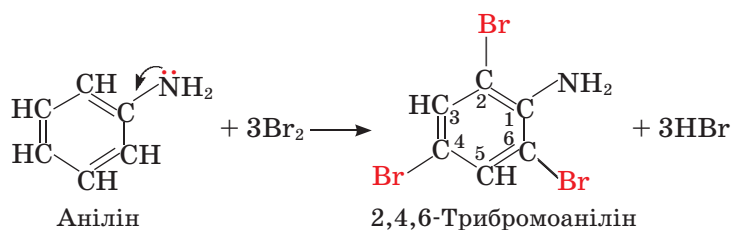
Мал. 41. Масштабна модель молекули аніліну

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

Проте вам відомо, що вплив атомів у молекулі є взаємним, отже, й **аміногрупа впливає на бен-**

зенове ядро. Перевіримо це на досліді, порівнявши дію бромної води на бензен і анілін.

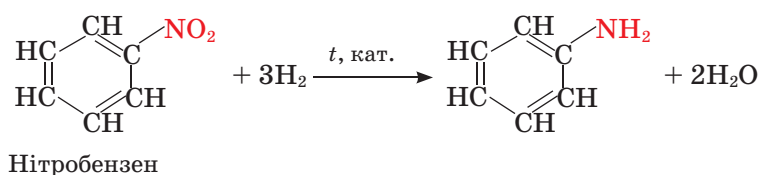
Ви можете пригадати, що бромна вода не діє на бензен, а якщо її додати до розчину аніліну, то утворюється білий осад 2, 4, 6-трибромоаніліну:



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

Зважаючи на велике теоретичне й 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:



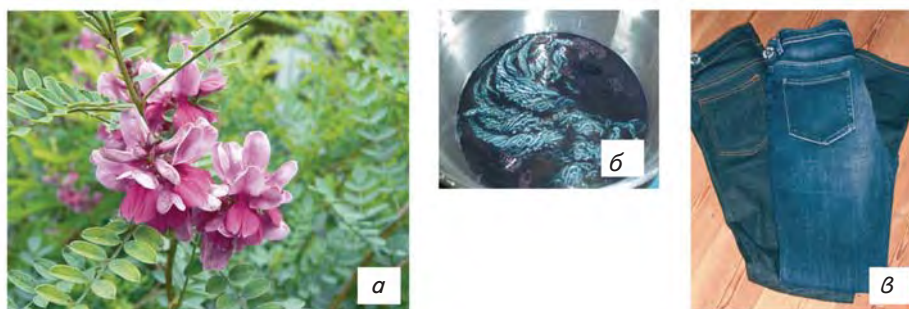
Відновлення можна також проводити металічними залізом, цинком, оловом у середовищі хлоридної кислоти.

Уперше синтез аніліну з нітробензену здійснив російський учений М. М. Зінін у 1842 р., тому реакцію називають *реакцією Зініна*. Відтоді анілін став легкодоступною сировиною для виробництва великої кількості різноманітних органічних речовин.



Микола Миколайович ЗІНІН
(1812—1880)

Російський хімік, випускник, згодом професор Казанського університету, професор Медико-хірургічної академії у Петербурзі. Синтезував низку органічних сполук, вивчав реакції окиснення й відновлення. Відкрив метод відновлення ароматичних нітросполук, що невдовзі став основою нової галузі хімічної промисловості — анілінофарбової. Видатний педагог, засновник казанської школи хіміків. Серед його учнів — О. М. Бутлеров, М. М. Бекетов, О. П. Бородін.



Мал. 42. Природний індиго добувають із рослин (а, б), а джинси фарбують синтетичним індиго (в)

ЗАСТОСУВАННЯ. Анілін відіграв винятково важливу роль у розвитку синтетичної органічної хімії та хімічної промисловості, зокрема виробництва *анілінових барвників* і *лікарських засобів*.

Сама назва аніліну пов'язана з барвниками, його вперше було виділено з продуктів розкладу індиго — синього барвника рослинного походження (від португ. *anil* — індиго, що означає блакитний) (мал. 42). Перші синтетичні барвники мовеїн (фіолетового кольору) та фуксин (червоного кольору) було добуто 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 переплелися теорія й практика, наука і потреби промисловості. Розвиток теоретичних уявлень про взаємозв'язок між будовою та властивостями органічних речовин сприяв з'ясуванню



Андрій Іванович КІПРІАНОВ
(1896—1972)

Український хімік-органік, академік. Закінчив Харківський університет. Працював у Харківському, Київському університетах, очолював Інститут органічної хімії АН України. Один із перших учених-хіміків застосував електронну теорію для з'ясування залежності властивостей органічних сполук від їхньої будови. На цій основі сформулював теорію кольоровості органічних речовин. Синтезував чимало нових барвників, що їх використовують у промисловості фоточутливих матеріалів. Засновник наукової школи українських хіміків-органіків.

Висновки

- Аміни містять функціональну аміногрупу —NH_2 , сполучену з вуглеводневою групою.
- Через наявність неподіленої пари електронів у атома Нітрогену аліфатичні аміни виявляють основні властивості й реагують з кислотами і водою.
- Аміни насиченого ряду — сильніші основи, а анілін — слабша основа.
- Анілін виявляє властивості, зумовлені взаємним впливом аміногрупи та бензенового ядра: не діє на індикатори, реагує лише із сильними кислотами, а також із бромною водою.
- Основний спосіб добування амінів — відновлення нітросполук. Анілін добувають з нітробензену за реакцією Зініна.
- Анілін та його похідні широко використовують у різних галузях промисловості, зокрема в анілінофарбовій та фармацевтичній.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які сполуки належать до класу амінів?
2. Наведіть приклади ізомерних амінів.
3. Чим зумовлена здатність метанаміну розчинятися у воді?
4. Як відбуваються реакції горіння амінів?
5. Як відбувається реакція метанаміну з хлоридною кислотою?
6. Як позначається на хімічних властивостях аніліну вплив аміногрупи на бензенове ядро?
7. Поясніть вплив бензенового ядра на аміногрупу в молекулі аніліну.
8. Схарактеризуйте значення реакції Зініна.
9. Яку роль відіграв анілін у розвитку хімічної промисловості?
10. Порівняйте галузі застосування аніліну й фенолу.
11. Поясніть на прикладі виробництва анілінових барвників, як ви розумієте взаємозв'язок теорії і практики.

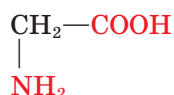
Додаткові завдання

1. Складіть формули ізомерів бутанаміну.
2. Поясніть, чому аміни виявляють властивості основ.
3. Складіть порівняльну таблицю хімічних властивостей аніліну й метанаміну.
4. 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.
5. Підготуйте повідомлення про лікарські засоби, в основі яких лежить структура аніліну.
6. Назвіть відомі вам органічні сполуки, що містять йонний зв'язок, напишіть їхні формули.
7. Якщо масова частка Нітрогену в аніліні становить 12 %, то яка масова частка домішок?
А 20,3 % **Б** 15,05 % **В** 12 %
8. Для виробництва аніліну масою 93 т затратили нітробензен масою 155 т. Обчисліть вміст чистого нітробензену у вихідній сировині (у відсотках).

§ 22. АМІНОКИСЛОТИ

СКЛАД І БУДОВА МОЛЕКУЛ. З курсів біології і хімії 9 класу вам відомо про роль **амінокислот і білків** у життєдіяльності організмів, про хімічний склад цих сполук. Коротко нагадаємо про це.

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



Аміноетанова (амінооцтова) кислота (гліцин)

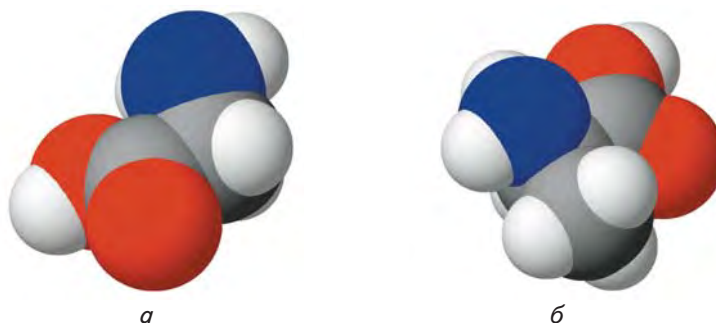
За складом амінокислоти дуже різномантні, можуть містити дві карбоксильні групи або дві аміногрупи, фенільну ($-\text{C}_6\text{H}_5$), гідроксильну ($-\text{OH}$), сульфідну ($-\text{S}-$) та інші групи. Приклади деяких представників амінокислот наведено в таблиці 12.

Таблиця 12

Представники амінокислот

Назва		Структурна формула
систематична	тривіальна	
Аміноетанова	Гліцин (амінооцтова)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
2-Амінопропанова	α -Аланін (α -амінопропіонова)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
3-Амінопропанова	β -Аланін (β -амінопропіонова)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
2-Аміно-3-метилбутанова	Валін (α -аміноізовалеріанова)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
2,6-Діаміногексанова	Лізин (α -, ϵ -діамінокапронова)	$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}-\text{COOH}$ $ $ NH_2
2-Аміно-3-гідроксипропанова	Серин (α -аміно- β -гідроксипропіонова)	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
2-Аміно-3-сульфанілпропанова	Цистеїн (α -аміно- β -меркаптопропіонова)	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
2-Амінопентадіова	Глутамінова кислота (α -аміноглутарова)	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$

НОМЕНКЛАТУРА. ІЗОМЕРІЯ. Назви амінокислот за систематичною номенклатурою утворюють від назв відповідних алканів (нумерація



Мал. 44. Масштабні моделі молекул гліцину (а) й аланіну (б)

від атома Карбону карбоксильної групи) додаванням префікса **аміно-**, суфікса **-ова** і слова **кислота**. Перед назвою цифрами позначають положення замісників (у т. ч. й аміногрупи) в алфавітному порядку.

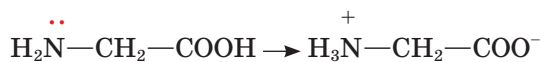
За традиційною номенклатурою до назв відповідних карбонових кислот додають префікс **аміно-**. Місце аміногрупи відносно карбоксильної групи позначають літерами грецького алфавіту: α , β , γ , δ , ϵ (аланін — α -амінопропанова кислота). Для амінокислот, що входять до складу білків, як правило, використовують тривіальні назви, причому скорочені, в т. ч. й у латинському написанні: гліцин — *гли*, *Gly*; аланін — *ала*, *Ala*; цистеїн — *цис*, *Cys* і т. д.

Масштабні моделі молекул гліцину й аланіну наведено на мал. 44.

Амінокислотам властиві **структурна ізомерія** карбонового скелета та ізомерія положення аміногрупи.

- Складіть формули структурних ізомерів α -амінобутанової кислоти й назвіть їх за систематичною номенклатурою.

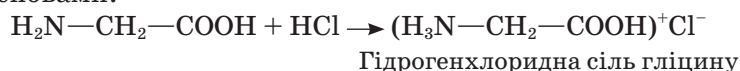
ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. Амінокислоти на відміну від амінів та карбонових кислот — кристалічні речовини, що мають високі температури плавлення, розчиняються у воді, добре кристалізуються. Цим властивостям більшою мірою відповідає структура амінокислот як «внутрішніх солей», тому формули амінокислот прийнято записувати у вигляді **біполярного йона**:

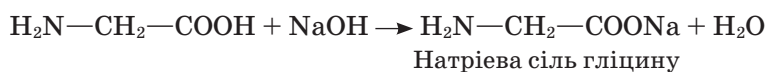


ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Зважаючи на наявність карбоксильних та аміногруп, можна припустити, що розчини амінокислот **діють на індикатори**. Результат такої дії залежить від того, які групи переважають у молекулі амінокислоти. Розчин аміноетанової кислоти $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ нейтральний, а розчин лізину $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ має лужну реакцію.

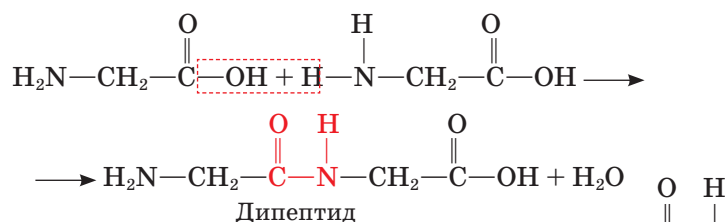
РЕАКЦІЇ З КИСЛОТАМИ І ЛУГАМИ. Поеднуючи в собі протилежні за характером основні й кислотні групи, амінокислоти виявляють властивості амфотерних сполук, тобто здатні утворювати солі й з кислотами, і з основами:





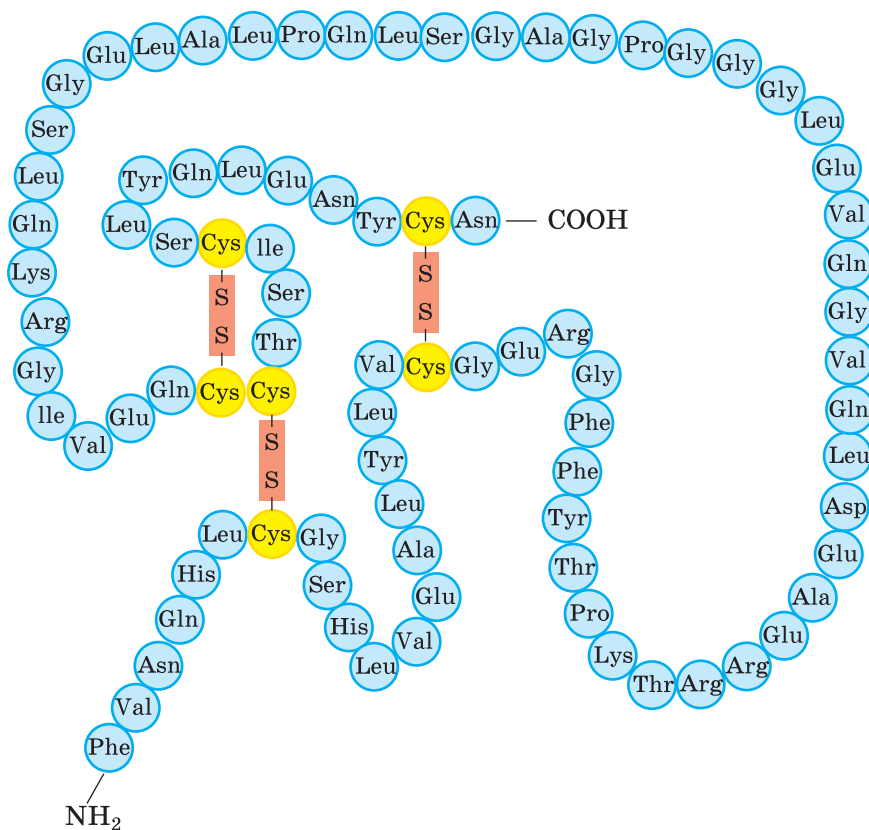
- Пригадайте, в чому полягають особливості неорганічних амфотерних сполук, наведіть приклади реакцій.

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



Зв'язок C—N називається пептидним зв'язком, а група —C(=O)—NH— пептидною групою.

Поліпептидний ланцюг є основою будови молекул білків. Фрагмент цього ланцюга наведено на мал. 45.



Мал. 45. Фрагмент моделі поліпептидного ланцюга

ЗНАЧЕННЯ. До складу білків входять 20 α -амінокислот, причому 8 з них належать до *незамінних*. Що це означає? Тоді як рослини синтезують усі необхідні їм амінокислоти з поживних речовин, природа не наділила такою здатністю людину і тварин. Лише деякі необхідні для життєдіяльності амінокислоти організм може виробляти самостійно, інші ж мають надходити з їжею. Нестача незамінних амінокислот призводить до патологічних процесів у організмі.

- З курсу біології вам відоме значення амінокислот. Яким має бути склад їжі, щоб організм отримував усі необхідні амінокислоти?

Хворим, виснаженим людям іноді вводять амінокислоти у кров, тим самим полегшується їх засвоєння і підтримуються сили організму. Деякі амінокислоти є ліками.

Для відгодівлі сільськогосподарських тварин використовують синтетичні амінокислоти.

Амінокислоти добувають також *гідролізом білків* (для цього використовують відходи м'ясної промисловості).

Деякі мікроорганізми здатні виробляти амінокислоти. На цьому ґрунтується *мікробіологічний метод* виробництва кормового лізину.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Чи можна скласти загальну формулу амінокислот?
2. Як утворюється біполярний іон амінокислоти?
3. Схарактеризуйте фізичні властивості амінокислот як йонних сполук.
4. Поясніть дію амінокислот на індикатори.
5. Схарактеризуйте амінокислоти як амфотерні сполуки.
6. У які реакції вступають амінокислоти за: аміногрупою; карбоксильною групою? Складіть рівняння відповідних реакцій.
7. Як утворюється пептидний зв'язок?
8. Складіть формулу трипептиду, утвореного будь-якими амінокислотами, наведеними в таблиці 12.
9. Чому амінокислоти називають «цеглинками» білків?

§ 23. БІЛКИ

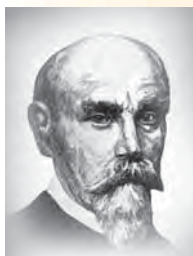
СКЛАД І БУДОВА. Думку про те, що амінокислоти є «цеглинками», з яких побудовані білки, уперше висловив видатний український біохімік і хімік Іван Якович Горбачевський.

Автором *поліпептидної теорії* будови білків є видатний німецький хімік Е. Фішер. На початку ХХ ст. він синтезував перші поліпептиди (прийнято, що поліпептиди містять до 100 амінокислотних ланок, а білки — понад 100).

У всіх видів живих організмів налічується близько 10^{10} — 10^{12} різних білків. Кожен з них має унікальну, властиву саме йому послідовність амінокислотних залишків і просторову будову. Усе це в сукупності визначає біологічні властивості білка.

За хімічним характером білки є полімерами. На відміну від полі-

Іван Якович ГОРБАЧЕВСЬКИЙ
(1854—1942)



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

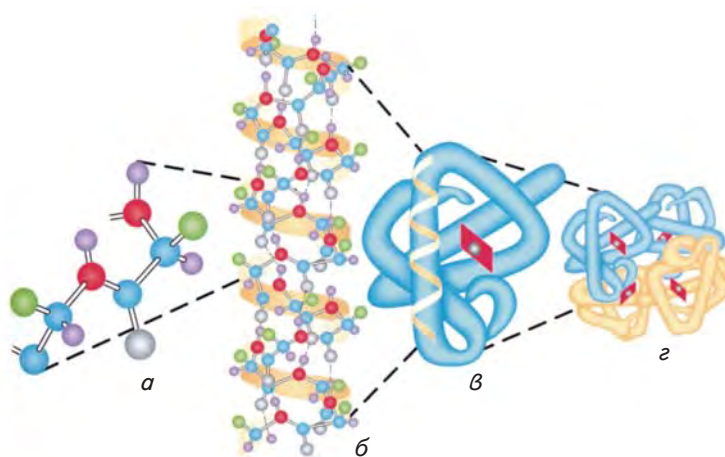
етилену чи целюлози білки мають сталий склад і певне значення відносної молекулярної маси. Для вивчених білків можна скласти загальну формулу, наприклад для білка гемоглобіну — це $C_{3032}H_{4816}Fe_4N_{780}O_{872}S_8$. Заміна хоча б однієї амінокислоти в полімерному ланцюзі на іншу амінокислоту має серйозні наслідки для його функціонування в організмі.

Розрізняють чотири рівні структурної організації білків — *первинну*, *вторинну*, *третинну* і *четвертинну* (мал. 46).

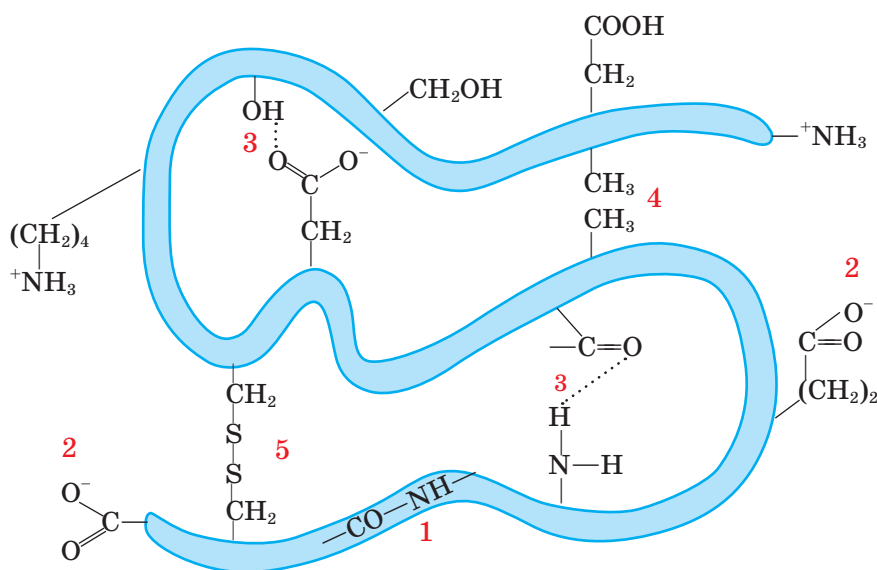
Первинну структуру зумовлює послідовність сполучення амінокислотних залишків у молекулі білка.

Самі амінокислоти дуже різняться за складом, містять різні за електронегативністю атоми Гідрогену, Оксигену, Нітрогену, Сульфуру. Ці атоми взаємодіють між собою, «змушуючи» поліпептидний ланцюг вигинатися і набувати просторової будови. Завдяки утворенню водневих зв'язків між пептидними групами певні ділянки білка можуть скручуватися у формі спіралі (**вторинна** структура білків).

Між ділянками полімерного ланцюга, де є залишки сульфуровмісних амінокислот, можуть утворюватися дисульфідні містки, а між карбоксильними та аміногрупами — сольові містки (мал. 47).



Мал. 46. Структура білка: а, б, в, г — відповідно первинна, вторинна, третинна, четвертинна структури



Мал. 47. Хімічні зв'язки в молекулах білків: 1 — пептидні; 2 — йонні; 3 — водневі; 4 — неполярні; 5 — дисульфідні

Як наслідок відбувається специфічна просторова орієнтація полімерного ланцюга, яка й зумовлює *третинну* структуру білка.

Деякі білки характеризуються *четвертинною* структурою. У білку гемоглобіні (від грец. *гема* — кров і лат. *globus* — куля) цю структуру утворюють чотири макромолекули, певним чином зорієнтовані одна відносно одної. У складі кожної міститься йон Fe^{2+} . Чотирма рівнями структурної організації характеризується білок волосся β -кератин: це суперспіраль, що нагадує багатожильний кабель.

Через складність будови вивчати білки надзвичайно важко.

ВЛАСТИВОСТІ. Денатурація. Нагріємо розчин білка курячого яйця і спостерігатимемо, як він зсідается, або денатурує (від лат. *denaturare* — втрата природних якостей). Саме цей процес **денатурації** ви спостерігаєте під час приготування їжі з м'яса, яєць, риби.

З хімічного боку денатурацію спричиняє руйнування слабких міжмолекулярних зв'язків, а отже, вторинної і третинної структур. Білок втрачає властиву йому просторову будову та залежні від неї функції (мал. 48).

У результаті денатурації білки втрачають біологічну активність, живі клітини гинуть. Саме тому висока температура тіла, дія агресив-



Мал. 48. Денатурація білка

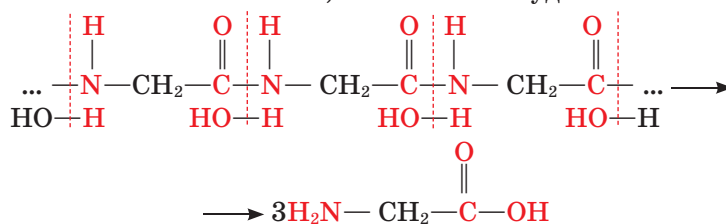


Еміль Герман ФІШЕР
(1852—1919)

Німецький хімік, член Берлінської академії наук. Наукові праці присвячено хімії фізіологічно активних речовин. Синтезував низку вуглеводів, зокрема глюкозу й фруктозу. Встановив, що амінокислоти сполучаються між собою за допомогою пептидних зв'язків з утворенням поліпептидів, уперше добув дипептид. Лауреат Нобелівської премії 1902 р.

них хімічних сполук на шкіру, яка має білкову природу, небезпечні для організму. За певних умов можливе відновлення початкової структури білка (ренатурація).

Гідроліз. Це процес, зворотний утворенню поліпептидного ланцюга. Під час гідролізу молекули води приєднуються за місцем пептидних зв'язків, утворюються карбокси- та аміногрупи. Внаслідок цього білок розщеплюється на амінокислоти, з яких він побудований:



Процес гідролізу відбувається під час нагрівання білків з розчинами кислот і лугів, у живому організмі — під дією ферментів.

Розклад. Процес відбувається під дією мікроорганізмів, а продукти розкладу — амоніак, сірководень, фенол, інші речовини — мають неприємний запах, знайомий вам із побуту (протухлі яйце, м'ясо чи риба).

- До яких способів вдаються, щоб запобігти розкладу білків у складі їжі?

Для аналітичного виявлення білків використовують т. зв. **кольорові реакції**.



Лабораторний дослід 3

Біуретова реакція

До розчину білка курячого яйця у пробірці додайте розчин лугу такого самого об'єму і кілька краплин слабкого розчину купрум(II) сульфату.

Що спостерігається? Як змінилося забарвлення розчину?

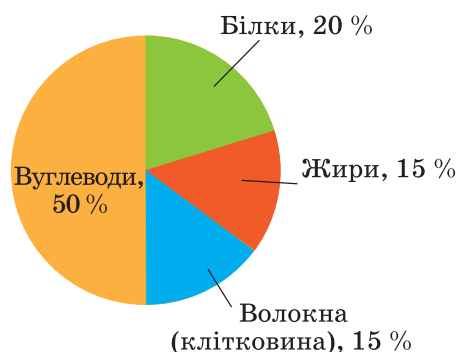


Лабораторний дослід 4

Ксантопротеїнова реакція

До розчину білка у пробірці додайте трохи концентрованої нітратної кислоти.

Що спостерігаєте? Як змінився колір суміші?



Мал. 49. Співвідношення поживних речовин у разі збалансованого харчування

Поява жовтого забарвлення в результаті реакції білка з концентрованою нітратною кислотою (**ксантопротеїнова реакція**) свідчить про наявність бензенових ядер у структурі білка, червоно-фіолетове забарвлення білка в результаті дії купрум(II) гідроксиду (**біуретова реакція**) засвідчує наявність пептидних зв'язків.

БІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ АМІНОКИСЛОТ І БІЛКІВ. Білки є основним будівельним матеріалом тваринних організмів, а саме їх клітин. М'язи, гемоглобін крові, волосся, шкіра, ферменти мають білкову природу.

Властиві кожному організму білки будуються з тих, що надходять з їжею (мал. 49). Проте білки їжі безпосередньо не засвоюються організмом, спершу вони гідролізують до амінокислот під дією речовин, що містяться у травному тракті, потім амінокислоти всмоктуються у кров, а вже з нею переносяться до клітин організму, де синтезуються властиві йому білки.

Проблема синтезу білків *in vitro* давно цікавить учених, хоча досягнення в цій галузі незначні: добуто лише окремі білки нескладної будови. Причину цього ви, напевне, можете пояснити самі. Певний поступ спостерігається завдяки автоматизації процесів синтезу.

Значно більших успіхів досягнуто в розробці методів *мікробіологічного синтезу* білків. Розвинулася нова галузь виробництва — *біотехнологія*, що включає промислові методи, в яких використовують живі організми (переважно мікроорганізми) та біологічні процеси.

Виготовлення дріжджового тіста, вина, пива, оцту, кисломолочних продуктів також належить до біотехнологічних процесів, оскільки відбувається за участі мікроорганізмів (мал. 50).

Унаслідок здатності деяких мікроорганізмів швидко розмножуватися можна нарощувати значну біомасу впродовж короткого часу. До того ж використовується дешева сировина, оскільки живильним середовищем для мікроорганізмів можуть бути неочищені вуглеводні нафти, солома, лузга насіння, тирса, відходи бродильної та целюлозної промисловості тощо.

Сучасна мікробіологічна промисловість виробляє білкові добавки до тваринного корму, вітаміни, антибіотики, ферменти та багато інших корисних речовин.

Щоправда, ця користь іноді обертається негативним впливом на довкілля. Оскільки біотехнологія пов'язана із розмноженням



Мал. 50. Виготовлення дріжджового тіста відбувається за участі мікроорганізмів

мікроорганізмів, то її відходи, потрапляючи у водойми, ґрунт, можуть завдавати шкоди природним угіддям, порушувати баланс природних процесів. Щоб запобігти цьому, слід дотримуватися високої культури виробництва, за якої апаратура для вирощування мікроорганізмів надійно герметизується, а відходи знешкоджуються.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Яка хімічна будова білків?
2. Поясніть причини багатоманітності білків.
3. Які чинники визначають первинну, вторинну, третинну і четвертинну структури білка?
4. Схарактеризуйте термічну стійкість білків.
5. Поясніть хімізм процесів гідролізу і розкладу білків.
6. Схарактеризуйте біологічне значення білків.

Додаткові завдання

1. Поясніть, як будова амінокислот позначається на їхніх властивостях.
2. Зробіть припущення про хімічні властивості серину.
3. У чому полягає складність вивчення структури білків?
4. Схарактеризуйте значення процесу гідролізу білків, жирів, вуглеводів для функціонування організму.
5. Чи можна повністю замінити білкову їжу на вуглеводну? Чому?

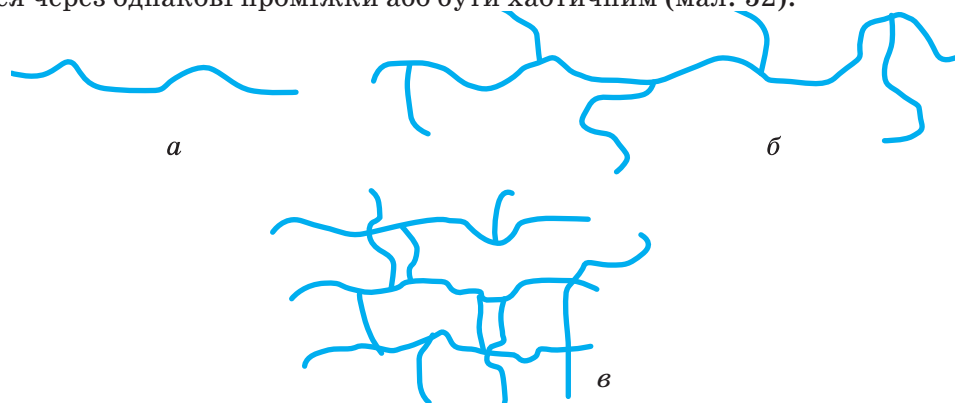
Висновки

- Усі амінокислоти містять карбоксильну групу та аміногрупу. Деякі амінокислоти містять інші функціональні групи.
- Амінокислоти — амфотерні сполуки.
- Найважливіша властивість амінокислот — утворення поліпептидів.
- Амінокислоти сполучаються між собою за допомогою пептидних зв'язків.
- Білки — це біополімери.
- Білкам властива первинна, вторинна, третинна, деяким — четвертинна структури.
- Білки здатні до гідролізу, розкладу, денатурації.
- Білки можна виявити за допомогою кольорових реакцій.
- Розшифрування складу білків та їх синтез є важливою науковою проблемою.

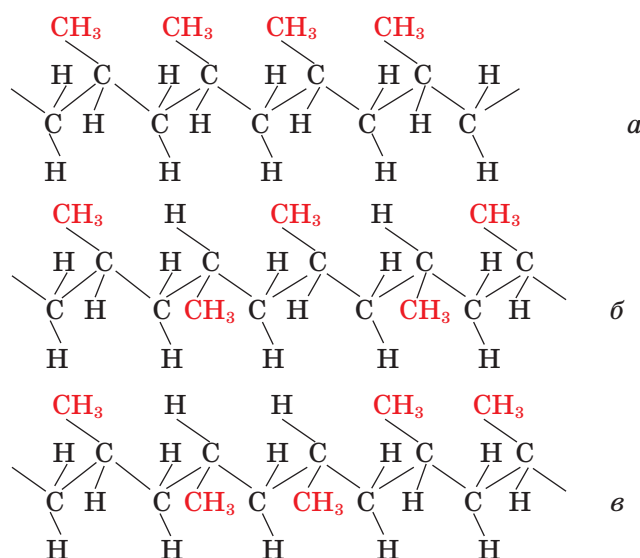
§ 24. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛІМЕРІВ. ПЛАСТИЧНІ МАСИ

БУДОВА ПОЛІМЕРІВ. За будовою полімерного ланцюга розрізняють *лінійні, розгалужені й просторові* (сітчасті) полімери (мал. 51). До перших належать поліетилен, поліпропілен і целюлоза. Лінійну й розгалужену будову має крохмаль, сітчасту — вулканізований каучук.

Залежно від розміщення бічних відгалужень чи функціональних груп у полімерному ланцюзі розрізняють *регулярні* (переважно стереорегулярні) та *нерегулярні* полімери. Наприклад, у ланцюзі поліпропілену метильні групи можуть розміщуватися з одного чи з двох боків карбонового ланцюга. Розміщення з різних боків може чергуватися через однакові проміжки або бути хаотичним (мал. 52).



Мал. 51. Схема будови: лінійного (а), розгалуженого (б) і просторового, або сітчастого, (в) полімерних ланцюгів



Мал. 52. Схема регулярної (а, б) і нерегулярної (в) будови поліпропілену

Характеризуючи будову полімерів, слід брати до уваги також взаємодію між полімерними ланцюгами в масі полімеру. Між молекулами значної довжини виникає взаємодія, в т. ч. встановлюються водневі зв'язки.

Ступінь полімеризації, розгалуженість, упорядкованість структури, міжмолекулярні зв'язки — все це позначається на властивостях полімерів.

ВЛАСТИВОСТІ полімерів залежать від наявності в речовині молекул різної довжини, а отже, різної маси. Насамперед це стосується плавлення полімерів. Процес плавлення має свої особливості, зумовлені взаємодією між молекулами, що мають значну довжину. У процесі нагрівання в розплавлений стан спершу переходять коротші молекули, потім — довші, отже, плавлення відбувається в широкому діапазоні температур.

За відношенням до нагрівання полімери поділяються на дві групи: термопластичні й терморективні.

Термопластичні полімери під час нагрівання розм'якшуються, в цьому стані їм можна надати будь-якої форми, що зберігається й після охолодження. Важливо, що цей процес є оборотним, тобто сформований полімер можна знову нагріти й надати йому іншої форми. Інакше кажучи, термопластичні полімери не втрачають пластичності за багаторазового нагрівання.

На відміну від них *терморективні* полімери внаслідок нагрівання втрачають пластичність, і після тверднення їх неможливо повернути до початкового стану.

- Утилізація полімерів має важливе екологічне та економічне значення. Схарактеризуйте з цих позицій термопластичні й терморективні полімери.

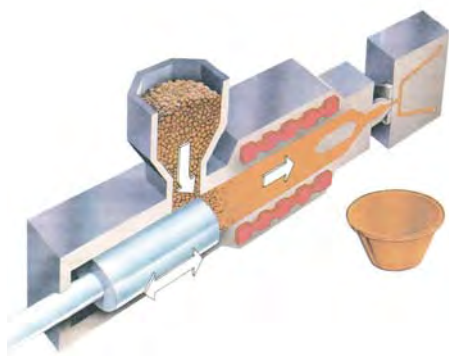
Полімери регулярної будови і просторові мають більшу механічну міцність і хімічну стійкість.

Під дією зовнішніх чинників (нагрівання, радіації, світла, вологи, механічного напруження тощо) може відбуватися *деструкція* (від лат. *destructio* — руйнування) полімеру з розриванням хімічних зв'язків у макромолекулах. Цей процес призводить до старіння полімерів, вони стають непридатними до експлуатації.

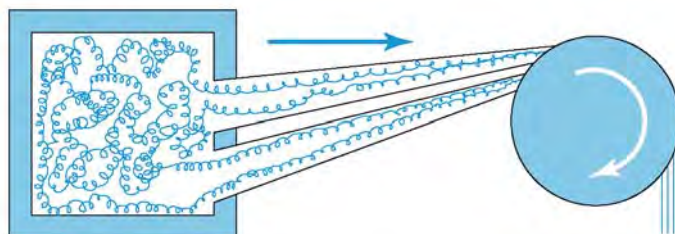
ПЛАСТИЧНІ МАСИ. Щоб виготовити пластмасу, до полімерної маси додають спеціальні речовини.

- З'ясуйте, з якою метою використовують у пластмасах пластифікатори, стабілізатори, піноутворювачі, антиоксиданти, антистатики, наповнювачі, пігменти.

Цінні властивості пластмас: низька густина (легкість) і теплопровідність,



Мал. 53. Виготовлення пластмасових виробів методом лиття



Мал. 54. «Витягування» полімерних ланцюгів під час виготовлення плівок і волокон

хімічна стійкість, здатність до забарвлювання, високі оптичні якості, а також можливість змінювати ці властивості в широких межах унаслідок зміни структури полімерів роблять їх використання економічно вигідним і зручним.

Виготовлення пластмасових виробів відзначається технічною й технологічною простотою — від складних за формою до плівок (мал. 53, 54, 55).

Зразки виробів із пластмас зображено на мал. 56.

Поліетилен ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$)_n добувають у промисловості полімеризацією етилену (етену), яку можна проводити за різних умов — високого і низького тиску. Властивості полімерів залежать від умов добування. Поліетилен низького тиску (0,2—2,5 МПа, 80—100 °С) має лінійну структуру, молекули в масі полімеру щільно упаковані, через те зростає ступінь кристалічності. Поліетилен високого тиску (150—300 МПа, 200—280 °С) має розгалужену структуру.

Поліетилен — тверда речовина білого кольору, легко забарвлюється в різні кольори, не тоне у воді. Поліетилен високого тиску плавиться за температури 102—105 °С, низького — 125—137 °С.

За хімічною будовою поліетилен подібний до парафіну — суміші вищих вуглеводнів складу $\text{C}_{18}-\text{C}_{35}$. Пригадайте, що у структурі таких ре-



Мал. 55. Установа з виробництва поліетиленової плівки



Мал. 56. Зразки виробів із пластмас

човин повторюються групи $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$. Цим пояснюється подібність речовин: поліетилен масний на дотик, як і парафін.

Як і насичені вуглеводні, поліетилен не проводить електричного струму, стійкий проти дії кислот, лугів, бромної води, окисників.

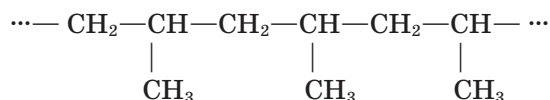
Поліетилен — термопластичний полімер. У розплавленому стані йому можна надати будь-якої форми, що зберігається після охолодження.

Завдяки описаним властивостям поліетилен набув широкого застосування.

- Наведіть приклади застосування поліетилену, відомі вам з побуту.

Поліпропілен $\left(\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array} \right)_n$ дуже близький за властивостям до полі-

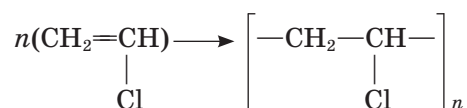
етилену. Фрагмент ланцюга цього полімеру можна подати такою структурною формулою:



- За фрагментом молекули поліпропілену визначте мономер, мономерну ланку полімеру; напишіть їхні структурні формули.

За участі каталізаторів добувають поліпропілен стереорегулярної будови (див. мал. 52). Цей полімер висококоміцний, тому з нього виготовляють деталі машин, труби, плівку, риболовні сітки, побутові вироби, волокна. Недоліками його є чутливість до світла, кисню, крихкість на холоді.

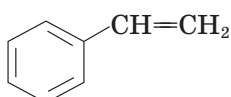
Поліхлорвініл добувають з хлорвінілу:



Пластмаси, що їх вироблено на основі поліхлорвінілу, використовують як замітники шкіри, з них виготовляють газо- й водогінні труби, технічні волокна, лінолеум, клейонку тощо. Ці матеріали стійкі проти дії кислот, лугів, легко забарвлюються і водночас важко займаються, здатні до самогасіння.

- Якими властивостями, на вашу думку, зумовлене використання поліхлорвінілу для виготовлення лінолеуму?

Полістирен (полістирол) $\left[-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}- \right]_n$ — полімер стирену

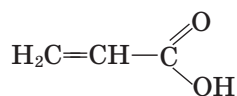
(колишня назва — стирол): 

Це термопластичний матеріал, хімічно стійкий, діелектрик, хоча досить крихкий. З нього виготовляють пакувальні, оздоблювальні матеріали тощо (мал. 57).

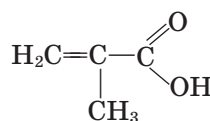
Поліметилметакрилат — полімер, який добувають з метилового естеру метакрилової кислоти.



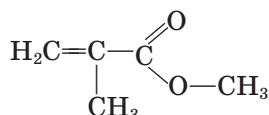
Мал. 57. Полістирен використовують як пакувальний матеріал



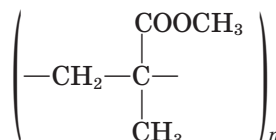
Акрилова кислота



Метакрилова кислота



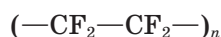
Метилловий естер метакрилової кислоти



Поліметилметакрилат

Завдяки своїй прозорості цей полімер дістав назву «органічне скло» (інша назва — «плексиглас»). Він стійкий проти ударів, тому ним склять вікна автомобілів, ілюмінатори літаків, теплоходів, виготовляють скло для годинників тощо (мал. 58).

Тефлон, що його виробляють з 1,1,2,2-тетрафлуороетену $\text{CF}_2=\text{CF}_2$, має унікальні властивості. Загальна формула полімеру:



За особливу хімічну стійкість його називають «органічною платиною». Він не розчиняється ні в «царській воді» (суміші нітратної та хлоридної кислот), ні в органічних розчинниках, стійкий проти холоду, нагрівання та світла, неотруйний.

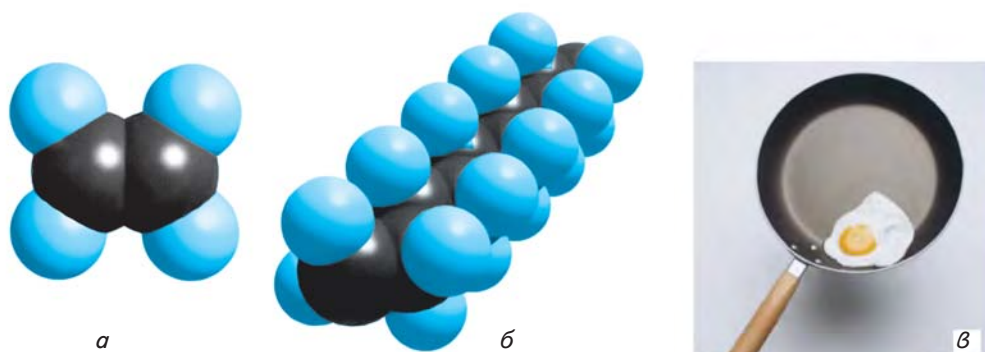
Завдяки цим властивостям з тефлону виготовляють деталі машин і приладів, апаратів, що працюють у хімічно агресивних середовищах та в харчовій промисловості (мал. 59).

- Пригадайте, де в побуті використовують вироби з тефлоновим покриттям.

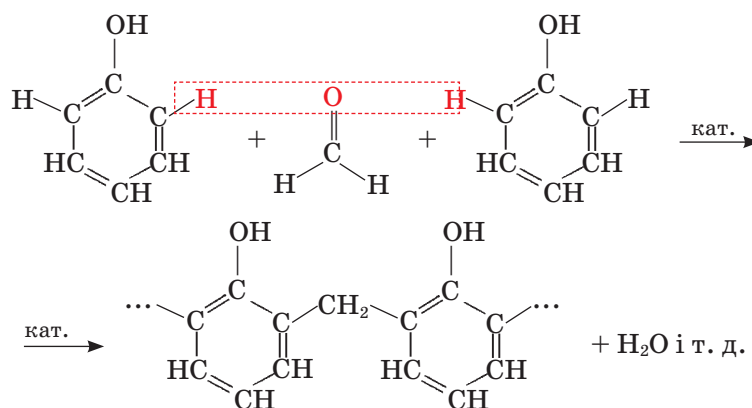
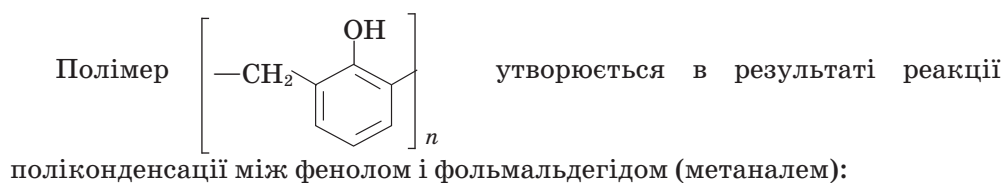
Феноло-формальдегідні пластмаси були добуті в XIX ст. й дістали назву «бакеліт» (від прізвища американського хіміка Л. Х. Бакеланда, який на початку XX ст. здійснив цю реакцію у промислових умовах). Хоча це перші в історії пластмаси, їх використовують донині.



Мал. 58. Куленепробивне скло виготовляють із полімерних матеріалів



Мал. 59. Моделі молекули тетрафлуороетену (а), фрагмента молекули політетрафлуороетену (б) і виріб з тефлоновим покриттям (в)



Побічним продуктом реакції поліконденсації є низькомолекулярна сполука, в цьому разі — вода.

Спершу утворюється полімер лінійної будови, а в міру подальшої обробки формується сітчастий полімер, що має термореактивні властивості. Феноло-формальдегідні пластмаси виготовляють з різними наповнювачами: текстоліт наповнюють бавовняною тканиною, склопластики — скловолокном.

Ці матеріали застосовують у ракето- і машинобудуванні, будівництві. Відходи деревини, що їх оброблено феноло-формальдегідною смолою, перетворюються на матеріал, придатний для виготовлення меблів.

Для безпечного використання пластмасових виробів розроблено систему їх маркування. На виробах ставлять позначки у формі трикутника, утвореного трьома стрілками, всередині якого розміщені літери, що позначають вид пластмаси:



1 — ПЕТ (PET, PETE) — поліетилентерефталат. Виріб можна використовувати для тимчасового зберігання холодних харчових продуктів і напоїв.

2 — ПЕНД (HDPE) — поліетилен високої густини. Безпечний пластик, придатний для пакування харчових продуктів і косметичних виробів, напоїв, виготовлення водопровідних труб тощо.

3 — ПВХ (PVC) — полівінілхлорид. Його використання заборонено в харчовій промисловості. Придатний для виробництва покриття підлоги, труб, меблів, тари для хімічних сполук.

4 — ПЕНП (LDPE, PELD) — поліетилен низької густини (плівка). Безпечний пластик, з нього виготовляють харчову плівку, пакети.

5 — ПП (PP) — поліпропілен. Цей безпечний пластик використовують для виробництва дитячих іграшок і харчової тари.

6 — ПС (PS) — полістирен. Потенційно небезпечний матеріал, особливо в разі горіння. Придатний для виготовлення тари для нехарчових продуктів.

7 — OTHER (O) — інші види пластику, в т. ч. полікарбонат. Він нетоксичний, хоча може містити токсичні домішки, що робить його непридатним для пакування харчових продуктів.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке синтетичні полімери?
2. Яка відмінність між реакціями полімеризації та поліконденсації?
3. Поясніть вплив структури полімерів на їхні фізичні властивості.
4. На які групи поділяють полімери за відношенням до нагрівання?
5. Що таке пластмаси?
6. Назвіть основні галузі застосування пластмас.
7. Схарактеризуйте відомі вам полімери, з яких виготовляють пластмаси (мономер, реакція добування, мономерна ланка).
8. Схарактеризуйте поліетилен високого і низького тиску.
9. Поліпропілен стереорегулярної будови — кристалічна, високоплавка речовина, що утворює міцні волокна, а нестереорегулярний полімер м'який, еластичний. Поясніть це з погляду теорії будови.

Додаткове завдання

Складіть рівняння послідовних реакцій, за допомогою яких можна добути бакеліт, виходячи з коксу.

§ 25. СИНТЕТИЧНІ КАУЧУКИ

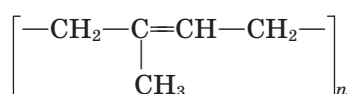
Упродовж певного часу потреби промисловості задовольнялися природним каучуком, що його виготовляли з молочного соку (латексу) каучукового дерева (гевеї) (мал. 60).

Той факт, що природний каучук є полімером вуглеводню ізопрену $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$, було встановлено в 1910 р.



Мал. 60. Збирання соку каучукового дерева *Hevea brasiliensis*. Латекс виділяється на зрізі

Хімічна назва полімеру — поліізопрен:

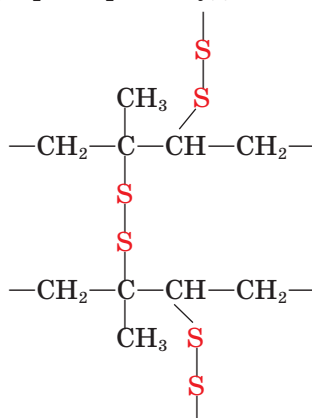


Природний каучук втрачає цю властивість за низької температури, стає твердим і крихким, а за високої температури — липким.

Свого часу це обмежувало його використання, наприклад для виготовлення водонепроникного одягу.

Проблему було розв'язано після відкриття процесу *вулканізації* каучуку. Виявилось, що внаслідок нагрівання каучуку із сіркою утворюється продукт, позбавлений цих вад: міцний, еластичний, стійкий проти зміни температури в широкому діапазоні.

Під час вулканізації сірка приєднується за місцем подвійних зв'язків, утворюючи дисульфідні містки, що ніби «зшивають» полімерні ланцюги між собою з утворенням полімеру просторової будови:



Вулканізований каучук (гума)

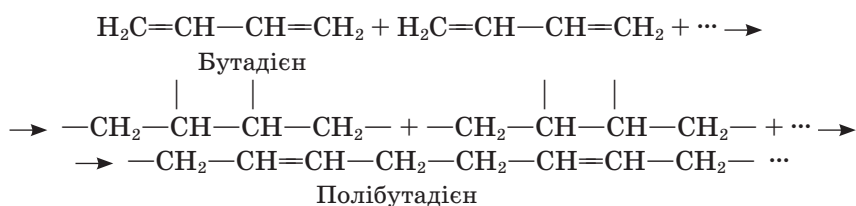
З вулканізованого каучуку виготовляють *гуму*, додаючи наповнювачі для поліпшення якості матеріалу. Наповнювачами можуть бути

сажа, кремнезем SiO_2 або алюміній оксид Al_2O_3 , що надають гумі пружності та стійкості проти стирання.

Залежно від умісту сірки можна добувати полімери різних ступенів еластичності й твердості. Для високовулканізованого каучуку, відомого під назвою *ебоніт*, характерні високі твердість і міцність.

Автомобільний транспорт, що розвивався, інші потреби техніки та й важкодоступність сировини змушували вчених шукати способи добування синтетичного каучуку.

Один із перших синтезів каучуку було проведено в 1931 р. за методом С. В. Лебедева. Це був бутадієновий каучук, що утворювався полімеризацією бутадієну — сполуки, що містить два подвійні зв'язки — за участі каталізатора (металічного натрію):

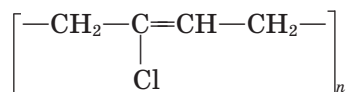


- Складіть загальну формулу полімеру.

Нині промисловість виготовляє багато різних видів каучуків, за властивостями наближених до натурального. Це стало можливим завдяки застосуванню спеціальних каталізаторів. Сировиною є продукти переробки нафти.

Бутадієновий та ізопреновий — це каучуки загального призначення. Їх використовують для виготовлення шин та інших гумових виробів технічного, побутового призначення тощо (мал. 61).

До каучуків спеціального призначення належить хлоропреновий:



Це негорючий матеріал, а за властивостями світло-, термо-, маслостійкості цей каучук переважає натуральний.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть відмінність у будові натурального ізопренового й синтетичного бутадієнового каучуків.
2. Зобразіть фрагмент стереорегулярного ланцюга хлоропренового каучуку.
3. У чому, на вашу думку, полягає значення синтезу за методом Лебедева?
4. Назвіть галузі застосування синтетичних каучуків.

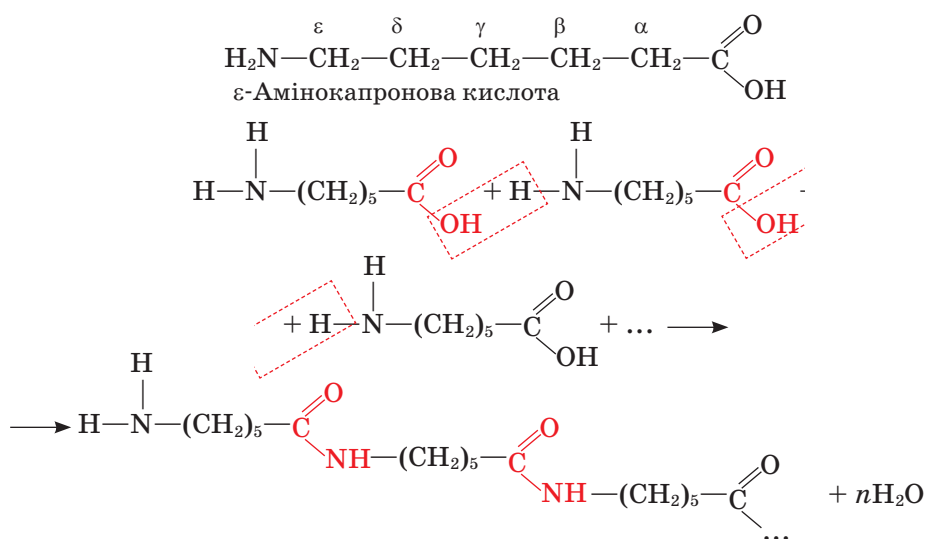


Мал. 61. Цех шинного заводу

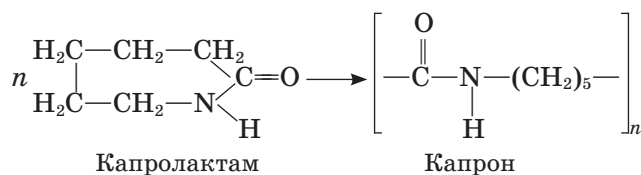
§ 26. СИНТЕТИЧНІ ВОЛОКНА

Як вам відомо, *натуральні волокна* — бавовну, льон, вовну, шовк — виробляють із природних волокнистих матеріалів. Із природного полімеру целюлози добувають *штучні* (ацетатне, віскозне) волокна, а з них виробляють штучний шовк.

Речовини, що можуть утворювати волокна, можна й синтезувати. Якщо бавовна і льон — полімерні матеріали, мономером яких є вуглевод, то вовна і шовк — полімери білкової природи. Їхні макромолекули утворюються в результаті взаємодії амінокислот. З'ясовано, що подібну структуру має полімер ϵ -амінокапронової кислоти.



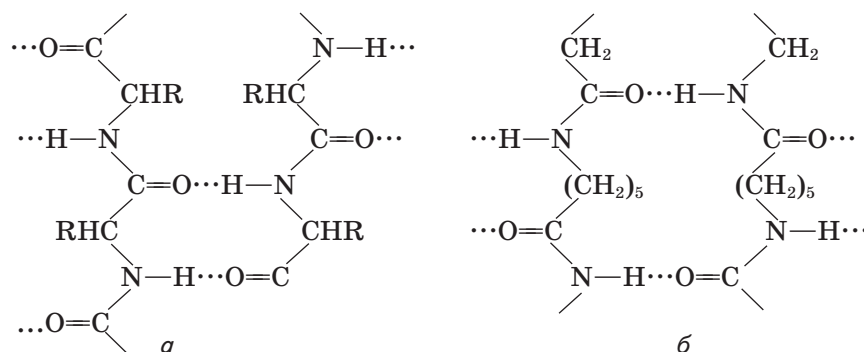
У промисловості для полімеризації використовують не саму ϵ -амінокапронову кислоту, а її похідну — капролактам:



Волокно, що його вироблено з такого полімеру, називають *капроном*.

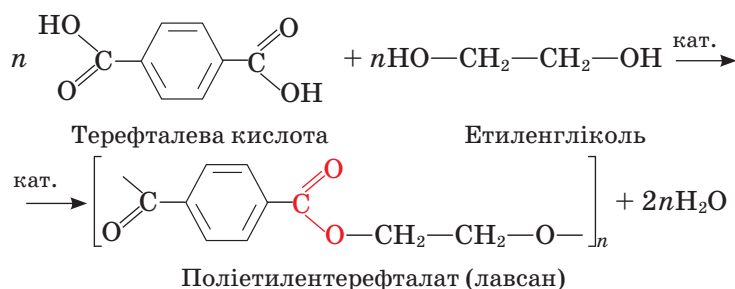
Капрон належить до *поліамідних* волокон, оскільки утворюється за рахунок амідних (пептидних) зв'язків. Подібність структури капрону до природних волокон білкового походження, зокрема шовку, можна виявити, порівнявши загальні схеми їхньої будови (мал. 62).

Бачимо, що в обох структурах є міжмолекулярні водневі зв'язки. Це надає волокнам високої міцності. Крім того, капронове волокно має ще ряд цінних властивостей: не вбирає вологи і через це швидко висихає, стійке проти стирання.



Мал. 62. Фрагмент будови макромолекули натурального шовку (а) і капрону (б)

Іншу групу синтетичних волокон становлять *поліестерні* волокна. Неважко здогадатися, що ця назва відбиває будову полімеру. Справді, у структурі згаданих волокон є естерні зв'язки. Полімер, з якого виробляють відоме вам волокно *лавсан* (або терилен), утворюється внаслідок поліконденсації дикарбонової терефталевої кислоти та етиленгліколю. Взаємодія відбувається між гідроксильними та карбоксильними групами цих сполук:



Лавсанове волокно має цінні властивості: воно міцне, термостійке, на нього не діють розбавлені розчини кислот і лугів.

Капрон і лавсан використовують для пошиття одягу, виготовлення оздоблювальних матеріалів. Застосовують їх і в техніці: з капронової смоли формують деталі різних механізмів, з лавсану роблять фільтрувальні тканини, канати тощо.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які види волокон вам відомі?
2. У чому полягає відмінність у хімічній природі бавовни і шовку?
3. Схарактеризуйте структуру капрону. Поясніть, чому він належить до поліамідних волокон.
4. Які переваги і вади капрону?
5. Схарактеризуйте структуру поліестерних волокон. Поясніть їхню назву.
6. Поясніть застосування синтетичних волокон на основі їхніх властивостей.

Додаткові завдання

1. Найлон — поліамідне волокно, утворене внаслідок взаємодії діаміну $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ та дикарбонової кислоти $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$. Складіть хімічне рівняння цього процесу.
2. Схарактеризуйте переваги й недоліки кожного виду волокна, використовуючи дані таблиці 13.

Таблиця 13

Вид волокна	Назва волокна	Межа міцності, кг/мм ²	Гігроскопічність, %
Синтетичне	Капронове	45 — 55	3,8—4,0 0,5
	Поліефірне	55 — 65	
Штучне	Віскозне	20 — 25	12—13 6—8
	Ацетатне	14 — 18	
Природне	Бавовняне	35 — 50	6
	Шерстяне	15 — 20	14
	Шовкове	35 — 40	11

Висновки

- Полімери утворюються в результаті реакцій полімеризації або поліконденсації.
- Полімерні ланцюги бувають лінійної, розгалуженої та просторової будови.
- За відношенням до нагрівання полімери поділяються на термопластичні й терморективні.
- До синтетичних полімерних матеріалів належать пластмаси, синтетичні каучуки, синтетичні волокна.
- Щоб перетворити полімер на пластмасу, до нього додають спеціальні речовини.
- Поліетилен низького тиску має кращі експлуатаційні властивості порівняно з поліетиленом високого тиску.
- Промисловість виробляє синтетичні каучуки загального і спеціального призначення.
- Капрон належить до синтетичних поліамідних волокон, а лавсан — до поліестерних.
- Широке застосування пластмас, синтетичних каучуків і волокон зумовлене їхніми унікальними експлуатаційними властивостями.



БАГАТОМАНІТНІСТЬ ТА ЗВ'ЯЗКИ МІЖ КЛАСАМИ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Наприкінці вивчення теми ви зможете:

- пояснити причини багатоманітності органічних речовин;
- скласти схеми їхніх генетичних перетворень;
- визначити місце органічних сполук в ієрархії рівнів структурної організації речовин;
- оцінити значення біологічно активних сполук для організму людини; роль органічної хімії в розв'язуванні сировинної, енергетичної, продовольчої проблем, створенні нових матеріалів;
- висловити власне судження про важливість знань з органічної хімії.

§ 27. РОЗМАЇТТЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН, ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ НИМИ

Вивчення органічних речовин побудовано за принципом ускладнення структури і функцій — від вуглеводнів до білків. Між цими сполуками є величезна кількість представників інших класів, різних за складом, будовою і властивостями. Ви переконалися, що попри своє розмаїття органічні речовини утворено обмеженим числом хімічних елементів. Природа дуже економно використала «будівельні матеріали» для створення різноманітних структур, що можуть виконувати надзвичайно складні функції, аж до біологічних. Спробуємо узагальнити ознаки, що зумовлюють різноманітність органічних речовин.

Насамперед це **характер карбонового ланцюга**. Навіть за однакового числа атомів Карбону можуть утворюватися молекули у формі ланцюга чи кільця.

Інша ознака — **характер міжкарбовоних хімічних зв'язків**. Між атомами Карбону можуть установлюватися прості й кратні зв'язки.

Наявність функціональних груп зумовлює існування різних класів органічних речовин — спиртів, альдегідів, карбовоних кислот, естерів,

амінів тощо. Різноманітності додають і сполуки, які містять кілька функціональних груп — амінокислоти, вуглеводи та багато інших, що їх вивчають у курсі органічної хімії у вищих навчальних закладах.

Для органічних сполук характерне існування гомологічних рядів. Зміна складу молекули на одну лише групу — CH_2 — спричиняє появу нової сполуки зі своїми власними константами. Отже, **гомологія** також є однією з причин різноманітності органічних речовин.

Здатність деяких органічних сполук до реакцій **полімеризації** розширює кількість органічних сполук, насамперед добутих синтезом.

Ізомерія — одна з найважливіших причин розмаїття органічних речовин. Навіть за умови одного й того самого складу молекул можливі різні варіанти їхньої хімічної та просторової будови. Для алкану складу $\text{C}_{25}\text{H}_{52}$ варіантів хімічної будови існує аж 36 797 588. Для обчислення кількості структурних ізомерів алканів, що містять від 1 до 100 атомів Карбону, хімікам Київського національного університету імені Тараса Шевченка довелося розробити спеціальну комп'ютерну програму.

Отже, розмаїття органічних сполук, ускладнення їхньої будови і функцій — від метану до білків — пов'язане переважно з необмеженими можливостями комбінування структур, взаємного розміщення атомів і фрагментів молекул за умови одного й того самого складу.

Будова, зокрема просторова, визначає специфічні функції білків, нуклеїнових кислот, властивості полімерів, дію лікарських засобів.

Рівні структурної організації органічних речовин. Сучасна наука розглядає структурну організацію речовини як упорядкованість, єдність і взаємозв'язки її окремих складників. Такими складниками можуть бути елементарні частинки, атоми, молекули, полімери (макромолекули), надмолекулярні утворення. Останні ще називають супрамолекулярними (від лат. *supra* — над). Очевидно, що молекулярні речовини складніші за будовою порівняно з атомними, а полімерні — порівняно з молекулярними. У зв'язку з цим речовини можна розташувати в певному порядку, за рівнями складності — від нижчого до вищого, тобто в їхній ієрархії (у широкому розумінні — розташування частин у певному порядку, від вищого до нижчого). Такими рівнями структурної організації речовин є: атомний, молекулярний, полімерний, супрамолекулярний. Кожний вищий рівень ґрунтується на нижчому і включає його.

Органічна хімія вивчає молекулярний, полімерний і частково супрамолекулярний рівні організації речовин. Метан, етанол, амінокислоти — це молекули; поліетилен, поліпептид — полімери. Білок у своїй четвертинній структурі є ансамблем молекул, тобто надмолекулярним утворенням, якому властиві специфічні біологічні функції. Його будову вивчає хімія, функції — біологія.

Поняття про рівні структурної організації речовин збагачує наші уявлення про причини їхньої багатоманітності й дає змогу зрозуміти перехід від неживого до живого, оскільки саме рівень організації впливає на здійснення речовинами біологічних функцій.

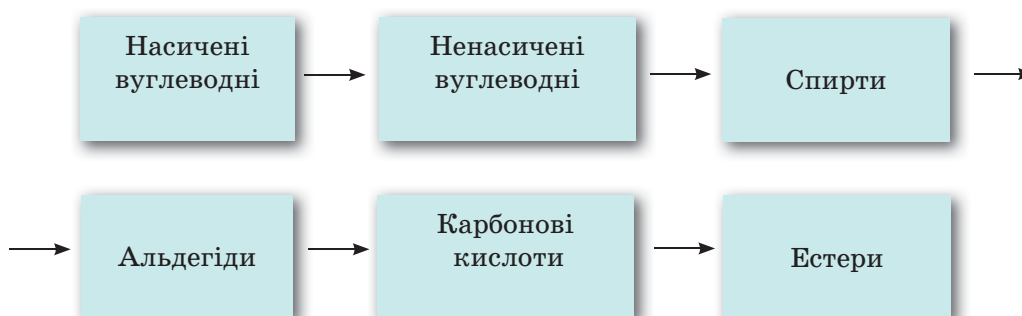
Розглянемо такий приклад. Хімічний склад білка, послідовність спо-

лучення амінокислот є одними й тими самими в природному й денатурованому білку. Але оскільки в останньому зруйновано вторинну і третинну структури, то такий білок позбавлений біологічних функцій. Для їх здійснення у білка має бути структурна організація не будь-якого, а певного рівня.

Якщо розглядати рівні організації не лише речовин, а матерії в цілому, то атомний рівень організації межує із субатомним (від лат. *sub* — під), тобто рівнем елементарних частинок, який вивчає фізика; супрамолекулярний рівень — з клітинним, організовим та надорганізовим рівнями, що їх вивчає біологія. Отже, органічні речовини пов'язують у єдиний ланцюг усі рівні організації матерії — від неживої до живої, а органічна хімія як галузь науки є важливою ланкою у зв'язках між природничими науками.

Генетичні зв'язки. За всієї різноманітності органічні речовини можуть взаємоперетворюватися. З простіших можна добути складніші, від сполук одного класу перейти до сполук іншого. Окреслимо, наприклад, шлях хімічних перетворень вуглеводнів у естери (схема).

С х е м а



- Складіть рівняння реакцій за схемою.
- Доповніть схему неорганічними сполуками. Зробіть висновок.

Завдяки взаємоперетворенню органічних сполук можна здійснювати синтези, спрямовані на добування речовин із заздалегідь заданими властивостями. Так, з порівняно простих за будовою вуглеводнів можна синтезувати велику кількість складних речовин, потрібних і корисних людині. Вуглеводні є продуктами переробки нафти і природного газу, а тому 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

1. Складіть формули і назви органічних речовин, що ілюструють ознаки розмаїття органічних сполук.
2. Складіть схему класифікації органічних сполук, наведіть приклади речовин, визначте їхні функціональні групи.

3. Наведіть приклади ізомерії карбонового скелета, положення кратного зв'язку, положення функціональної групи. Складіть структурні формули і назви речовин.
4. Наведіть приклади реакцій органічних сполук: гідрування, гідролізу, гідратації, ізомеризації, омилення. Складіть рівняння реакцій.
5. Назвіть речовини, що є основою таких продуктів органічного походження: мило, цукор, оцет, бензин, картопляне борошно, алкоголь, папір, сало, гума, капрон.
6. Складіть кілька схем генетичних перетворень органічних речовин, запропонуйте розв'язати їх вашим однокласникам.
7. Які речовини і яких класів можна було б виявити в колбах, що належали: Миколі Зініну, Миколі Зелінському, Івану Горбачевському, Фрідріху Кекуле, Емілю Фішеру?
8. Прокоментуйте висловлювання одного з літературних героїв А. П. Чехова: «Незабаром хімічним шляхом виготовлятимуть молоко і дійдуть, мабуть, до м'яса!.. З нічого не вартих газів і подібного виготовлятимуть усе, що заманеться!».
9. Уявіть, яким міг бути лист Ф. Велера до Я. Берцеліуса (див. с. 9), якби вчений писав його в наш час. Спробуйте скласти такого листа.

§ 28. БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ РЕЧОВИНИ

Вивчаючи розділ органічної хімії, ви мали змогу переконатися, що органічні сполуки, потрапляючи різними шляхами до організму, певним чином впливають на нього. Цей вплив є специфічним залежно від складу, будови, хімічних чи фізичних властивостей речовин. Ви знаєте про згубний вплив етанолу й нікотину, отруйність бензену, фенолу, формальдегіду, фармакологічну дію лікарських засобів. Речовини, що входять до складу організмів і виконують у них важливі функції, беруть участь у процесах обміну, тобто виявляють біологічну дію, — це відомі вам жири, вуглеводи, білки.

Біологічна активність у широкому розумінні — це здатність речовини викликати певну біологічну дію.

- Наведіть приклади впливу неорганічних речовин на організм.
- Пригадайте біологічні функції жирів, вуглеводів, білків.

Виняткову біологічну активність виявляють вітаміни й ферменти.

- З'ясуйте за словником походження термінів «вітамін», «ензим», «фермент».

Ферменти, або ензими, — органічні каталізатори, що містяться у клітинах організмів і прискорюють практично всі біохімічні процеси. Каталітична дія ферментів, як і каталізаторів хімічних реакцій, полягає в зниженні енергії активації процесів, причому ця дія є високоспецифічною, тобто кожен фермент активує лише певний процес.

Наприклад, велика кількість ензимів бере участь у процесах травлення. Під дією ензимів, що їх виробляють слинні залози, відбувається розщеплення вуглеводів і жирів, ензимами шлункового соку впливають на розщеплення білків і жирів, а ензимами підшлункової залози — вуглеводів, білків, жирів. Ензими, що містяться в тонкій кишці, завершують процес травлення.

За хімічним складом ферменти (ензими) належать до білків, так само утворюються із залишків амінокислот, мають тривимірну структуру завдяки просторовій орієнтації амінокислотного ланцюга.

Біологічна активність властива також вітамінам, що беруть участь у ферментативних процесах в організмі. Це низькомолекулярні сполуки, різноманітні за хімічним складом і складні за структурою. Вони необхідні людині для нормальної життєдіяльності в невеликій кількості. Переважна більшість їх в організмі не синтезується, а надходить до нього з їжею. Нестача вітамінів призводить до хвороб — авітамінозів.

Серед близько 20 відомих вітамінів розрізняють жиророзчинні й водорозчинні. Ця обставина має велике значення для засвоєння (всмоктування) вітамінів організмом.

Вітаміни, особливо водорозчинні, належать до нестійких сполук, руйнуються під час приготування, зберігання їжі, під дією кисню й ультрафіолетового випромінювання.

Вітамін А (ретинол), жиророзчинний; міститься переважно у тваринних продуктах: рибацькому жирі, яєчних жовтках, печінці, молоці. Каротин, що є в моркві, інших овочах і фруктах червоного й оранжевого кольорів, перетворюється в організмі на ретинол.

Вітаміни групи В (В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₇, В₈, В₉, В₁₂) — розчинні у воді сполуки; містяться в зернових, бобових, горіхах, кукурудзі, м'ясі, печінці, рибі, яйцях, дріжджах.

Вітамін С (аскорбінова кислота), водорозчинний; міститься в овочах і фруктах; потужний антиоксидант; міститься в овочах, фруктах, ягодах, зелені.

Вітамін Д — жиророзчинний вітамін; міститься в рибацькому жирі, яєчних жовтках, молоці.

Вітамін Е — жиророзчинний; антиоксидант; міститься в зародках пшениці, рослинних оліях, горіхах.

Збалансоване харчування людини передбачає не лише наявність у раціоні достатньої кількості жирів, білків, вуглеводів, а й різноманітних вітамінів.



Мал. 63. Полівітаміни — лікарський засіб



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть роль води в життєдіяльності організму.
2. Схарактеризуйте біологічне значення реакції гідролізу жирів, вуглеводів, білків для засвоєння їх організмом. Складіть рівняння реакцій гідролізу.
3. Пригадайте роль ферментів у спиртовому бродінні глюкози. Складіть рівняння реакції.

4. Поясніть, чому перед вживанням до морквяного соку прийнято додавати незначну кількість олії, а полуниці вживати з вершками.
5. Розробіть поради щодо збереження вітамінів під час приготування салату зі свіжих овочів.

§ 29. РОЛЬ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ У РОЗВ'ЯЗУВАННІ ГЛОБАЛЬНИХ ПРОБЛЕМ ЛЮДСТВА

Кожного з нас упродовж усього життя оточують матеріали хімічного виробництва, завдяки яким працюють комп'ютери й мобільні телефони, рухаються автомобілі, проводять медичні обстеження й лікування, з яких виготовляють одяг, якими облаштовують житло, які підвищують врожай і зберігають його. Ми живемо в довкіллі, де відбуваються численні хімічні перетворення, що впливають на повітря, річки, ґрунти і визначають не лише їхній стан, а й стан нашого здоров'я. Вчителі та автори підручників хімії намагаються пояснити вам, як улаштований довколишній світ і як він функціонує — адже саме хімія дає відповіді на ці запитання. Саме для того, щоб розуміти внутрішню будову речовин, закони, що керують хімічними явищами в природі, в організмі, в техніці, використовувати ці знання з користю для природи, для збереження здоров'я, примноження добробуту суспільства, ви й вивчаєте хімію.

Спробуймо разом узагальнити знання про здобутки органічної хімії у різних сферах життя, обговорити деякі актуальні проблеми, що їх допомагає розв'язати ця галузь. Для цього вам треба пригадати вивчене, скориставшись у разі потреби підручником, довідником, енциклопедією, інтернет-ресурсами тощо, і поміркувати над запитаннями, які буде сформульовано нижче.

У наш час відбувається колосальне розширення й поглиблення хі-



Мал. 64. Усе починається з лабораторії органічного синтезу

мічних знань. Досягнення цивілізації останніх десятиріч тісно пов'язані з успіхами органічної хімії у науковій та виробничій галузях, її вплив на науково-технічний прогрес і розвиток нехімічної сфери діяльності людини є цілком очевидним.

- Наведіть власні аргументи на підтвердження або спростування цієї тези.

Простежуючи розвиток хімії, можна виявити очевидну узгодженість рівня цивілізованості практично всіх виробничих і побутових сфер та рівня хімічних знань і розвитку синтетичної хімії. Динаміка цього розвитку вражає — показником може бути зростання кількості синтезованих сполук: 1880 р. — близько 12 тис., 1910 р. — 150 тис., 1940 р. — 500 тис. Нині ніхто не ризикне назвати точну кількість відомих речовин, бо щороку синтезують від 200 до 300 тис. лише органічних сполук. Останніх на сьогодні відомо вже понад 100 млн і до цього слід додати близько 700 тис. неорганічних сполук.

- Поясніть, як ви розумієте такі висловлювання вчених-хіміків щодо багатоманітності речовин:

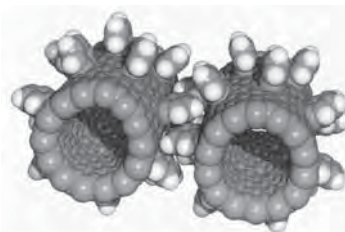
«Розвиток хімії показав, що різноманітність речовин у природі пояснюється не стільки різноманітністю атомів, скільки різноманітністю сполучень невеликої кількості різних атомів між собою в ансамблі» (В. Ковтуненко). *«Багатоманітність сполук Карбону є дивовижним і єдиним свого роду явищем»* (П. Карер).

Синтез нових сполук є найголовнішим напрямом розвитку хімії. Органічний синтез, зокрема, відіграє провідну роль не лише у створенні практично корисних речовин, а й у пізнанні складних взаємодій у біологічних системах на молекулярному рівні, що є надзвичайно важливим завданням сучасного природознавства (мал. 64).

Якщо біолог, геолог, астроном досліджують природні об'єкти, що існують у природі, то хімік-синтетик повинен спершу добути речовину, якої до цього в природі не існувало, дослідити її властивості й перетворення. Видатний французький хімік-органік XIX ст. М. Бертло зазначав: *«Хімія сама створює свої об'єкти»*. Синтетичну хімію іноді порівнюють із мистецтвом. Інший французький хімік, наш сучасник, лауреат Нобелівської премії Ж. М. Лен висловився так: *«Хімік воістину*



Мал. 65. Модель молекули білка міоглобіну



Мал. 66. Карбонові нанотрубки — основа перспективних матеріалів

творить нові світи, які не існували, поки не вийшли, оформившись, із його рук, подібно до того, як матеріал, щойно вийшовши з рук майстра, набуває сили й виразності витвору мистецтва».

- Наведіть власні аргументи на підтвердження або спростування цієї тези. Будучи яскраво самобутньою і посідаючи виняткове місце серед інших природничих наук, органічна хімія водночас тісно пов'язана з ними.

Речовина як вид матерії є об'єктом вивчення і хімії, і фізики, і біології. Фізика розглядає дискретну будову речовини, різні її стани, вплив будови на властивості, що «цікавить» також і хімію. У курсі біології вивчають біологічно активні речовини — білки, вуглеводи, жири, нуклеїнові кислоти. Їхня структурна організація є визначальною в здійсненні ними життєво важливих функцій, а пізнати структуру цих речовин можна лише на основі хімічних знань (мал. 65).

Плідність провідних ідей органічної хімії доведено розвитком усіх природничих наук, передусім біології. Вам відомо, що органічна хімія розпочиналася з дослідження речовин рослинного і тваринного походження. Завдяки цьому було з'ясовано склад і структуру багатьох біологічних субстанцій. Водночас біологічні субстанції — природні вуглеводи, що становлять основу рослинного світу, є джерелом добування штучних волокон, спиртів, багатьох інших речовин. Саме хіміки розшифрували структуру і штучно відтворили такі складні біологічні об'єкти, як жири, деякі білки, вуглеводи, вітаміни. Хімія сприяє розумінню перебігу процесів у організмах на молекулярному рівні.

Хімію біологічно активних речовин, що становлять вищий рівень речовинної форми організації матерії, порівнюють з молекулярною інформатикою, предметом якої є збереження й зчитування інформації, записаної у параметрах молекул.

- Пригадайте, як передається генетична інформація, які сполуки беруть участь у цьому процесі.

Відбувається взаємопроникнення біології й органічної хімії: остання, наприклад, використовує природні ферменти як хімічні реагенти в **біотехнологічних** процесах. Величезна кількість біомаси рослин, накопичена на планеті, розглядається в біотехнології як перспективна сировина для добування вуглеводнів та інших органічних речовин, що є сировиною для органічного синтезу.

З хімією Карбону пов'язані й успіхи в застосуванні іншої сучасної технології — **нанотехнології**. Карбонові нанотрубки вже використовують на практиці завдяки їхнім особливим механічним, оптичним і напівпровідниковим властивостям, а в перспективі наносполуки можуть стати основою побудови квантових комп'ютерів (мал. 66).

- Підготуйте повідомлення про досягнення біо- й нанотехнології.

Органічна хімія традиційно пов'язана з **виробництвом**, є першопричиною створення виробництв синтетичних барвників, лікарських засо-

бів, харчових добавок. У свою чергу, розвиток хімічних виробництв є стимулом розвитку теоретичної хімії. Пошуки дешевої сировини для промисловості сприяли досконалому вивченню складу продуктів переробки кам'яного вугілля, серед яких було виявлено багато цінних сполук.

Вивчення речовини розпочинається з ознайомлення з її агрегатним станом за звичайних умов і фізичними властивостями, такими як колір, запах, твердість, еластичність, температури плавлення й кипіння. Для багатьох речовин визначальною щодо їхніх властивостей є міжмолекулярна (фізична) взаємодія. Сучасні методи ідентифікації речовин ґрунтуються на вивченні їхніх спектрів у різних діапазонах. Отже, фізичні знання й фізичні методи органічно входять до хімічної науки. Водночас новітні матеріали — продукти синтетичної органічної хімії — «обслуговують» різноманітні галузі **фізики, електроніку, електротехніку**.

Взаємне проникнення знань з фізики, хімії, біології, технологій виявляється і в методах дослідження, що їх використовують у цих галузях: ядерний магнітний резонанс, спектроскопія у видимій, ультрафіолетовій та інфрачервоній ділянках спектра, полярографія, хроматографія та ін.

Органічна хімія тісно взаємодіє з **медициною**, прикладом чого є створення синтетичних лікарських засобів. Протягом багатьох століть хімія була пов'язана з медициною, а нині є «серцем сучасної медицини». Ще у працях алхіміків описано способи виготовлення ліків із трав, олій, смол, воску тощо за допомогою таких операцій, як екстрагування, настоювання, розчинення, змішування, фільтрування, перегонка тощо.

У XV—XVI ст., коли завдяки географічним відкриттям значно розширилися контакти між державами і людьми, розповсюдилися й хвороби, які часто набували характеру епідемій. На боротьбу з ними спрямовувалися зусилля тогочасної медицини. Саме в XVI ст. завдяки працям Парацельса було засновано ятрохімію, що використовувала хімічні сполуки як ліки. На той час це були переважно сполуки Стибію, Арсену, Плюмбуму, Меркурію та деяких інших елементів, а також екстракти рослинного і тваринного походження. Пізніше з рослинних продуктів почали виділяти активні речовини, наприклад хінін з кори хінного дерева, морфін з опіуму.

У XIX ст. почали досліджувати фізіологічну дію синтетичних органічних сполук, серед яких було виявлено антисептичні, снодійні, анестезуючі, антипіритичні речовини. З одного боку, створення синтетичних лікарських засобів вплинуло на розвиток усєї медицини. З іншого, хімія лікарських засобів залежала від розвитку хімії кам'яного вугілля, оскільки продукти його переробки, що містяться в кам'яновугільній смолі, є сировиною для органічного синтезу. Таким чином технічні й технологічні проблеми переробки кам'яного вугілля переплелися з проблемами теоретичної і практичної хімії, фармакології, медицини.

Іншим прикладом розв'язування гуманітарної проблеми за допомогою органічної хімії є створення промисловості й застосування синтетичних барвників.



Мал. 67. Ріпак — сировина для виробництва біопалива

- Пригадайте, що вам відомо про це, і поясніть, як виникнення промисловості органічного синтезу пов'язане з хімією вугілля.

Величезну кількість органічних сполук «задіяно» в розв'язуванні **глобальних проблем людства**: продовольчої, сировинної, енергетичної, екологічної. Саме остання пов'язується суспільною думкою зі здобутками й прорахунками хімії.

Створений руками людини світ синтетичних речовин забезпечує її потреби в повсякденному житті, але водночас стає біогеохімічним чинником глобального масштабу. Ідеться не лише про забруднення довкілля під час виробництва, транспортування і використання продуктів синтетичної хімії, а про непередбачуваність реакції природних об'єктів на вплив цих продуктів.

Наприклад, поява нових ліків призводить до формування нових резистентних (стійких) штамів мікроорганізмів.

Вплив хімії на довкілля й наше життя в цілому постійно зростає. Об'єктивно існуючи в техносфері, сучасна людина використовує штучно створені речовини і матеріали, що є продуктами хімічного виробництва. Використання цих продуктів потребує певних хімічних знань, хімічної культури, що стають чинником виживання в реальних умовах екологічних ризиків.

Розв'язуючи нагальні потреби сьогодення, людство має дбати і про наступні покоління. Наприклад, зростання виробництва продукції сільськогосподарства не має призводити до виснаження ґрунту; використання енергії горючих корисних копалин має супроводжуватись пошуками альтернативних видів енергії; застосування синтетичних полімерних матеріалів не може бути згубним для екосистем.

Отже, нині йдеться про такий розвиток сучасного суспільства, що не загрожував би життю і розвитку суспільства майбутнього і сприяв збере-

женню цінних природних ресурсів. Така модель отримала назву **сталого розвитку**.

Згідно з матеріалами ООН «сталий розвиток — це такий розвиток суспільства, що задовольняє потреби нинішніх поколінь і не становить загрозу можливості наступних поколінь задовольняти свої потреби». Визначено 17 цілей, що їх має досягти людство, серед них — подолання голоду, досягнення продовольчої безпеки, поліпшення якості харчування і сприяння сталому розвитку сільського господарства; забезпечення доступу до недорогих, надійних, стійких і сучасних джерел енергії; раціональне використання водних ресурсів, забезпечення санітарії; вжиття невідкладних заходів щодо боротьби зі зміною клімату та його наслідками; раціональне використання морських ресурсів, захист екосистем суші та інші.

- Проаналізуйте зазначені цілі з погляду внеску органічної хімії у досягнення їх.
- Сталий розвиток називають керованим розвитком. Поясніть, як ви розумієте керованість розвитку з погляду виробництва і застосування продуктів органічної хімії.
- Підготуйте повідомлення про вплив органічних сполук на довкілля, здоров'я людини та про засоби запобігання їх шкідливому впливу.
- Людство докладає величезних зусиль до пошуку нових джерел енергії (мал. 67). Яка, на вашу думку, роль хімії у розв'язуванні цієї проблеми?

Сучасні наукові хімічні знання є підґрунтям реалістичного ставлення до навколишнього світу, в якому велике значення має взаємодія людини з різними речовинами. Істинне знання про природу речей, як у високому науковому сенсі, так і в утилітарному, дає змогу позбутися страху перед глобальними проблемами людства, розкрити шляхи запобігання їм і розв'язування, оскільки саме хімія володіє методами поліпшення екологічної ситуації, забезпечує людство матеріалами, енергією, засобами боротьби з хворобами.

Вплив хімічних знань на духовну й матеріальну культуру людства не потребує додаткової аргументації. Вивчаючи органічну хімію, ви переконалися, що ці знання використовуються в усіх наукових і технологічних галузях, уся практична діяльність людини пов'язана з використанням природних, штучних і синтетичних речовин і матеріалів, а одвічне прагнення людства до розкриття таємниці живого може здійснитися через пізнання процесів у організмах на молекулярному рівні. Усе це визначає важливу гуманістичну функцію знань з органічної хімії, їхнє місце в загальному світогляді людини, її ставленні до навколишнього світу.

- Складіть короткі висновки за матеріалами цього параграфа. Висловіть своє ставлення до викладених фактів і положень.
- Поясніть значення хімічних знань для гармонійного життя в довкіллі, для забезпечення сталого розвитку суспільства.

Нижче наведено перелік природних і синтетичних органічних продуктів (табл. 14). Складіть завдання для однокласників за її змістом.

Природні й синтетичні органічні продукти

Органічні продукти	
природні	синтетичні
Корисні копалини (нафта, природний газ, вугілля)	Пластичні маси, волокна, каучуки
Продукти рослинного походження (целюлоза, цукор, крохмаль, олії, волокна бавовни, льону, каучук)	Засоби захисту рослин Добавки до кормів для тварин Лікарські засоби Біодизель, біоетанол
Продукти планктону	Барвники Мило і мийні засоби Фотоматеріали Запашні й смакові речовини Харчові добавки



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Схарактеризуйте основні хімічні продукти, які добувають із природних джерел вуглеводнів.
2. Використовуючи маркування пластмас, визначте, з яких матеріалів виготовлено деякі ужиткові речі.
3. Схарактеризуйте значення хімічних засобів захисту рослин.
4. Що вам відомо про перспективи використання органічних речовин планктону? Підготуйте доповідь, користуючись додатковими джерелами інформації.

ВІДПОВІДІ ДО ДОДАТКОВИХ ЗАВДАНЬ

§ 7. 1. Б. 2. Б, В. 4. 2,375 м³. 5. 1 — так; 2 — ні. 6. А. 7. А, Г. 9. C₂Cl₆.

§ 8. 6. C₄H₈.

§ 9. 6. 22,4 л.

§ 10. 5. В.

§ 12. 1. А; 8. C₂H₆O.

§ 13. 5. Б.

§ 14. 4. 662 г.

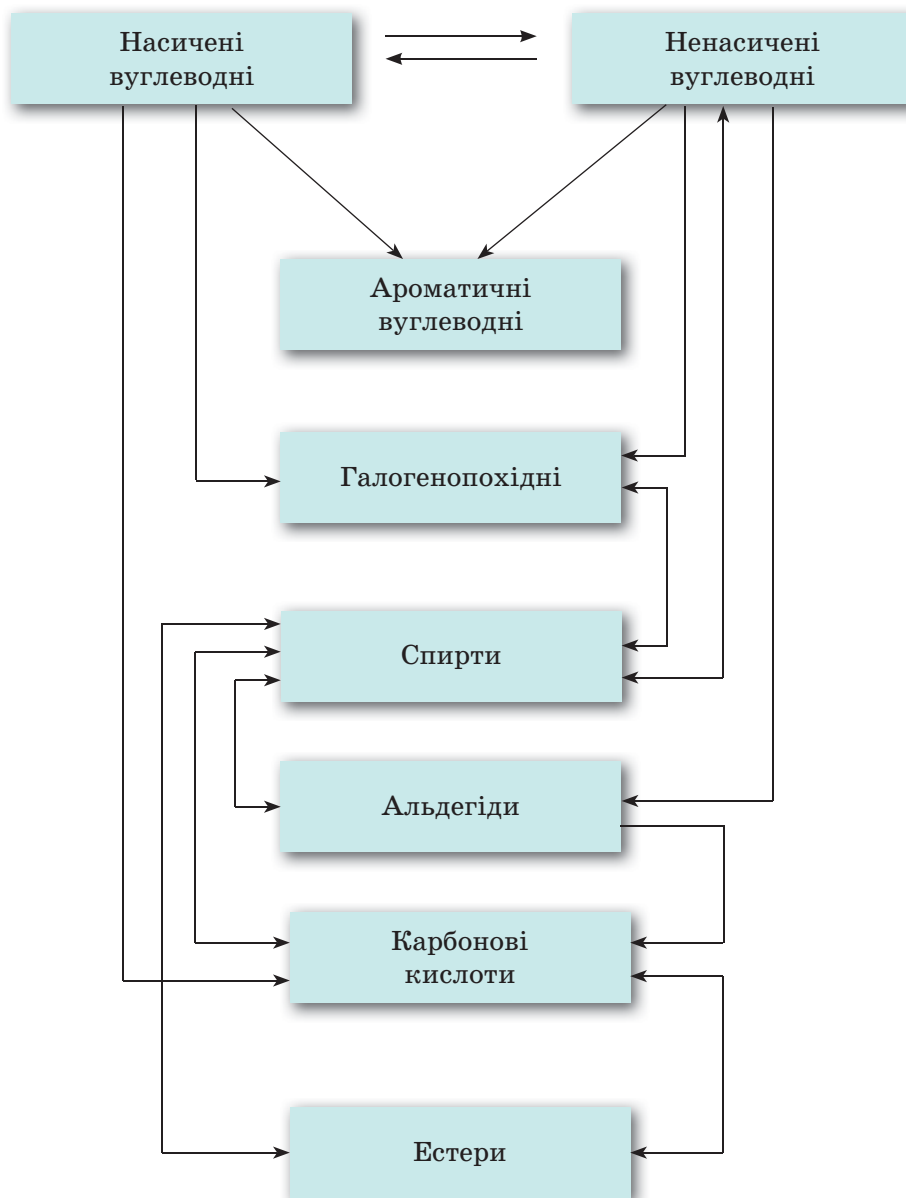
§ 15. 7. 20 %. 8. 60 л.

§ 16. 2. Г. 4. 6,05 л.

§ 18. 7. 10 %.

§ 22. 7. А. 8. 79,35 %

Зв'язки між органічними речовинами



Додаток 2

Число ізомерів алканів

Назва	Формула	Число ізомерів
Бутан	C_4H_{10}	2
Пентан	C_5H_{12}	3
Гексан	C_6H_{14}	5
Гептан	C_7H_{16}	9
Октан	C_8H_{18}	18
Нонан	C_9H_{20}	35
Декан	$C_{10}H_{22}$	75
Ундекан	$C_{11}H_{24}$	159
Додекан	$C_{12}H_{26}$	355
Тридекан	$C_{13}H_{28}$	802
Тетрадекан	$C_{14}H_{30}$	1858
Пентадекан	$C_{15}H_{32}$	4347
Ейкозан	$C_{20}H_{42}$	366 319
Пентаказан	$C_{25}H_{52}$	36 797 588
Тріаконтан	$C_{30}H_{62}$	4 111 846 763
Тетраконтан	$C_{40}H_{82}$	62 491 178 805 831

Додаток 3

Відносні молекулярні маси (округлені) деяких органічних речовин

Органічні речовини	Окремі групи атомів	—CH ₃ (15)	—C ₂ H ₅ (29)	—C ₃ H ₇ (43)	—C ₄ H ₉ (57)	—C ₅ H ₁₁ (71)	—C ₆ H ₅ (77)
Вуглеводні:							
алкани	H(l)	16	30	44	58	72	78
алкени	CH ₂ =CH—(27)	42	56	70	84	98	104
алкіни	CH≡C—(25)	40	54	68	82	96	102
Галогенопохідні вуглеводнів							
	Cl—(35,5)	50,5	64,5	78,5	92,5	106,5	112,5
	Br—(80)	95	109	123	137	151	157
	I—(127)	142	156	170	184	198	204
Ароматичні вуглеводні	C ₆ H ₅ —(77)	92	106	120	134	148	154
Спирти і феноли	OH—(17)	32	46	60	74	88	94
Етери	CH ₃ —O—(31)	46	60	74	88	102	108
	C ₂ H ₅ —O—(45)	60	74	88	102	116	122
Альдегіди	—CHO (29)	44	58	72	86	100	106
Карбонові кислоти	—COOH (45)	60	74	88	102	116	122
Нітросполуки	—NO ₂ (46)	61	75	89	103	117	123
Аміни:							
первинні	—NH ₂ (16)	31	45	59	73	87	93
вторинні	CH ₃ NH— (30)	45	59	73	87	101	107

Примітка. В дужках наведено відносні молекулярні маси алкільних та фенільної груп.

Додаток 4

РОЗЧИННІСТЬ ОСНОВ, КИСЛОТ, АМФОТЕРНИХ ГІДРОКСИДІВ І СОЛЕЙ У ВОДІ (за температури 20—25 °С)

Аніон	Катіон	H ⁺	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ag ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Hg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺
OH ⁻			р	р	р	—	м	м	р	н	н	н	н	—	н	н	н	н
F ⁻		р	м	р	р	р	м	м	м	р	р	м	р	#	м	н	м	р
Cl ⁻		р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	м	р	р	р	р	р	р
Br ⁻		р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	м	р	м	р	р	р	р
I ⁻		р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	м	—	м	р	—	р	р
S ²⁻		р	р	р	р	н	#	#	р	н	н	н	н	н	н	#	#	#
SO ₃ ²⁻		р	р	р	р	н	р	м	м	р	м	м	—	#	м	—	—	—
SO ₄ ²⁻		р	р	р	р	м	р	м	н	р	р	м	р	р	р	р	р	р
NO ₃ ⁻		р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
PO ₄ ³⁻		р	м	р	р	н	м	н	н	н	м	н	#	#	н	н	н	н
CO ₃ ²⁻		р	р	р	р	м	м	н	н	н	н	н	#	—	н	—	—	—
CH ₃ COO ⁻		р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	—	—	р

Умовні позначення:

«р» — розчинна речовина (розчинність понад 1 г речовини в 100 г води);

«м» — малорозчинна речовина (розчинність від 1 г до 0,001 г речовини в 100 г води);

«н» — практично нерозчинна речовина (розчинність менше від 0,001 г речовини в 100 г води);

«—» — речовина не існує;

«#» — речовина існує, але реагує з водою (її розчинність визначити неможливо).

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Бертло П. Е. 9	Кірсанов О. В. 10
Берцеліус Й. Я. 8	Кольбе А. 9
Бунге М.А. 84	Коновалов М. І. 10
Бутлеров О. М. 9, 10	Купер А. 10
Велер Ф. 9	Кучеров М. Г. 66
Горбачевський І. Я. 10, 102	Реформатський С. М. 10
Зелінський М. Д. 44	Фішер Е. Г. 102
Зінін М. М. 96	Франкленд Е. 10
Кекуле Ф. А. 10, 42	Шеврель М. 76
Кіпріанов А. І. 10, 97	Шилов Е. О. 10

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Алкани** 23
Алканоли 48
Алканоляти 53
Алкени 32
Алкільні замісники 25
Алкіни 37
Алкоголі 48
Альдегіди 63
Амілоза 86
Амілопектин 86
Аміни 91
Аміногрупа 91
Амінокислоти 98
Анілін 94
Арени 42
Ароматизація 44
- Барвники анілінові** 95
Бензен 42
Білки 102
— структура 103
Біогаз 29
Біотехнологія 106
Біполярний іон 100
Бутан 29
Бутанол 49
- Взаємний вплив атомів** 11, 54, 61, 94
Вітаміни 119
Волокна
— натуральні 118
— синтетичні 118
— штучні 88
Вугілля кам'яне 29
Вуглеводи 81
Вуглеводні
— ароматичні 42
— насичені 23
— ненасичені 32
Вулканізація 116
- Газ**
— природний 29
— чадний 27
- Галогенопохідні 28
Гексан 24
Гексахлоробензен 44
Гексахлороциклогексан (гексахлоран) 43
Генетичний зв'язок 122
Гептан 24
Глікоген 89
Гліцерол 57
Глюкоза 82
Група
— альдегідна 63
— аміно 90
— гідроксильна 48
— естерна 73
— карбоксильна 68
— пептидна 100
— функціональна 21
— характеристична 21
Гума 116
- Декан** 24
Декстрини 86
Денатурат 55
Денатурація 104
Детергенти 79
Димер 70
Динаміт 58
Дипептид 100
Дисоціація карбонових кислот 70
Дихлороетан 35
Дихлорометан 28
Добавки харчові 66
Довжина зв'язку 16, 18
- Ебоніт** 117
Елементи-органогени 5
Ензими (*див.* Ферменти)
Естери 73
Етан 24
Етаналь 63
Етанол (етиловий спирт) 49
Етанолят 53
Етен 32, 33
Етери 54

134

Етил 26
Етин 32, 37, 39
Ефір медичний 54

Жири

— рідкі 76
— тверді 76

Закон Бутлерова 12

Зв'язок

— водневий 50
— генетичний (*див.* Генетичний зв'язок)
— ковалентний 15
— пептидний 100
— подвійний 17
— потрійний 18
— простий 15

Ізобутан 12

Ізомери 13

Ізомерія 12

— структурна 24, 32, 37, 50

Ізопрен 116

Індиго 96

Капрон 118

Карбід 38

Каучук

— натуральний 116
— синтетичний 116

Кислота

— глюконова 83
— етанова 69
— карболова 61
— метанова 68
— олеїнова 76
— пальмітинова 76
— стеаринова 76

Клітковина 87

Крекінг 28

Крохмаль 86

Лавсан 119

Лізін 99, 101

Маргарин 77

Метан 29

Метанамін 93

Метаналь 63

Метанол 49

Метил 26

Мило 77

Нанотехнологія 125

Нафта 29

Номенклатура

— алканів 25

— алкенів 32

— алкінів 38

— альдегідів 63

— амінів 92

— амінокислот 98

— карбонових кислот 63

— спиртів 50

Нонан 24

Октан 24

Парафін 30

Парафіни 23

Патока 87

Пентан 24

Піроліз 28, 40

Пластмаси 110

— феноло-формальдегідні 113

Поліестер 118

Поліетилен 111

Полімери 109

— термопластичні 109

— термореактивні 109

Поліметилметакрилат 113

Поліпептид 100

Поліпропілен 112

Полістирол 112

Поліхлорвініл 112

Пропан 24

Пропен 33

Пропіл 26

Реакція

— бродіння 55, 83

— відновлення 82, 95

— галогенування 28

— гідратації 34, 54

- гідролізу 54, 75, 77, 84, 86, 88, 104
- гідрування 34, 77
- дегідратації 54
- дегідроциклізації 44
- дегідрування 35
- естерифікації 71, 74
- заміщення 28, 44, 58, 60
- Зініна 95
- ізомеризації 28
- Кучерова 66
- окиснення 27, 33, 38, 43, 53, 57, 64, 77, 84, 87, 93
- омилення 77
- полімеризації 35
- приєднання 34, 39, 43, 65
- розкладу 27, 88, 105
- «срібного дзеркала» 65
- Ремантадин 97

- Сажа** 27
- Сахароза 88
- Сечовина 9
- Сорбіт 82
- Спирти
 - багатоатомні 57
 - одноатомні 48
- Стереохімія 14
- Стрептоцид 96

- Структурна формула (*див.* Формула структурна)

- Теорія хімічної будови 110
- Тетрахлорометан 28
- Тефлон 113
- Тринітрогліцерол 58
- Трипептид 100
- Трихлорометан 28

- Уротропін** 66

- Фенол** 60
- Ферменти 118
- Фільєри 88
- Формалін 66
- Формула структурна 11
- Фотосинтез 82
- Фруктоза 84

- Хімічна будова** 11
- Хлоробензен 44
- Хлорометан 28
- Хлорофіл 82

- Целюлоза** 87
- Циклогексан 43
- Цукор 85

- Шовк штучний** 88

Навчальне видання

ВЕЛИЧКО Людмила Петрівна

ХІМІЯ

Рівень стандарту

Підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Редактор *С. В. Бартош*
Комп'ютерна верстка *І. А. Чурикова*
Коректор *Л. П. Лук'яненко*

Джерела ілюстрацій:

<https://thumbs.dreamstime.com>; <https://www.freestockphotos.biz>;
<https://profermu.com>; <https://www.marinetraffic.com>;
<https://www.amazon.com>; <https://bottleetc.com>; <https://www.quora.com>;
<https://tabletki.ua>; www.luontoportti.com; <https://siat-ltd.prom.ua>;
<https://elpais.com>; <https://www.neogenomica.com>; <https://www.codzienniefit.pl>;
<https://www.shutterstock.com>; <https://www.merriam-webster.com>;
<https://www.fixinglist.com>; <https://www.pinterest.com>; <https://www.clipart.com>

Підписано до друку Формат 70x100¹/₁₆.
Гарнітура Шкільна. Друк офсет. Папір офсет.
Умов.-друк. арк. Обл.-вид . арк.
Наклад 0000 пр. Зам.

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Видавництво «Педагогічна думка»
04053, м. Київ, вул. Січових Стрільців, 52-а, корп. 2
тел./факс: (044) 481-38-82, 481-38-85
book-xl@ukr.net
4813885@ukr.net
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовників
розповсюджувачів видавничої продукції
Серія ДК № 3563 від 28.08.2009