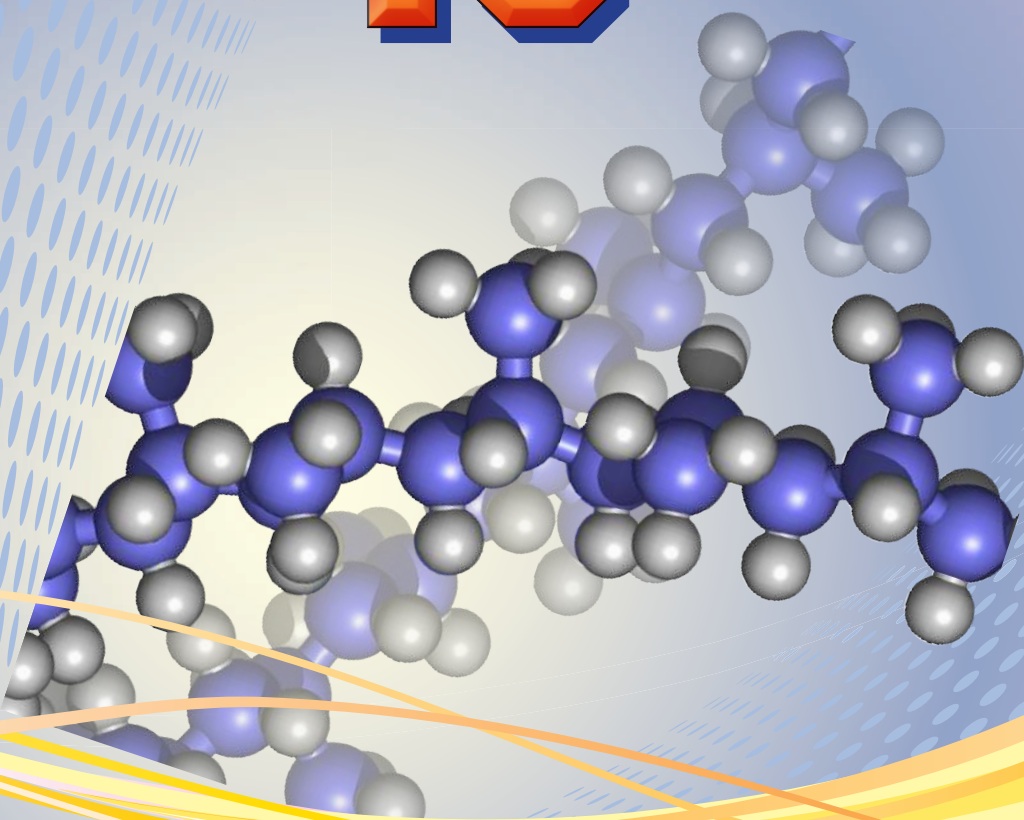


М. М. Савчин

# ХІМІЯ









# 10



Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
(наказ МОН України від 11.10.2018 № 1085)

Видано за державні кошти. Продаж заборонено.

Умовні позначення:

- |   |                                    |   |                        |
|---|------------------------------------|---|------------------------|
|  | — завдання для актуалізації знань; |  | — навчальний проект;   |
|  | — завдання для самоконтролю;       |  | — цікаво знати;        |
|  | — запам'ятайте;                    |  | — лабораторний дослід; |
|  | — підсумовуємо вивчене;            |  | — практична робота.    |

**Савчин М. М.**

С13 Хімія (рівень стандарту) : підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти / М. М. Савчин. — К. : Грамота, 2018. — 208 с., іл.

ISBN 978-966-349-677-1

Підручник створено відповідно до вимог Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти щодо навчального предмета «Хімія» та чинної програми для навчання хімії на рівні стандарту, затвердженої МОН України.

Зміст навчальних тем спрямовано на формування предметних компетентностей учнівської молоді. Методичний апарат підручника зорієнтований на вікові особливості десятикласників і передбачає різноманітні види діяльності. У змісті підручника подано відомості про будову, класифікацію, номенклатуру, гомологію та структурну ізомерію органічних речовин, зокрема вуглеводнів, оксигеновмісних і нітрогеновмісних. Розкрито їхні фізичні та хімічні властивості, застосування, причини багатоманітності й взаємозв'язки між ними.

УДК 54(075.3)

## Шановні десятикласники!

Хімія як природнича наука відіграє важливу роль у житті кожної людини й робить неоціненний внесок у навчання та розвиток особистості в старшій школі. Програмний матеріал на рівні стандарту насамперед орієнтує на формування в учнів наукової картини світу, адже світ, що нас оточує, — це світ речовин живої та неживої природи. Тому хімічні знання є складником загальної культури кожної людини, а вміння застосовувати їх у практичній діяльності визначає рівень предметної компетентності та успішної соціалізації особистості в сучасному суспільстві.

Навчання хімії на рівні стандарту має забезпечити загальноосвітню підготовку учнівської молоді, сформувані вміння пояснювати хімічні явища, робити обґрунтовані висновки, критично опрацьовувати інформацію та оцінювати вплив науки й технологій на зміну всіх сфер життя людини.

Вивчення органічної хімії в 10 класі розкриє її величезний компетентнісний потенціал, розширить набуті в 9 класі знання та поглибить уміння самостійно проводити дослідження, критично осмислювати отримані результати та застосовувати їх для пояснення багатьох явищ і процесів. Знання про органічні речовини допоможуть вам розв'язувати практичні проблеми, пов'язані з життєвими ситуаціями, забезпечать усвідомлення дбайливого ставлення до природи, її ресурсів і власного здоров'я.

За програмою 10 класу ви вивчатимете шість тем. Підручник розпочинається з короткого повторення початкових понять про органічні речовини.

Опановуючи *першу тему*, ви ознайомитеся з теорією будови органічних сполук як вищою формою наукових знань. На її положеннях ґрунтується явище ізомерії, властиве органічним сполукам.

Наступні три теми (*друга–четверта*) розширять ваші знання про класи органічних речовин, зокрема про будову їхніх молекул, взаємний вплив атомів у молекулах, причинно-наслідкові зв'язки між будовою, властивостями та застосуванням.

*П'ята тема*, присвячена синтетичним високомолекулярним речовинам і полімерним матеріалам на їх основі, розкриває вплив цих речовин на довкілля та здоров'я людини, проблеми утилізації.

У *шостій темі* ви ознайомитеся з багатоманітністю речовин, біологічно активними речовинами та взаємозв'язками між органічними речовинами, усвідомите роль органічної хімії в розв'язанні сировинної, енергетичної та продовольчої проблем і створенні нових матеріалів.

Успішно опанувати матеріал про органічні речовини, набути вмінь роботи з ними вам допоможуть демонстраційні та лабораторні досліди, виконання практичних робіт і навчальних проектів, розв'язування розрахункових та експериментальних задач. Усе це сформує системні знання про речовини, а також необхідні для подальшого навчання й життя предметні та базові компетентності.

Підручник структуровано на окремі рубрики. На початку параграфа наведено узагальнені цілі, розкрито зміст навчального матеріалу. У тексті параграфа вміщено запитання та завдання з метою діалогічної взаємодії з цим текстом, рефлексії, формування вмінь висловлювати власні судження та обґрунтовувати їх. Наприкінці кожного параграфа подано рубрики «Підсумовуємо вивчене» і «Завдання для самоконтролю», де вміщено різнорівневі завдання в порядку зростання складності.

Краще орієнтуватися в підручнику вам допоможуть умовні позначення рубрик. Щиро бажаю успіхів у навчанні!

Авторка





## ПОВТОРЕННЯ ПОЧАТКОВИХ ПОНЯТЬ ПРО ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ



### § 1. СКЛАД, ВЛАСТИВОСТІ, ЗАСТОСУВАННЯ ОКРЕМИХ ПРЕДСТАВНИКІВ ВУГЛЕВОДНІВ



Повторивши матеріал параграфа, ви зможете:

- називати десять представників насичених вуглеводнів (алканів) та окремих представників ненасичених вуглеводнів;
- складати молекулярні, структурні й напівструктурні (скорочені структурні) формули метану та дев'яти його гомологів ( $C_2H_6 - C_{10}H_{22}$ ), а також етену й етину;
- класифікувати вуглеводні за складом;
- порівнювати насичені й ненасичені вуглеводні за складом;
- обґрунтовувати застосування метану, етану, етену, етину.



Пригадайте, які речовини називають *органічними*. Чому перші представники цих сполук дістали назву «вуглеводні»?

**Гомологічний ряд насичених вуглеводнів, їхній склад.** Вивчаючи в 9 класі початкові поняття про органічні речовини, ви ознайомились із складом і будовою молекули метану та його гомологами. Вам відомо, що до складу молекули метану входять тільки два хімічні елементи — Карбон і Гідроген. Хімічна формула метану  $CH_4$ , тобто молекула метану містить один атом Карбону й чотири атоми Гідрогену. Атом Карбону, утворюючи сполуку, перебуває в збудженому стані. Саме тому він може утворити чотири ковалентні зв'язки з чотирма атомами Гідрогену. Оскільки всі валентні електрони атома Карбону беруть участь в утворенні хімічних зв'язків, метан належить до насичених вуглеводнів.

Водночас, завдяки специфічній властивості атомів Карбону сполучатися між собою з утворенням ланцюгів різної будови та складу, є й інші речовини, молекули яких містять Карбон і Гідроген.

Розглянемо *табл. 1* і пригадаємо склад, хімічні (молекулярні) формули, скорочені структурні (напівструктурні) формули, загальну формулу насичених вуглеводнів та деякі фізичні властивості насичених вуглеводнів гомологічного ряду метану, а також як змінюється їхній агрегатний стан, температури плавлення та кипіння із зростанням відносних молекулярних мас.





Таблиця 1

## Гомологічний ряд метанових вуглеводнів (алканів)

Вуглеводень	Молекулярна формула	Напівструктурна формула	Агрегатний стан	Температура, °C	
				кипіння	плавлення
Метан	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	Гази за нормальних умов	-161,5	-183
Етан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>		-88,6	-182
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>		-42,0	-188
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>		-0,5	-135
Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	Рідини	36,1	-130
Гексан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -CH <sub>3</sub>		68,7	-95
Гептан	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -CH <sub>3</sub>		98,4	-91
Октан	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -CH <sub>3</sub>		125,7	-57
Нонан	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> -CH <sub>3</sub>		150,8	-54
Декан	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> -CH <sub>3</sub>		174,1	-30
<i>Назви</i> перших чотирьох вуглеводнів склалися історично. Починаючи з пентану, назви походять від назв грецьких числівників із додаванням суфікса <b>-ан</b> .			Починаючи з <b>C<sub>16</sub>H<sub>34</sub></b> , <b>тверді речовини</b> .	<b>Температури кипіння та плавлення зростають.</b>	
<b>Загальна формула</b> C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub> .					

Розглянувши *табл. 1*, бачимо, що за складом кожний наступний член цього ряду різниться від попереднього на групу атомів **-CH<sub>2</sub>-**. Цю групу називають **гомологічною різницею**.



Складіть самостійно, скориставшись загальною формулою, формули гомологів метану, до складу яких входять: а) 7 і 9 атомів Карбону; б) 12 і 22 атоми Гідрогену.

**Склад, властивості та застосування окремих представників вуглеводнів.** Вам уже відомо, який склад мають насичені вуглеводні. Порівняємо його зі складом молекул інших, ненасичених вуглеводнів. Склад і хімічні властивості кількох їхніх представників ви вивчали в 9 класі.

Насамперед розглянемо схему неповної класифікації вуглеводнів (*рис. 1*).

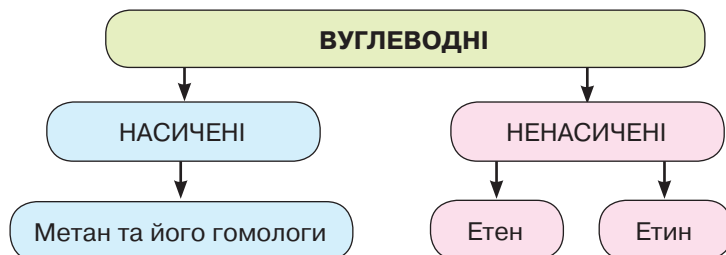


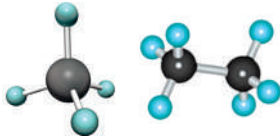


Рис. 1. Схема неповної класифікації вуглеводнів

Докладнішу інформацію про склад, властивості та застосування деяких представників насичених і ненасичених вуглеводнів отримаємо з *табл. 2* (с. 6), яка унаочнює відомості про ці речовини.





## Порівняльна характеристика окремих представників вуглеводнів

Ознаки порівняння	Назва речовини		
	Метан, етан	Етен	Етин
Модель молекули (куле-стержнева)	 метан                      етан		
Хімічний зв'язок між атомами Карбону	Одинарний	Подвійний	Потрійний
Хімічні властивості	<i>Реакції заміщення</i>	<i>Реакції приєднання</i>	
	хлорування (I стадія): <i>освітл.</i> $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ ; хлорометан  <i>освітл.</i> $\text{CH}_3-\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{Cl} + \text{HCl}$ хлороетан	реакція гідратування: $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_3$ етан  реакція бромовання: $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2\text{Br}$ 1,2-дибромоетан	I стадія $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{Br}_2 \rightarrow$ $\rightarrow \text{CHBr}=\text{CHBr}$ 1,2-дибромоетен  II стадія $\text{CHBr}=\text{CHBr} + \text{Br}_2 \rightarrow$ $\rightarrow \text{CHBr}_2-\text{CHBr}_2$ 1,1, 2,2-тетрабромоетан
	<i>Реакції горіння</i>		
	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow$ $\rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow$ $\rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow$ $\rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
Застосування	Добування галогенопохідних; як паливо в побуті та промисловості; із продуктів переробки метану — фарби, клеї, лікувальні препарати, розчинники тощо.	Для синтезу етанолу, етанової (оцтової) кислоти, поліетилену; прискорення досягання овочів і фруктів.	Для синтезу оцтової кислоти, ацетальдегіду, етанолу. Сировина для синтезу пластмас, каучуків, клеїв, розчинників; для різання та зварювання металів.
Висновок	Насичені й ненасичені вуглеводні набули широкого практичного застосування в суспільному виробництві: вони є енергетичною та сировинною базою для одержання різноманітних органічних сполук; неправильне їх використання негативно впливає на довкілля та здоров'я людей.		



## ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Метан** — найпростіший представник гомологічного ряду насичених вуглеводнів (алканів), до складу молекули якого входять один атом Карбону й чотири атоми Гідрогену.
- **Метан** утворює гомологічний ряд насичених вуглеводнів, у якому кожний наступний член цього ряду різниться за складом від попереднього на групу атомів  $-\text{CH}_2-$ ; її називають **гомологічною різницею**.





- У молекулах метанових вуглеводнів атоми Карбону сполучені **одинарним** зв'язком, а склад молекул відображає загальна формула  $C_nH_{2n+2}$ .
- **Метан, етан** та інші насичені вуглеводні вступають у **реакції заміщення** з хлором (*хлорування*) за яскравого освітлення з утворенням галогенопохідних.
- **Етен, етин** — представники ненасичених вуглеводнів, у молекулах яких наявні **подвійний** та **потрійний (кратні) зв'язки** між атомами Карбону. Як ненасичені вуглеводні вони вступають у **реакції приєднання** водню (*гідратування*) і галогенів (*галогенування*).
- Спільною хімічною властивістю насичених (метан, етан) і ненасичених (етен, етин) вуглеводнів є **реакції горіння**.
- **Насичені вуглеводні** використовують для добування галогенопохідних, виготовлення лікувальних препаратів, полімерів, як паливо, розчинники тощо.
- **Ненасичені вуглеводні (етен, етин)** теж набули широкого застосування, насамперед в органічному синтезі. Етен пришвидшує досягання оwoчів і фруктів, етин використовують для різання та зварювання металів.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Назвіть десять членів гомологічного ряду алканів ( $CH_4 - C_{10}H_{22}$ ).
2. Поясніть склад і будову молекул метану та етану. Чому їх називають насиченими вуглеводнями?
3. Порівняйте склад і будову молекул етану, етену й етину. Що в них подібне, а що — відмінне?
4. Поясніть реакції заміщення на прикладі хлорування метану й етану. За яких умов вони відбуваються?
5. Охарактеризуйте реакції приєднання водню та галогенів до ненасичених вуглеводнів. Напишіть рівняння реакцій.
6. Обчисліть і позначте кількість атомів Карбону в молекулі алкану, що містить 20 атомів Гідрогену.  
**А 10    Б 9    В 7    Г 8**
7. Установіть відповідність між формулами та назвами речовин.

<b>А</b> $C_2H_2$	<b>1</b> етен
<b>Б</b> $C_2H_6$	<b>2</b> пропан
<b>В</b> $C_2H_4$	<b>3</b> етин
<b>Г</b> $C_3H_8$	<b>4</b> етан
	<b>5</b> бутан
8. Обчисліть і позначте, у скільки разів етен важчий чи легший за повітря.

<b>А</b> легший у 0,97 раза	<b>В</b> важчий у 1,1 раза
<b>Б</b> легший у 1,97 раза	<b>Г</b> важчий у 1,15 раза
9. Обчисліть і позначте відносну густину етину за гелієм.  
**А 7,5    Б 5,5    В 6,5    Г 8,5**
10. Обчисліть і позначте, у якого з вуглеводнів — етану чи етену — масова частка Карбону більша й на скільки.

<b>А</b> в етану, на 5,1 %	<b>В</b> в етену, на 6 %
<b>Б</b> в етену, на 5,7 %	<b>Г</b> в етану, на 5,9 %





## § 2. СКЛАД, ВЛАСТИВОСТІ, ЗАСТОСУВАННЯ ПРЕДСТАВНИКІВ ОКСИГЕНОВМІСНИХ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН



Повторивши матеріал параграфу, ви зможете:

- *складати* молекулярні, структурні й напівструктурні (скорочені структурні) формули метанолу, етанолу, гліцеролу, етанової кислоти;
- *класифікувати* деяких представників оксигеновмісних органічних речовин за складом їхніх молекул;
- *характеризувати* хімічні властивості етанової кислоти та *складати* рівняння реакцій, які їх описують;
- *оцінювати вплив* алкоголю на здоров'я людини;
- *висловлювати судження* щодо необхідності знань про спирти для їх безпечного застосування.

**Представники оксигеновмісних органічних сполук.** Ви повторили склад і властивості вуглеводнів — сполук, до складу яких входять Карбон і Гідроген. Але серед органічних сполук є такі, що у своєму складі, крім цих хімічних елементів, містять Оксиген. Вони отримали загальну назву «**оксигеновмісні сполуки**». Вам уже відомі представники таких сполук: це одно- й багатоатомні спирти (рис. 2), а з кислот — етанова кислота.



Розгляньте уважно кулестержневі моделі молекул спиртів, пригадайте їхній склад і запишіть молекулярні формули цих сполук.

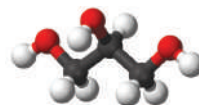
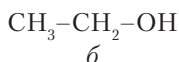
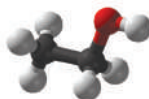
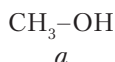
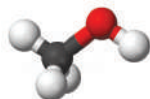


Рис. 2. Кулестержневі моделі та напівструктурні (скорочені структурні) формули молекул спиртів: *a* — метанолу; *б* — етанолу; *в* — гліцеролу

**Метанол** та **етанол** — органічні сполуки, будову молекул яких можна розглядати як похідні насичених вуглеводнів метану й етану відповідно, у молекулах яких один атом Гідрогену замінено на гідроксильну групу **-OH**.

Це **характеристична (функціональна) група** спиртів.

Спирти, молекули яких містять одну гідроксильну групу, називають **одноатомними**.

Серед спиртів немає газів. Це пояснюється наявністю полярного ковалентного зв'язку, завдяки чому між їхніми молекулами, подібно до молекул води, виникає водневий зв'язок.

Крім одноатомних є спирти, до складу молекул яких входять дві або більше гідроксильні групи. Такі спирти називають **багатоатомними**.

Вам уже відомий **гліцерол** — в'язка рідина без запаху та кольору. В'язкість його, порівняно з етанолом, зумовлена наявністю трьох гідроксильних груп







(рис. 2, в). За їхньою участю утворюється більше водневих зв'язків, ніж у молекулі етанолу. Будову молекули гліцеролу можна розглядати як похідну пропану, у молекулі якого біля кожного атома Карбону один атом Гідрогену заміщений на гідроксильну групу.

Гліцерол є солодким на смак, добре пом'якшує шкіру, має здатність вбирати воду з повітря.

Як усі органічні речовини, спирти горять з утворенням карбон(IV) оксиду й води та виділенням теплоти.



Напишіть самостійно рівняння реакцій горіння метанолу, етанолу, гліцеролу.

**Застосування метанолу, етанолу, гліцеролу.** Ознайомтеся з табл. 3. Як бачимо, представники оксигеновмісних сполук набули широкого застосування в різних галузях суспільного виробництва.

Таблиця 3

### Застосування оксигеновмісних сполук

Сфери застосування		
метанолу	етанолу	гліцеролу
1. Як паливе та як добавка до пального для двигунів внутрішнього згорання.	1. У медицині як дезінфекційний засіб. Для виготовлення лікувальних настоянок, екстрактів.	1. У косметології для виготовлення кремів, мазей, зубних паст, помад; як добавка до мила; під час процедур зволоження шкіри.
2. Виробництво лаків, фарб, формальдегідної смоли.	2. Як альтернативне джерело енергії для двигунів внутрішнього згорання.	2. У медицині як антисептик; для виготовлення нітрогліцеролу — судинорозширювального засобу.
3. Для виготовлення денатурату (додають до етанолу, щоб запобігти його споживанню).	3. Виробництво барвників, пластмас, синтетичних каучуків, оцтової кислоти та багатьох інших речовин.	3. У текстильній промисловості для надання ниткам еластичності, а в шкіряній — для вичинювання шкіри.
4. Розчинник багатьох речовин.	4. У харчовій промисловості, лабораторній практиці.	4. Для виготовлення антифризу.

**Згубна дія алкоголю на організм людини.** Етанол — спирт, який чинить наркотичну дію на організм людини. Систематичне вживання спиртних напоїв призводить до *алкоголізму* — хронічного захворювання всього організму. Етанол легко всмоктується в кров. Потрапляючи в печінку, спирт окиснюється до токсичних речовин — альдегідів, які ви вивчатимете пізніше, і виникає важка недуга — цироз (руйнування клітин печінки).

За тривалого вживання спиртних напоїв уражаються всі органи: погіршується робота нирок, нервової та серцево-судинної систем. Знижується апетит, виникають зміни в органах травлення, послаблюється увага, гальмується робота головного мозку, погіршується зір, порушується координація рухів.





Особливої шкоди алкоголь завдає здоров'ю в дитячому та підлітковому віці. Раннє вживання алкоголю знижує гостроту зору й слуху, затримує ріст і розумовий розвиток, може спричинити страшне захворювання — недокрів'я.

Запобігти цій небезпеці спроможна тільки та людина, яка усвідомила негативні наслідки вживання алкогольних напоїв, оберігає себе й своє оточення від згубної дії алкоголю, веде здоровий спосіб життя. Це допоможе вирішити дві проблеми сучасного українського суспільства: медичну й соціальну.

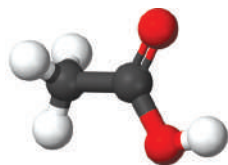


Рис. 3.  
Кулестержнева модель молекули етанової кислоти

**Етанова кислота та її фізичні властивості.** До оксигеновмісних сполук, які ви вивчали в 9 класі, належить етанова (оцтова) кислота. Її водний розчин з масовою часткою 9 % у побуті має назву «оцет».

Етанова кислота відрізняється від метанолу своєю характеристичною (функціональною) групою. Склад молекули цієї кислоти можна розглядати як похідну метану, у молекулі якого один атом Гідрогену замінений на групу атомів  $-\text{COOH}$ . Її молекулярна формула  $\text{CH}_3-\text{COOH}$ .



Розгляньте модель молекули етанової кислоти (рис. 3) і пригадайте фізичні властивості цієї сполуки.

Етанова кислота є типовим представником класу оксигеновмісних органічних речовин — одноосновних карбонових кислот. Як і в інших органічних сполуках, атом Карбону в молекулі етанової кислоти чотиривалентний.

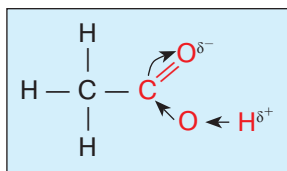


Рис. 4. Зміщення електронної густини до атома Оксигену в карбонільній групі

**Хімічні властивості етанової кислоти.** Розглянувши рис. 3, зробимо висновок, що карбоксильна група етанової кислоти містить **гідроксильну** групу  $-\text{OH}$ , яка характерна для спиртів, і **карбонільну** групу  $>\text{C}=\text{O}$ . Атом Оксигену, що входить до складу карбонільної групи, спричиняє зміщення електронної густини до нього (рис. 4).

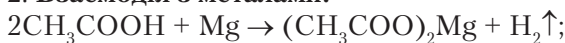
Унаслідок такого зміщення зв'язок між атомами Оксигену та Гідрогену в гідроксильній групі послаблюється. Атом Гідрогену стає рухливіший і може заміщуватися, як це відбувається в неорганічних кислотах.

Основними хімічними властивостями етанової кислоти є такі.

1. **Дія на індикатори.** Унаслідок реакції забарвлення індикаторів — лакмусу й метилового оранжевого — змінюється на червоне. Це свідчить про наявність йонів Гідрогену:

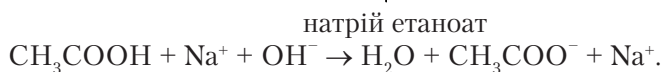
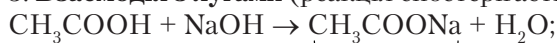


2. **Взаємодія з металами:**

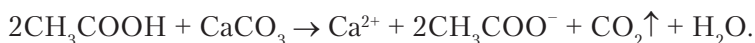




3. **Взаємодія з лугами** (реакція спостерігається в присутності фенолфталеїну):



4. **Взаємодія із солями:**



Отже, як бачимо, етанова кислота проявляє властивості, подібні до властивостей неорганічних кислот.

**Застосування етанової кислоти.** Етанова кислота набула широкого застосування в побуті та різних галузях суспільного виробництва (рис. 5).



Складіть самостійно коротку розповідь про застосування етанової кислоти, скориставшись схемою (рис. 5).

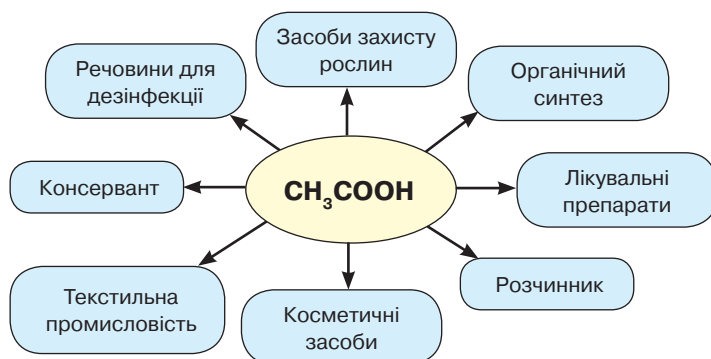


Рис. 5. Схема застосування етанової кислоти



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- У 9 класі ви вже вивчили такі оксигеновмісні речовини, як **одно- й багатоатомні спирти, етанова кислота**.
- Метанол, етанол** належать до спиртів.
- Властивості спиртів зумовлені наявністю однієї або кількох характеристичних (функціональних) **гідроксильних груп -OH**. Спирти, до складу яких входить одна гідроксильна група, називають **одноатомними**. Спирти, що містять у своєму складі дві або більше характеристичні групи, називають **багатоатомними**.
- Спирти набули широкого застосування в різних галузях суспільного виробництва.
- Етанова кислота** — представник насичених одноосновних карбонових кислот. Молекулярна формула **CH<sub>3</sub>-COOH**.
- Властивості етанової кислоти визначаються наявністю карбоксильної групи **-COOH**, яка складається з гідроксильної **-OH** і карбонільної **>C=O** груп.





- Хімічні властивості етанової кислоти подібні до загальних властивостей неорганічних кислот. Вона змінює забарвлення індикаторів, взаємодіє з активними металами, лугами, солями.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Установіть відповідність між складом і назвами характеристичних (функціональних) груп.
 

<b>A</b> $>C=O$	<b>1</b> карбоксильна
<b>Б</b> $-OH$	<b>2</b> карбонільна
<b>В</b> $-COOH$	<b>3</b> гідроксильна
	<b>4</b> альдегідна
- Установіть відповідність між формулами та назвами сполук.
 

<b>A</b> $CH_3-COOH$	<b>1</b> метанол
<b>Б</b> $C_2H_5-OH$	<b>2</b> гліцерол
<b>В</b> $C_3H_8O_3$	<b>3</b> етанова кислота
<b>Г</b> $CH_3-OH$	<b>4</b> етанол
	<b>5</b> метан
- Обчисліть і позначте масову частку Карбону в етанолі.
 

<b>A</b> 51,97 %	<b>Б</b> 52,37 %	<b>В</b> 51,2 %	<b>Г</b> 52,17 %
------------------	------------------	-----------------	------------------
- Обчисліть і позначте об'єм кисню (н. у.), що витратиться на згоряння етанолу масою 72,915 г.
 

<b>A</b> 106,52 л	<b>Б</b> 107,535 л	<b>В</b> 108,525 л	<b>Г</b> 108,01 л
-------------------	--------------------	--------------------	-------------------
- Обчисліть і позначте масу утвореного етаноату, якщо натрій гідроксид масою 12 г повністю нейтралізували етановою кислотою.
 

<b>A</b> 24,6 г	<b>Б</b> 25,8 г	<b>В</b> 22,4 г	<b>Г</b> 24,1 г
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------
- Обчисліть об'єм карбон(IV) оксиду (н. у.) і масу води, що утворяться внаслідок повної взаємодії кальцій карбонату масою 25 г з надлишком етанової кислоти.
 

<b>A</b> 2,8 л $CO_2$ ; 2,75 г $H_2O$	<b>В</b> 3,36 л $CO_2$ ; 7,35 г $H_2O$
<b>Б</b> 5,6 л $CO_2$ ; 4,5 г $H_2O$	<b>Г</b> 5,24 л $CO_2$ ; 4,35 г $H_2O$
- Обчисліть об'єм карбон(IV) оксиду (н. у.) і масу води, що утворяться за повного згоряння гліцеролу масою 27,6 г. Якій кількості речовини відповідає така маса гліцеролу?



### § 3. НІТРОГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ: АМІНОЕТАНОВА КИСЛОТА. КЛАСИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК



Повторивши матеріал параграфу, ви зможете:

- знати* склад молекули аміноетанової кислоти; характеристичні (функціональні) групи;
- складати* молекулярну, структурну й напівструктурну (скорочену структурну) формули аміноетанової кислоти;
- класифікувати* органічні сполуки за складом молекул;
- висловлювати судження* про біологічну роль амінокислот та їх застосування.





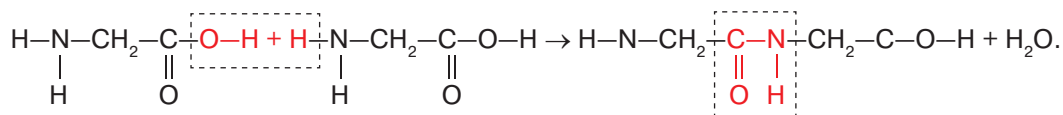
**Аміноетанова кислота.** Першим представником нітрогеновмісних органічних сполук є аміноетанова кислота. З курсу біології вам відомо, що до складу високомолекулярних природних полімерів — білків — входять залишки амінокислот. Які ж речовини належать до *амінокислот*?

У § 2 ви повторили склад етанової кислоти, деякі її властивості. Вам відомо про наявність у її молекулі характеристичної групи  $-\text{COOH}$ , яка визначає ці властивості. Якщо ж до складу вуглеводневого замісника молекули етанової кислоти  $\text{CH}_3-\text{COOH}$  увести *аміногрупу*  $-\text{NH}_2$ , то утворюється **аміноетанова кислота**. Її склад відображає формула  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ .

Характерною властивістю аміногрупи є те, що вона проявляє протилежні до карбоксильної групи властивості: перша — основні, друга — кислотні.

Речовини, які проявляють подвійну хімічну природу: при взаємодії з кислотами реагують як основи, а з лугами як кислоти, називають **амфотерними**.

Аміноетанова кислота — *амфотерна сполука*. Оскільки карбоксильна група й аміногрупа мають різну хімічну природу, вони можуть взаємодіяти між собою. Молекули аміноетанової кислоти, взаємодіючи між собою, утворюють *дипептид*:



Уперше амінокислоти в чистому вигляді виділив український учений *І. Горбачевський*. Досліджуючи склад білкових молекул, він дійшов висновку, що основними структурними компонентами білків є амінокислоти.

**Застосування амінокислот.** В організм людини ці речовини надходять з їжею. Тому важливо, щоб вона була повноцінною та містила всі потрібні організму амінокислоти. Нестача незамінних амінокислот спричиняє захворювання, пов'язані з виснаженням організму. У такому разі їх уводять безпосередньо в кров.

Амінокислоти використовують для виробництва лікувальних препаратів (зокрема, аміномасляну як транквілізатор), у тваринництві — як кормові добавки. З аміногексанової кислоти добувають синтетичне волокно капрон.

Отже, підсумовуючи вивчене вами в 9 класі, органічні речовини можна класифікувати так, як показано на *рис. 6*.

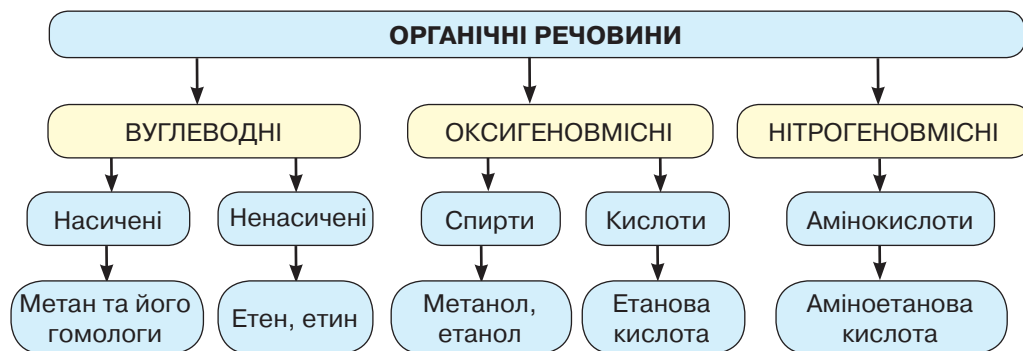


Рис. 6. Схема класифікації органічних речовин, що вивчалися в 9 класі





### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- До нітрогеновмісних органічних сполук належить аміноетанова кислота, склад якої відображає формула  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ .
- Молекула аміноетанової кислоти містить дві протилежні за хімічною природою групи атомів: аміногрупу  $-\text{NH}_2$  і карбоксильну  $-\text{COOH}$ .
- Через наявність аміногрупи аміноетанова кислота проявляє основні властивості, а наявність карбоксильної групи зумовлює кислотні. Речовини, які проявляють таку подвійну хімічну природу, називають **амфотерними**. Аміноетанова кислота — **амфотерна сполука**.
- Карбоксильні й аміногрупи різних молекул можуть взаємодіяти між собою з утворенням **пептидних зв'язків** (пептидних груп).
- Молекули амінокислот, взаємодіючи між собою, утворюють **пептиди**.
- Український учений І. Горбачевський уперше виявив, що до складу білкових молекул входять залишки молекул амінокислот.
- Класифікацію вивчених вами сполук зображено на *рис. 6 (с. 13)*.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Установіть відповідність між складом і назвами характеристичних (функціональних) груп.
 

<b>А</b> $-\text{NH}_2$	<b>1</b> карбоксильна
<b>Б</b> $-\text{OH}$	<b>2</b> карбонільна
<b>В</b> $>\text{C}=\text{O}$	<b>3</b> гідроксильна
<b>Г</b> $-\text{COOH}$	<b>4</b> аміногрупа
	<b>5</b> альдегідна
- Установіть відповідність між формулами та назвами сполук.
 

<b>А</b> $\text{CH}_3-\text{OH}$	<b>1</b> етанова кислота
<b>Б</b> $\text{CH}_3-\text{COOH}$	<b>2</b> гліцерол
<b>В</b> $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	<b>3</b> аміноетанова кислота
<b>Г</b> $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	<b>4</b> метанол
	<b>5</b> метанова кислота
- Складіть рівняння реакцій за схемою, назвіть продукти реакцій.
 
$$\text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow (-\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5-)_n$$

$$\downarrow$$

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$$
- Обчисліть і позначте масову частку Нітрогену в аміноетановій кислоті.
 

<b>А</b> 19,97 %	<b>Б</b> 18,67 %	<b>В</b> 18,25 %	<b>Г</b> 19,37 %
------------------	------------------	------------------	------------------
- Напишіть рівняння утворення трипептиду аміноетанової кислоти, позначте пептидний зв'язок.
- Аміноетанову кислоту добувають під час взаємодії хлороетанової кислоти з амоніаком, що відбувається за таким рівнянням:  $\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{COOH} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH} + \text{HCl}$ . Обчисліть масу аміноетанової кислоти, якщо в реакцію вступив амоніак (н. у.) об'ємом 8,96 л. Яка маса хлороетанової кислоти витратилася?





#### § 4. ТЕОРІЯ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК. ЯВИЩЕ ІЗОМЕРІЇ. ІЗОМЕРИ



Вивчивши матеріал параграфу, ви зможете:

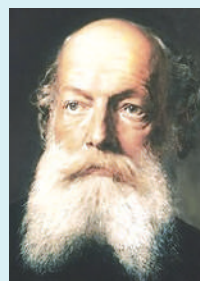
- *характеризувати* суть теорії будови органічних речовин;
- *пояснювати* суть явища ізомерії; залежність властивостей речовин від складу та хімічної будови їхніх молекул на основі положень теорії будови органічних сполук;
- *висловлювати судження* щодо значення теорії будови органічних сполук;
- *робити висновки* про багатоманітність органічних сполук.

**СТВОРЕННЯ ТЕОРІЇ ХІМІЧНОЇ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК.** На початку XIX ст. стрімкого розвитку як окрема галузь науки набула органічна хімія. Це було спричинено вимогами виробництва й зумовило безліч наукових відкриттів. Серед них — уведення поняття «валентність». Учені робили спроби визначити валентність багатьох хімічних елементів. Тоді ж уперше німецький учений *Ф. А. Кекуле* встановив, що Карбон може проявляти чотиривалентність.

Однак у багатьох органічних речовин чотиривалентність Карбону не обчислювалась. Наприклад, якщо в метану  $\text{CH}_4$  Карбон проявляє валентність чотири, то в наступного представника гомологічного ряду метану — етану  $\text{C}_2\text{H}_6$  на два атоми Карбону припадає шість атомів Гідрогену, тобто валентність Карбону має дорівнювати трьом. А в пропану  $\text{C}_3\text{H}_8$  вона обчислюється дробовим числом.

Крім зазначених непорозумінь із валентністю Карбону, учені відкрили чимало сполук з однаковим якісним і кількісним складом молекул, але з різними властивостями, проте причина такого явища залишалася невідомою. Тогочасні теорії не могли пояснити виниклих суперечностей.

**Кекуле Фрідріх Август** (1829–1896) — німецький учений-хімік, праці якого сприяли становленню основ органічної хімії. Прослухав курс лекцій з хімії у Ю. фон Лібіха. Продовжив навчання в Парижі в Ж. Дюма, Ш. А. Вюрца, Ш. Ф. Жерара. Повернувшись у 1856 р. до Німеччини, заснував хімічну лабораторію. Працював у Гейдельберзькому, Гентському та Боннському університетах, займався педагогічною діяльністю. Висловив думку про чотиривалентність Карбону та здатність його молекул сполучатися між собою, утворюючи ланцюги. Запропонував циклічну формулу бензену. Синтезував багато органічних сполук.





**Бутлеров Олександр Михайлович** (1828–1886) — російський учений-хімік. Закінчив Казанський університет і працював у ньому до 1868 р. З 1869 р. — професор Петербурзького університету, з 1874 р. — академік Петербурзької академії наук.

Розробив теорію хімічної будови органічних речовин, яка пояснила явище ізомерії та багатоманітність органічних сполук. Синтезував уротропін. Уперше добув цукристу речовину та полімер формальдегіду.

Створена ним теорія хімічної будови речовин не втратила своєї значущості й дотепер.

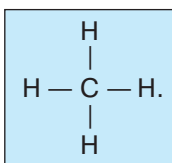
Проаналізувавши нагромаджені факти, російський учений *О. Бутлеров* дійшов висновку, що пояснення необхідно шукати у внутрішній будові молекул речовин. Він висловив припущення, що атоми в молекулах мають сполучатися в певній послідовності відповідно до їхньої валентності й що від хімічної будови речовини будуть залежати її властивості.

Свої міркування *О. Бутлеров* задекларував на з'їзді німецьких природодослідників і лікарів у вересні 1861 р. в доповіді «Про хімічну будову речовини», де сформулював два положення **теорії будови органічних сполук**:

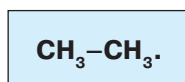
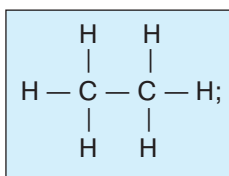
1. Атоми в молекулах розміщуються не безладно, а в певній послідовності, відповідно до їхньої валентності.
2. Властивості речовин залежать не тільки від якісного та кількісного складу молекул, а й від їхньої хімічної будови.

У другому положенні акцентується увага на взаємозв'язку між складом, будовою та властивостями речовин.

**Пояснення основних положень теорії будови органічних сполук.** Вам уже відомо, що в молекулі метану всі чотири валентні електрони атома Карбону утворюють хімічні зв'язки з чотирма атомами Гідрогену. Структурною формулою це зображається так:



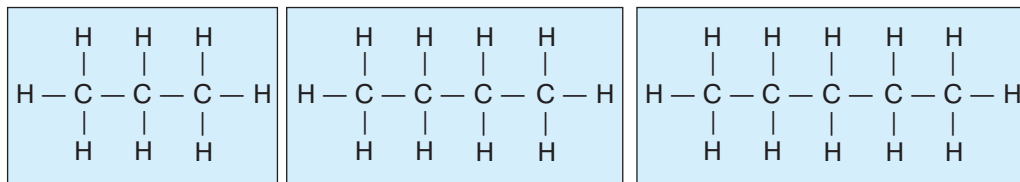
Щоб у молекулі етану  $\text{C}_2\text{H}_6$  зберігалася чотиривалентність Карбону, очевидно, ці атоми мають сполучатися між собою. Тому кожен атом Карбону віддає по одному електрону на утворення зв'язку з іншим атомом Карбону, а три інші електрони утворюють зв'язки з Гідрогеном. Структурна й напівструктурна (скорочена структурна) формули етану відповідно будуть такими:







У наступних членів гомологічного ряду атоми Карбону витрачатимуть по два електрони на утворення зв'язків між собою, крім крайніх, унаслідок чого карбоновий ланцюг довшатиме. Послідовність сполучення атомів у молекулах пропану  $C_3H_8$ , бутану  $C_4H_{10}$  і пентану  $C_5H_{12}$  зображають структурні формули відповідно:



Визначте самостійно, чи порушено валентність атома Карбону в молекулах цих вуглеводнів. Складіть напівструктурні формули.

Очевидно, що Карбон в усіх вуглеводнях залишається чотиривалентним.

Друге запитання, яке може виникнути: чому члени гомологічного ряду метану різняться за складом молекул на гомологічну різницю  $-CH_2-$ ?

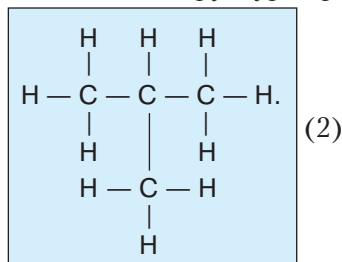
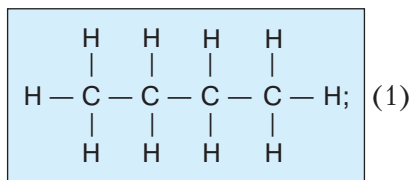
Відповідь на це запитання полягає в тому, що під час переходу від одного вуглеводню гомологічного ряду до наступного карбоновий ланцюг довшіє на групу атомів  $-CH_2-$ . Саме ця закономірність є причиною великої різноманітності органічних сполук. Зі структурних формул бачимо, що атоми Карбону повністю використовують усі валентні електрони на утворення зв'язків між собою та з атомами Гідрогену. Вони не можуть приєднувати більше атомів Гідрогену чи атомів інших елементів. Звідси й назва цих сполук «**насичені вуглеводні**». З курсу хімії 9 класу вам уже відомо, що метан й етан, крім реакцій горіння та термічного розкладу, вступають тільки в реакції заміщення, тобто речовини, які мають подібну будову, виявляють подібні властивості.



Речовини, що подібні за будовою та властивостями, але відрізняються одна від одної за складом молекул на одну або кілька груп атомів  $-CH_2-$ , називають **гомологами**.

Як же тепер пояснити наявність речовин з однаковим складом молекул, але різними властивостями?

**Явище ізомерії. ІЗОМЕРИ.** Щоб відповісти на це запитання, знову звернімося до порядку сполучення атомів у молекулах органічних сполук. О. Бутлеров дійшов висновку, що, починаючи з четвертого представника насичених вуглеводнів — бутану, атоми Карбону можуть утворювати різні ланцюги: нерозгалужений (1) і розгалужений (2). Наприклад, запишемо їхні структурні формули:





Складіть напівструктурні (скорочені структурні) формули двох ізомерів бутану.

Для підтвердження правильності теоретичних положень учений синтезував бутан, карбоновий ланцюг якого мав розгалужену структуру. Досліджуючи властивості бутану з розгалуженим карбоновим ланцюгом, він установив, що хоча склад молекули цієї речовини був такий самий, проте вона мала нижчу температуру кипіння. Щоб розрізнити ці дві сполуки, другу з них назвали **ізобутаном** (від грецьк. *ізос* — однаковий).

Явище існування речовин з однаковим складом молекул, але різною будовою атомів дістало назву «явище **ізомерії**».



Речовини з однаковим складом молекул, але різною хімічною будовою, а отже, і різними властивостями, називають **ізомерами**.



Розгляньте самостійно, які ізомери може утворювати пентан  $C_5H_{12}$  крім ізомеру з нерозгалуженим карбоновим ланцюгом. Напишіть структурні формули хімічної будови їхніх молекул.

Саме відкриття явища ізомерії та існування ізомерів дало змогу пояснити, чому органічних речовин є значно більше, ніж неорганічних.

**Значення теорії будови органічних сполук.** Теорія будови органічних сполук залишається актуальною й нині. Вона пояснила факти, які на той час не були підтверджені наукою, і стала ключем до з'ясування суті будови органічних речовин і взаємозв'язків, що утворюються між їхнім складом, будовою та властивостями. Це дало поштовх до розвитку органічної хімії як науки.

Дещо пізніше було досліджено, що явище ізомерії властиве й неорганічним речовинам, а взаємозв'язок між складом, будовою та властивостями поширюється на всі хімічні сполуки.

Положення теорії будови органічних сполук про взаємозв'язок складу, будови та властивостей речовин застосовують у виробничій практиці для створення нових речовин із певними характеристиками.



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- У першій половині XIX ст. відкрито й досліджено чимало речовин, існування яких неможливо було пояснити відомими на той час теоріями.
- Наукове обґрунтування нагромадженим фактам дала створена О. Бутлеровим теорія будови органічних сполук.
- **Основні положення теорії:** 1. Атоми в молекулах розміщуються не безладно, а в певній послідовності, відповідно до їхньої валентності. 2. Властивості речовин залежать не тільки від якісного та кількісного складу молекул, а й від їхньої хімічної будови.
- Властивості речовин взаємопов'язані з будовою та складом молекул.
- Явище утворення речовин з однаковим складом молекул, але різною будовою атомів дістало назву «явище **ізомерії**».
- Речовини з однаковим складом молекул, але різною хімічною будовою, а отже, і різними властивостями, називають **ізомерами**.





- Теорія будови органічних сполук має велике значення й не втратила актуальності дотепер. Вона сприяла розвитку органічної хімії як науки та дала поштовх до створення нових речовин із певними характеристиками.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть, які факти викликали сумнів щодо чотиривалентності атомів Карбону в органічних сполуках.
2. Сформулюйте визначення: а) положень теорії будови органічних сполук; б) явища ізомерії; в) поняття «ізомери».
3. Визначте, які з речовин, поданих формулами, належать до гомологів метану:  $C_3H_6$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_5H_{12}$ ,  $C_7H_{14}$ ,  $C_9H_{16}$ ,  $C_8H_{18}$ ,  $C_{10}H_{22}$ ,  $C_3H_8$ ,  $C_2H_2$ . Відповідь обґрунтуйте.
4. Напишіть структурні формули трьох ізомерів пентану й поясніть, чим вони подібні та чим відрізняються одна від одної.
5. Під час горіння етану утворився карбон(IV) оксид об'ємом 3,36 л. Обчисліть об'єм кисню (н. у.), що витратився під час реакції. Якій кількості речовини відповідає такий об'єм?
6. У складі насиченого вуглеводню міститься 16 атомів Гідрогену. Визначте формулу цієї сполуки й обчисліть, яка маса вуглеводню згоріла, якщо утворився карбон(IV) оксид кількістю речовини 3,5 моль.
7. Обчисліть об'ємні частки газів у суміші етану з етеном об'ємом 25,4 л (н. у.), якщо під час пропускання суміші крізь бромну воду в реакцію вступив бром масою 120 г.



## § 5. КОВАЛЕНТНІ КАРБОН-КАРБОНОВІ ЗВ'ЯЗКИ В МОЛЕКУЛАХ ОРГАНІЧНИХ СПЛУК. КЛАСИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ СПЛУК



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *пояснювати* утворення одинарних, подвійних і потрійних зв'язків у молекулах органічних речовин;
- *розрізняти* органічні сполуки за якісним складом;
- *наводити приклади* органічних сполук з простими, подвійними, потрійними карбон-карбоновими зв'язками;
- *робити висновки* про багатоманітність органічних сполук.

**Одинарні (прості) ковалентні карбон-карбонові зв'язки.** З курсу хімії 8 класу вам відомо, що між атомами в молекулах речовин, до складу яких входять неметалічні елементи, утворюється ковалентний зв'язок.



Пригадайте, який зв'язок називають *ковалентним*.

Отже, спільні електронні пари утворюються між атомами, які мають неспарені електрони на зовнішньому енергетичному рівні внаслідок взаємного притягування їхніми ядрами електронів інших атомів.

В атома Карбону на зовнішньому енергетичному рівні наявні чотири електрони. Орбіталі цих електронів розміщуються під кутом  $109,5^\circ$ , тобто вони спря-



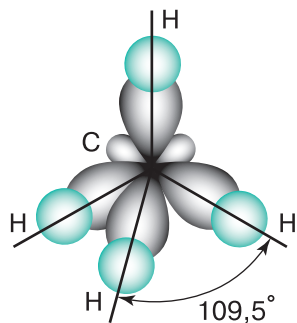


Рис. 7. Розміщення електронних орбіталей у просторі

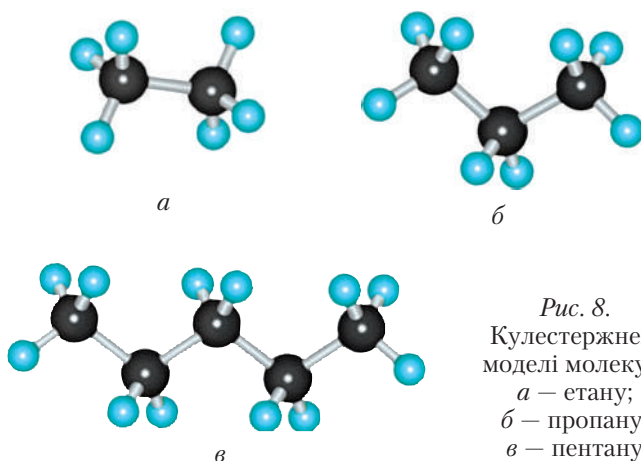


Рис. 8. Кулестержневі моделі молекул:  
а – етану;  
б – пропану;  
в – пентану

мовані до вершин тетраедра (рис. 7). Тому молекула метану має форму правильної трикутної піраміди. Однак уже в другого вуглеводню гомологічного ряду насичених вуглеводнів (алканів) хімічні зв'язки утворюються не тільки між атомами Карбону та Гідрогену, а й між самими атомами Карбону. Оскільки кут між орбіталями не змінюється, то зв'язки утворюються в напрямі до вершин тетраедра. У цьому ви переконалися, моделюючи молекули насичених вуглеводнів. Про це свідчать і кулестержневі моделі молекул (рис. 8).

Між атомами Карбону виникає ковалентний зв'язок на основі спільної електронної пари. Такий зв'язок називають **простим (одинарним)**. Довжина одинарного зв'язку становить 0,154 нм. За наявності одинарного зв'язку відбувається вільне обертання атомів навколо нього. Такі самі ковалентні зв'язки виникають між атомами Карбону в ізомерах насичених вуглеводнів.



Розгляньте моделі молекул насичених вуглеводнів та їхніх ізомерів у 3D-проектванні. Зробіть висновок про хімічні зв'язки між атомами Карбону.

**Кратні (подвійні, потрійні) ковалентні карбон-карбонові зв'язки.** Вивчаючи будову молекул ненасичених вуглеводнів етену (етилену) та етину (ацетилену), ви дізналися, що між атомами Карбону можуть виникати подвійні й потрійні зв'язки. Очевидно, що на утворення **подвійного зв'язку** в молекулі етену атоми Карбону витрачають по два валентні електрони. Дослідженнями встановлено, що природа цих зв'язків є різною.

За наявності подвійного зв'язку змінюється геометрія молекули, тобто змінюється кут, під яким розміщуються атоми Карбону й Гідрогену. Він становить 120°. Відповідно довжина карбон-карбонового зв'язку зменшується до 0,134 нм. У разі утворення подвійного зв'язку вільне обертання атомів Карбону не відбувається (рис. 9). Молекула плоска, тобто всі атоми розміщені в одній площині. Модель молекули етену зображено на рис. 10.

У молекулі етину (ацетилену) між атомами Карбону — **потрійний зв'язок**. Це означає, що кожний атом Карбону витрачає по три валентні електрони на утворення зв'язку з іншим атомом Карбону. Валентний кут становить 180°, а довжина



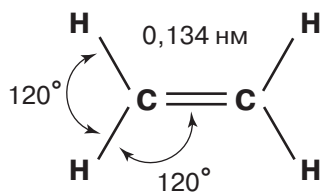


Рис. 9. Геометрія молекули етену

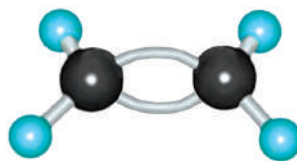


Рис. 10. Кулестержнева модель молекули етену

карбон-карбонів зв'язку зменшується до 0,120 нм. Молекула лінійна. Геометрію молекули етину показано на рис. 11, а кулестержневу модель — на рис. 12.

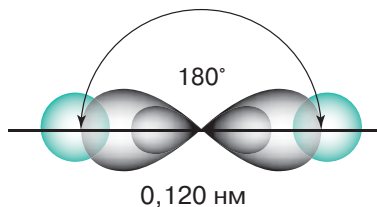


Рис. 11. Геометрія молекули етину



Рис. 12. Кулестержнева модель молекули етину

**Класифікація органічних речовин.** Підсумовуючи матеріал, вивчений у 9 класі, ви вже класифікували відомі вам органічні речовини (див. рис. 6, с. 13). Однак ними органічна хімія не обмежується. Тому доповнимо схему класифікації тими речовинами, які ви вивчатимете в цьому навчальному році (рис. 13).

Самі назви цих сполук характеризують їхній склад. До складу молекул вуглеводнів входять два хімічні елементи: Карбон і Гідроген. Назва «оксигеновмісні» говорить про те, що в складі цих сполук, крім Карбону та Гідрогену, наявні атоми Оксигену. Так само назва «нітрогеновмісні» свідчить про наявність атомів Нітрогену. Наприклад:  $C_5H_{12}$  — вуглеводень,  $CH_3-OH$  — метанол,  $H_2N-CH_2-COOH$  — аміноетанова кислота.

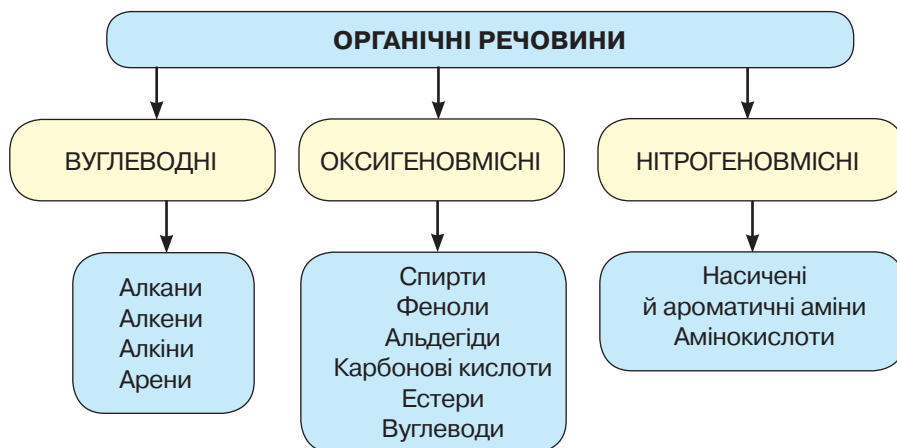


Рис. 13. Схема класифікації органічних сполук





### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- У молекулах органічних речовин між атомами Карбону утворюються ковалентні зв'язки, природа яких є різною.
- **Простий (одинарний) ковалентний зв'язок** виникає між атомами Карбону, які віддають по одному валентному електрону на його утворення. **Довжина** цього зв'язку становить **0,154 нм**, валентний кут дорівнює  $109,5^\circ$ . Орбітали валентних електронів спрямовані до вершин тетраедра.
- **Подвійний ковалентний зв'язок** виникає між атомами Карбону, які на утворення зв'язку витрачають по два валентні електрони. **Довжина** такого зв'язку, якщо порівняти з одинарним, є меншою і становить **0,134 нм**, валентний кут дорівнює  $120^\circ$ . Орбітали валентних електронів розміщені на одній площині. Молекула етену плоска.
- **Потрійний ковалентний зв'язок** виникає між атомами Карбону, які на утворення зв'язку витрачають по три валентні електрони. **Довжина** такого зв'язку є ще меншою проти подвійного і становить **0,120 нм**, валентний кут дорівнює  $180^\circ$ . Молекула етину лінійна.
- У молекулах насичених вуглеводнів — одинарний ковалентний зв'язок, у молекулі етену — подвійний, етину — потрійний.
- Усі органічні речовини можна класифікувати на три великі групи: вуглеводні, оксигеновмісні, нітрогеновмісні.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Охарактеризуйте карбон-карбонові зв'язки, що утворюються в молекулах органічних речовин.
2. Поясніть, чим різняться простий (одинарний), подвійний та потрійний зв'язки.
3. Наведіть приклади органічних речовин із простими (одинарними), подвійними та потрійними зв'язками.
4. Установіть відповідність між формулами речовин і належністю їх до відповідної групи органічних сполук.

<b>А</b> $\text{CH}_3\text{-COOH}$	<b>1</b> вуглеводні
<b>Б</b> $\text{CH}_3\text{-CH}_3$	<b>2</b> нітрогеновмісні
<b>В</b> $\text{H}_2\text{N-CH}_3$	<b>3</b> оксигеновмісні
5. Відносна густина пари речовини за гелієм становить 15. Визначте відносну молекулярну масу сполуки та складіть її формулу, знаючи, що речовина належить до оксигеновмісних.
6. Поясніть, як можна довести, що до складу продуктів горіння метану входять карбон(IV) оксид і вода.
7. Метан об'ємом 10 л (н. у.) повністю спалили. Обчисліть, який об'єм повітря витратився під час реакції.
8. Суміш метану з етином об'ємом 1,12 л (н. у.) пропустили крізь бромну воду. Увібрався бром масою 8 г. Обчисліть об'ємні частки речовин у суміші.
9. Суміш етану з етеном, у якій масова частка етену становить 0,2, повністю спалили. Обчисліть об'єм утвореного карбон(IV) оксиду (н. у.).





## § 6. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЗАДАЧ НА ВИВЕДЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФОРМУЛИ РЕЧОВИНИ ЗА МАСОВИМИ ЧАСТКАМИ ЕЛЕМЕНТІВ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *обчислювати* склад молекули та виводити молекулярні формули речовин за масовими частками хімічних елементів.

Вивчаючи хімію в 7 класі, ви ознайомилися з поняттям «масова частка елемента» та на основі цього поняття обчислювали масові частки хімічних елементів у складі різних речовин.



Пригадайте, що таке *масова частка елемента* в складі речовини та запишіть формулу, за якою її можна обчислити.

Із формули (1), що математично виражає масову частку елемента, виводимо формулу (2) для обчислення кількості атомів кожного елемента в сполуці:

$$w(E) = \frac{nA_r}{M_r} \cdot 100\%, \quad (1)$$

$$n = \frac{w(E) \cdot M_r}{A_r}, \quad (2)$$

де  $w(E)$  — масова частка елемента;  $n$  — кількість атомів елемента;  $A_r$  — відносна атомна маса елемента;  $M_r$  — відносна молекулярна маса.

Поняття «масова частка елемента» використовують також і для виведення молекулярної формули речовини. Розглянемо це на прикладі.

**Задача 1.** До складу органічної речовини входять атоми Карбону, масова частка яких становить 75 %, а решта — Гідроген. Виведіть молекулярну формулу речовини.

*Відомо:*

$$w(\text{C}) = 75\%$$

$$w(\text{H}) = ?$$

$$\text{C}_x\text{H}_y = ?$$

*Розв'язання*

1. Нехай кількість атомів Карбону в сполуці дорівнює  $x$ , а Гідрогену —  $y$ .

2. Знаходимо масову частку Гідрогену:  $100\% - 75\% = 25\%$ .

3. У 100 г такої речовини маса атомів Карбону становить 75 г, атомів Гідрогену — 25 г. Знаходимо кількість атомів Карбону та Гідрогену в складі речовини:

$$n(\text{C}) = \frac{75}{12} = 6,25; \quad n(\text{H}) = \frac{25}{1} = 25. \quad \text{Звідси } x : y = 6,25 : 25.$$

4. Якщо співвідношення між атомами виражене не цілими, а дробовими числами, то вважаємо, що менше число дорівнює одиниці, а більше число ділимо на нього. Тоді

$$x : y = \frac{6,25}{6,25} : \frac{25}{6,25}; \quad x : y = 1 : 4.$$

Отже, молекулярна формула речовини  $\text{CH}_4$ .

*Відповідь:* формула речовини  $\text{CH}_4$ .





**Задача 2.** Вуглеводень містить у своєму складі Карбон, масова частка якого становить 80 %, і Гідроген. Відносна густина вуглеводню за гелієм дорівнює 7,5. Виведіть молекулярну формулу речовини.

Відомо:  
 $w(\text{C}) = 80 \%$   
 $D_{\text{He}} = 7,5$   
 $\text{C}_x\text{H}_y - ?$

Розв'язання

**Перший спосіб**

1. Нехай кількість атомів Карбону в сполуці дорівнює  $x$ , а Гідрогену —  $y$ .

2. Знаходимо масову частку Гідрогену в сполуці:  
 $100 \% - 80 \% = 20 \%$ .

3. У 100 г цього вуглеводню містяться атоми Карбону масою 80 г і Гідрогену масою 20 г.

4. Знаходимо кількість атомів Карбону та Гідрогену в складі речовини. Для цього їхню масу поділимо на відносні атомні маси кожного з елементів:

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

5. Знаходимо співвідношення атомів у молекулі:

$$x : y = \frac{6,6}{6,6} : \frac{20}{6,6} ; x : y = 1 : 3.$$

6. Найпростіша формула  $\text{CH}_3$ . Оскільки такої формули не існує, подвоюємо число атомів і отримуємо формулу  $\text{C}_2\text{H}_6$ .

7. Перевіримо, чи правильно виведена формула. Для цього визначимо молярну масу вуглеводню за відносною густиною:  $M(\text{C}_x\text{H}_y) = 4 \cdot 7,5 = 30$  г/моль. Таку молярну масу має етан.

*Відповідь:* формула вуглеводню  $\text{C}_2\text{H}_6$ .

**Другий спосіб**

1. Визначимо молярну масу вуглеводню за відносною густиною:  $M(\text{C}_x\text{H}_y) = 4 \cdot 7,5 = 30$  г/моль.

2. Знаходимо масову частку Гідрогену в сполуці:  
 $100 \% - 80 \% = 20 \%$ .

3. Визначаємо кількість атомів Карбону та Гідрогену в складі речовини:

$$x : y = \frac{30 \cdot 0,8}{12} : \frac{30 \cdot 0,2}{1} ; x : y = 2 : 6.$$

Отже, формула речовини  $\text{C}_2\text{H}_6$ .

*Відповідь:* формула вуглеводню  $\text{C}_2\text{H}_6$ .

Уміння розв'язувати задачі на виведення молекулярної формули речовини за масовими частками елементів має важливе значення для кожного учня (учениці). Виводячи формулу, ви визначаєте, що це за речовина, який її склад і будова, які властивості вона проявляє. Це допоможе з'ясувати, корисна чи шкід-







лива ця речовина для здоров'я людини та довкілля, як потрібно її застосовувати у власних цілях у разі потреби. Уміння проводити розрахунки та пояснювати склад і властивості речовин розвиває інтелект, мислення, а в повсякденному житті — формує підприємливість і фінансову грамотність особистості.



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- За масовою часткою хімічного елемента в складі органічної речовини можна вивести її молекулярну формулу.
- Суть розв'язання таких задач полягає в знаходженні **співвідношення атомів** у складі цієї речовини.
- Кількість атомів кожного елемента в сполуці визначають за формулою

$$n = \frac{w(E) \cdot M_r}{A_r}$$

- Уміння розв'язувати задачі має теоретичне й практичне значення.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Вуглеводень містить у своєму складі атоми Карбону, масова частка яких становить 81,82 %, і атоми Гідрогену — 18,18 %. Виведіть молекулярну формулу вуглеводню.
2. До складу органічної речовини входять атоми Карбону, масова частка яких становить 82,76 %, і Гідроген. Виведіть молекулярну формулу речовини.
3. Органічна речовина містить атоми Карбону, масова частка яких становить 83,3 %, і Гідроген. Відносна густина парів цієї речовини за воднем дорівнює 36. Виведіть молекулярну формулу речовини.
4. До складу органічної речовини входять атоми Карбону, масова частка яких становить 85,7 %, і Гідроген. Відносна густина її за гелієм дорівнює 7. Обчисліть і виведіть молекулярну формулу речовини. Назвіть речовину.
5. Органічна речовина містить атоми Карбону, масова частка яких становить 92,3 %, і Гідроген. Відносна густина її парів за аргонем дорівнює 1,95. Обчисліть і виведіть молекулярну формулу речовини.
6. До складу органічної речовини входять атоми Карбону, масова частка яких становить 92,3 %, і Гідроген. Відносна густина її за неонем дорівнює 1,3. Обчисліть і виведіть молекулярну формулу речовини. Назвіть речовину, напишіть її структурну формулу.



### НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЕКТ

- I. Оберіть самостійно тему навчального проекту з переліку тем, запропонованих програмою.
  1. *Ізмери в природі.*
  2. *Історія створення та розвитку теорії будови органічних сполук.*
  3. *3D-моделі молекул органічних сполук.*
- II. Виконайте навчальний проект в одній із відомих вам форм, спланувавши етапи його реалізації та строки виконання.
- III. Проведіть презентацію проекту.



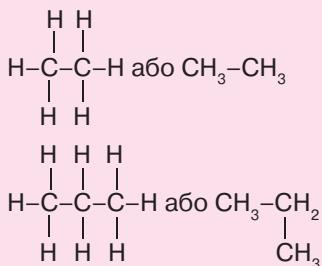


ПОВТОРЮЄМО Й УЗАГАЛЬНЮЄМО  
ТЕМУ 1 «ТЕОРІЯ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК»

ТЕОРІЯ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

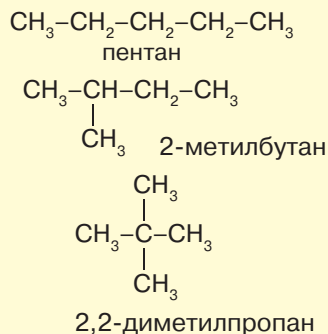
ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

1. Атоми в молекулах розміщуються не безладно, а в певній послідовності, відповідно до їхньої валентності.



Речовини, що подібні за будовою та властивостями, але відрізняються одна від одної за складом молекул на одну чи кілька груп атомів  $\text{CH}_2$ , називають **гомологами**. Групу атомів  $-\text{CH}_2-$  називають **гомологічною різницею**.

2. Властивості речовин залежать не тільки від якісного та кількісного складу молекул, а й від їхньої хімічної будови.



Речовини, що мають однаковий склад молекул, але різну хімічну будову, а отже, і різні властивості, називають **ізомерами**. Явище утворення речовин з однаковим складом молекул, але різним розміщенням атомів дістало назву «явище **ізомерії**».

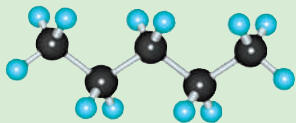
Теорія будови органічних сполук не втратила своєї актуальності й дотепер. Вона сприяла розвитку органічної хімії як науки та дала поштовх до створення нових речовин із певними характеристиками.





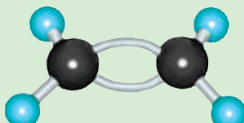
## КОВАЛЕНТНІ КАРБОН-КАРБОНОВІ ЗВ'ЯЗКИ В МОЛЕКУЛАХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Між атомами Карбону зв'язок **одинарний**.



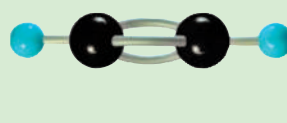
Довжина такого зв'язку становить **0,154 нм**.  
Валентний кут — **109,5°**.  
Атоми Карбону розміщуються **зигзагоподібно**.

Між атомами Карбону зв'язок **подвійний**.



Довжина такого зв'язку становить **0,134 нм**.  
Валентний кут — **120°**.  
Молекула **плоска**.

Між атомами Карбону зв'язок **потрійний**.



Довжина такого зв'язку становить **0,120 нм**.  
Валентний кут — **180°**.  
Молекула **лінійна**.

## КЛАСИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

ВУГЛЕВОДНІ

До складу молекул входять атоми Карбону та Гідрогену.

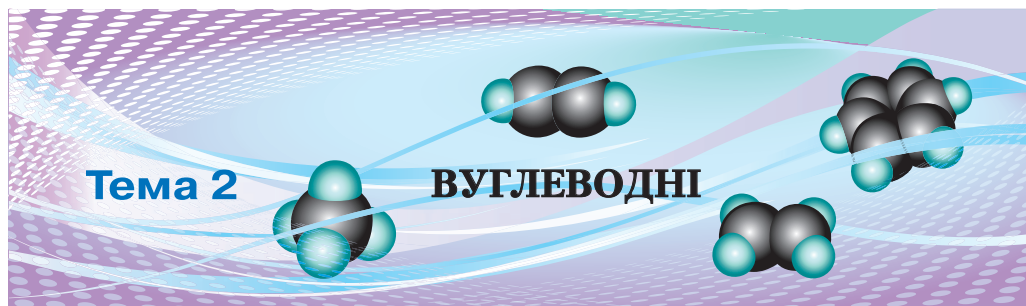
ОКСИГЕНОВМІСНІ

До складу молекул, крім атомів Карбону та Гідрогену, входять атоми Оксигену.

НІТРОГЕНОВМІСНІ

До складу молекул входять атоми Карбону, Гідрогену та Нітрогену. Також можуть бути й атоми Оксигену.





## § 7. КЛАСИФІКАЦІЯ ВУГЛЕВОДНІВ. АЛКАНИ



Вивчивши матеріал параграфу, ви зможете:

- називати алкани за систематичною номенклатурою; їх загальну формулу;
- пояснювати суть структурної ізомерії алканів;
- розпізнавати структурні ізомери певної речовини;
- складати молекулярні формули вуглеводнів на основі загальної формули; структурні формули алканів та їхніх ізомерів за молекулярною формулою сполуки; рівняння реакцій, які описують хімічні властивості алканів;
- характеризувати хімічні властивості алканів, способи їх добування;
- робити висновки про взаємозв'язок складу, хімічної будови та властивостей речовин;
- обґрунтовувати застосування вуглеводнів їхніми властивостями;
- оцінювати пожежну небезпечність вуглеводнів; екологічні наслідки порушення технологій добування й застосування вуглеводнів та їхніх похідних.

**Класифікація вуглеводнів.** Частково з класифікацією цих речовин ви вже ознайомилися. Вам відомі деякі представники насичених (такі, як метан та його гомологи) і ненасичених (етен та етин) вуглеводнів. Однак цими речовинами знання про вуглеводні не обмежуються.

Детальнішу класифікацію вуглеводнів показано на *рис. 14*. Ознайомившись із представниками цих груп вуглеводнів, ви поглибите свої знання про алкани, алкени й алкіни, довідаєтеся про склад і хімічну будову ароматичних сполук, способи їх одержання.

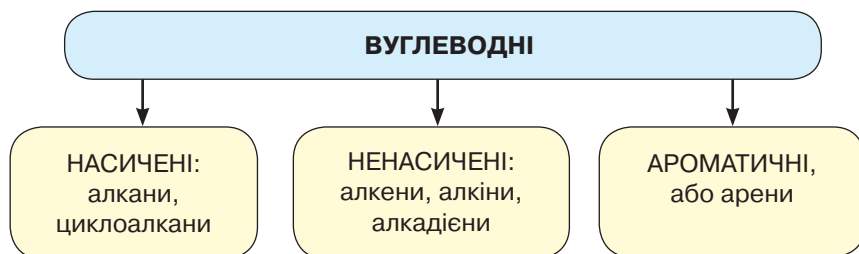


Рис. 14. Схема класифікації вуглеводнів





**Алкани, будова молекул.** Повернімося до *табл. 1* (див. с. 5) і повторімо склад відомих вам перших десяти представників насичених вуглеводнів. Інша назва цих сполук «*парафіни*». За системою міжнародних назв, тобто за міжнародною номенклатурою, їх називають *алканами*. Як бачимо з таблиці, хімічний склад насичених вуглеводнів відображає загальна формула  $C_nH_{2n+2}$ .





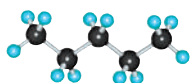


Пригадайте систему назв алканів і як розміщуються атоми Карбону в карбоновому ланцюзі. Намалуйте схематично розміщення атомів Карбону в молекулі бутану. Поясніть, чому карбоновий ланцюг зигзагоподібний.

**ІЗОМЕРІЯ.** Алканам властива *структурна ізомерія*. Починаючи з бутану, атоми Карбону в карбоновому ланцюзі можуть розміщуватися в різній послідовності (див. формули (1) і (2), с. 17).

Розглянемо кулестержневі моделі молекул ізомерів бутану й пентану (*табл. 4*).

Таблиця 4

### Моделі молекул ізомерів бутану й пентану, їхні формули та фізичні властивості

Кулестержнева модель молекул	Напівструктурна формула	Назва, фізичні властивості	Висновок
	$\begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \\ H_3C-CH_2-CH_2-CH_3 \end{array}$	бутан, $t_{\text{кип.}} = -0,5^\circ C$	Молекулярна формула, що відображає склад цих двох сполук, однакова: $C_4H_{10}$ , але послідовність сполучення атомів у молекулі різна, тобто будова й властивості сполук різні.
	$\begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ H_3C-CH-CH_3 \\   \\ CH_3 \end{array}$	ізобутан (2-метилпропан), $t_{\text{кип.}} = -11,4^\circ C$	
	$\begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 \end{array}$	пентан, $t_{\text{кип.}} = 36^\circ C$	Із збільшенням карбонового ланцюга кількість ізомерів зростає.
	$\begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \\ H_3C-CH-CH_2-CH_3 \\   \\ CH_3 \end{array}$	ізопентан (2-метилбутан), $t_{\text{кип.}} = 28^\circ C$	Є три ізомери пентану, які відрізняються порядком сполучення атомів у молекулі.
	$\begin{array}{ccc} & CH_3 & \\ &   & \\ 1 & 2 & 3 \\ H_3C-C-CH_3 \\   \\ CH_3 \end{array}$	ізопентан (2,2-диметилпропан), $t_{\text{кип.}} = 10^\circ C$	Отже, будова цих сполук різна, тому й властивості різні.



**Структурні ізомери** — це сполуки, що мають однаковий якісний та кількісний склад молекул, але відрізняються послідовністю сполучення атомів у молекулі, а отже, будовою та властивостями.

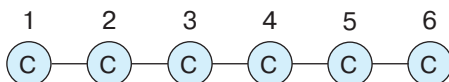




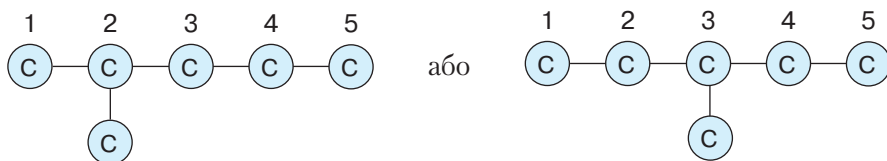
**Складання формул структурних ізомерів.** На прикладі структурних ізомерів бутану й пентану ви переконалися, що зі зростанням кількості атомів Карбону в молекулах алканів зростає кількість ізомерів. Так, декан  $C_{10}H_{22}$  має 75 ізомерів.

Розглянемо послідовність складання структурних формул ізомерів гексану, молекулярна формула якого  $C_6H_{14}$ .

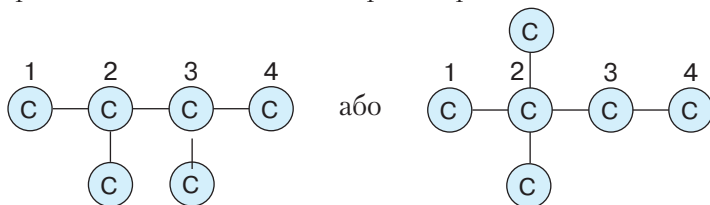
1. Запишемо карбоновий ланцюг ізомеру нерозгалуженої будови та пронумеруємо в ньому атоми Карбону:



2. Розгалузімо карбоновий ланцюг, скоротивши його на один атом Карбону та приєднавши цей атом до одного з атомів карбонового ланцюга, крім крайніх:



3. Розгалузімо карбоновий ланцюг більше, скоротивши його на два атоми Карбону, і отримаємо ще два можливі варіанти розміщення атомів:



4. Щоб скласти структурну формулу, необхідно отримані карбонові ланцюги доповнити зв'язками з атомами Гідрогену.

**СИСТЕМАТИЧНА НОМЕНКЛАТУРА АЛКАНІВ.** Одна з умов євроінтеграції хімічної науки та освіти — створення системи понятійного апарату, хімічної термінології та номенклатури. Це сприятиме кращому порозумінню вчених, підготовці конкурентоспроможних фахівців на ринку праці та одночасно засвідчить рівень української хімічної науки.

Загальноприйнятою є систематична номенклатура ІЮПАК, розроблена Міжнародною спілкою теоретичної та практичної хімії, яка містить інформацію про будову кожної речовини.

Розглянемо, як складають назви алканів (рис. 15).

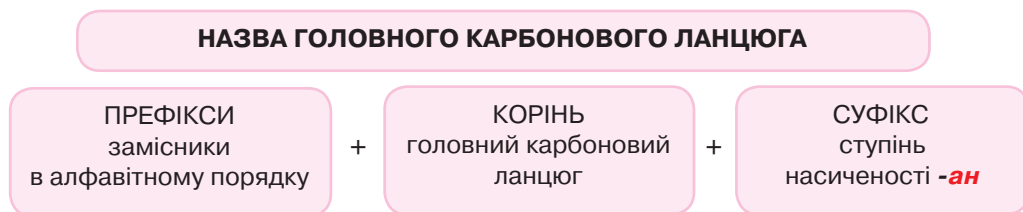


Рис. 15. Схема побудови назв алканів за систематичною номенклатурою





Щоб правильно називати ізомери, потрібно знати назви їхніх замісників.



**Замісник** — атом або група атомів, що заміщують у головному карбоновому ланцюзі один або кілька атомів Гідрогену.

Назви **алкільних замісників** утворюють заміною суфікса **-ан**, що властивий назві алкану, на суфікс **-ил (-іл)**. Приклади формул алкільних замісників та назв алканів наведено в *табл. 5*.

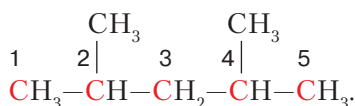
Таблиця 5

### Формули та назви алканів та алкільних замісників

Алкан		Алкільний замісник	
Формула	Назва	Формула	Назва
$\text{CH}_4$	метан	$-\text{CH}_3$	метил
$\text{C}_2\text{H}_6$	етан	$-\text{C}_2\text{H}_5$	етил
$\text{C}_3\text{H}_8$	пропан	$-\text{C}_3\text{H}_7$	пропіл
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	бутан	$-\text{C}_4\text{H}_9$	бутил

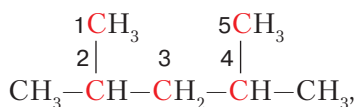
У складі вуглеводню може бути декілька однакових замісників. Їх кількість позначають префіксами **-ди**, **-три**, **-тетра** і т. ін. Зважаючи на мовні правила, якщо корінь починається приголосним, треба писати префікс **-ди** (диметил), а перед голосною **-ді** (діетил).

Утворімо назву ізомеру алкану зі структурною формулою



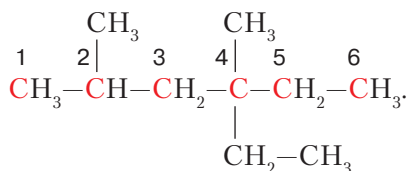
Назва цього алкану 2,4-диметилпентан.

Нумерацію можна змінити так:



але назва від цього не змінюється.

Розглянемо ще один приклад:



Назва цього алкану — 4-етил-2,4-диметилгексан.

#### Алгоритм утворення назв алканів

1. Вибираємо найдовший карбоновий ланцюг із найбільшою кількістю найпростіших розгалужень.
2. Нумеруємо атоми Карбону, починаючи з того кінця, до якого замісник розташований найближче.
3. Місце алкільних замісників позначаємо **локантами** — цифрами, що вказують положення замісників у головному карбоновому ланцюзі.
4. Назви замісників ставимо перед назвою сполуки в **алфавітному порядку**.
5. Указуємо назву алкану, що утворює найдовший карбоновий ланцюг.



Поміркуйте, як можна змінити нумерацію карбонового ланцюга, щоб назва сполуки не змінилася.





**Хімічні властивості алканів.** У 9 класі ви вже ознайомилися з деякими властивостями алканів на прикладі метану та його гомологів. Вам відомо, що алкани вступають у реакції горіння з утворенням карбон(IV) оксиду та води.



Пригадайте й напишіть самостійно рівняння реакції горіння метану та етану. Поясніть, як переконалися в утворенні продуктів повного окиснення цих сполук.

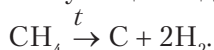
**Реакції неповного окиснення алканів.** Такі реакції відбуваються за нестачі кисню, унаслідок чого частина алкану розкладається. Залежно від кількості кисню продуктами реакції можуть бути карбон(II) оксид або навіть сажа (вуглець) і вода. Рівняння реакцій:



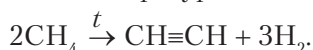
Реакцію неповного окиснення можна спостерігати на досліді.

**Дослід.** Розплавимо в порцеляновій чашці шматок стеаринової свічки та запалимо. Вміст у чашці горить, виділяючи кіптяву. Якщо внесемо в полум'я скляну пластину, вона зразу ж вкриється кіптявою.

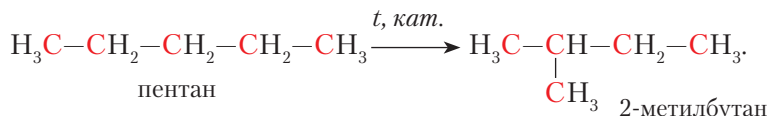
**Реакції термічного розкладу.** За високих температур (понад 1000 °С) алкани розкладаються, утворюючи вуглець і водень. Наприклад:



Якщо ж метан нагрівають до температури 1500 °С, утворюється етин:

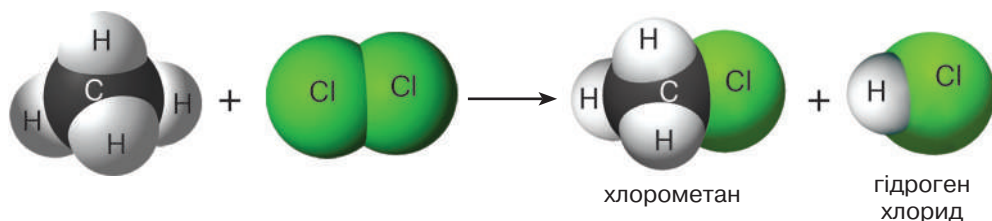


**Реакції ізомеризації.** Алкани з нерозгалуженим ланцюгом під час нагрівання та за наявності каталізаторів утворюють ізомери. Такі реакції називають **реакціями ізомеризації**. Наприклад, запишемо рівняння ізомеризації пентану:



**Реакції заміщення.** За яскравого освітлення або внаслідок нагрівання, під дією ультрафіолетових променів алкани взаємодіють із галогенами (крім йоду) з утворенням галогенопохідних. Реакції відбуваються в декілька стадій – доти, поки всі атоми Гідрогену не замістяться на атоми галогену.

Розглянемо схему хлорування метану на I стадії, зображену на *рис. 16*. Продуктами реакції є хлорометан  $\text{CH}_3\text{Cl}$  і гідроген хлорид  $\text{HCl}$ .



*Рис. 16.* Схема хлорування метану на I стадії

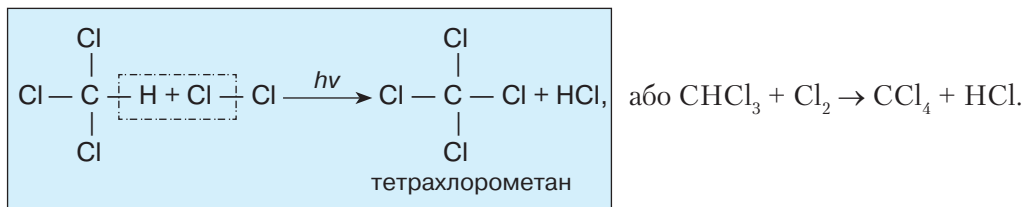
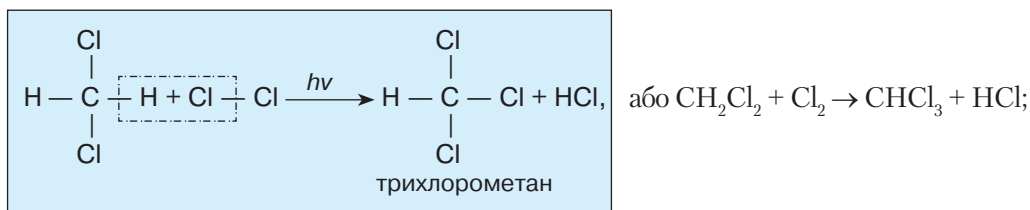
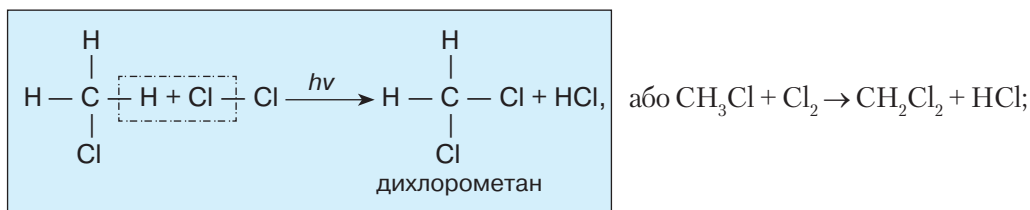






Наступні стадії реакції відбуваються поступово. Продуктом хлорування метану на II стадії є дихлорометан  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , на III – трихлорометан  $\text{CHCl}_3$  і на IV стадії – тетрахлорометан  $\text{CCl}_4$ .

Запишемо рівняння реакцій поступового хлорування метану:



Реакції взаємодії з галогенами називають **галогенуванням**, а продукти цих реакцій – **галогенопохідними** алканів.

**Відношення насичених вуглеводнів до сильних окисників, кислот і лугів.**

Щоб з'ясувати, чи взаємодіють алкани з кислотами та лугами, проведемо такі демонстраційні досліди.

**Дослід 1.** Пропустимо метан крізь розчин калій перманганату, що має фіолетове забарвлення. Колір розчину не змінюється, тобто метан не окиснюється сильними окисниками.

**Дослід 2.** Аналогічно, як і в першому досліді, пропустимо метан по чергово крізь розчини кислоти й лугу. Жодних змін не спостерігається.

Отже, можна зробити висновок, що за звичайних умов алкани не реагують із сильними окисниками, кислотами та лугами, тобто щодо цих речовин вони **хімічно інертні**.





**Добування алканів.** Джерелами вуглеводнів насиченого складу є природний та супутні нафтові гази, нафта й кам'яне вугілля.



Пригадайте з курсу хімії 9 класу, які продукти отримують унаслідок переробки природних джерел вуглеводнів та сфери їх застосування.

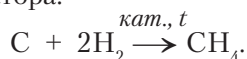
Алкани також добувають *гідруванням*, тобто приєднанням водню:



У промисловості — синтетичним способом, наприклад із синтез-газу:



або реакцією, оберненою до реакції розкладу метану, тобто нагріванням вуглецю з воднем за наявності каталізатора:



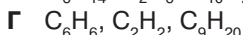
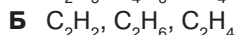
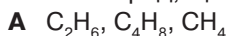
### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Вуглеводні**, які ви вивчаєте в 10 класі, класифікують на три групи: **насичені**, **ненасичені**, **ароматичні**.
- Представників насичених вуглеводнів називають **алканами**. Загальна формула алканів  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ .
- Алканам властива **структурна ізомерія**, суть якої полягає в різній послідовності розміщення атомів Карбону в карбоновому ланцюзі.
- За систематичною номенклатурою ІЮПАК назви структурних ізомерів складають так: 1) **визначають головний карбоновий ланцюг**, що є найдовшим; 2) **нумерують атоми Карбону**, починаючи з того кінця ланцюга, до якого ближче перебуває замісник; 3) перед назвою речовини **вказують локанти**, які позначають положення замісників, **їхню кількість і назву** в алфавітному порядку; 4) якщо наявні однакові замісники, застосовують множинні префікси: **-ди (-ді), -три, -тетра**; 5) вказують назву алкану, що утворює найдовший карбоновий ланцюг.
- Хімічні властивості алканів залежать від **складу їхніх молекул і хімічної будови**. Алкани проявляють такі властивості: вступають у реакції **повного й неповного окиснення, термічного розкладу, заміщення** за нагрівання до температури 250–400 °С або під впливом радіації; **стійкі** до дії сильних окисників, кислот і лугів.
- **Алкани** добувають із природної сировини: природного й супутніх нафтових газів, нафти, кам'яного вугілля. У промисловості — **гідруванням ненасичених вуглеводнів** та із **синтез-газу**.



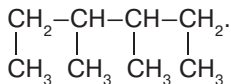
### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Визначте ряд, що містить формули тільки алканів.





2. Укажіть назву алкану, молекула якого має структурну формулу

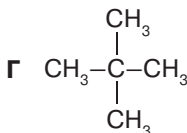
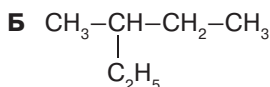
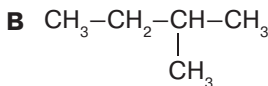
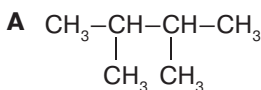


- A** 3,4-диметилгексан      **B** 1,2,3-триметилпентан  
**Б** 1,2,3,4-тетраметилбутан      **Г** октан

3. Укажіть назву алкану, структурна формула якого
- $$\begin{array}{ccccccc} \text{CH}_2 & -\text{CH}_2 & -\text{CH} & -\text{CH} & -\text{CH}_2 \\ | & & | & | & | \\ \text{CH}_3 & & \text{C}_2\text{H}_5 & \text{CH}_3 & \text{CH}_3 \end{array}$$

- A** 3-етил-1,2,5-трипентан  
**Б** 4-етил-3-метилгептан  
**B** 3,5-диметил-4-етилпентан  
**Г** 4-етил-5-метилгексан

4. Позначте два структурні ізомери речовини, формула якої  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ .



5. Визначте та складіть структурні формули трьох структурних ізомерів, густина парів яких за неонам становить 3,6.
6. Обчисліть об'єм хлору (н. у.), що прореагував із метаном масою 320 г на першій стадії хлорування. Назвіть утворені продукти реакції.
7. Октан вступив у реакцію повного окиснення, унаслідок чого утворився карбон(IV) оксид об'ємом 89,6 л (н. у.). Обчисліть масу та кількість речовини октану, що прореагував.
8. Масова частка Карбону в складі речовини — 84 %. Відносна густина її парів за киснем становить 3,125. Виведіть молекулярну формулу речовини. Напишіть скорочені структурні формули її двох найближчих гомологів і трьох структурних ізомерів, назвіть їх за систематичною номенклатурою.



### ЦІКАВО ЗНАТИ

• Французькі науковці, на замовлення групи захисту інтересів споживачів Que Choisir, провели дослідження якості гігієнічної помади. Вони встановили, що майже половина зразків містять небезпечні для здоров'я речовини. Перевірили 21 зразок бальзамів для губ різних фірм, зокрема й відомих косметичних брендів. Згідно з результатами дослідження десять із них містили канцерогенні речовини. В інших зразках гігієнічної помади виявили алкани, які, потрапляючи в організм, можуть спричинити запалення в лімфатичних вузлах і печінці (За матеріалами сайта [http://24tv.ua/zdorove\\_zhittya\\_tag5270?utm\\_source=seocopy](http://24tv.ua/zdorove_zhittya_tag5270?utm_source=seocopy)).





## § 8. АЛКЕНИ ТА АЛКІНИ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- називати алкени, алкіни та їхні ізомери за систематичною номенклатурою; загальні формули алкенів та алкінів;
- наводити приклади сполук, що мають ненасичений склад молекул; структурних формул ізомерів етену й етину;
- розпізнавати структурні ізомери етену й етину;
- складати молекулярні та структурні формули алкенів та алкінів на основі їхніх загальних формул; формули ізомерів алкенів та алкінів за молекулярною формулою сполуки; рівняння реакцій, що описують хімічні властивості етену й етину;
- характеризувати хімічні властивості алкенів та алкінів; способи їх добування;
- установлювати взаємозв'язки між складом, хімічною будовою та властивостями речовин;
- обґрунтовувати застосування алкенів та алкінів.

**Молекулярні та загальні формули алкенів й алкінів.** Ненасичені вуглеводні, так само як і метанові (насичені), здатні утворювати гомологічні ряди, де кожний наступний член ряду відрізняється від попереднього на групу атомів  $-\text{CH}_2-$ .



Пригадайте, як називають групу атомів  $-\text{CH}_2-$ .

Ознайомимося з табл. 6, де наведено назви, молекулярні та напівструктурні формули гомологів етену й етину, і порівняємо склад їхніх молекул.

Таблиця 6

Порівняльна характеристика складу молекул етенових та етинових вуглеводнів

Етенові вуглеводні			Етинові вуглеводні		
Назва	Формули		Назва	Формули	
	молекулярна	напівструктурна		молекулярна	напівструктурна
Етен	$\text{C}_2\text{H}_4$	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	Етин	$\text{C}_2\text{H}_2$	$\text{CH}\equiv\text{CH}$
Пропен	$\text{C}_3\text{H}_6$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	Пропін	$\text{C}_3\text{H}_4$	$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$
Бутен	$\text{C}_4\text{H}_8$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Бутин	$\text{C}_4\text{H}_6$	$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
Назви <b>етенових</b> вуглеводнів походять від назв алканів із заміною суфікса <b>-ан</b> на <b>-ен</b> .			Назви <b>етинових</b> вуглеводнів походять від назв алканів із заміною суфікса <b>-ан</b> на <b>-ин</b> або <b>-ін</b> .		
Загальна формула $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .			Загальна формула $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ .		





Вуглеводні із загальною формулою  $C_nH_{2n}$ , у молекулах яких між атомами Карбону є один подвійний зв'язок, називають **алкенами**.

Вуглеводні із загальною формулою  $C_nH_{2n-2}$ , у молекулах яких між атомами Карбону наявний один потрійний зв'язок, називають **алкінами**.

**СТРУКТУРНА ІЗОМЕРІЯ АЛКЕНІВ ТА АЛКІНІВ.** Алкенам й алкінам властива структурна ізомерія карбонового ланцюга та ізомерія за положенням **кратного** (подвійного або потрійного) зв'язку.

Розглянемо ці види ізомерії на прикладі пентену та пентину (рис. 17).

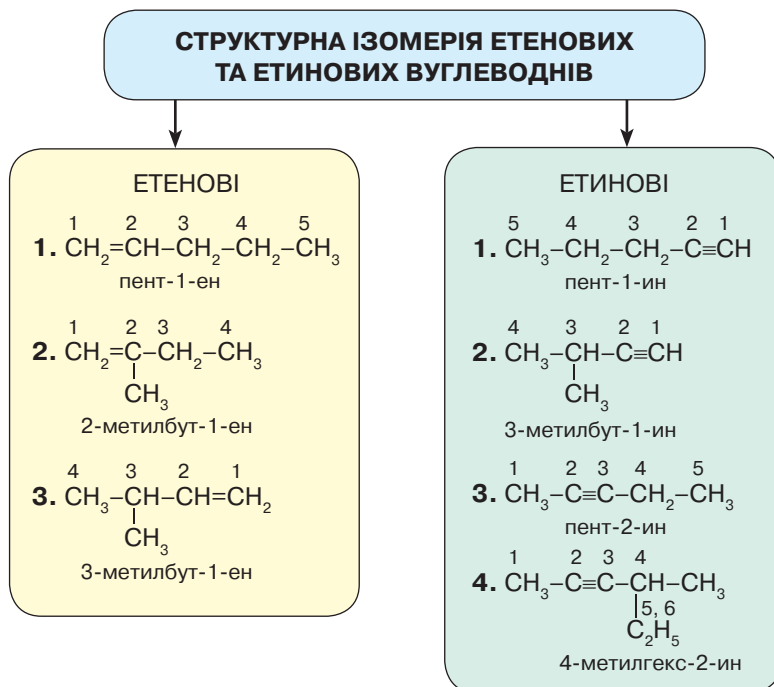


Рис. 17. Структурна ізомерія алкенів та алкінів

**АЛГОРИТМ УТВОРЕННЯ НАЗВ СТРУКТУРНИХ ІЗОМЕРІВ.** Проаналізувавши рис. 17, ви вже, мабуть, зрозуміли, як складають формули структурних ізомерів ненасичених вуглеводнів. Визначимо послідовність дій:

- 1) вибираємо за головний найдовший карбоновий ланцюг і нумеруємо атоми Карбону з того кінця, до якого ближче кратний зв'язок;
- 2) указуємо атом Карбону, біля якого є алкільний замісник, і його назву;
- 3) називаємо вуглеводень з найдовшим ланцюгом, локант, що вказує на положення кратного зв'язку, і суфікс, властивий цим вуглеводням.

**ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕТЕНУ Й ЕТИНУ.** Оскільки етен та етин є ненасиченими сполуками, вони мають подібні хімічні властивості. Щоб переконатися в цьому, ознайомимося з табл. 7 (с. 38).





Порівняльна характеристика хімічних властивостей етену та етину

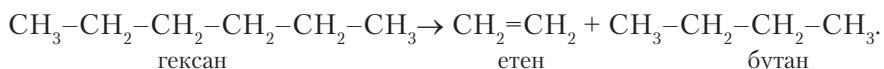
Ознаки порівняння	Етен	Етин
1. Реакція часткового окиснення	<i>За взаємодії з розчином KMnO<sub>4</sub></i>	
	$3\text{CH}_2=\text{CH}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\rightarrow 3\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} + 2\text{MnO}_2 \downarrow + 2\text{KOH}$ <p style="text-align: center;">етан-1,2-діол (етиленгліколь)</p>	$3\text{CH}\equiv\text{CH} + 8\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\rightarrow 3\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\    \quad    \\ \text{C} - \text{C} \\   \quad   \\ \text{HO} \quad \text{OH} \end{array} + 8\text{MnO}_2 \downarrow + 8\text{KOH}$ <p style="text-align: center;">етандіова (щавлева) кислота</p>
	<p>Фіолетове забарвлення розчину калій перманганату змінюється на темно-буре. Це підтверджує наявність <b>кратних зв'язків</b>.</p>	
2. Приєднання водню галогенідів	$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{Br}$ <p style="text-align: center;">етен бромоетан</p>	$\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHBr}$ <p style="text-align: center;">етен бромоетен</p>
3. Реакція гідратації	$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ <p style="text-align: center;">етен етанол</p>	$\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{HgSO}_4} \text{CH}_3\text{CHO}$ <p style="text-align: center;">етен етаналь</p>

Реакцію взаємодії етину з водою відкрив російський хімік-органік *М. Кучеров* у 1881 р. Вона дістала назву «реакція Кучерова» й відіграла важливу роль у розвитку хімії органічного синтезу.



Пригадайте інші хімічні властивості етену й етину як ненасичених вуглеводнів. Складіть відповідні рівняння реакцій.

**Способи добування.** Етен добувають під час промислової переробки нафти. За основу способу переробки взято реакцію

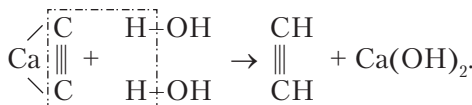


Етен можна добути з етану реакцією *дегідрування* (відщеплення водню):



Реакція відбувається за нагрівання та наявності каталізатора.

Етин добувають з кальцій карбіду під час взаємодії його з водою:



З реакцією розкладу метану за високих температур ви вже ознайомилися в § 7 (с. 32), вивчаючи властивості алканів.

**Взаємозв'язки між вуглеводнями.** Вивчаючи хімічні властивості алканів, алкенів, алкінів і способи їх добування, ви переконалися, що між вуглеводнями існують тісні взаємозв'язки. За певних умов алкани, вступаючи в реакції *дегідру-*





вання, перетворюються на алкени чи алкіни. Унаслідок взаємодії алкенів та алкінів з воднем (*гідрування*) утворюються алкани. Під час реакцій *галогенування* або приєднання гідроген галогенідів отримують галогенопохідні вуглеводнів.

Взаємозв'язки між цими речовинами простежуються на прикладі ланцюжків перетворень:



Складіть самостійно рівняння реакцій за наведеними схемами.



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Алкени та алкіни** — ненасичені вуглеводні, які, так само як і насичені, утворюють відповідні гомологічні ряди.
- За систематичною номенклатурою **назви алкенів** утворюють від назв відповідних алканів заміною суфікса **-ан** на суфікс **-ен**, а **назви алкінів** — заміною суфікса **-ан** на суфікс **-ин** або **-ін**.
- Назву структурних ізомерів складають у такій послідовності: 1) вибирають найдовший карбоновий ланцюг і нумерують атоми Карбону з того кінця, до якого кратний зв'язок розміщений ближче; 2) указують атом Карбону, біля якого є алкільний замісник, і його назву; 3) називають вуглеводень із найдовшим ланцюгом, локант, що вказує на положення кратного зв'язку, і суфікс, властивий цим вуглеводням.
- Алкени та алкіни проявляють подібні хімічні властивості, що пояснюється наявністю кратних зв'язків. Зокрема, вони вступають у реакції **повного й часткового окиснення, приєднання галогенів і гідроген галогенідів, гідрування й гідратації**.
- Загальна формула алкенів  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ , алкінів  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ .
- Між насиченими й ненасиченими вуглеводнями існують тісні взаємозв'язки.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Сформулюйте визначення понять «алкени», «алкіни».
- Назвіть структурні ізомери вуглеводнів за їхніми формулами:
  - $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ ;
  - $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ;
  - $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2$ ;
  - $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{C}}=\text{CH}_2$ ;
  - $\text{CH}\equiv\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}_2}$ ;
  - $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ .
- Складіть напівструктурні формули сполук за їхніми назвами:
  - 3,3-диметилпент-1-ен;
  - 4-етил-3,4-диметилгепт-2-ен;
  - 3-метилпент-1-ин;
  - 3-етилгекс-1-ин;
  - 4-метилпент-2-ин;
  - 3,3,4,4-тетраметилгекс-1-ен;
  - пент-2-ин;
  - 2,2-диметилгепт-3-ин.



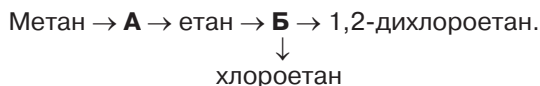


4. Напишіть рівняння реакцій між речовинами, назвіть продукти реакцій:

- а)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \dots$ ;      б)  $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \dots$ ;  
 в)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \dots$ ;      г)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \dots$ ;  
 г)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{KMnO}_4 \rightarrow \dots$ ;      д)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \dots$ ;  
 е)  $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ;      е)  $\text{CH}\equiv\text{CH} + 2\text{H}_2 \rightarrow \dots$ .

5. Класифікуйте речовини, подані формулами, на алкани, алкени й алкіни:  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_4$ ,  $\text{C}_9\text{H}_{20}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_6$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ,  $\text{C}_7\text{H}_{14}$ ,  $\text{C}_8\text{H}_{16}$ ,  $\text{C}_5\text{H}_8$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ .

6. Складіть рівняння хімічних реакцій за схемою. Назвіть речовини, зазначені літерами А і Б.



7. Етан масою 240 г дегідрували. Обчисліть масу етену та об'єм водню (н. у.), що утворилися.

8. Речовина містить атоми Карбону, масова частка яких становить 88,89 %, решта Гідроген. Відносна густина речовини за аргонем дорівнює 1,35. Виведіть її молекулярну формулу. Назвіть речовину, складіть напівструктурну формулу.



### § 9. РОЗРАХУНКОВІ ЗАДАЧІ НА ВИВЕДЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФОРМУЛИ РЕЧОВИНИ ЗА ЗАГАЛЬНОЮ ФОРМУЛОЮ ГОМОЛОГІЧНОГО РЯДУ ТА ГУСТИНОЮ АБО ВІДНОСНОЮ ГУСТИНОЮ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- розв'язувати задачі на виведення молекулярної формули певної речовини за загальною формулою гомологічного ряду та густиною або відносною густиною.

**Виведення молекулярної формули алканів за загальною формулою гомологічного ряду.** Знаючи загальну формулу алканів, можна виводити їхні молекулярні формули. Розглянемо декілька прикладів розв'язування відповідних задач.

**Задача 1.** Виведіть молекулярну формулу алкану, до складу якого входять 7 атомів Карбону.

Відомо:  
 $n(\text{C}) = 7$

$\text{C}_x\text{H}_y - ?$

Розв'язання

- Записуємо загальну формулу алканів:  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ .
  - Підставляємо у формулу число, що вказує на кількість атомів Карбону. Це число 7.
  - Із загальної формули бачимо, що кількість атомів Гідрогену є вдвічі більшою плюс 2.  
Отже, формула алкану  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ .
- Відповідь: формула алкану  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ .







**Задача 2.** Виведіть молекулярну формулу алкану, що містить у своєму складі 18 атомів Гідрогену.

*Відомо:*

$$n(\text{H}) = 18$$



*Розв'язання*

1. Записуємо загальну формулу алканів:  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ .
2. Підставляємо у формулу число, що вказує на кількість атомів Гідрогену. Це число 18.
3. Із загальної формули бачимо, що кількість атомів Карбону має відповідати кількості атомів Гідрогену мінус 2 та поділено на 2.
4. Знаходимо кількість атомів Карбону:  

$$x = \frac{18 - 2}{2}; x = \frac{16}{2} = 8.$$
5. Підставляємо число, що відповідає кількості атомів Карбону, у загальну формулу. Отже, формула алкану  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ .

*Відповідь:* формула алкану  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ .

Потренуємося виводити молекулярні формули алкенів та алкінів за їхніми загальними формулами, розв'язуючи відповідні задачі.

**Задача 3.** Молекула алкену містить 9 атомів Карбону. Виведіть молекулярну формулу алкену.

*Відомо:*

$$n(\text{C}) = 9$$



*Розв'язання*

1. Записуємо загальну формулу алкенів:  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .
2. Підставляємо у формулу число, що вказує на кількість атомів Карбону. Це число 9.
3. Згідно із загальною формулою кількість атомів Гідрогену є вдвічі більшою. Отже, це число дорівнює  $2 \cdot 9 = 18$ .

*Відповідь:* формула алкену  $\text{C}_9\text{H}_{18}$ .

**Задача 4.** До складу молекули алкіну входять 12 атомів Гідрогену. Виведіть молекулярну формулу алкіну.

*Відомо:*

$$n(\text{H}) = 12$$



*Розв'язання*

1. Записуємо загальну формулу алкінів:  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ .
2. Підставляємо у формулу число, що вказує на кількість атомів Гідрогену. Це число 12.
3. Згідно із загальною формулою кількість атомів Карбону має бути вдвічі меншою, якщо до кількості атомів Гідрогену додати 2. Звідси  $12 + 2 = 14$ ;  $14 : 2 = 7$ .

*Відповідь:* формула алкіну  $\text{C}_7\text{H}_{12}$ .

**Розв'язування задач на виведення молекулярної формули речовини за густиною або відносною густиною.** Розв'язуючи задачі цього типу, ви повторите матеріал курсу хімії 8 класу про відносну густину газу та інтегруватимете свої





знання з фізики з поняттям «густина газу», що вказує на масу 1 л цього газу за нормальних умов.

Пригадаємо, що таке *відносна густина газів*. Її позначають літерою латинського алфавіту  $D$  (читають «де») і визначають за формулою

$$D = \frac{M_1}{M_2}, \quad (1)$$

де  $M_1, M_2$  — молярні маси різних газів.

Отже, відносна густина показує, у скільки разів молярна маса одного газу більша або менша за молярну масу іншого газу за однакових умов.

За формулою (1) можна визначити молярну масу одного з газів:

$$M_1 = D \cdot M_2. \quad (2)$$

Оскільки молярна маса чисельно відповідає відносній молекулярній масі, то, знаючи відносну молекулярну масу одного з газів та відносну густина, можна обчислити відносну молекулярну масу іншого.

Фізична величина «густина» вказує на співвідношення між масою газу та його об'ємом. Позначають її літерою грецького алфавіту  $\rho$  (читають «ро») і виражають формулою

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

Одиницями виміру густини є  $г/см^3$  або  $кг/м^3$ .

Отже, розв'язуємо задачі на виведення молекулярної формули речовини за густиною або відносною густиною.

**Задача 5.** Маса алкану об'ємом 1 л (н. у.) становить 2,59 г. Виведіть молекулярну формулу алкану. Назвіть речовину.

Відомо:

$$V(C_n H_{2n+2}) = 1 \text{ л}$$

$$m(1 \text{ л}) = 2,59 \text{ г}$$

$n - ?$

Формула — ?

Розв'язання

1. За умовою задачі відомо, що маса алкану об'ємом 1 л становить 2,59 г. За цими даними обчислюємо масу 1 моль речовини, знаючи, що 1 моль газу займає об'єм 22,4 л (н. у.).

Якщо 1 л — 2,59 г,  
22,4 л —  $x$ ;

тоді 
$$x = \frac{22,4 \text{ л} \cdot 2,59 \text{ г}}{1 \text{ л}} = 58 \text{ г}.$$

2. Отже, відносна молекулярна маса сполуки

$$M_r(C_n H_{2n+2}) = 58.$$

3. Записуємо вираз для обчислення кількості атомів Карбону й Гідрогену, знаючи їхні відносні атомні маси:

$$M_r(C_n H_{2n+2}) = A_r(C) \cdot n + A_r(H) \cdot (2n + 2);$$

$$M_r(C_n H_{2n+2}) = 12 \cdot n + 2n + 2 = 14n + 2.$$





4. Обчислюємо кількість атомів Карбону, урахувавши відносну молекулярну масу алкану:

$$14n + 2 = 58; \quad n = \frac{58 - 2}{14} = 4.$$

5. Підставляємо в загальну формулу значення числа  $n$ :



*Відповідь:* формула сполуки  $C_4H_{10}$ , бутан.

**Задача 6.** Відносна густина парів насиченого вуглеводню за киснем становить 3,125. Виведіть молекулярну формулу сполуки, назвіть її.

*Відомо:*

$$D_{O_2}(C_nH_{2n+2}) = 3,125$$

$n - ?$

Формула — ?

*Розв'язання*

1. За умовою задачі відомо, що молярна маса вуглеводню у 3,125 раза більша за молярну масу кисню. Знаходимо молярну масу кисню:

$$M(O_2) = 16 \cdot 2 = 32 \text{ г/моль.}$$

Маса 1 моль кисню дорівнює  $32 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ моль} = 32 \text{ г}$ .

2. Обчислюємо масу 1 моль вуглеводню за формулою

$$M_1 = D \cdot M_2:$$

$$M_1(C_nH_{2n+2}) = 3,125 \cdot 32 \text{ г} = 100 \text{ г.}$$

Оскільки числове значення молярної маси вуглеводню та маси 1 моль відповідає відносній молекулярній масі, то

$$M_r(C_nH_{2n+2}) = 100.$$

3. Записуємо вираз для обчислення кількості атомів Карбону та Гідрогену, знаючи їхні відносні молекулярні маси:

$$M_r(C_nH_{2n+2}) = A_r(C) \cdot n + A_r(H) \cdot (2n + 2);$$

$$M_r(C_nH_{2n+2}) = 12n + 2n + 2 = 14n + 2.$$

4. Знаходимо кількість атомів Карбону, урахувавши, що  $M_r$  вуглеводню дорівнює 100:

$$14n + 2 = 100; \quad n = \frac{100 - 2}{14} = 7.$$

5. Підставляємо в загальну формулу  $C_nH_{2n+2}$  значення числа  $n$  і отримуємо формулу сполуки  $C_7H_{16}$ . Це гептан.

*Відповідь:* формула сполуки  $C_7H_{16}$ , гептан.

**Задача 7.** Відносна густина алкену за гелієм становить 10,5. Виведіть молекулярну формулу сполуки, назвіть її.

*Відомо:*

$$D_{He}(C_nH_{2n}) = 10,5$$

$n - ?$

Формула — ?

*Розв'язання*

1. За умовою задачі відомо, що молярна маса сполуки у 10,5 раза більша за молярну масу гелію. Знаходимо молярну масу гелію:

$$M(He) = 4 \text{ г/моль}; \quad m(1 \text{ моль He}) = 4 \text{ г.}$$





2. Знаходимо масу 1 моль вуглеводню за формулою:

$$M_r(C_n H_{2n}) = 10,5 \cdot 4 \text{ г} = 42 \text{ г}.$$

Звідси відносна молекулярна маса сполуки

$$M_r(C_n H_{2n}) = 42.$$

3. Записуємо вираз для обчислення кількості атомів Карбону й Гідрогену, знаючи їхні відносні атомні маси:

$$M_r(C_n H_{2n}) = A_r(C) \cdot n + A_r(H) \cdot 2n;$$

$$M_r(C_n H_{2n}) = 12n + 2n = 14n.$$

4. Обчислюємо кількість атомів Карбону, знаючи, що  $M_r$  сполуки дорівнює 42:

$$14n = 42; n = 42 : 14 = 3.$$

5. Підставляємо у формулу  $C_n H_{2n+2}$  значення числа  $n$  і знаходимо формулу алкену  $C_3 H_6$ . Це пропен.

*Відповідь:* формула сполуки  $C_3 H_6$ , пропен.



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- Молекулярну формулу речовини можна вивести за загальною формулою гомологічного ряду та за густиною або відносною густиною відповідного газу.
- Для обчислень використовують такі формули:

$$D = \frac{M_1}{M_2};$$

$$M_1 = D \cdot M_2.$$



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. До складу молекул алкану входять 9 атомів Карбону. Користуючись загальною формулою гомологічного ряду, установіть склад молекули алкану, виведіть його молекулярну формулу та дайте назву.
2. Виведіть молекулярні формули речовин за загальними формулами: а) алкенів, до складу яких входять 6 і 8 атомів Карбону; б) алкінів, до складу яких входять 8 і 16 атомів Гідрогену.
3. Відносна густина алкену за гелієм становить 7. Виведіть молекулярну формулу сполуки, назвіть її.
4. Відносна молекулярна маса вуглеводню у 3 рази більша за відносну молекулярну масу карбон(II) оксиду. До його складу входить Гідроген з масовою часткою 14,29. Виведіть молекулярну формулу сполуки.
5. Маса алкану об'ємом 1 л (н. у.) становить 1,964. Виведіть молекулярну формулу сполуки. Дайте їй назву.
6. Маса алкену об'ємом 1 л (н. у.) становить 1,875 г. Виведіть його молекулярну формулу. Назвіть сполуку.
7. Алкан масою 11,6 г займає об'єм 4,48 л (н. у.). Виведіть його молекулярну формулу. Назвіть сполуку.
8. До складу сполуки входять Карбон з масовою часткою 0,89 і Гідроген. Відносна густина за азотом — 1,929. Виведіть молекулярну формулу сполуки. Дайте назву її структурним ізомерам, складіть їхні напівструктурні формули.





## § 10. АРЕНИ. БЕНЗЕН



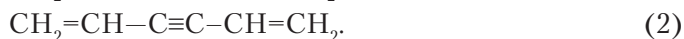
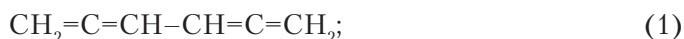
Вивчивши матеріал параграфу, ви зможете:

- *складати* молекулярну та структурну формули бензену;
- *характеризувати* склад і будову молекули бензену, фізичні й хімічні властивості, методи добування бензену;
- *складати* рівняння реакцій, що описують хімічні властивості бензену;
- *установлювати* зв'язки між складом, будовою та властивостями бензену.

**Склад і будова молекули бензену.** Бензен є ареном, тобто ароматичним вуглеводнем. Ці сполуки дістали таку назву через те, що перші їхні представники мали приємний запах. Назва стала історичною, проте пізніше з'ясувалося, що не всі речовини цієї групи з приємним запахом.

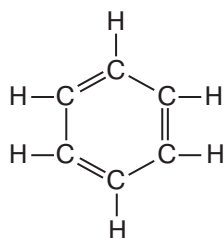
Першим і найпростішим представником аренів є **бензен**, молекулярна формула якого  $C_6H_6$ . Формула вказує на те, що це дуже ненасичена сполука, а отже, вона має проявляти властивості ненасичених вуглеводнів.

Молекулі складу  $C_6H_6$  може відповідати декілька структурних формул. Наприклад, атоми Карбону утворюють карбонові ланцюги з подвійними зв'язками й такі, що мають подвійні та потрійні зв'язки. Структурними формулами це зображають так:



Однак бензен не проявляє властивостей ненасичених вуглеводнів: він не знебарвлює бромну воду та розчин калій перманганату.

Учений-хімік *Ф. А. Кекуле* запропонував структурну формулу, де атоми Карбону сполучені у формі шестикутника, у якому почергово розташовуються одинарні й подвійні зв'язки. На думку вченого, вона мала такий вигляд:

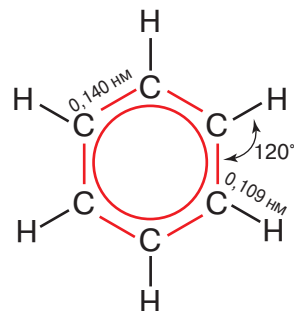


Ця формула ввійшла в історію хімії під назвою «формула Кекуле».

Проте й таку будову молекули бензену хімічні властивості цієї сполуки не підтвердили.

Справжню будову молекули бензену було пояснено значно пізніше на основі електронної теорії будови. Спрощено молекула бензену має вигляд, як показано на *рис. 18*.

Отже, молекула бензену має форму правильного шестикутника. Кожний з атомів Карбону віддає по два



*Рис. 18.* Геометрія молекули бензену





електрони на утворення зв'язків між собою і один електрон — на утворення зв'язків з атомами Гідрогену. За рахунок четвертих електронів утворюється система зв'язку із шести електронів, завдяки якій зв'язки між атомами Карбону рівноцінні, їхня довжина становить 0,140 нм, тобто є однаковою, а валентний кут дорівнює  $120^\circ$ . За такої будови молекула бензену плоска. На відсутність одинарних і подвійних зв'язків у ній указує пізніше запропонована структурна формула, де всередині шестикутника міститься так зване **бензенове кільце** (рис. 19). Масштабну модель молекули бензену зображено на рис. 20.

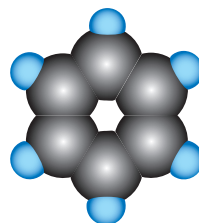
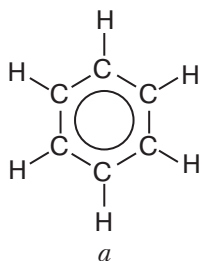


Рис. 19. Структурна формула бензену (а) і бензенове кільце (б)

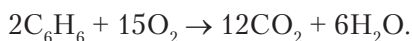
Рис. 20. Масштабна модель молекули бензену

**Фізичні властивості.** Бензен — рідина з характерним запахом, безбарвна, з невисокою температурою плавлення ( $+5,5^\circ\text{C}$ ) і кипіння ( $+80,1^\circ\text{C}$ ), отруйна. Він легший за воду (густина  $0,88\text{ г/см}^3$ ), малорозчинний у ній. Під час охолодження утворює білу кристалічну масу.

Бензен є добрим розчинником органічних і деяких неорганічних речовин і сам добре розчиняється в органічних розчинниках.

**Зверніть увагу!** Бензен може завдати значної шкоди організму людини. Пари бензену, проникаючи в легені, викликають гостру інтоксикацію. Він уражає центральну нервову систему, кістковий мозок, печінку, дихальні шляхи. Працюючи з цією сполукою в лабораторії, необхідно проводити дослідження тільки у витяжній шафі. Працівникам виробництв, де використовується бензен, важливо стежити за гранично допустимою дозою, яка становить  $5\text{ мг/м}^3$ , щоб уникнути складних захворювань.

**Хімічні властивості.** Хімічні властивості бензену зумовлені його хімічною будовою. Як і всі органічні речовини, бензен горить з утворенням карбон(IV) оксиду та води:



Оскільки вміст Карбону в молекулі бензену високий, то процес горіння відбувається з виділенням кіптяви.



Обчисліть масову частку Карбону в складі молекули бензену та порівняйте з масовою часткою його в молекулі етину.

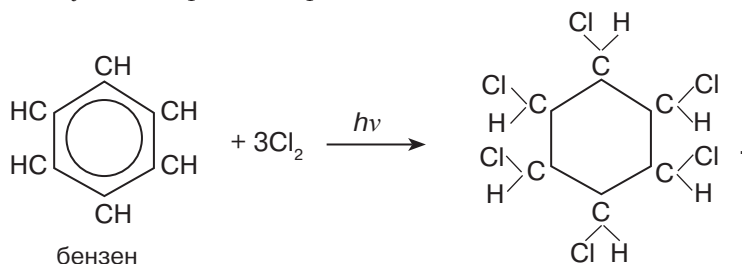
**Взаємодія з галогенами (галогенування).** Переконаємося дослідно, як бензен реагує з бромом.





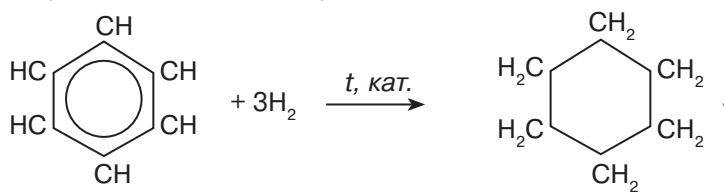
**Дослід.** У пробірку з бензеном доллемо бромну воду (розчин бром у воді), ретельно перемішаємо суміш. За звичайних умов реакція з бромом не відбувається, як це властиво ненасиченим вуглеводням.

**Реакції приєднання.** Якщо ж суміш бензену з хлором піддати дії яскравого світла, то відбувається реакція приєднання:



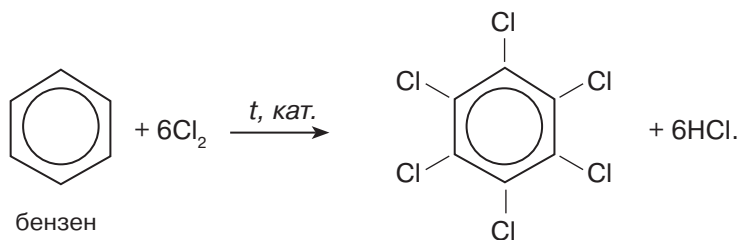
1,2,3,4,5,6-гексахлороциклогексан

**Реакції гідрування (приєднання водню).** Бензен взаємодіє з воднем за підвищення температури й тиску та наявності каталізатора з утворенням вуглеводню циклічної будови — циклогексану:



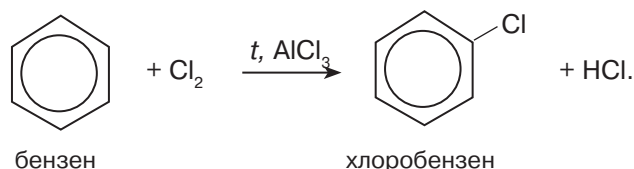
циклогексан

**Реакції заміщення.** Реакція взаємодії з хлором відбувається під дією каталізатора за високих температур. Продуктом реакції є гексахлоробензен:



гексахлоробензен

Крім гексахлоробензену може утворюватися хлоробензен — продукт заміщення одного атома Гідрогену на атом Хлору:



бензен

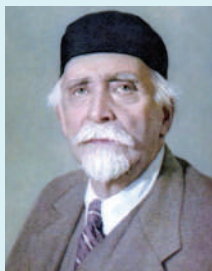
хлоробензен





Напишіть самостійно рівняння реакції утворення хлоробензену в молекулярній формі.

**Добування бензену.** Щоб підтвердити формулу Кекуле, український хімік-органік *М. Зелінський* синтезував бензен з етину, пропускаючи його над нагрітим до температури 600 °С активованим вугіллям. Рівняння реакції:

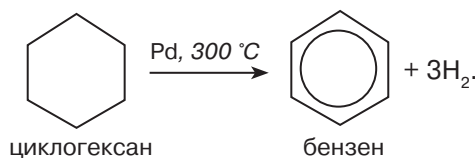
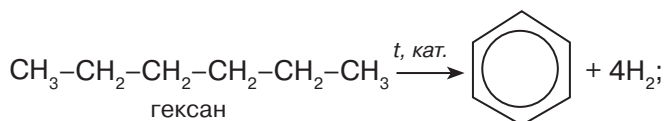


**Зелінський Микола Дмитрович** (1861–1953) — видатний учений-хімік. Навчався в Рішельєвській гімназії в Одесі. Після її закінчення вступив на фізико-математичний факультет Новоросійського університету в Одесі, де й працював на кафедрі хімії. Стажувався в Німеччині, через три роки захистив докторську дисертацію і з 1893 р. — професор органічної та аналітичної хімії в Московському університеті. Засновник Інституту органічної хімії.

Наукова діяльність пов'язана з хімією органічного синтезу, хімією амінокислот і білків. Досліджував походження нафти, її склад і склад нафтопродуктів. Синтезував багато органічних сполук. Винайшов вугільний протигаз, реалізував проблему промислового виробництва синтетичного каучуку.

У промисловості бензен добувають переробкою кам'яного вугілля та з нафтопродуктів способом ароматизації. Суть *ароматизації* полягає в перетворенні неароматичних вуглеводнів на ароматичні відщепленням атомів Гідрогену від гексану та циклогексану.

Реакція дегідрування *n*-гексану відбувається за такими схемами:



**Застосування бензену.** Бензен є сировиною для промислового синтезу багатьох органічних сполук, зокрема нітробензену, гексахлороциклогексану, фенолу. Їх використовують для виробництва барвників, полімерів, лікувальних препаратів, засобів захисту від комах. Також бензен використовують і як розчинник. Галузі застосування бензену показано на *рис. 21*.





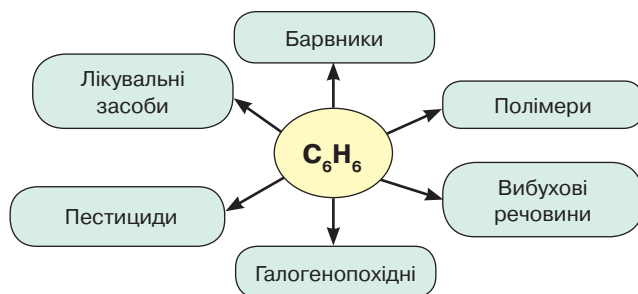


Рис. 21. Схема застосування бензену



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Бензен** — найпростіший ароматичний вуглеводень, склад якого відображає молекулярна формула  $C_6H_6$ .
- У молекулі бензену зв'язки між атомами Карбону **рівноцінні**, їхня **довжина** становить **0,140 нм**, тобто є однаковою. Валентний **кут** дорівнює **120°**. Молекула має форму правильного шестикутника, **плоска**.
- Особливість будови молекули бензену зумовлює хімічні властивості сполуки. Зокрема, за певних умов він вступає в реакції **приєднання** (галогенів, водню) і **заміщення**.
- У промисловості бензен добувають переробкою кам'яного вугілля та з нафтопродуктів способом ароматизації.
- Застосовують як сировину в промисловості хімічного синтезу.
- **Бензен** шкідливо діє на організм людини, тому працювати з ним треба обережно, у лабораторіях — під витяжною шафою.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Охарактеризуйте склад і будову молекули бензену.
2. Складіть молекулярну та структурну формули бензену. Поясніть, як утворюються хімічні зв'язки в молекулі.
3. Напишіть рівняння реакцій: а) горіння бензену; б) взаємодії з хлором за яскравого освітлення; в) взаємодії з воднем за нагрівання й наявності каталізатора.
4. Складіть рівняння реакцій за схемою:  $CaC_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5Cl$ .
5. Напишіть рівняння реакцій добування бензену: а) з гексану; б) з циклогексану.
6. Бензен об'ємом 200 мл (густина 0,88 г/мл) прореагував із хлором за яскравого освітлення. Обчисліть, який об'єм хлору (н. у.) витратився.
7. Бензен масою 16,25 кг з масовою часткою речовини 96 % вступив у реакцію з хлором під дією нагрівання та за наявності каталізатора. Обчисліть масу речовини, що утворилася, і назвіть її.
8. Арен масою 1,56 кг повністю спалили в атмосфері кисню. Утворився карбон(IV) оксид масою 5,28 г. Густина пари цієї речовини за гелієм дорівнює 19,5. Обчисліть і виведіть молекулярну формулу арену.
9. Із природного газу з об'ємною часткою метану 80 % добули етин. Одержану речовину пропустили через активоване вугілля, нагріте до температури 600 °С. Обчисліть, який об'єм природного газу потрібно мати, щоб добути бензен об'ємом 177,3 мл (густина 0,88 г/мл).





## § 11. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЗАДАЧ НА ВИВЕДЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФОРМУЛИ РЕЧОВИНИ ЗА МАСОЮ, ОБ'ЄМОМ АБО КІЛЬКІСТЮ РЕЧОВИНИ РЕАГЕНТІВ ЧИ ПРОДУКТІВ РЕАКЦІЇ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *свідомо застосовувати* теоретичний та фактичний матеріал для розв'язування розрахункових задач;
- *самоусвідомити* рівень засвоєння практичних умінь;
- *розвивати* логічне та критичне мислення;
- *формувати навички* самостійної роботи.

Однією із складових навчання хімії є розв'язування розрахункових задач.

Уміння розв'язувати задачі виховує самостійність та активність, сприяє розвитку ініціативи, підприємливості, формує логічне та критичне мислення.

Під час розв'язування розрахункових задач відбувається осмислення міжпредметних зв'язків з фізикою та математикою, виробничими процесами, удосконалюються вміння виконувати обчислення.

Розрахункові задачі розвивають уміння аналізувати та порівнювати, робити висновки, висловлювати судження, розв'язувати проблеми.

Кожній людині ці вміння слугуватимуть не тільки навчальними вправами, а й засобом для вирішення багатьох життєвих проблем.

Отже, учимося розв'язувати розрахункові задачі.

**Задача 1.** Під час спалювання газу об'ємом 5,6 л (н. у.) утворився карбон(IV) оксид об'ємом 22,4 л і вода масою 22,5 г. Відносна густина газу за метаном дорівнює 3,625. Обчисліть і виведіть молекулярну формулу газу. Назвіть сполуку.

*Відомо:*

$$V(\text{газу}) = 5,6 \text{ л}$$

$$V(\text{CO}_2) = 22,4 \text{ л}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 22,5 \text{ г}$$

$$D_{\text{CH}_4} = 3,625$$

Формула — ?

*Розв'язання*

1. Визначаємо кількість речовини  $\nu$  газу, карбон(IV) оксиду та води до й після реакції за формулою  $\nu = \frac{V(\text{газу})}{V_m}$ :

$$\nu(\text{газу}) = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,25 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{22,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{M}; \quad \nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{22,5 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 1,25 \text{ моль}.$$

2. Обчислюємо масу атомів Карбону в 1 моль газу:  
 $M(\text{CO}_2) = 12 + 16 \cdot 2 = 44 \text{ г/моль}$ ;  $m \text{ 1 моль}(\text{CO}_2) = 44 \text{ г}$ .  
 В 1 моль  $\text{CO}_2$  містяться атоми Карбону масою 12 г.

3. Знаходимо масу атомів Гідрогену в 1,25 моль води:  
 $M(\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 2 + 16 = 18 \text{ г/моль}$ ;  $m \text{ 1 моль}(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г}$ .  
 Складаємо пропорцію: 1 моль — 2 г,

$$1,25 \text{ моль} — x; \quad \text{тоді } x = 2,5 \text{ г}.$$





4. Знаходимо кількість атомів Карбону та Гідрогену:

$$x = 12 : 12 = 1; \quad y = 2,5 : 1 = 2,5.$$

З обчислень бачимо, що співвідношення атомів Карбону й Гідрогену в молекулі газу становить 1 : 2,5 або 2 : 5.

Найпростіша формула  $C_2H_5$ . Знаходимо молярну масу, яка відповідає найпростішій формулі:

$$M(C_2H_5) = 2 \cdot 12 + 5 \cdot 1 = 29 \text{ г/моль.}$$

5. Знаходимо молярну масу газу за відносною густиною:

$$M(\text{газу}) = 3,625 \cdot 16 \text{ г/моль} = 58 \text{ г/моль.}$$

Вона чисельно дорівнює відносній молекулярній масі.

6. Ділимо одержані числа одне на одне:

$$\frac{M(\text{газу})}{M(C_2H_5)} = \frac{58 \text{ г/моль}}{29 \text{ г/моль}} = 2,$$

тобто індекси біля Карбону й Гідрогену треба подвоїти.

*Відповідь:* формула газу  $C_4H_{10}$ , бутан.

Розв'яжіть самостійно.

**Задача 2.** Під час спалювання алкіну об'ємом 14 л утворився карбон(IV) оксид об'ємом 56 л (н. у.) і вода масою 33,75 г. Відносна густина пари алкіну за воднем дорівнює 27. Обчисліть і виведіть молекулярну формулу алкіну.

**Задача 3.** Вуглеводень масою 4,3 г повністю спалили. Маса утвореного карбон(IV) оксиду становить 13,2 г, густина парів за повітрям — 2,966. Обчисліть і виведіть молекулярну формулу сполуки, назвіть її.

*Відомо:*

$$m(\text{вугл.}) = 4,3 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 13,2 \text{ г}$$

$$D_{\text{пов.}} = 2,966$$

Формула — ?

$$x - ? \quad y - ?$$

*Розв'язання*

Позначаємо кількість атомів Карбону в складі молекули вуглеводню через  $x$ , а кількість атомів Гідрогену — через  $y$ .

1. Визначаємо масу атомів Карбону в карбон(IV) оксиді масою 13,2 г:

$$M(\text{CO}_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ г/моль}; \quad m(1 \text{ моль}) = 44 \text{ г.}$$

Складаємо пропорцію:  $y$  44 г ( $\text{CO}_2$ ) — 12 г (C),  
 $y$  13,2 г ( $\text{CO}_2$ ) —  $x$ ;

$$x = \frac{13,2 \text{ г} \cdot 12 \text{ г}}{44 \text{ г}} = 3,6 \text{ г.}$$

2. Обчислюємо масу атомів Гідрогену в складі вуглеводню:  
 $4,3 \text{ г} - 3,6 \text{ г} = 0,7 \text{ г.}$

3. Знаходимо співвідношення атомів Карбону та Гідрогену в молекулі вуглеводню:

$$x = 3,6 : 12 = 0,3; \quad y = 0,7 : 1 = 0,7.$$

З обчислень бачимо, що співвідношення атомів Карбону й Гідрогену в молекулі газу становить 0,3 : 0,7 або 3 : 7.

Найпростіша формула  $C_3H_7$ . Знаходимо молярну масу, яка відповідає найпростішій формулі:

$$M(C_3H_7) = 3 \cdot 12 + 7 \cdot 1 = 43 \text{ г/моль.}$$





4. Перевіримо, чи відповідає молярна маса сполуки цій формулі:

$$M(C_xH_y) = 2,966 \cdot 29 \text{ г/моль} = 86,014 \text{ або } 86 \text{ г/моль.}$$

5. Ділимо одержані числа одне на одне:

$$\frac{M(C_xH_y)}{M(C_3H_7)} = \frac{86 \text{ г/моль}}{43 \text{ г/моль}} = 2,$$

тобто індекси біля Карбону й Гідрогену треба подвоїти.

*Відповідь:* формула сполуки  $C_6H_{14}$ , гексан.

Розв'яжіть самостійно.

**Задача 4.** Алкін масою 3,24 г повністю спалили. Утворився карбон(IV) оксид масою 10,56 г. Густина парів за нітроген(II) оксидом становить 1,8. Обчисліть і виведіть молекулярну формулу сполуки, назвіть її.

**Задача 5.** Під час спалювання вуглеводню кількістю речовини 0,4 моль утворився карбон(IV) оксид масою 88 г і вода масою 2,4 моль. Густина пари цієї речовини за метаном — 4,5. Виведіть молекулярну формулу вуглеводню, назвіть його.

*Відомо:*

$$v(\text{вугл.}) = 0,4 \text{ моль}$$

$$m(\text{CO}_2) = 88 \text{ г}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = 2,4 \text{ моль}$$

$$D_{\text{CH}_4} = 4,5$$

Формула — ?

*Розв'язання*

1. Обчислюємо молярну масу вуглеводню за формулою

$$M_1 = D_{\text{CH}_4} \cdot M_2; \quad M_2(\text{CH}_4) = 16 \text{ г/моль. Тоді}$$

$$M_1 = 4,5 \cdot 16 \text{ г/моль} = 72 \text{ г/моль}; \quad m(1 \text{ моль}) = 72 \text{ г}, \quad M_r = 72.$$

2. Обчислюємо масу атомів Карбону в карбон(IV) оксиді масою 88 г:

$$M_r(\text{CO}_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ г/моль};$$

$$m(1 \text{ моль}) = 44 \text{ г.}$$

$$\text{У } 44 \text{ г CO}_2 \text{ — } 12 \text{ г C,}$$

$$88 \text{ г} \quad \text{—} \quad x;$$

$$x = \frac{88 \text{ г} \cdot 12 \text{ г}}{44 \text{ г}} = 24 \text{ г.}$$

3. Знаходимо масу атомів Гідрогену у воді кількістю речовини 2,4 моль.

$$\text{У } 1 \text{ моль H}_2\text{O} \text{ — } 2 \text{ г,}$$

$$2,4 \text{ моль} \quad \text{—} \quad y;$$

$$y = \frac{2,4 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г}}{1 \text{ моль}} = 4,8 \text{ г.}$$

4. Знаходимо кількість і співвідношення атомів Карбону та Гідрогену, знаючи їхні відносні атомні маси:

$$n(\text{C}) = \frac{24}{12} = 2; \quad n(\text{H}) = \frac{4,8}{1} = 4,8.$$

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) = 2 : 4,8 = 1 : 2,4.$$

5. Визначимо співвідношення атомів у цілих числах:

$$1 \cdot 5 = 5; \quad 2,4 \cdot 5 = 12.$$

Отже, формула сполуки  $C_5H_{12}$ . Це пентан, що відповідає відносній молекулярній масі 72.

*Відповідь:* формула сполуки  $C_5H_{12}$ , пентан.





### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- Розв'язування розрахункових задач виховує самостійність та активність, сприяє розвитку ініціативи, підприємливості, формує логічне та критичне мислення.
- Для розрахунків на виведення молекулярної формули речовини використовують такі фізичні величини, як *маса, об'єм, молярна маса, молярний об'єм, кількість речовини, густина, відносна густина*.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Під час згоряння органічної речовини утворилися карбон(IV) оксид об'ємом 44,8 л і вода масою 36 г. Відносна густина її за гелієм дорівнює 14. Обчисліть і виведіть молекулярну формулу алкену. Назвіть сполуку.
2. Алкен об'ємом 5,6 л (н. у.) згорів в атмосфері кисню. Утворилися карбон(IV) оксид об'ємом 11,2 л і вода масою 9 г. Густина речовини за киснем становить 0,875. Обчисліть і виведіть молекулярну формулу алкену. Напишіть рівняння реакцій, що характеризують властивості цієї речовини.
3. Вуглеводень кількістю речовини 0,3 моль спалили. Утворилися карбон(IV) оксид масою 66 г і вода кількістю речовини 1,2 моль. Обчисліть і виведіть молекулярну формулу вуглеводню. Напишіть скорочені структурні формули всіх можливих ізомерів і назвіть їх за систематичною номенклатурою.



## § 12. ЗАСТОСУВАННЯ ВУГЛЕВОДНІВ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *обґрунтовувати* застосування вуглеводнів їхніми властивостями;
- *оцінювати* пожежну небезпечність вуглеводнів; екологічні наслідки порушення технологій добування й застосування вуглеводнів та їхніх похідних;
- *висловлювати судження* про значення засобів захисту рослин та їхній вплив на здоров'я людей і довкілля за їх неправильного використання.

**Застосування вуглеводнів.** Вам уже відомо з курсу хімії 9 класу про широкий спектр застосування вуглеводнів у суспільному виробництві. Вивчаючи окремих представників цього класу речовин, ви дізналися про сфери їх застосування. Узагальнимо ці відомості, скориставшись *рис. 22 (с. 54)*.

**Застосування галогенопохідних вуглеводнів.** Вивчаючи вуглеводні, ви ознайомилися з хімічними властивостями алканів, алкенів, алкінів. Вам відомо, що внаслідок взаємодії з галогенами їм властиво утворювати галогенопохідні. Під час реакцій заміщення атомів Гідрогену в молекулі метану утворюються галогенопохідні, які набули широкого застосування в промислових масштабах:

*хлорометан*  $\text{CH}_3\text{Cl}$  — як добавка до ракетного палива та для синтезу багатьох органічних речовин, виробництва гербіцидів;

*дихлорометан*  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  — для виготовлення лікувальних препаратів, зокрема анестезувальних, засобів захисту рослин, як розчинник і клей для склеювання різних видів пластику та оргскла;



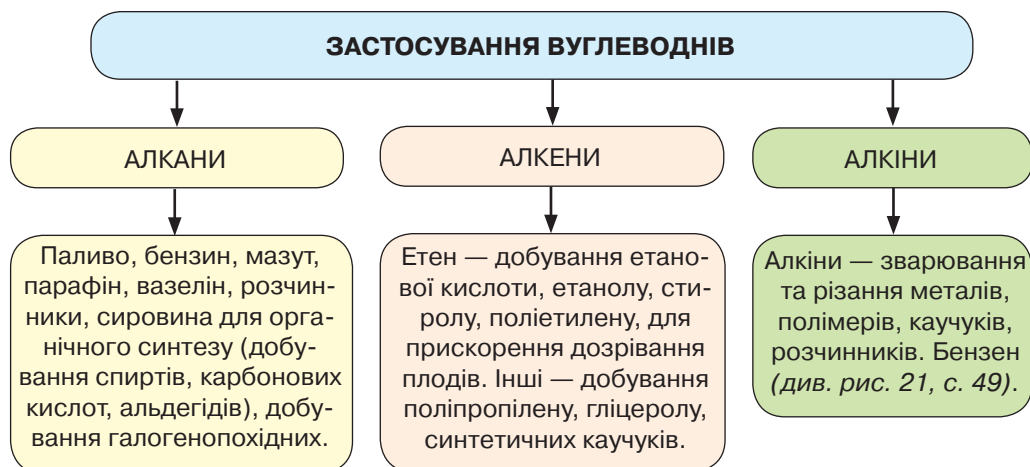


Рис. 22. Схема застосування вуглеводнів

*трихлорометан*  $\text{CHCl}_3$  (хлороформ) — для місцевого й загального наркозу, як розчинник у фармації, у виробництві пестицидів;

*тетрахлорометан*  $\text{CCl}_4$  — як холодоагент у холодильних установках, розчинник органічних речовин, у вогнегасниках;

*1,2-дихлороетан*  $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$  — для знезараження зерносховищ, боротьби з виноградною філоксерою.

Важливими для сільського господарства є галогенопохідні бензену. Їх використовують для хімічного захисту рослин: знищення шкідників сільськогосподарських культур, бур'янів, запобігання грибковим захворюванням рослин. Загальна назва цих сполук — «*пестициди*». Наприклад,

*1,2,3,4,5,6-гексахлороциклогексан* (*гексахлоран*)  $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$  використовують у сільському господарстві як засіб боротьби зі шкідниками рослин;

*гексахлоробензен*  $\text{C}_6\text{Cl}_6$  — для протруювання насіння зернових культур перед висівом, що забезпечує стійкість посівів до ураження хворобами.

За призначенням пестициди поділяють на: *гербіциди* — засоби боротьби з бур'янами; *зооциди* — для боротьби з комахами-шкідниками та гризунами; *фунгіциди* — засоби профілактики та боротьби з грибковими захворюваннями рослин і тварин.

Пестициди — отрутохімікати, які мають здатність проникати в організм людини через органи дихання, травлення та шкіру. Тому, застосовуючи їх у побуті, треба дотримуватися правил безпечного поводження з хімічними речовинами. Зокрема, обов'язково надягати рукавички, маску та спеціальний одяг; захищати очі прозорими окулярами; волосся ховати під головний убір (рис. 23).

Як бачимо, використання галогенопохідних має практичне значення. Вони здебільшого є корисними помічниками в боротьбі з гризунами, бур'янами, хворобами ягідних кущів і винограду.

**Зверніть увагу!** Вуглеводні та їхні галогенопохідні в разі неправильного застосування можуть завдавати значної шкоди людині. Так, суміші метану з киснем, етину з киснем і повітрям є вибухонебезпечними. Це спричиняє вибухи газу





Рис. 23. Засоби безпеки під час роботи з пестицидами

в шахтах, побуті, що призводить до важких наслідків. Зокрема, люди можуть втрачати працездатність, у найгіршому разі — життя. Тому під час роботи з ними необхідно суворо дотримуватися правил безпеки.

Неправильне використання засобів захисту рослин (пестицидів) завдає шкоди довкіллю: забруднюються ґрунти, повітря, вода. Значна кількість пестицидів потрапляє в рослини, а по ланцюгу живлення — в організми тварин і людини. В організм людини вони потрапляють через шлунково-кишковий тракт, шкіру, органи дихання.

Недотримання норм технологічних процесів призводить до надмірних викидів шкідливих речовин в атмосферу, які під час грози повертаються на землю кислотними дощами. Це шкодить нормальному росту й розвитку рослинного й тваринного світу, нищить деякі ареали рідкісних рослин, забруднює водойми.

**Екологічні наслідки порушення технологій добування і застосування вуглеводнів та їхніх похідних.** Екологічний аспект хімії вуглеводнів пов'язаний з добуванням і переробкою нафти, газу, кам'яного вугілля та використанням їх як сировини. Загрозою для екології є розливи нафти під час її добування та транспортування (рис. 24, а), спалювання супутніх нафтових газів, утворення побічних продуктів переробки. Унаслідок видобутку кам'яного вугілля засмічуються великі площі землі, які потребують рекультивації. До чинників, що впливають на екологію, належать викиди в атмосферу токсичних газів під час роботи теплових електростанцій (рис. 24, б) і двигунів внутрішнього згоряння.



а



б

Рис. 24. Екологічні наслідки порушення технологій: а — нафтова пляма; б — викиди газів в атмосферу





а



б

Рис. 25. Загрози накопичення пластмас на смітниках (а) і в природних умовах (б)

Загрозу становить і збільшення обсягів виробництва пластмас, які не розкладаються впродовж тривалого часу, що призводить до їх накопичення (рис. 25).

Зростання виробництва полімерних матеріалів потребує переробки відходів цієї галузі. Збір, транспортування та зберігання полімерних відходів нині становить соціальну проблему. Важливою є і технологічна проблема: пошук економічно вигідного способу сортування, очищення та переробки вторинної полімерної сировини.

**Взаємозв'язок між вуглеводнями.** Властивість вуглеводнів утворювати гомологічні ряди та ізомери — молекули лінійної, розгалуженої та циклічної будови насиченого й ненасиченого складу, пояснює їхню багатоманітність. Вивчаючи хімічні властивості алканів, алкенів та алкінів, ви переконалися, що під час хімічних реакцій вони можуть перетворюватися одні на одних. Наприклад, алкани внаслідок реакції дегідрування перетворюються на алкени й алкіни; за взаємодії з воднем алкени й алкіни перетворюються на алкани; з етіну синтезовано бензен.

Значний внесок у вивчення вуглеводнів і взаємозв'язків між ними здійснила Ю. В. Лермонтова — одна з перших російських жінок-хіміків. Зокрема, учена визначила найкращі умови отримання максимального виходу ароматичних вуглеводнів під час розкладання нафти та нафтопродуктів.

Отже, можна зробити висновок, що між вуглеводнями існує взаємозв'язок. Як і в неорганічній хімії, взаємозв'язки між речовинами виражають ланцюжками перетворень. Наприклад,  $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6$ ;  $\text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_8$ .



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- Вуглеводні — органічні речовини, які набули широкого застосування в промисловості органічного синтезу, побуті, фармацевтичній промисловості, виробничих процесах.
- Галогенопохідні вуглеводнів — **пестициди** — використовують як засоби захисту рослин від шкідників і бур'янів, знищення грибкових захворювань.
- Неправильне використання засобів захисту рослин завдає шкоди довкіллю, а отже, і **здоров'ю** людини.
- Між вуглеводнями існують генетичні зв'язки.



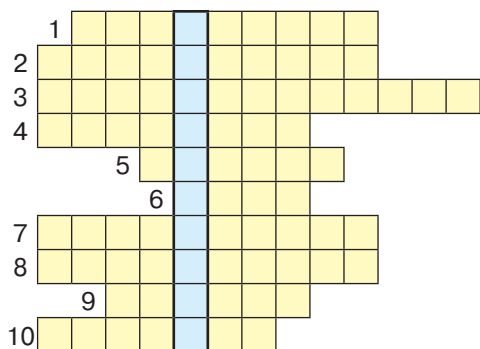




### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Поясніть застосування вуглеводнів та обґрунтуйте їхніми властивостями.
- Оцініть вплив вуглеводнів на довкілля та здоров'я людини.
- Охарактеризуйте галогенопохідні вуглеводнів та їх застосування.
- Поясніть ризики неправильного застосування вуглеводнів.
- Складіть рівняння реакцій за схемами:
  - $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_{10}$ ;
  - $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ .
- Обчисліть і позначте об'ємні частки газів у суміші бутану з етеном об'ємом 33,6 л (н. у.), якщо під час пропускання її крізь бромну воду увібрався бром масою 208 г.
 

<b>А</b> 87,67 % $\text{C}_2\text{H}_4$ і 14,33 % $\text{C}_4\text{H}_{10}$	<b>В</b> 87,76 % $\text{C}_2\text{H}_4$ і 12,24 % $\text{C}_4\text{H}_{10}$
<b>Б</b> 86,67 % $\text{C}_2\text{H}_4$ і 13,33 % $\text{C}_4\text{H}_{10}$	<b>Г</b> 87,94 % $\text{C}_2\text{H}_4$ і 12,06 % $\text{C}_4\text{H}_{10}$
- Перемалюйте кросворд у зошит і розв'яжіть його. У виділеному стовпці прочитаєте назву класу органічних речовин.



#### За горизонталлю:

- Зв'язок у молекулах етенових вуглеводнів.
- Назва реакції взаємодії ненасичених вуглеводнів з воднем.
- Назва реакції взаємодії з галогенами.
- Назва речовин, що відрізняються за складом молекул на групу атомів  $-\text{CH}_2-$ .
- Назва ароматичного вуглеводню.
- Назва одного з реагентів за реакцією Кучерова.
- Продукт реакції хлорування метану.
- Назва реакції, властивої ненасиченим вуглеводням.
- Назва п'ятого представника алканів.
- Загальна назва неорганічних сполук, з яких добувають етин.



### НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЕКТ

- Оберіть самостійно тему навчального проекту з переліку тем, запропонованих програмою.
  - Октанове число та якість бензину.
  - Цетанове число дизельного палива.
  - Ароматичні сполуки навколо нас.
  - Смог як хімічне явище.
  - Коксування вугілля: продукти та їх використання.
  - Біогаз.
  - Вплив на довкілля вуглеводнів та їхніх похідних.
- Виконайте навчальний проект в одній із відомих вам форм, спланувавши етапи його реалізації та строки виконання.
- Проведіть презентацію проекту.

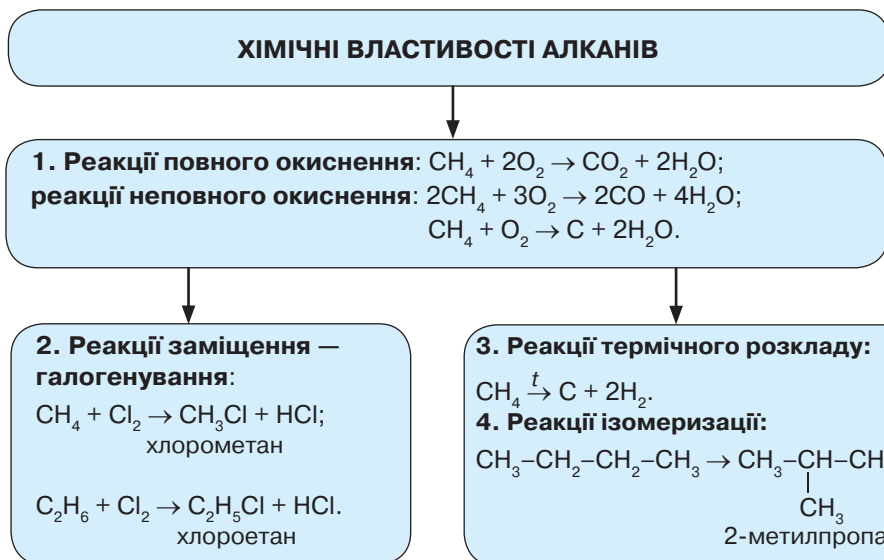
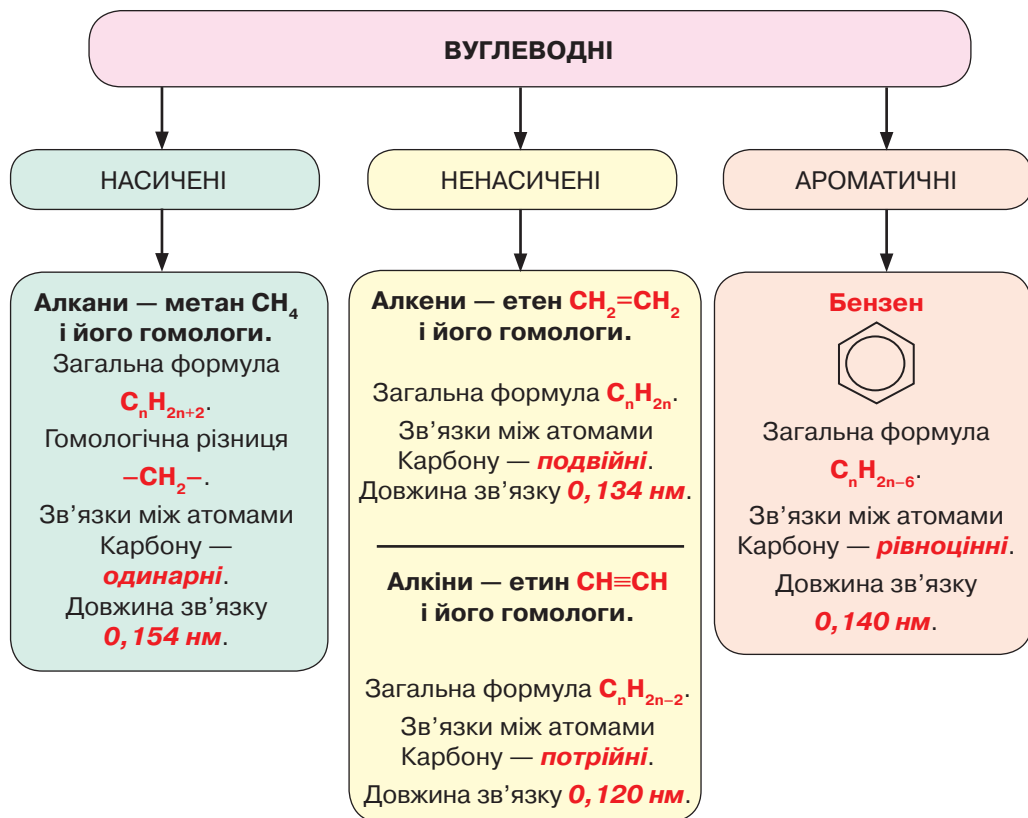




## ПОВТОРЮЄМО Й УЗАГАЛЬНЮЄМО ТЕМУ 2 «ВУГЛЕВОДНІ»

НОМЕНКЛАТУРА ВУГЛЕВОДНІВ		Алгоритм утворення назв	Приклади
		АЛКАНИ	<p><b>1.</b> Знаходимо найдовший карбоновий ланцюг. <b>2.</b> Нумеруємо атоми Карбону з кінця, до якого ближче алкільні замісники. <b>3.</b> Перед назвою сполуки зазначаємо положення алкільних замісників та їхні назви в алфавітному порядку. <b>4.</b> За наявності однакових замісників вказуємо префікси <b>ди-, три-</b> і назву алкану з найдовшим ланцюгом.</p>
АЛКЕНИ	<p><b>1.</b> Назви алкенів утворюють від назв алканів заміною суфікса <b>-ан</b> на <b>-ен</b>. <b>2.</b> Знаходимо найдовший карбоновий ланцюг і нумеруємо атоми Карбону з того кінця, до якого найближче міститься <b>подвійний</b> зв'язок. <b>3.</b> Перед назвою сполуки зазначаємо положення алкільних замісників та їхні назви в алфавітному порядку. <b>4.</b> Перед суфіксом цифрою вказуємо номер атома Карбону, після якого розміщений <b>подвійний</b> зв'язок.</p>	<p>1 2 3 4 5  <math>\text{CH}_2\text{=CH-CH-CH}_2\text{-CH}_3</math>     <math>\text{C}_2\text{H}_5</math> 3-етилпент-1-ен</p> <p>1 2 3 4 5  <math>\text{CH}_3\text{-C=CH-CH}_2\text{-CH}_3</math>     <math>\text{CH}_3</math> 2-метилпент-2-ен</p> <p>1 2 3 4 5 6  <math>\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH-CH-CH}_3</math>      <math>\text{CH}_2</math>       <math>\text{CH}_3</math> <math>\text{CH}_3</math>  4 3  3,4-диметилгекс-1-ен</p>	
АЛКІНИ	<p><b>1.</b> Назви алкінів утворюють від назв алканів заміною суфікса <b>-ан</b> на <b>-ин (-ін)</b>. <b>2.</b> Знаходимо найдовший карбоновий ланцюг і нумеруємо атоми Карбону з того кінця, до якого найближче розташований <b>потрійний</b> зв'язок. <b>3.</b> Перед назвою сполуки зазначаємо положення алкільних замісників та їхні назви в алфавітному порядку. <b>4.</b> Перед суфіксом цифрою вказуємо номер атома Карбону, після якого розміщений <b>потрійний</b> зв'язок.</p>	<p>1 2 3 4 5  <math>\text{CH}\equiv\text{C-CH-CH}_2\text{-CH}_3</math>  пент-1-ин</p> <p>1 2 3 4 5  <math>\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_3</math>  пент-2-ин</p> <p>1 2 3 4  <math>\text{CH}\equiv\text{C-CH-CH}_3</math>     <math>\text{CH}_3</math> 3-метилбут-1-ин</p>	
АРЕНИ		— сполуки Карбону з Гідрогеном, у молекулах яких наявне бензенове кільце. Перший представник аренів — <b>бензен</b> .	



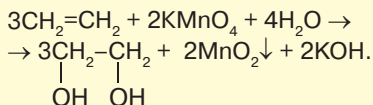
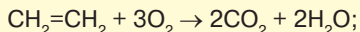




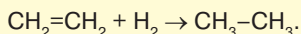
### ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

#### ЕТЕНУ

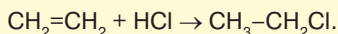
**1. Реакції повного й часткового окиснення етену:**



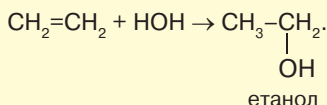
**2. Реакція приєднання водню — гідронування:**



**3. Реакція приєднання гідроген галогенідів:**

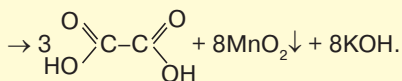
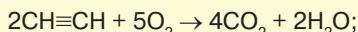


**4. Взаємодія з водою — гідратація:**



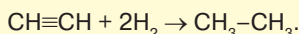
#### ЕТИНУ

**1. Реакції повного й часткового окиснення етину:**

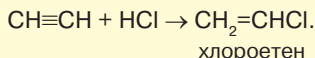


щавлева кислота

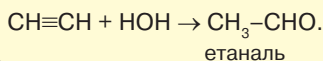
**2. Реакція приєднання водню — гідронування:**



**3. Реакція приєднання гідроген галогенідів:**

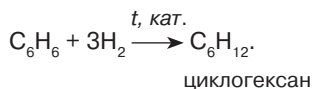
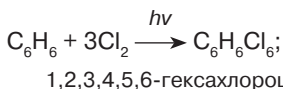


**4. Взаємодія з водою — гідратація:**

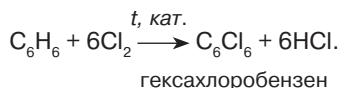
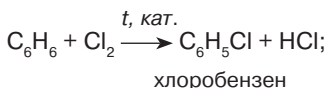


### ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АРЕНІВ

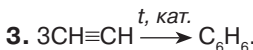
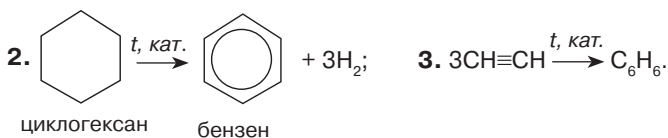
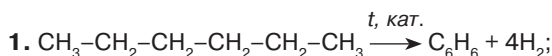
**1. Реакції приєднання (галогенування, гідронування):**



**2. Реакції заміщення:**



#### СПОСОБИ ДОБУВАННЯ БЕНЗЕНУ



## Тема 3

# ОКСИГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ



### § 13. СПИРТИ. НАСИЧЕНІ ОДНОАТОМНІ СПИРТИ, ЇХНІ ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- називати загальну формулу та характеристичну (функціональну) групу спиртів;
- пояснювати вплив характеристичної групи та водневого зв'язку на фізичні й хімічні властивості спиртів;
- наводити приклади насичених одноатомних спиртів;
- складати молекулярні й структурні формули спиртів; рівняння реакцій, які описують хімічні властивості насичених одноатомних спиртів, добування етанолу;
- характеризувати хімічні властивості насичених одноатомних спиртів;
- установлювати причинно-наслідкові зв'язки між складом, хімічною будовою та властивостями насичених одноатомних спиртів; між вуглеводнями та спиртами.

**ОКСИГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ.** До *оксигеновмісних органічних речовин* належать сполуки, молекули яких крім атомів Карбону та Гідрогену містять атоми Оксигену. Це спирти, феноли, альдегіди, карбонові кислоти, естери, жири, вуглеводи. Схему класифікації оксигеновмісних органічних речовин зображено на *рис. 26*.

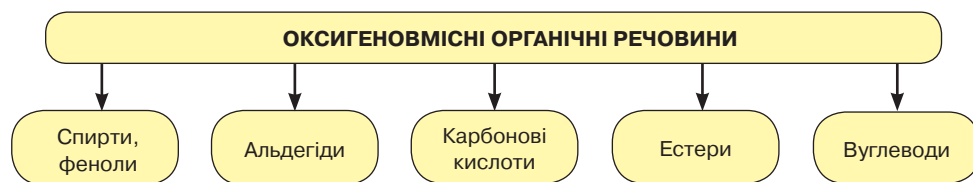


Рис. 26. Схема класифікації оксигеновмісних органічних речовин

**Склад і будова молекул насичених одноатомних спиртів.** Насичені одноатомні спирти, так само як і вуглеводні, здатні утворювати гомологічні ряди. Розглянемо *табл. 8* (с. 62) й ознайомимося з першими чотирма представниками гомологічного ряду насичених одноатомних спиртів. Як бачимо, кожний наступний член ряду відрізняється від попереднього тим, що карбоний ланцюг зростає на групу атомів  $-\text{CH}_2-$ .



Пригадайте, як називається група атомів  $-\text{CH}_2-$ .





## Гомологічний ряд насичених одноатомних спиртів та їхні фізичні властивості

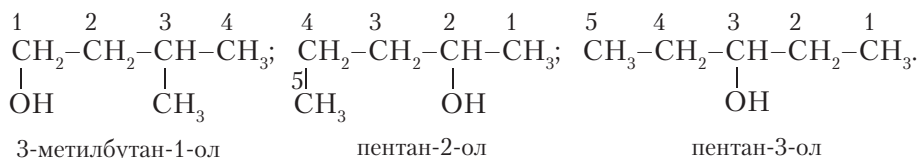
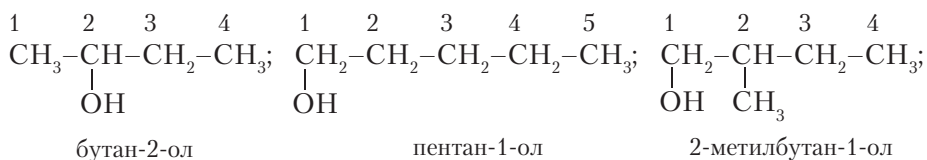
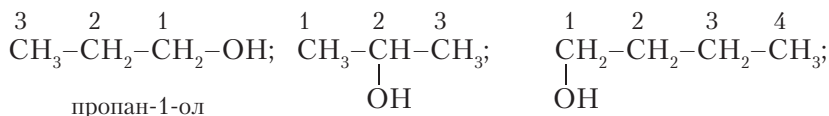
Назва	Молекулярна формула	Скорочена структурна формула	Температура, °С		Густина, г/см <sup>3</sup>
			плавлення	кипіння	
Метанол	CH <sub>4</sub> O	CH <sub>3</sub> -OH	-94,0	64,5	0,792
Етанол	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -OH	-114,0	78,4	0,789
Пропанол	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> -OH	-127,0	97,4	0,804
Бутанол	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> -OH	-90,2	117,4	0,810
<i>Систематичні назви утворюють від назв відповідних алканів з додаванням суфікса -ол.</i>	<i>Гомологічна різниця -CH<sub>2</sub>-</i>	<i>Загальна формула C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>-OH; R-OH</i>	<i>Температура кипіння й густина зростають.</i>		



Похідні насичених вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на характеристичні (функціональні) гідроксильні групи, називають *спиртами*.

**ІЗОМЕРІЯ ТА НОМЕНКЛАТУРА НАСИЧЕНИХ ОДНОАТОМНИХ СПИРТІВ.** Цим спиртам властива *структурна ізомерія*, що зумовлена як порядком сполучення атомів Карбону в карбоновому ланцюзі, так і положенням характеристичної (функціональної) групи -ОН.

Наведемо приклади структурних ізомерів пропанолу, бутанолу та пентанолу:



За систематичною номенклатурою насичені одноатомні спирти називають *алканолами*. Назви спиртів з *нерозгалуженим* карбоновим ланцюгом утворюють від назв алканів із додаванням суфікса *-ол* (табл. 8).



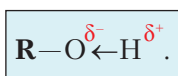


Назву ізомера з *розгалуженим* карбоновим ланцюгом складають за таким алгоритмом: 1) вибирають найдовший карбоновий ланцюг з гідроксильною групою та нумерують його, починаючи з кінця, до якого гідроксильна група розміщена найближче; 2) перед назвою карбонового ланцюга вказують положення алкільних замісників та їхні назви за алфавітом; 3) після назви карбонового ланцюга позначають положення гідроксильної групи та додають суфікс **-ол**.



Складіть самостійно формули трьох структурних ізомерів пентанолу та назвіть їх за систематичною номенклатурою.

**Водневий зв'язок між молекулами спирту.** Наявність у молекулах спиртів характеристичної (функціональної) гідроксильної групи впливає на властивості цих речовин. Атом Оксигену, що входить до гідроксильної групи, є більш електронегативний, ніж атом Гідрогену. Тому він відтягує на себе електронну густину зв'язку  $O \leftarrow H$  (стрілка вказує на зміщення електронної густини до Оксигену). Відповідно на атомі Оксигену утворюється частковий негативний заряд, а на атомі Гідрогену — частковий позитивний. Їх позначають  $\delta^-$  (читають «дельта мінус») і  $\delta^+$  (читають «дельта плюс»). Отже, у молекулах спиртів у характеристичній (функціональній) групі наявна полярність зв'язку, її зображають так:



Завдяки полярності молекули спиртів утворюють водневі зв'язки між собою (рис. 27), тобто молекули *асоційовані* (сполучені в складніші агрегати).

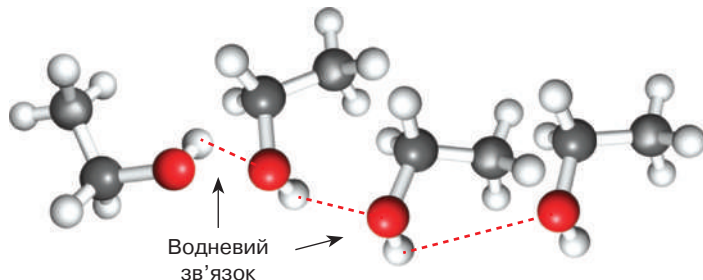


Рис. 27. Схема утворення водневого зв'язку між молекулами етанолу

**Фізичні властивості.** Будова молекул насичених одноатомних спиртів впливає на їхні властивості. Унаслідок утворення між молекулами цих речовин водневих зв'язків серед них немає газів. Тому перші їх представники — рідини, а ті, що містять 12 і більше атомів Карбону, — тверді речовини. Із зростанням відносної молекулярної маси підвищуються температура кипіння й густина.

**Зверніть увагу!** Метанол та етанол мають специфічний алкогольний запах. Важливо знати, що метанол є сильною отрутою, яка навіть у незначних дозах викликає сліпоту й смерть. Етанол менш отруйний, проте систематичне його вживання спричиняє важке захворювання — алкоголізм.

**Хімічні властивості.** Наявність характеристичної (функціональної) групи визначає хімічні властивості спиртів.



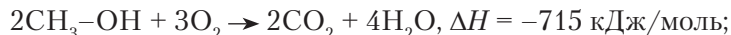


**Повне та часткове окиснення спиртів.** Спирти горять з утворенням карбон(IV) оксиду й води та виділенням великої кількості теплоти.

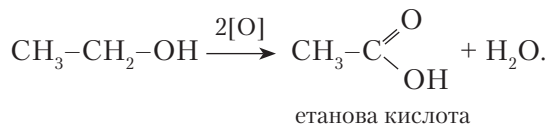
Звернемося до демонстрацій.

*Дослід 1. Повне та часткове окиснення.*

Наллємо почергово метанол й етанол на дно двох чашок Петрі та підпалимо їх. Спостерігаємо, що обидва спирти горять блакитним полум'ям:

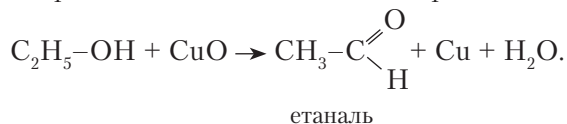


Спирти вступають у реакції часткового окиснення сильними окисниками. Наприклад, під час взаємодії етанолу з калій перманганатом у кислотному середовищі утворюється етанова кислота:

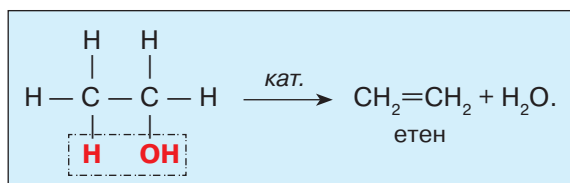


*Дослід 2. Окиснення етанолу до етаналю.*

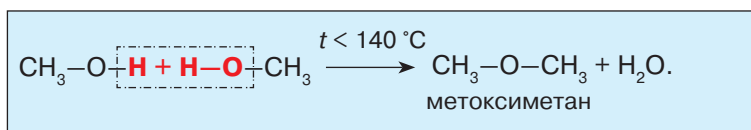
Нагріємо в полум'ї пальника мідну спіраль до утворення чорного нальоту — купрум(II) оксиду. Зануримо цю спіраль у пробірку з етанолом. З'являється неприємний запах етаналю. Спіраль відновлює своє забарвлення, стає блискучою. Отже, відбулася реакція окиснення. Рівняння реакції:



**Реакції дегідратації.** Насичені одноатомні спирти за певних умов мають здатність відщеплювати воду. Такі реакції називають *внутрішньомолекулярною дегідратацією*. Вони відбуваються за наявності концентрованої сульфатної кислоти або іншого каталізатора (наприклад,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Рівняння реакції:



Дегідратація може відбуватися й між поодинокими молекулами спиртів за умови, що температура не перевищує  $140^\circ\text{C}$  і спирт є в надлишку. Такі реакції називають *міжмолекулярною дегідратацією*. Рівняння реакції:

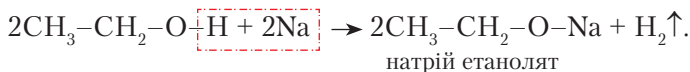






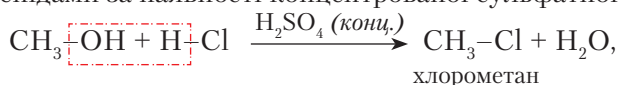
Підаючи міжмолекулярній дегідратації етанол, отримують представника класу етерів — етоксигетан складу  $C_2H_5-O-C_2H_5$ , який застосовують у медицині як знеболювальний засіб.

**Взаємодія з лужними металами.** Спирти мають здатність вступати в реакції заміщення з активними металами. Якщо в пробірку налити етанол і помістити туди шматок натрію, заклавши отвір газовідвідною трубкою, то спостерігається виділення газу. Експериментально доведено, що утворюється алкоголят — натрій етаноллят і водень. Рівняння реакції:



Поясніть, чому відбувається заміщення атома Гідрогену на атом Натрію.

**Взаємодія з гідроген галогенідами.** Спирти вступають у хімічну взаємодію з гідроген галогенідами за наявності концентрованої сульфатної кислоти:



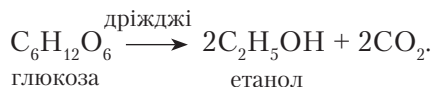
унаслідок якої утворюються галогенопохідні алканів.

**Добування етанолу.** Ви ознайомилися з внутрішньомолекулярною дегідратацією спиртів на прикладі етанолу. Оборненою реакцією, тобто *гідратацією етену*, у промисловості добувають етанол, який використовують для технічних потреб.



Складіть рівняння реакції добування етанолу з етену способом гідратації.

Етанол також добувають *способом спиртового бродіння глюкози*. Ця реакція каталітична, відбувається за наявності дріжджів. Схема реакції:



Природу спиртового бродіння досліджувала вчена-хімік *М. Корнукова*.

**Корнукова Марія Михайлівна** (1843–1903) — учена вперше експериментально вирішила суперечності між прихильниками біологічної (Л. Пастер) і хімічної (Ю. фон Лібіх) теорій природи спиртового бродіння та довела, що це не тільки хімічний, а й біологічний процес. Вона першою дійшла висновку, що дріжджові клітини не є обов'язковою умовою алкогольного бродіння. На той час її робота не була визнана. Однак відкриття було перевідкрито німецьким біохіміком *Е. Бухнером*, який у 1907 р. отримав Нобелівську премію з хімії. Свої дослідження Е. Бухнер опублікував у статті «Алкогольне бродіння без дріжджових клітин».



**Дія спиртів на організм людини.** Серед насичених одноатомних спиртів найчастіше використовують метанол та етанол. Метанол є сильною отрутою. Уживати його категорично заборонено, адже навіть у малих дозах він викликає сліпоту, а потрапляння в організм людини понад 25 мл метанолу спричиняє смерть.





Етанол — наркотик сповільненої дії. З курсів основ здоров'я та біології вам відомо, що систематичне вживання спиртних напоїв призводить до отруєння організму. *Алкоголізм* — захворювання, що ґрунтується на властивості етанолу добре розчинятися й легко всмоктуватися в кров. З кров'ю він потрапляє до всіх внутрішніх органів, спричиняючи збої у їх функціонуванні.

Уживання алкоголю особливо шкідливе в підлітковому віці: оскільки швидкість обмінних процесів в організмі молодого людини є досить високою, це істотно збільшує негативний вплив етанолу.

Хворі на алкоголізм завдають матеріальної та моральної шкоди не тільки власним родинам, а й суспільству. Щоб запобігти цій небезпеці, кожна людина має усвідомити громадянську відповідальність за себе та своє оточення, вести здоровий спосіб життя, дбати про власне здоров'я. Це сприятиме розв'язанню суспільних проблем, зокрема моральної, медичної та соціальної.



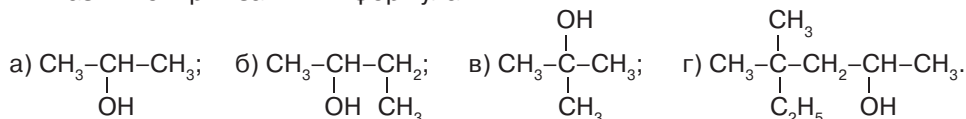
### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Оксигеновмісні органічні речовини** — сполуки, до складу молекул яких крім атомів Карбону та Гідрогену входять атоми Оксигену.
- **Спирти** — похідні насичених вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на характеристичні (функціональні) гідроксильні групи  $-OH$ .
- Назви спиртів з нерозгалуженим карбоновим ланцюгом утворюють від назв алканів з додаванням суфікса **-ол**.
- Загальна формула насичених одноатомних спиртів  $C_n H_{2n+1} -OH$ , **R-OH**.
- Назви ізомерів з розгалуженим карбоновим ланцюгом складають так: 1) вибирають найдовший карбоновий ланцюг з гідроксильною групою та нумерують його, починаючи з того кінця, до якого ближче розміщена гідроксильна група; 2) перед назвою карбонового ланцюга зазначають положення алкільних замісників та їхні назви в алфавітному порядку; 3) після назви карбонового ланцюга позначають положення гідроксильної групи та додають суфікс **-ол**.
- Між молекулами спиртів наявний **водневий зв'язок**, від нього залежать властивості цього класу речовин. Також на хімічні властивості спиртів впливає характеристична (функціональна) гідроксильна група  $-OH$ .
- Спирти вступають у реакції повного й часткового **окиснення**, **дегідратації**, взаємодіють з лужними металами, гідроген галогенідами.
- Етанол добувають гідратацією етену та спиртовим бродінням глюкози.
- Зловживання спиртними напоями завдає значної шкоди здоров'ю людей.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть склад і будову молекул насичених одноатомних спиртів.
2. Назвіть перші п'ять представників гомологічного ряду насичених одноатомних спиртів.
3. Поясніть будову характеристичної групи спиртів та утворення водневих зв'язків між молекулами спиртів.
4. Назвіть спирти за їхніми формулами:





5. Установіть відповідність між структурними формулами ізомерів та їхніми назвами.
- |                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| <b>A</b> $C_2H_5-OH$             | <b>1</b> бутан-2-ол  |
| <b>Б</b> $CH_3-CH(OH)-CH_3$      | <b>2</b> пропан-1-ол |
| <b>В</b> $CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3$ | <b>3</b> етанол      |
| <b>Г</b> $CH_3-CH_2-CH_2-OH$     | <b>4</b> пропан-2-ол |
|                                  | <b>5</b> пентан-2-ол |
6. Обчисліть і позначте об'єм (н. у.) і кількість речовини водню, що виділиться внаслідок взаємодії етанолу масою 18,4 г з металічним натрієм.
- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| <b>A</b> 3,36 л; 0,15 моль | <b>В</b> 4,48 л; 0,2 моль |
| <b>Б</b> 2,24 л; 0,1 моль  | <b>Г</b> 5,6 л; 0,4 моль  |
7. Виведіть молекулярну формулу спирту, що містить у своєму складі 68,18 % Карбону, 13,64 % Гідрогену й Оксиген, а відносна густина пари спирту за воднем дорівнює 44.
8. На пропан-1-ол масою 120 г подіяли гідроген бромідом до їх повної взаємодії. Обчисліть маси продуктів реакції та назвіть утворені речовини.
9. Етанол вступив у реакцію окиснення з купрум(II) оксидом масою 16 г. Обчисліть маси продуктів реакції.



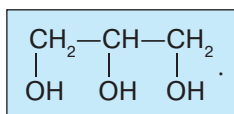
## § 14. ПОНЯТТЯ ПРО БАГАТОАТОМНІ СПИРТИ НА ПРИКЛАДІ ГЛІЦЕРОЛУ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *називати* характеристичну (функціональну) групу гліцеролу;
- *пояснювати* вплив характеристичних (функціональних) гідроксильних груп на фізичні й хімічні властивості гліцеролу;
- *характеризувати* хімічні властивості гліцеролу;
- *складати* рівняння реакцій, які описують хімічні властивості гліцеролу;
- *установлювати* причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою та властивостями гліцеролу; між вуглеводнями та спиртами.

**Склад і будова молекули.** Вивчаючи насичені одноатомні спирти, ви дізналися, що в складі кожної їх молекули міститься одна характеристична (функціональна) гідроксильна група. Гліцерол — триатомний спирт. Це означає, що до складу його молекули входять три гідроксильні групи. Будову молекули гліцеролу можна розглядати як похідну насиченого вуглеводню пропану, у молекулі якого біля кожного атома Карбону один атом Гідрогену заміщений на гідроксильну групу. Структурна формула гліцеролу:



Назва цього спирту за систематичною номенклатурою ІЮПАК **пропан-1,2,3-триол**.



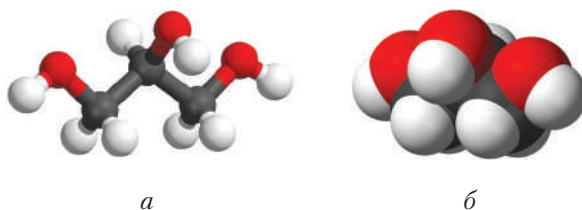


Рис. 28. Кулестержнева (а) і масштабна (б) моделі молекули гліцеролу

Розміщення атомів у молекулі гліцеролу зображено кулестержневою та масштабною моделями (рис. 28, а, б).



Поясніть просторове розміщення атомів Карбону в молекулі гліцеролу, скориставшись рис. 28.

**Фізичні властивості.** Гліцерол (від грецьк. *glikeros* — солодкий) — в'язка рідина, безбарвна, солодка на смак. В'язкість і висока густина гліцеролу залежать від кількості гідроксильних груп, у яких спостерігається поляризація зв'язку, а отже, утворення значно більшої кількості водневих зв'язків між молекулами.

Гліцерол — гігроскопічний, тобто вбирає воду з повітря. Він добре розчиняється у воді в будь-яких співвідношеннях. Температури плавлення та кипіння відповідно становлять 17,8 °С і 290 °С.

**Хімічні властивості.** Ця речовина, незважаючи на високий вміст Карбону в молекулі, згоряє майже безбарвним полум'ям. Реакція *екзотермічна*:

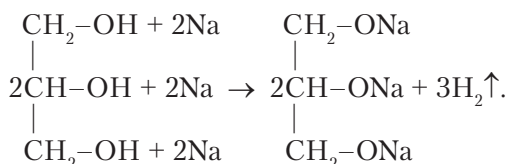


Отже, гліцерол вступає в *реакцію повного окиснення*.



Пригадайте, яка реакція на багатоатомні спирти, зокрема гліцерол, є якісною.

**Взаємодія з лужними металами.** Вам уже відомо, що зміщення електронної густини в гідроксильній групі до атома Оксигену послаблює його зв'язок з Гідрогеном. Завдяки цьому гліцерол, як і одноатомні насичені спирти, вступає в *реакції заміщення*. Такими є реакції з лужними металами. Реакція відбувається по-різному, залежно від співвідношення гліцеролу й металу в суміші реагентів. Наприклад, можуть заміщуватися один, два або всі три атоми Гідрогену в гідроксильних групах:



Оскільки атоми Гідрогену в гідроксильній групі більш рухливі, гліцерол може вступати в інші реакції заміщення: з гідроген галогенідами, нітратною кислотою, лугами та гідроксидами металічних елементів.





**Застосування гліцеролу.** Завдяки фізичним і хімічним властивостям (гігроскопічність, в'язкість, низька температура плавлення) гліцерол набув широкого застосування в суспільному виробництві (рис. 29).

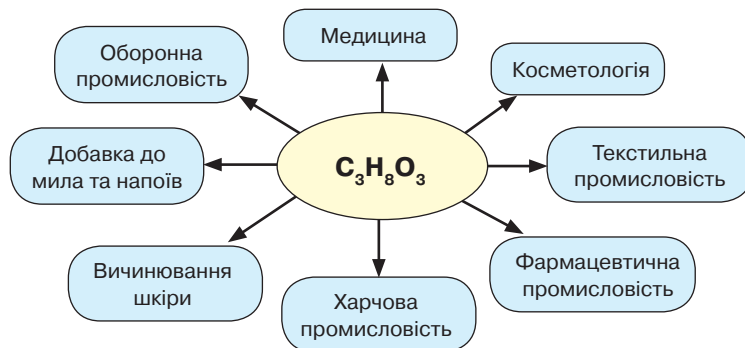


Рис. 29. Схема застосування гліцеролу



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Гліцерол** — триатомний спирт, молекулу якого розглядають як похідну пропану, у якого один атом Гідрогену біля кожного атома Карбону заміщений на гідроксильну групу. Систематична назва — **пропан-1,2,3-триол**.
- Наявність трьох характеристичних гідроксильних груп у молекулі гліцеролу визначає його властивості.
- Гліцерол — в'язка рідина, безбарвна, солодка на смак, гігроскопічна, добре розчинна у воді, має низьку температуру плавлення.
- **Гліцерол** вступає в реакцію **повного окиснення** з утворенням карбон(IV) оксиду та води. Реакція **екзотермічна**.
- Гліцеролу властиві реакції **заміщення** за рахунок атомів Гідрогену в гідроксильній групі або всієї групи.
- Основні галузі застосування гліцеролу зображено на рис. 29.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Сформулюйте визначення поняття «багатоатомні спирти».
2. Укажіть, до яких спиртів належить сполука, що має формулу  $\text{CH}_2(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$ .  
**А** одноатомних                      **В** триатомних  
**Б** двоатомних                        **Г** чотириатомних
3. Складіть рівняння реакцій за схемами:
 

$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{OH} \\   \\ \text{CH}-\text{OH} + \text{Ca} \rightarrow \dots \\   \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{OH} \\   \\ \text{CH}-\text{OH} + \text{Na} \rightarrow \dots \\   \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$
--	--
4. Складіть рівняння реакцій за схемою: метан → етин → **А** → 1,2-дихлороетан. Назвіть речовину, зазначену літерою **А**.





- Пропан-1,2,3-триол масою 18,4 г піддали повному окисненню. Обчисліть, який об'єм кисню (н. у.) витратився, а карбон(IV) оксиду утворився.
- У реакції заміщення з гліцеролом повністю прореагував металічний натрій кількістю речовини 1,2 моль. Обчисліть масу утвореного алкоголяту та об'єм водню (н. у.), що виділився.
- Унаслідок згоряння багатоатомного спирту кількістю речовини 1 моль утворився карбон(IV) оксид об'ємом 112 л (н. у.) і вода масою 108 г. Густина пари спирту за метаном становить 7,5. Виведіть молекулярну формулу спирту.



### ЦІКАВО ЗНАТИ

- Гліцерол взаємодіє з нітратною кислотою за наявності сульфатної кислоти, утворюючи *тринітрогліцерол*. Це вибухова речовина, з якої *Альфред Нобель* виготовив динаміт. Разом з батьком і братом він шукав оптимальні способи його виробництва та застосування в промисловості. У 1867 р. винахід був запатентований, що сприяло швидкому збагаченню підприємця. У його власності перебувало понад 90 фабрик у 20 країнах світу. У 1895 р. А. Нобель склав заповіт, у якому все своє майно — 31,5 млн шведських крон — призначив на міжнародну премію особам, які попереднього року прислужилися людству в галузях фізики, хімії, фізіології чи медицини, літератури або мали особливі досягнення перед людством у справі миру. Ця премія отримала назву «Нобелівська премія».



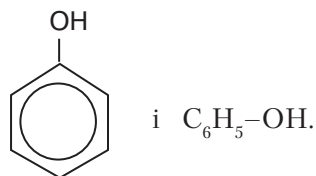
## § 15. ФЕНОЛ, ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- розрізняти молекулярні формули фенолу та бензену;
- пояснювати склад і будову молекули фенолу;
- характеризувати фізичні й хімічні властивості фенолу.

**Склад і будова молекули.** Представником органічних речовин, у молекулах яких гідроксильні групи безпосередньо сполучені з бензеновим кільцем, є **фенол**. Склад молекули цієї речовини розглядають як похідну бензену, у молекулі якого один атом Гідрогену заміщений на характеристичну гідроксильну групу. Структурна й молекулярна формули фенолу відповідно



Як бачимо зі структурної формули та моделі молекули фенолу (рис. 30), гідроксильна група  $-OH$  безпосередньо сполучена з атомом Карбону бензенового кільця. Отже, молекула фенолу має форму правильного шестикутника, у якому атоми Карбону розміщуються під кутом  $120^\circ$ , тобто молекула фенолу плоска.

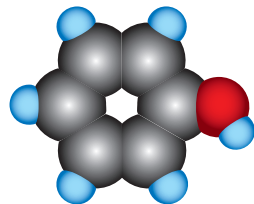


Рис. 30. Масштабна модель молекули фенолу



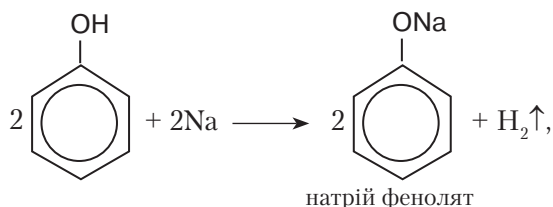


**Фізичні властивості.** Фенол — безбарвна кристалічна речовина з характерним запахом, отруйна. На повітрі окиснюється й набуває рожевого забарвлення. Оскільки температура плавлення фенолу становить 42 °С, то він добре розчиняється в гарячій воді. У цьому легко перекопатися, якщо пробірку з фенолом помістити в склянку з гарячою водою. Має антисептичну дію.

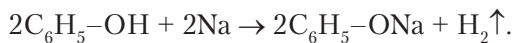
**Хімічні властивості.** За складом молекули фенолу можна спрогнозувати його властивості. Оскільки молекула фенолу містить гідроксильну групу, він має проявляти властивості, характерні для цієї групи. Однак у його молекулі є бензенове кільце, а отже, йому притаманні також властивості бензену.

Ураховуючи наявність гідроксильної групи, фенол має вступати в реакції **заміщення**. Перевіримо це за допомогою дослідів.

**Реакції за гідроксильною групою.** Проведемо *віртуальний дослід*. Покладемо в пробірку кристали фенолу та нагріємо до плавлення. Якщо додати невеликий шматок металічного натрію, то в пробірці виділятиметься газ водень. Отже, відбулася реакція заміщення:



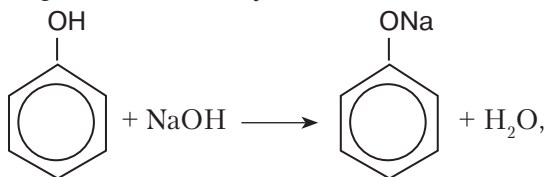
або



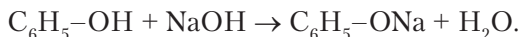
Отже, можна зробити висновок, що фенол проявляє властивості, подібні до властивостей спиртів.

На гідроксильну групу здійснює певний вплив і бензенове кільце. Воно відтягує на себе електронну густину атома Оксигену гідроксильної групи, послаблюючи між ними зв'язок. Атом Гідрогену стає рухливіший, що теж впливає на властивості фенолу.

Завдяки наявності бензенового кільця фенол, на відміну від спиртів, реагує з розчином лугу, утворюючи сіль і воду:

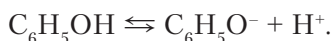


або



Назвіть утворені речовини й тип реакції.

На відміну від спиртів фенол проявляє кислотні властивості. У розчині він дуже слабо дисоціює:

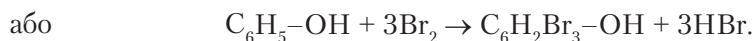
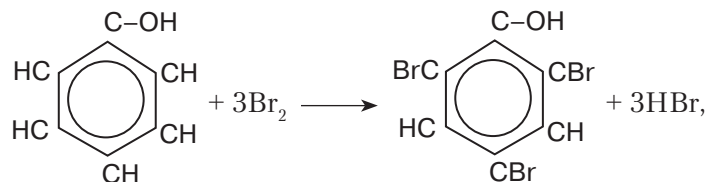


Тривіальна назва фенолу — *карболова кислота*.





**Реакції в бензеновому кільці.** Вам уже відомо з § 10 (с. 47), що реакція бензену з бромом за звичайних умов не відбувається. А в молекулі фенолу наявність гідроксильної групи впливає на зв'язки між атомами в бензеновому кільці: у положеннях 2, 4, 6 атоми Гідрогену мають більшу рухливість. Тому бромна вода реагує з фенолом, заміщаючи атоми Гідрогену на атоми Брому:



Унаслідок реакції утворюється білий осад 2,4,6-трибромфенолу.

Отже, можна зробити висновок, що фенол вступає в реакції заміщення за гідроксильною групою та бензеновим кільцем.

**Вплив на здоров'я людини та довкілля.** Фенол є продуктом переробки кам'яного вугілля, а вам відомо, що вуглеводнева сировина за недбалого застосування негативно впливає на здоров'я людини й довкілля. Під час синтезу фенолоформальдегідних пластмас, барвників, вибухових речовин відбуваються викиди отруйних газів у довкілля. Разом з іншими промисловими відходами фенол потрапляє в стічні води, унаслідок чого гинуть водні рослини, отруєється риба.

Фенол — отруйна речовина, що становить загрозу не тільки для здоров'я людини, а й для рослин і тварин. Тому виробництво й промислове використання фенолу тісно пов'язане з питаннями екології, з охороною природи від промислових відходів, що містять фенол.

Кожна людина, яка працює на коксохімічному виробництві або на виробництвах, пов'язаних із використанням фенолу, має усвідомлювати цю небезпеку для здоров'я та екологічної ситуації в країні, бути відповідальною перед суспільством за чистоту повітря, водойм і ґрунтів, адже це безпосередньо впливає на здоров'я та працездатність громадян.



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- Склад молекули **фенолу** розглядають як похідну бензену, у молекулі якого один атом Гідрогену заміщений на характеристичну гідроксильну групу  $\text{-OH}$ .
- Молекулярна формула фенолу  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-OH}$ .
- **Фенол** — безбарвна кристалічна речовина з характерним запахом, отруйна, легкоплавка, добре розчиняється в гарячій воді.
- Фенолу властиві реакції **заміщення**, що відбуваються за гідроксильною групою та в положеннях 2, 4, 6 у бензеновому кільці. Це зумовлено впливом гідроксильної групи на бензенове кільце.
- Фенол і його похідні є загрозою для здоров'я та працездатності людини, становлять значні екологічні небезпеки.

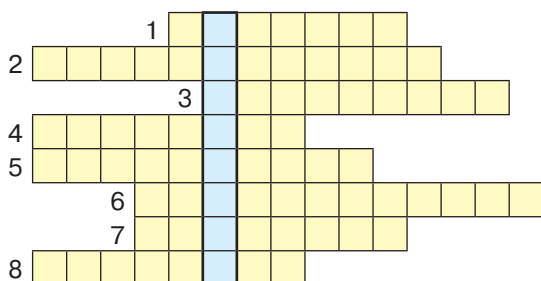






### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Позначте молекулярну формулу фенолу.  
**A**  $C_6H_5-CH_3$       **B**  $C_6H_5-C_2H_5$       **B**  $C_6H_5-OH$       **Г**  $C_6H_5-O-CH_3$
- Укажіть, яка властивість фенолу зумовила його застосування в медицині.  
**A** добре розчиняється у воді      **B** сильний антисептик  
**B** має характерний неприємний запах      **Г** взаємодіє з натрієм
- Позначте, що є сировиною для добування фенолу.  
**A** природний газ      **B** нафтопродукти  
**B** нафта      **Г** кам'яне вугілля
- Порівняйте хімічні властивості бензену та фенолу.
- На розчин фенолу масою 100 г із масовою часткою речовини 0,47 поділяли розчином калій гідроксиду в надлишку. Обчисліть масу солі, що утворилася.
- До суміші фенолу з бенzenом масою 50 г долили бромну воду в надлишку. Утворився білий осад масою 99,3 г. Обчисліть масові частки речовин у вихідній суміші.
- Охарактеризуйте вплив фенолу на здоров'я людини та довкілля.
- Перемалюйте кросворд у зошит і розв'яжіть його. У виділеному стовпці за вертикаллю прочитаєте назву науки про довкілля.



#### За горизонталлю:

- Перший представник гомологічного ряду спиртів.
- Назва характеристичної групи спиртів.
- Тип реакції взаємодії етанолу з купрум(II) оксидом.
- Назва реакції взаємодії органічних речовин з водою.
- Хвороба, що виникає внаслідок тривалого вживання алкоголю.
- Назва реакції відщеплення води від спирту.
- Спирт, солодкий на смак.
- Загальна назва солей, утворених фенолом.



### ЦІКАВО ЗНАТИ

- Фенол міститься в складі багатьох ліків для дітей. Їх використання спричиняє виникнення побічних явищ, що загрожують здоров'ю та життю. Належить до II класу небезпеки — високонебезпечні речовини (За матеріалами сайту <https://halykoo.ua/uk/chim-nebezpechnij-fenol-dlya-organizmu-ditini/>).



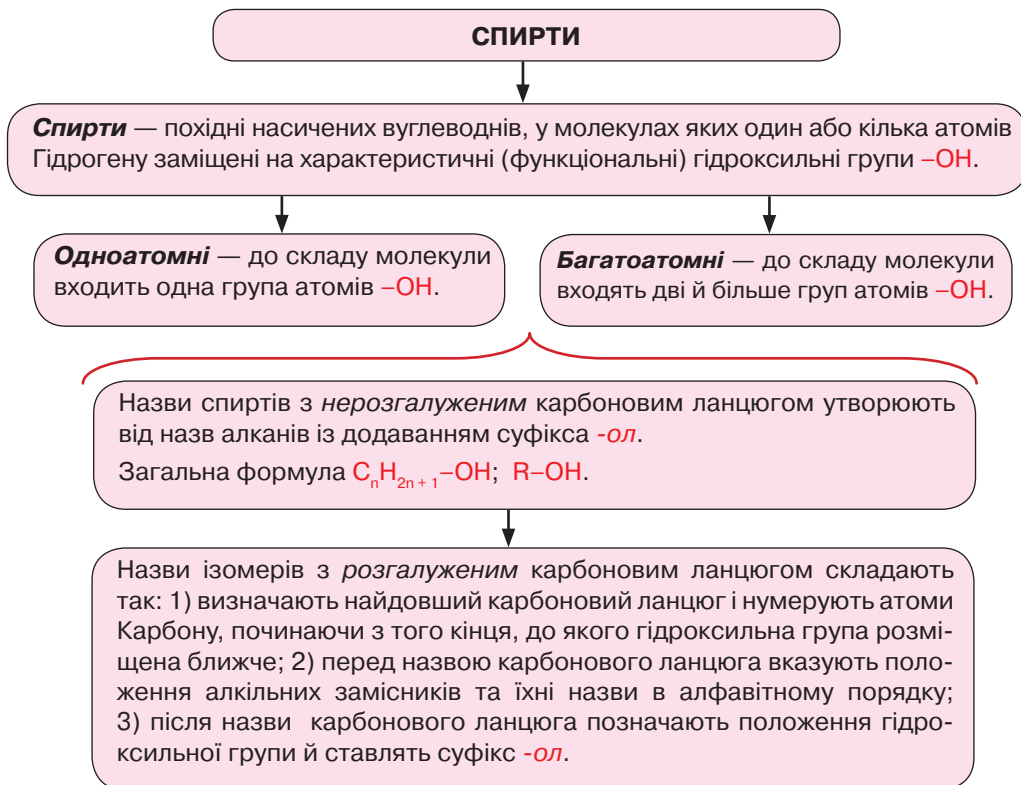
### НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЕКТ

- Оберіть самостійно тему навчального проекту з переліку тем, запропонованих програмою.
  - Екологічна безпечність застосування й одержання фенолу.
  - Виявлення фенолу в екстракті зеленого чаю або гуаші.
- Виконайте навчальний проект в одній із відомих вам форм, спланувавши етапи його реалізації та строки виконання.
- Проведіть презентацію проекту.



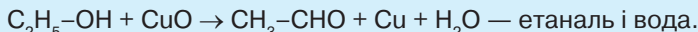
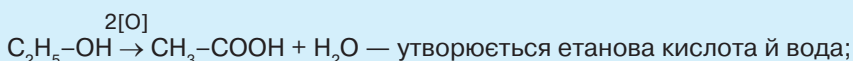


ПОВТОРЮЄМО Й УЗАГАЛЬНЮЄМО ПІДТЕМУ «СПИРТИ. ФЕНОЛ»



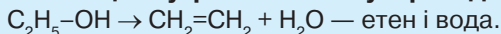
**ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАСИЧЕНИХ ОДНОАТОМНИХ СПИРТІВ**

**1. Реакції повного й часткового окиснення.** Часткове окиснення відбувається в кислотному середовищі внаслідок дії сильних окисників ( $KMnO_4$ ):

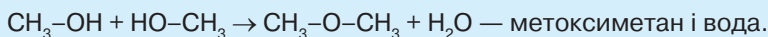


Реакцію повного окиснення складіть самостійно.

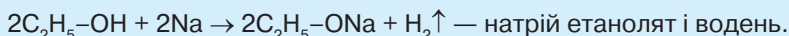
**2. Реакції внутрішньомолекулярної дегідратації:**



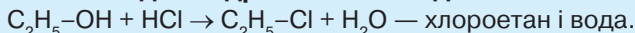
**3. Реакції міжмолекулярної дегідратації:**



**4. Взаємодія з лужними металами:**



**5. Взаємодія з гідроген галогенідами:**



**ДОБУВАННЯ ЕТАНОЛУ**

Етанол добувають *гідратацією етену та спиртовим бродінням глюкози.*





## ГЛІЦЕРОЛ

**Гліцерол** — триатомний спирт, молекулу якого розглядають як похідну пропану, у якого один атом Гідрогену біля кожного атома Карбону заміщений на гідроксильну групу  $-OH$ . Систематична назва — **пропан-1,2,3-триол**.

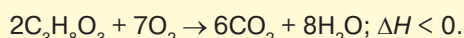
### Фізичні властивості

В'язка рідина, безбарвна, солодка на смак, гігроскопічна, добре розчинна у воді, має низьку температуру плавлення ( $17,8\text{ }^{\circ}C$ ). Температура кипіння  $290\text{ }^{\circ}C$ .

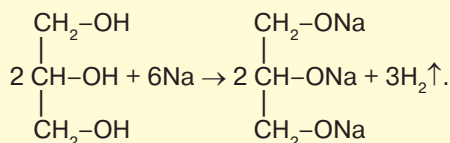
**Застосування гліцеролу**  
(див. рис. 29, с. 69)

### Хімічні властивості

#### 1. Реакція повного окиснення:



#### 2. Взаємодія з металами:



## ФЕНОЛ

**Фенол** — органічна сполука, будову якої розглядають як похідну бензену, у молекулі якого один атом Гідрогену заміщений на характеристичну гідроксильну групу  $-OH$ .

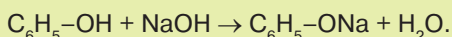
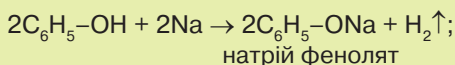
Молекулярна формула  $C_6H_5-OH$ .

### Фізичні властивості

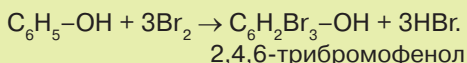
Безбарвна кристалічна речовина з характерним запахом, отруйна, легкоплавка, добре розчинна в гарячій воді. Має антисептичну дію.

### Хімічні властивості

#### 1. Реакції за гідроксильною групою:



#### 2. Реакції заміщення в бензеновому кільці:





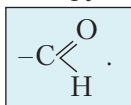
## § 16. АЛЬДЕГІДИ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- називати загальну формулу та характеристичну групу альдегідів;
- наводити приклади альдегідів;
- пояснювати вплив характеристичної (функціональної) групи на фізичні властивості альдегідів;
- характеризувати хімічні властивості етаналу;
- складати рівняння реакцій, що характеризують властивості етаналу; реакції добування етаналу;
- виявляти альдегіди серед інших речовин.

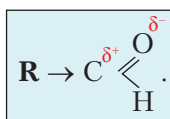
**Склад і будова молекул.** До альдегідів належать такі сполуки, як метаналь, етаналь, пропаналь тощо. У речовин цього класу в складі їхніх молекул наявна характеристична (функціональна) альдегідна група



Склад молекул альдегідів розглядають як похідні алканів, у молекулах яких один атом Гідрогену біля першого атома Карбону заміщений на альдегідну групу. Винятком є перший представник цього класу — *метаналь*, у складі якого замість залишку алкану міститься атом Гідрогену.

Вам уже відомо, що властивості кожного класу органічних сполук визначаються характеристичною (функціональною) групою.

Розглянемо, як розподіляється електронна густина подвійного зв'язку між атомами Карбону та Оксигену. Особливість цього зв'язку полягає в його поляризації. Атом Оксигену як більш електронегативний відтягує на себе електронну густина зв'язку, унаслідок чого він набуває часткового негативного заряду  $\delta^-$ . На атомі Карбону концентрується частковий позитивний заряд  $\delta^+$ :



Масштабні моделі молекул перших двох представників альдегідів зображено на *рис. 31*. Така будова характеристичної (функціональної) групи зумовлює хімічну активність альдегідів.

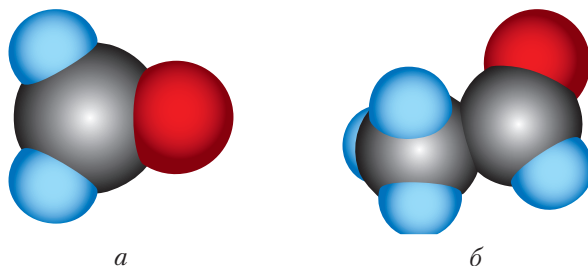


Рис. 31. Масштабні моделі молекул альдегідів: *a* — метаналу; *б* — етаналу





**ІЗОМЕРІЯ ТА НОМЕНКЛАТУРА АЛЬДЕГІДІВ. ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ.** Альдегіди утворюють гомологічний ряд. Ознайомимося з першими чотирма представниками цього класу сполук (табл. 9).

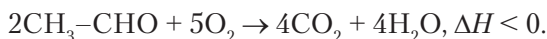
Таблиця 9

Гомологічний ряд альдегідів та їхні фізичні властивості

Назва	Молекулярна формула	Структурна формула	Фізичні властивості
Метаналь (мурашиний альдегід, формальдегід)	H-CHO	$\text{H}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{H} \end{matrix}$	Газ без кольору, має різкий запах, розчинний у воді.
Етаналь (оцтовий альдегід)	CH <sub>3</sub> -CHO	$\text{CH}_3-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{H} \end{matrix}$	Починаючи з етаналю — леткі рідини. Як і метаналь, мають різкий запах, розчинні у воді.
Пропаналь (пропіоновий альдегід)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -CHO	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{H} \end{matrix}$	Через відсутність водневих зв'язків між молекулами вони
Бутаналь (масляний альдегід)	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> -CHO	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{H} \end{matrix}$	мають нижчі температури кипіння, ніж спирти.
<b>Систематичні назви</b> походять від назв відповідних алканів із додаванням суфікса <b>-аль</b> .	<b>Загальна формула</b> $\text{R}-\text{C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{H} \end{matrix}$	Альдегідам властива <b>структурна ізомерія карбонового ланцюга</b> $\begin{matrix} 4 & 3 & 2 & 1 \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C} \\   & & & \text{O} \\ \text{CH}_3 & & & \text{H} \end{matrix}$ 3-метилбутаналь	<b>Висновок: фізичні властивості залежать від будови молекул.</b>

**ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕТАНАЛЮ.** Розглянемо хімічні властивості альдегідів на прикладі етаналю.

**Реакції повного й часткового окиснення.** Етаналь легко окиснюється. Реакції горіння відбуваються з утворенням карбон(IV) оксиду та води. Рівняння реакції *повного окиснення*:

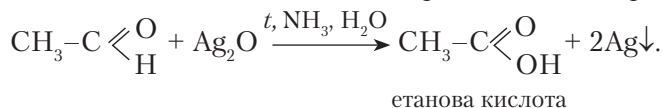


*Часткове окиснення* відбувається під дією амоніачного розчину аргентум(I) оксиду або за взаємодії з купрум(II) гідроксидом.

Звернемося до демонстрацій.

*Дослід 1. Взаємодія з аргентум(I) оксидом.*

Наллємо амоніачний розчин аргентум(I) оксиду об'ємом 1–1,5 мл у чисто вимиту содою пробірку й додамо кілька крапель розчину етаналю. Нагріємо пробірку із сумішшю в склянці з гарячою водою. Через деякий час на стінках пробірки спостерігатимемо осідання металічного срібла. Рівняння реакції:

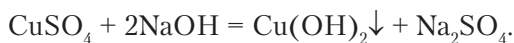




Цю реакцію можна продемонструвати віртуально. Вона дістала назву **реакція «срібного дзеркала»** і є **якісною реакцією на альдегіди**.

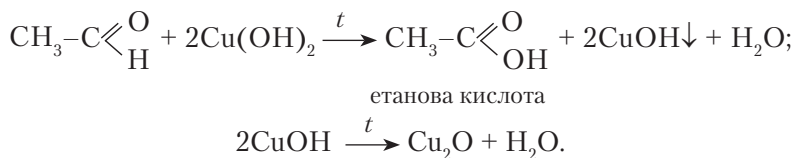
Дослід 2. Взаємодія із свіжоодержаним купрум(II) гідроксидом.

Добудемо купрум(II) гідроксид реакцією обміну між сіллю Купруму та лугом. Рівняння реакції:



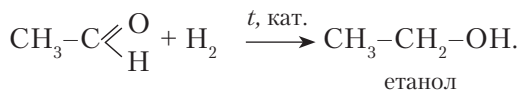
Унаслідок реакції утворюється блакитний осад.

Долємо до осаду розчин етанолу об'ємом 1–1,5 мл і нагріємо пробірку із сумішшю. Випадає жовтий осад купрум(I) гідроксиду. Ця сполука нестійка, вона одразу ж перетворюється на червоно-коричневий осад купрум(I) оксиду й воду. Рівняння реакцій:



Взаємодія альдегідів із свіжоодержаним купрум(II) гідроксидом теж є **якісною реакцією на альдегіди**. Її можна спостерігати віртуально.

**Реакції приєднання.** Цей тип реакцій властивий альдегідам за положенням подвійного зв'язку в альдегідній групі. Якщо суміш етанолу та водню пропустити над нагрітим каталізатором, то етаналь відновлюється до етанолу. Рівняння **реакції відновлення** етанолу:



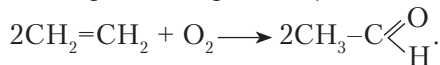
Отже, за певних умов альдегіди можуть окиснюватися й відновлюватися.

**Способи добування етанолу.** Вивчаючи властивості спиртів, ви ознайомилися з реакцією їх окиснення. У лабораторних умовах як окисник використовують купрум(II) оксид або гідроген пероксид.



Пригадайте рівняння реакції окиснення етанолу.

Крім цього способу, застосовують також **реакцію окиснення етену** за наявності каталізатора. Наведемо рівняння реакції (не для запам'ятовування):



Ця реакція економічно вигідна в промисловості, бо етен добувають із метану, що є порівняно недорогою сировиною.

Етаналь добувають **гідратацією етину (реакція Кучерова)**, рівняння цієї реакції наведено в *табл. 7 (с. 38)*.

Альдегіди — отруйні речовини, що завдають шкоди організму людини. Метаналь використовують для виготовлення **формаліну** — водного розчину з домішкою метанолу, який застосовують як засіб для дезінфекції. Просочені фенолформальдегідною смолою плити, з яких виготовляють меблі, небезпечні для здоров'я людей, які перебувають у приміщеннях з такими меблями.





Для обороноздатності країни потрібне виробництво вибухових речовин. Сировиною для їх добування є метаналь.



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Альдегіди** — органічні речовини, до складу молекул яких входить альдегідна група  $-\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{smallmatrix}$ , яка визначає властивості цього класу речовин.
- Систематичні назви альдегідів походять від назв відповідних алканів з додаванням суфікса **-аль**.
- Альдегіди утворюють гомологічний ряд. Загальна формула  $\text{R}-\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{smallmatrix}$ .
- Альдегідам властива **структурна ізомерія** карбонового ланцюга. Нумерація найдовшого карбонового ланцюга починається з атома Карбону характеристичної (функціональної) альдегідної групи.
- Альдегіди — леткі рідини (за винятком метаналю) з різким запахом, розчинні у воді. Через відсутність водневих зв'язків між їхніми молекулами мають нижчі температури кипіння, ніж у відповідних спиртів.
- Альдегіди вступають у реакції повного й часткового заміщення та приєднання. Реакції **часткового окиснення**, що відбуваються між альдегідами та амоніачним розчином аргентум(I) оксиду й свіжоодержаним купрум(II) гідроксидом, — **якісні реакції** на альдегіди, оскільки внаслідок першої реакції утворюється «**срібне дзеркало**», а внаслідок другої — червоно-коричневий **осад купрум(II) оксиду**  $\text{Cu}_2\text{O}$ .
- Реакції приєднання відбуваються за положенням подвійного зв'язку в альдегідній групі. Альдегіди **відновлюються до спиртів**.
- У лабораторних умовах альдегіди добувають окисненням спиртів.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть склад і будову молекул альдегідів.
2. Охарактеризуйте характеристичну (функціональну) групу альдегідів та її вплив на фізичні властивості цих сполук.
3. Поясніть, як експериментально відрізнити альдегіди від інших органічних сполук. Напишіть рівняння реакцій.
4. Складіть рівняння реакцій за схемами:
 

а)  $\text{CH}_3-\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{smallmatrix} + \text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow{t} \dots$ ;      б)  $\text{CH}_3-\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{smallmatrix} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t} \dots$ ;

в)  $\text{CH}_3-\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{smallmatrix} + \text{H}_2 \xrightarrow{t} \dots$ ;      г)  $\text{C}_2\text{H}_5-\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{smallmatrix} + \text{O}_2 \rightarrow \dots$ .
5. Поясніть, як експериментально визначити речовини: а) етаналь і пропанол; б) гліцерол і етаналь; в) фенол і метаналь; г) фенол і гліцерол. Складіть рівняння реакцій, де це можливо.
6. Під час нагрівання етаналю з купрум(II) гідроксидом випав червоно-коричневий осад масою 1,44 г. Обчисліть масу етаналю, що вступив у реакцію.
7. Обчисліть, який об'єм метаналю (н. у.) і масу води потрібно взяти, щоб приготувати розчин формаліну масою 200 г із масовою часткою метаналю 0,4.





8. Органічна речовина масою 7,2 г повністю згоріла в атмосфері кисню. Утворився карбон(IV) оксид об'ємом 8,96 л (н. у.) і вода масою 7,2 г. Густина пари речовини за етеном становить 2,57. Обчисліть і виведіть молекулярну формулу речовини.



### ЦІКАВО ЗНАТИ

Поширений у світі напій кока-кола містить речовини з Е-числами, які викликають небезпечні для здоров'я наслідки. Зокрема, речовини Е-950 — калій ацесульфам, який використовують з Е-951 (аспартамом). Перший — цукрозамінник, що у 200 разів солодший за сахарозу. Добрий консервант, не викликає алергії, малокалорійний. Другий — цукрозамінник для хворих на діабет, у складі якого дві амінокислоти: аспарагін і феніламін.

Е-950 містить у своєму складі речовини, які погіршують роботу серцево-судинної системи, і аспарогенову кислоту, що спричиняє збудження нервової системи та з часом може викликати звикання. Тому ці продукти не рекомендуються дітям.

Е-951 у жаркому кліматі (за температури 30 °С і вище) розкладається в газованій воді на формальдегід, метанол, фенілаланін тощо. Метанол перетворюється на формальдегід, а той — на мурашину кислоту.

Аспартам провокує такі хвороби: пухлини мозку, склероз, епілепсію, базедову хворобу, хронічне нездужання, туберкульоз і може призвести до смерті. Усі, хто захоплюється цим напоєм, мають усвідомити небезпеку для власного здоров'я.



## § 17. КАРБОНОВІ КИСЛОТИ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- називати формули, характеристичні (функціональні) групи, загальну формулу кислот; насичені одноосновні карбонові кислоти за систематичною номенклатурою;
- наводити приклади одноосновних карбонових кислот;
- розрізняти молекулярні формули спиртів, альдегідів, карбонових кислот;
- пояснювати вплив характеристичної (функціональної) групи на фізичні й хімічні властивості насичених одноосновних карбонових кислот; склад молекул; будову характеристичної (функціональної) групи;
- характеризувати хімічні властивості насичених одноосновних карбонових кислот;
- складати рівняння реакцій, що характеризують властивості насичених одноосновних карбонових кислот, їх добування;
- порівнювати хімічні властивості насичених одноосновних карбонових кислот із неорганічними кислотами;
- виявляти наявність органічних кислот у харчових продуктах.

**Поширення в природі, класифікація.** Карбонові кислоти, на відміну від альдегідів, дуже поширені в природі органічні сполуки. Вони входять до складу рослинних і тваринних організмів. Мурашина, лимонна, щавлева, янтарна, яблучна кислоти є у вільному стані, водночас залишки їхніх молекул містять у своєму складі жири, естери й інші сполуки. До таких кислот належать етанова (оцтова), бутанова (масляна), гексадеканова (пальмітинова), октадеканова (стеаринова) та ін.







Класифікують карбонові кислоти за кількістю в їхньому складі характеристичних (функціональних) груп атомів  $-\text{COOH}$ . Якщо кислота містить у своєму складі одну характеристичну (функціональну) групу, її називають *одноосновною*, дві — *двоосновною*, більше — *багатоосновною*.

Залежно від природи вуглеводневого ланцюга розрізняють гомологічні ряди кислот: насичені одноосновні карбонові кислоти та ненасичені: алкенові, алкінові, ароматичні (рис. 32).

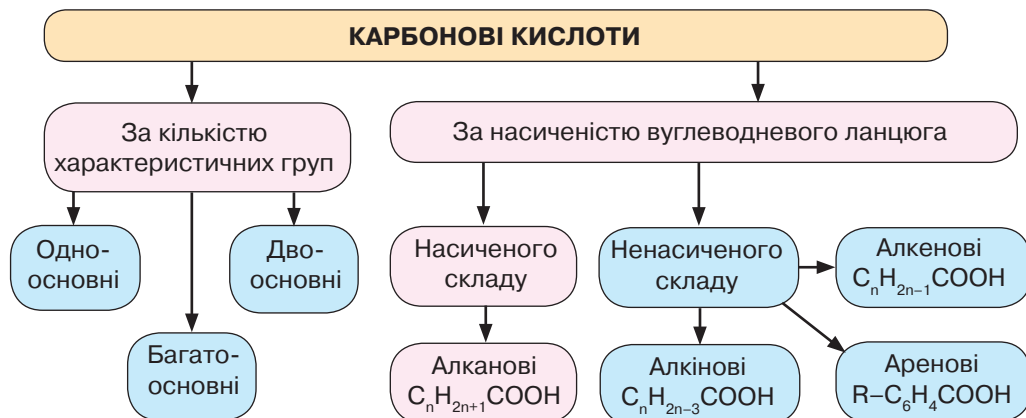


Рис. 32. Схема класифікації карбонових кислот

**Склад і будова молекул насичених одноосновних кислот.** Ознайомившись зі схемою класифікації кислот, можна зробити висновок: до *насичених одноосновних карбонових кислот* належать такі, що у своєму складі містять одну характеристичну (функціональну) карбоксильну групу  $-\text{COOH}$  і насичений вуглеводневий ланцюг. Їхню будову розглядають як похідні алканів, у молекулах яких один атом Гідрогену заміщений на карбоксильну групу  $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ .

Насичені одноосновні карбонові кислоти утворюють гомологічний ряд, вісім представників якого наведено в *табл. 10*.

Таблиця 10

#### Гомологічний ряд одноосновних карбонових кислот та їхні фізичні властивості

Молекулярна формула	Назва кислоти		Температура, °C		Агрегатний стан
	систематична	тривіальна	плавлення	кипіння	
$\text{H}-\text{COOH}$	Метанова	Мурашина	8	101	Рідини з різким запахом, добре розчинні у воді.
$\text{CH}_3-\text{COOH}$	Етанова	Оцтова	17	118	
$\text{C}_2\text{H}_5-\text{COOH}$	Пропанова	Пропіонова	-21	141	Оліїсті речовини, менш розчинні у воді, з неприємним запахом.
$\text{C}_3\text{H}_7-\text{COOH}$	Бутанова	Масляна	-7,9	164	
$\text{C}_4\text{H}_9-\text{COOH}$	Пентанова	Валеріанова	-35	185	
$\text{C}_5\text{H}_{11}-\text{COOH}$	Гексанова	Капронова	-3,4	205	





Молекулярна формула	Назва кислоти		Температура, °C		Агрегатний стан
	систематична	тривіальна	плавлення	кипіння	
$C_{15}H_{31}-COOH$	Гексадеканова	Пальмітинова	62–64	215	Тверді речовини, без запаху, нерозчинні у воді.
$C_{17}H_{35}-COOH$	Октадеканова	Стеаринова	69–70	232	
<b>Загальна формула</b> $C_nH_{2n+1}COOH$ або $R-COOH$	<b>Алгоритм утворення назв:</b> алкан + ова + + кислота → етан + ова + + кислота		Із зростанням відносної молекулярної маси <b>температури плавлення й кипіння зростають порівняно зі спиртами</b> . Молекули асоційовані в димери (рис. 33): $R-C \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{matrix} \dots \begin{matrix} \text{HO} \\ \parallel \\ \text{O} \end{matrix} C-R.$ На розрив таких зв'язків витрачається додаткова енергія.		

Кулестержневу й масштабну моделі молекули представника насичених одноосновних кислот — етанової — зображено на рис. 34.

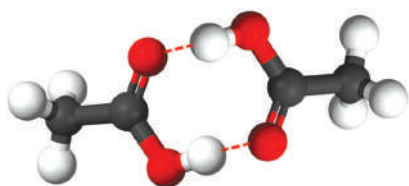


Рис. 33. Схема утворення димерів етанової кислоти

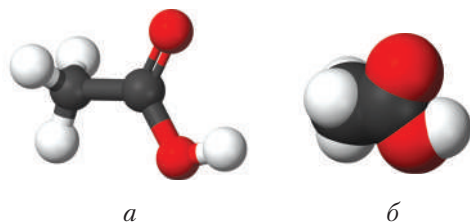
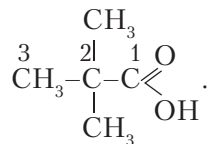
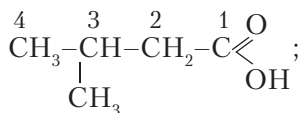
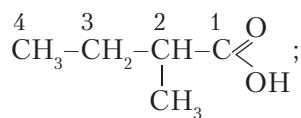
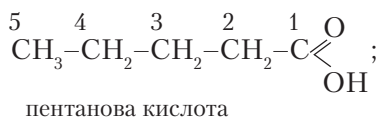


Рис. 34. Кулестержнева (а) і масштабна (б) моделі молекули етанової кислоти

**Номенклатура насичених одноосновних кислот.** Утворення назв гомологів за систематичною номенклатурою наведено в табл. 10 (с. 81).

Одноосновним карбоновим кислотам властива структурна ізомерія карбонового ланцюга. Напишемо структурні формули пентанової кислоти та її ізомерів:



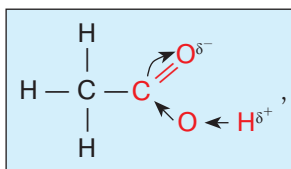
Ізомерія також може бути між класами органічних речовин.





**Хімічні властивості етанової кислоти.** На хімічні властивості етанової кислоти впливає будова її характеристичної (функціональної) групи.

Вам уже відомо, що характеристична група молекули етанової кислоти складається з двох груп: гідроксильної  $-\text{OH}$  і карбонільної  $>\text{C}=\text{O}$ . Атом Оксигену, що міститься в складі карбонільної групи, відтягує на себе електронну густину хімічного зв'язку, унаслідок чого зв'язок між атомами Оксигену й Гідрогену в гідроксильній групі послаблюється. Зміщення електронної густини, яке можна зобразити так:



визначає кислотні властивості цієї речовини.

Для того щоб переконатися, що різкої межі між неорганічними та органічними речовинами немає, звернемося до *табл. 11* і порівняємо хімічні властивості насичених одноосновних карбонових кислот (на прикладі етанової) і неорганічних (хлоридної, сульфатної) кислот.

Таблиця 11

### Порівняльна характеристика хімічних властивостей етанової та неорганічних кислот

Хімічні властивості етанової кислоти	Хімічні властивості хлоридної та сульфатної кислот
<p><b>1. Дія на індикатори:</b> етанова кислота змінює забарвлення індикаторів. Це означає, що кислота є електролітом і дисоціює в розчині на йони:</p> $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$	<p><b>1. Дія на індикатори:</b> змінюють забарвлення лакмусу та метилового оранжевого на червоний, а отже, дисоціюють на йони:</p> $\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
<p><b>2. Взаємодія з металами:</b></p> $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Mg} \rightarrow \underbrace{(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg}}_{\text{магній етаноат}} + \text{H}_2\uparrow;$ $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Mg} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2\uparrow.$	<p><b>2. Взаємодія з металами:</b></p> $2\text{HCl} + \text{Mg} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\uparrow;$ $2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- + \text{Mg} = \text{Mg}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\uparrow.$
<p><b>3. Взаємодія з лугами:</b></p> $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \underbrace{\text{CH}_3\text{COONa}}_{\text{натрій етаноат}} + \text{H}_2\text{O};$ $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}.$	<p><b>3. Взаємодія з лугами:</b></p> $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O};$ $2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- = 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}.$
<p><b>4. Взаємодія із солями:</b></p> $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O};$ $2\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COO}^- + 2\text{Na}^+ + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$	<p><b>4. Взаємодія із солями:</b></p> $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O};$ $2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} = 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$





Хімічні властивості етанової кислоти	Хімічні властивості хлоридної та сульфатної кислот
<p>5. Взаємодія зі спиртами:</p> $\text{CH}_3\text{-C}\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} + \text{HO-C}_2\text{H}_5 \xrightleftharpoons[t, \text{H}_2\text{SO}_4]{} \text{CH}_3\text{-C}\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O-C}_2\text{H}_5 \end{array} + \text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">етилетаноат</p>	<p><b>Висновок.</b> <i>Подібність</i> властивостей органічних і неорганічних кислот проявляється під час дії на індикатори, взаємодії з металами, лугами, солями. <i>Відмінність</i> — у реакціях взаємодії зі спиртами, що пояснюється наявністю карбоксильної групи в молекулах карбонових кислот.</p>



Реакції між карбоновими кислотами та спиртами з утворенням естерів називають реакціями *естерифікації*.



### Лабораторний дослід 1. Виявлення органічних кислот у харчових продуктах



Пригадайте, як змінюється забарвлення індикаторів у кислотному середовищі.

*Завдання.* Дослідіть наявність органічних кислот у харчових продуктах.

*Обладнання та реактиви:* пробірки, піпетки, розчини лакмусу та метилового оранжевого, універсальний індикатор; харчові продукти — молоко, кефір, яблуко, лимон, хліб, сметана.

#### Хід роботи

- Проведіть дослідження. Для цього на кожен із зразків досліджуваних продуктів крапніть по черзі виданих вам розчинів індикаторів.
- Запишіть результати досліджень у таблицю в зошиті, зразок якої наведено нижче.
- Зробіть висновок про перебіг реакції. Сформулюйте загальний висновок.

Продукти	Забарвлення лакмусу	Забарвлення метилового оранжевого	Забарвлення універсального індикатора	Висновок
Молоко				
Кефір				
Яблуко				
Лимон				
Хліб				
Сметана				

Загальний висновок: \_\_\_\_\_.



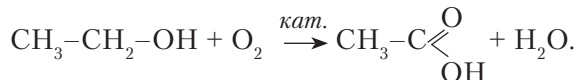


**Добування етанової кислоти.** Вам уже відомо, що внаслідок часткового окиснення альдегідів утворюються карбонові кислоти (див. § 16, с. 77–78).

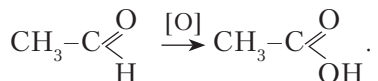


Пригадайте реакції часткового окиснення альдегідів. Напишіть рівняння реакцій.

**Окиснення етанолу.** Етанову кислоту добувають окисненням етанолу за наявності каталізатора. Рівняння реакції:



**Окиснення етанолу.** Оскільки з реакцією часткового окиснення етанолу ви вже ознайомилися (див. § 16, с. 77), то зазначимо, що окисниками можуть бути й калій перманганат, калій дихромат та інші сильні окисники. Рівняння реакції:



Економічно вигідний промисловий спосіб добування етанової кислоти — це окиснення алканів повітрям за наявності каталізаторів.



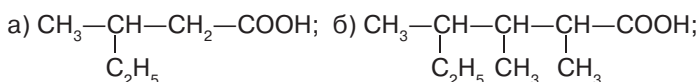
### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

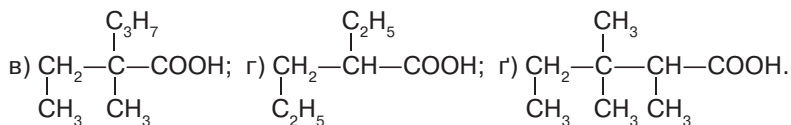
- **Карбонові кислоти** класифікують за кількістю характеристичних (функціональних) груп і за насиченістю вуглеводневого ланцюга.
- До **насичених одноосновних карбонових кислот** належать такі, що містять у своєму складі одну характеристичну (функціональну) карбоксильну групу й насичений вуглеводневий ланцюг.
- **Будову** насичених одноосновних карбонових кислот розглядають як похідні алканів, у молекулах яких один атом Гідрогену заміщений на карбоксильну групу **—COOH**. Загальна формула **C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>COOH** або **R—COOH**.
- **Назви** насичених одноосновних карбонових кислот утворюють за алгоритмом: **алкан + ова + кислота**. Наприклад: етан + ова + кислота → **етанова кислота**.
- Наявність карбоксильної групи в складі молекули карбонових кислот визначає їхні фізичні й хімічні властивості.
- **Хімічні властивості** карбонових кислот **подібні до властивостей неорганічних кислот**, крім **взаємодії зі спиртами**, унаслідок якої утворюються естери карбонових кислот.
- Реакції між карбоновими кислотами та спиртами з утворенням естерів називають реакціями **естерифікації**.
- Добувають насичені одноосновні карбонові кислоти **окисненням спиртів (за наявності каталізатора) та альдегідів**.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть, за якими ознаками класифікують карбонові кислоти.
2. Охарактеризуйте склад і будову насичених одноосновних карбонових кислот.
3. Дайте назви структурним ізомерам насичених одноосновних карбонових кислот за систематичною номенклатурою:





- Порівняйте хімічні властивості сульфатної та етанової кислот, використовуючи конкретні приклади.
- Складіть структурні формули кислот за їхніми назвами: а) 2,2-диметилбутанова кислота; б) 2-метил-3-хлоропентанова кислота; в) 2-етил-3-метилпентанова кислота.
- Складіть рівняння реакцій між речовинами:
  - $\text{C}_2\text{H}_5-\text{COOH} + \text{Mg} \rightarrow \dots$ ;
  - $\text{C}_3\text{H}_7-\text{COOH} + \text{KOH} \rightarrow \dots$ ;
  - $\text{C}_2\text{H}_5-\text{COOH} + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots$ ;
  - $\text{CH}_3-\text{COOH} + \text{OH}-\text{C}_2\text{H}_5 \rightarrow \dots$ ;
  - $\text{CH}_3-\text{CHO} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ;
  - $\text{CH}_3-\text{CHO} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \dots$ ;
  - $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \dots$ ;
  - $\text{C}_3\text{H}_7-\text{CHO} + \text{O}_2 \rightarrow \dots$ .
- Дано речовини: етанол, натрій гідроксид, калій карбонат, кальцій оксид, купрум(II) гідроксид, водень. Установіть, з якими з них реагуватимуть етанова й сульфатна кислоти. Напишіть молекулярні та, де можливо, йонні рівняння хімічних реакцій.
- Складіть рівняння хімічних реакцій за схемою. Назвіть речовини, позначені літерами **А**, **Б** і **В**.
 
$$\text{CH}_4 \xrightarrow{+\text{Cl}_2} \text{А} \xrightarrow{+\text{H}_2\text{O}} \text{Б} \xrightarrow{+\text{CuO}} \text{В} \xrightarrow{+\text{Cu}(\text{OH})_2} \text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \diagup \\ \diagdown \\ \text{OH} \end{array}$$
- Обчисліть масу етанової кислоти, що прореагувала з магнієм, якщо виділився водень об'ємом 33,6 л (н. у.).
- Етанову кислоту кількістю речовини 0,3 моль повністю нейтралізували розчином натрій гідроксиду. Обчисліть масу утвореної солі. Назвіть її.
- У побуті розчин етанової кислоти з масовою часткою 9 % застосовують як смаковий засіб і консервант. Обчисліть, яку масу розчину з масовою часткою кислоти 85 % треба взяти, щоб отримати оцет масою 8 кг.



### ЦІКАВО ЗНАТИ

- У давнину бузину вважали священним деревом, а її ягоди вживали для підвищення тонуусу організму, очищення крові. Народній медицині давно відомі лікувальні властивості бузини. Вона має широкий спектр дії. Застосовують бузину як потогінний, сечогінний, проносний і в'язучий засіб. Вона має протизапальні, бактерицидні й дезінфекційні властивості. У разі застуди та інших респіраторних захворювань допоможуть її жарознижувальні та відхаркувальні властивості (теплий настій). Ягоди бузини містять вітамін С, тирозин, карбонові кислоти, макро- й мікроелементи (Цинк, Калій, Ферум, Селен, Купрум), естери; листя — аскорбінову кислоту, каротин, смоли. Відвар із плодів бузини добре полегшує симптоми при виразці шлунка й гепатиті. Цінними є і квіти бузини, у яких високий вміст рутину, холіну, а також аскорбінової, яблучної та валеріанової кислот (*За матеріалами сайту <http://www.slk.kh.ua/news/sk-klub/buzina-na-gorodi-chi-korisna-vona.html>*).





## ПОВТОРЮЄМО Й УЗАГАЛЬНЮЄМО ПІДТЕМУ «АЛЬДЕГІДИ. КАРБОНОВІ КИСЛОТИ»

### АЛЬДЕГІДИ

**Альдегіди** — органічні речовини, молекули яких містять у своєму складі альдегідну групу  $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ . Загальна формула  $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ .

Систематичні назви альдегідів утворюють від назв відповідних алканів з додаванням суфікса **-аль**.  
Альдегідам властива **структурна ізомерія** карбонового ланцюга. Нумерація найдовшого карбонового ланцюга починається з атома Карбону альдегідної групи.

#### Фізичні властивості

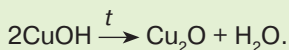
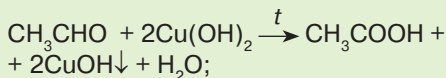
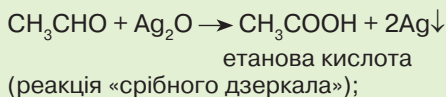
Леткі рідини (крім метаналу — газ) з різким запахом, розчинні у воді. Між молекулами відсутні водневі зв'язки. Температури кипіння нижчі, ніж у відповідних спиртів.

#### Добування

У лабораторних умовах — окисненням спиртів.

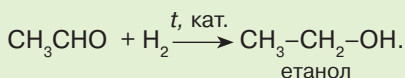
#### Хімічні властивості

##### 1. Реакції часткового окиснення:



Ці дві реакції є **якісними реакціями** на альдегіди.

##### 2. Реакції приєднання:



### НАСИЧЕНІ ОДНООСНОВНІ КАРБОНОВІ КИСЛОТИ

**Насичені одноосновні карбонові кислоти** — органічні речовини, молекули яких містять у своєму складі насичений вуглеводневий ланцюг і одну характеристичну (функціональну) групу **-COOH**. Загальна формула  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$  або **R-COOH**.





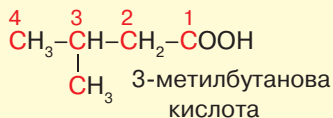
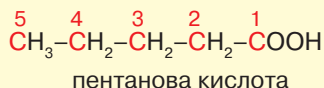
## НОМЕНКЛАТУРА, ІЗОМЕРІЯ НАСИЧЕНИХ ОДНООСНОВНИХ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ

### Систематичні назви:

**алкан + ова + кислота**  
**пропан + ова + кислота** →  
 → **пропанова кислота**

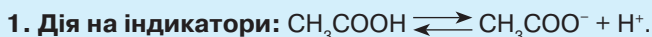
1. Вибрати найдовший карбоновий ланцюг і пронумерувати, починаючи з атома Карбону карбоксильної групи.
2. Перед назвою вказати положення й назви алкільних замісників в алфавітному порядку.
3. Назвати кислоту з найдовшим ланцюгом.

### Структурна ізомерія:

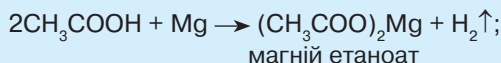


## ВЛАСТИВОСТІ НАСИЧЕНИХ ОДНООСНОВНИХ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ

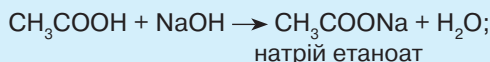
### Хімічні властивості етанової кислоти:



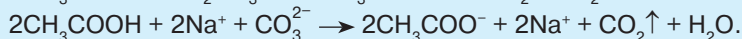
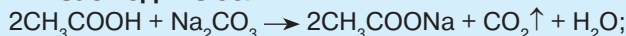
**2. Взаємодія з металами:**



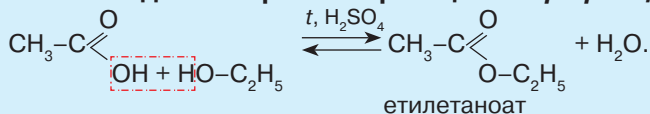
**3. Взаємодія з лугами:**



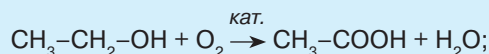
**4. Взаємодія із солями:**



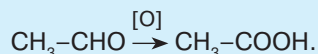
**5. Взаємодія зі спиртами — реакція естерифікації:**



### Добування: 1) окисненням спиртів за наявності каталізатора:



### 2) окисненням альдегідів:







## § 18. РОЗРАХУНКОВІ ЗАДАЧІ НА ОБЧИСЛЕННЯ ЗА ХІМІЧНИМИ РІВНЯННЯМИ КІЛЬКОСТІ РЕЧОВИНИ, МАСИ АБО ОБ'ЄМУ ЗА КІЛЬКІСТЮ РЕЧОВИНИ, МАСОЮ АБО ОБ'ЄМОМ РЕАГЕНТУ, ЩО МІСТИТЬ ПЕВНУ ЧАСТКУ ДОМІШОК



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *розв'язувати* задачі заданого типу, обґрунтовуючи обраний спосіб розв'язання;
- *формувати* досвід практичного застосування знань і ціннісні установки в ситуаціях прийняття рішень.

Розв'язування задач цього типу має практичне значення, оскільки формує математичну компетентність і практичний досвід у ситуаціях вибору та прийняття рішень. Вивчення способів добування речовин та їх застосування сприяє формуванню ініціативи й підприємливості. Під час роботи в малих групах — виховує відповідальне ставлення до виконання різних видів навчальної діяльності, сприяє подальшому вибору напряму навчання та обрання професії.

Особливістю цього типу задач є те, що речовини, які вступають у реакцію (реагенти), містять у своєму складі певну кількість домішок — речовин, маса чи об'єм яких не впливає на перебіг реакцій. Тому, розв'язуючи задачі такого типу, спочатку треба відрахувати домішки та знайти кількість речовини, масу й об'єм чистої речовини.

Отже, розглянемо розв'язування задач цього типу.

**Задача 1.** Кальцій карбід масою 160 г з масовою часткою домішок 20 % прореагував з водою. Обчисліть об'єм газу (н. у.), що утворився. Назвіть газ.

*Відомо:*

$$m(\text{CaC}_2) = 160 \text{ г}$$

$$w(\text{дом.}) = 20 \%$$

$$V(\text{газу}) = ?$$

*Розв'язання*

1. Обчислюємо масову частку чистого  $\text{CaC}_2$  в карбіді:

$$100 \% - 20 \% = 80 \% \text{ або } 0,8.$$

2. Знаходимо масу чистого  $\text{CaC}_2$  в карбіді:

$$160 \text{ г} \cdot 0,8 = 128 \text{ г}.$$

3. Складаємо рівняння реакції взаємодії кальцій карбиду з водою:  $M(\text{CaC}_2) = 64 \text{ г/моль}$ ;

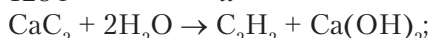
$$m(1 \text{ моль}) = 64 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ моль} = 64 \text{ г};$$

$$V_m = 22,4 \text{ л/моль};$$

$$V(1 \text{ моль}) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 1 \text{ моль} = 22,4 \text{ л};$$

$$128 \text{ г}$$

$x$



$$64 \text{ г}$$

$$22,4 \text{ л}$$

$$x = \frac{128 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л}}{64 \text{ г}} = 44,8 \text{ л}.$$

*Відповідь:* виділився етин об'ємом 44,8 л.





**Задача 2.** Етанол масою 230 г піддали окисненню в присутності каталізатора. Утворилася етанова кислота кількістю речовини 4 моль. Обчисліть масову частку домішок у реагенті.

*Відомо:*

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 230 \text{ г}$$

$$\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = 4 \text{ моль}$$

$$w(\text{дом.}) = ?$$

*Розв'язання*

1. Записуємо рівняння реакції окиснення:

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$ . З рівняння бачимо, що з етанолу певної кількості речовини має утворитися така сама кількість етанової кислоти, тобто

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) : \nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1 : 1;$$

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 4 \text{ моль.}$$

2. Обчислюємо масу чистого етанолу:

$$M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46 \text{ г/моль};$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46 \text{ г/моль} \cdot 4 \text{ моль} = 184 \text{ г.}$$

3. Обчислюємо масу домішок в етанолі:

$$m(\text{дом.}) = 230 \text{ г} - 184 \text{ г} = 46 \text{ г.}$$

4. Обчислюємо масову частку домішок в етанолі:

$$w(\text{дом.}) = \frac{46 \text{ г} \cdot 100 \%}{230 \text{ г}} = 20 \%.$$

*Відповідь:* масова частка домішок в етанолі становить 20 %.

**Задача 3.** Під час термічного розкладу метану об'ємом 1 м<sup>3</sup> утворився етин об'ємом 480 л (н. у.). Обчисліть об'ємну частку домішок у метані та об'єм водню, що виділився при цьому.

*Відомо:*

$$V(\text{CH}_4) = 1 \text{ м}^3$$

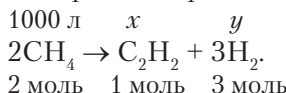
$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 480 \text{ л}$$

$$w(\text{дом.}) = ?$$

$$V(\text{H}_2) = ?$$

*Розв'язання*

1. Записуємо рівняння реакції термічного розкладу метану:



З рівняння реакції бачимо, що під час розкладу 2 моль метану утвориться 1 моль етину та 3 моль водню.

Згідно із законом об'ємних відношень газів під час розкладу метану об'ємом 2 л утвориться етин об'ємом 1 л і водень об'ємом 3 л.

2. Обчислюємо об'єм чистого метану:

$$V(\text{CH}_4) = 480 \text{ л} \cdot 2 = 960 \text{ л.}$$

3. Обчислюємо об'ємну частку метану:

$$w(\text{CH}_4) = 960 \text{ л} : 1000 \text{ л} \cdot 100 \% ; w(\text{CH}_4) = 96 \%.$$

4. Обчислюємо об'ємну частку домішок в метані:

$$100 \% - 96 \% = 4 \%.$$

5. Знаходимо об'єм утвореного водню:

$$V(\text{H}_2) = 960 \text{ л} \cdot 3 : 2 ; V(\text{H}_2) = 1440 \text{ л.}$$

*Відповідь:* об'ємна частка домішок в метані становить 4 %, об'єм водню – 1440 л.





### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- Розв'язування задач цього типу має практичне значення: формує математичну компетентність і практичний досвід у ситуаціях вибору й прийняття рішень, сприяє формуванню ініціативи й підприємливості, фінансової грамотності, вибору майбутньої професії.
- Особливістю задач цього типу є те, що речовини, які вступають у реакцію, містять **домішки**, які не впливають на перебіг реакцій. Тому, розв'язуючи аналогічні задачі, спочатку треба **відрахувати вміст домішок** і тільки потім обчислювати кількість речовини, масу та об'єм чистої речовини.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Етен масою 2,8 г вступив у реакцію з бромом. Утворився продукт масою 18 г. Обчисліть масову частку домішок в етені.
2. З природного газу об'ємом 2 м<sup>3</sup>, що містить метан з масовою часткою домішок 20 %, добули етин. Обчисліть об'єм етину (н. у.), що утворився.
3. Етаналь масою 10 г з масовою часткою домішок 12 % відновили до етанолу. Обчисліть масу та кількість речовини утвореного продукту.
4. Бензен масою 30 г з масовою часткою домішок 9 % прореагував із хлором за наявності каталізатора. Обчисліть маси продуктів реакції.
5. Етанова кислота вступила в реакцію з магнієм масою 40 г з масовою часткою домішок 10 %. Обчисліть масу солі та об'єм газу (н. у.), що утворилися під час перебігу реакції. Назвіть утворені речовини.
6. Унаслідок взаємодії кальцій карбід масою 256 г з водою виділився етин об'ємом 67,2 л (н. у.). Обчисліть масову частку домішок у технічному карбіді. Визначте масу кальцій гідроксиду, що утворилася при цьому.



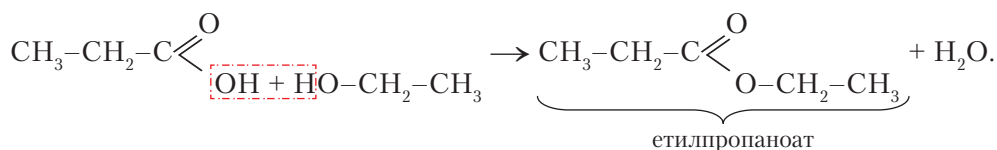
## § 19. ЕСТЕРИ. ЖИРИ ЯК ПРЕДСТАВНИКИ ЕСТЕРІВ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

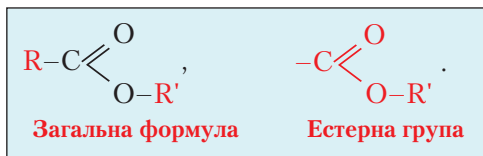
- називати формули та характеристичну групу естерів;
- наводити приклади естерів і жирів;
- характеризувати фізичні та хімічні властивості естерів і жирів;
- установлювати причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями спиртів, альдегідів, карбонових кислот і естерів;
- робити висновки про жири як представників естерів.

**Склад і будова молекул.** У § 17 (с. 84) ви ознайомилися з реакцією естерифікації. Ці реакції відбуваються між карбоновими кислотами та спиртами. Наприклад, унаслідок взаємодії пропанової кислоти й етанолу утворюються етилпропаноат і вода:





Якщо замінити вуглеводневий ланцюг кислоти на **R**, а залишок спирту на **R'**, отримаємо загальну формулу естерів:



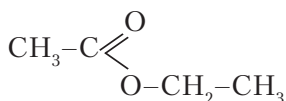
**Естери** — похідні вуглеводнів, молекули яких містять естерну групу **-COO-R'**.

Естерам властива *структурна ізомерія* карбонового ланцюга та *ізомерія між класами* сполук.

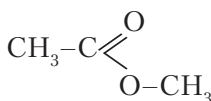
**НОМЕНКЛАТУРА ЕСТЕРІВ.** За систематичною номенклатурою назви естерів утворюють за алгоритмом:

**алкіл (залишок спирту) + алкан + оат → алкілалканоат**

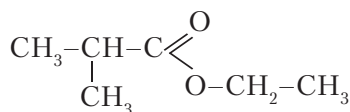
Наприклад, складемо назви естерів, структурні формули яких такі:



етилетаноат



метилетаноат



етил-2-метилпропаноат

**Фізичні властивості.** Естери — легкі рідини з приємним запахом, безбарвні, малорозчинні у воді. Ці речовини легші за воду, мають нижчі температури плавлення та кипіння, ніж у відповідних кислот.

Завдяки естерам усі квіти, фрукти та овочі різняться між собою за своїм специфічним запахом. Ця властивість естерів набула застосування у виробництві парфумів, у харчовій промисловості їх використовують як добавку до тіста, а фруктові есенції — для виготовлення напоїв.

**Хімічні властивості.** Реакції естерифікації оборотні.



Пригадайте з курсу неорганічної хімії, які реакції називають *оборотними*.

Оскільки реакції естерифікації оборотні, то одночасно з прямою відбувається зворотна реакція. Естер, що утворюється під час взаємодії карбонової кислоти зі спиртом, вступає в реакцію з водою, унаслідок чого утворюються спирт і кислота.

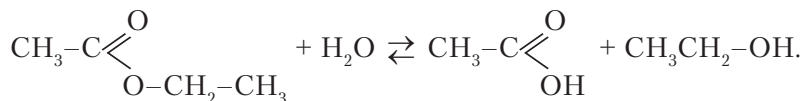


Реакції взаємодії естерів з водою з утворенням спирту та кислоти називають **реакціями гідролізу**.





Наприклад, запишемо реакцію гідролізу етилетаноату:



Щоб змістити рівновагу хімічної реакції в потрібному напрямі, необхідно збільшити концентрацію однієї з вихідних речовин (реагентів) або видалити один із продуктів реакції.

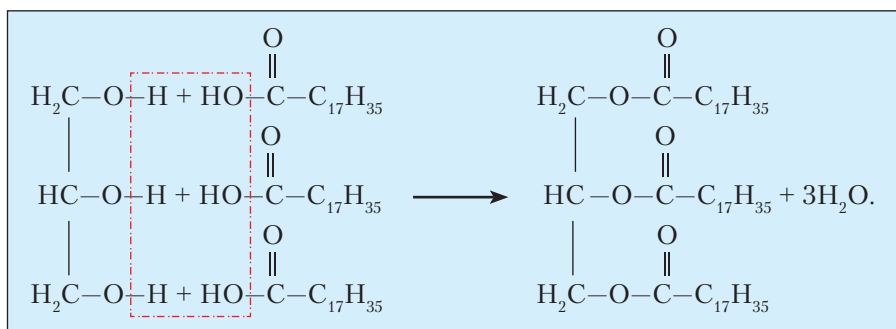
**Жири як естери.** Ви дізналися про взаємодію насичених одноосновних кислот з одноатомними спиртами. Однак гліцерол також має здатність вступати в реакції естерифікації з карбоновими кислотами. Продуктом таких реакцій є жири.



**Жири** — естери гліцеролу та вищих карбонових кислот.

Найчастіше до складу жирів входять залишки молекул вищих карбонових кислот: стеаринової, пальмітинової, олеїнової, лінолевої тощо.

Рівняння естерифікації з утворенням жиру:



**Склад і будова молекул жирів.** Французький хімік *М. Е. Шеврель* у 1817 р. здійснив реакцію розкладу жирів на гліцерол і невідомі на той час сполуки. Як з'ясувалося пізніше, невідомі сполуки — це вищі карбонові кислоти: пальмітинова, стеаринова, олеїнова. Його співвітчизник *П. Е. М. Бертло* в 1854 р. здійснив зворотню реакцію — із гліцеролу та стеаринової кислоти синтезував тристеарат.

Отже, дослідженнями цих учених за допомогою методів аналізу та синтезу було встановлено хімічний склад жирів.



Довідайтеся самостійно з інтернет-джерел про життя й наукову діяльність учених-хіміків і підготуйте коротке повідомлення.

**Класифікація жирів.** Вам уже відомо, що між складом, будовою та хімічними властивостями органічних речовин існує тісний взаємозв'язок.

Ознайомтеся зі схемою класифікації жирів, зображеною на *рис. 35 (с. 94)*. Як бачимо зі схеми, залежно від того, залишки молекул яких кислот містять у своєму складі жири, їх поділяють на *тверді* (сала) та *рідкі* (олії). За походженням розрізняють рослинні й тваринні жири.



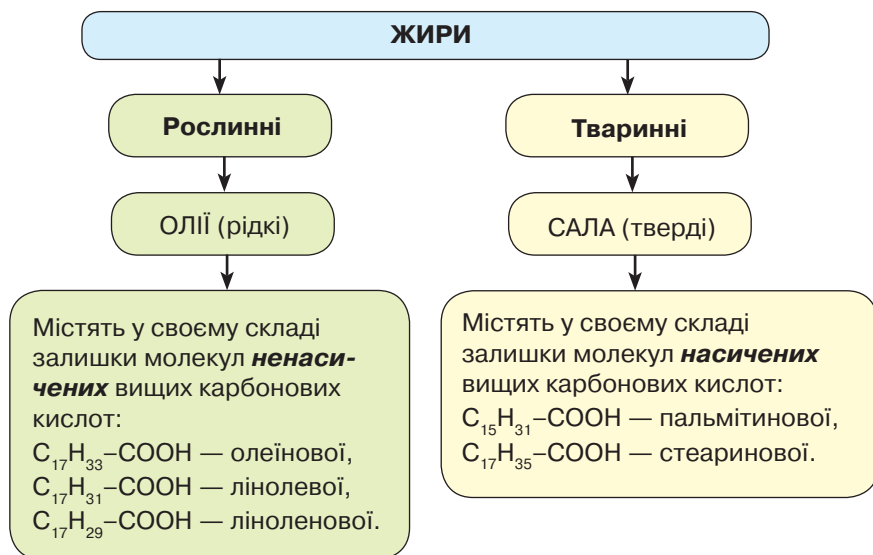
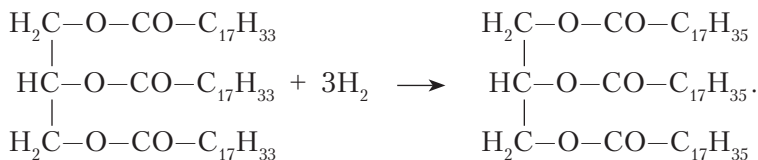


Рис. 35. Схема класифікації жирів

**Хімічні властивості.** Рослинні жири мають ненасичений склад залишків молекул вищих карбонових кислот. Тому в разі зберігання їх довгий час на повітрі під дією тепла й світла відбувається процес окиснення. Унаслідок цього з'являється неприємний запах, вони стають гіркими на смак.

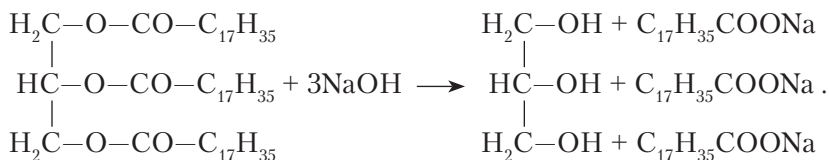
Для рідких жирів характерні реакції **гідрування**, тобто приєднання водню за положенням подвійних зв'язків. Під час гідрування речовина перетворюється на сполуку насиченого складу, рідкий жир — на твердий:



У такий спосіб виробляють відомий вам харчовий продукт — *маргарин*.

Жири вступають у реакції **гідролізу**, тобто реагують із водою з утворенням гліцеролу та відповідних вищих карбонових кислот.

Під час реакцій гідролізу жирів за наявності лугів утворюються гліцерол і солі вищих карбонових кислот — *мила*. Зокрема, натрієві солі — це тверде мило, калієві — рідке. Схема реакції:



Реакції лужного гідролізу називають **омиленням**.

З дослідями реакцій гідрування та отримання жирів ознайомтеся *віртуально*.





### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Естери** — похідні вуглеводнів, молекули яких містять естерну групу — **COOR**.
- Для естерів характерна **структурна ізомерія** карбонового ланцюга та **ізомерія між класами** сполук.
- Алгоритм утворення назв естерів за систематичною номенклатурою такий: **алкіл (залишок спирту) + алкан + оат** → **алкілалканоат**.
- Реакції взаємодії естерів з водою з утворенням спирту та кислоти називають реакціями **гідролізу**.
- **Жири** — це естери гліцеролу та вищих карбонових кислот.
- За походженням жири поділяють на **рослинні** — **олії** та **тваринні** — **сала**.
- Жири ненасиченого складу вступають у реакції **гідрювання** й перетворюються на **тверді жири**.
- Характерна властивість жирів — реакції **гідролізу**, продуктами яких є гліцерол і вищі карбонові кислоти. За наявності лугу відбувається реакція **омилення жиру**, унаслідок чого утворюються солі вищих карбонових кислот — **мила**.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Уставте пропущені слова, щоб висловлювання стало завершеним.
  - Реакції між карбовоними ... та ... називають ... ..
  - Естери — похідні ... , молекули яких містять ... групу ... .
  - Реакції взаємодії естеру й води називають ... ..
  - Для естерів характерна ... .. ізомерія ... ланцюга та ізомерія між ... сполук.
  - Жири — продукти ... триатомного спирту ... і ... карбонових ... .
  - За походженням жири поділяють на ... і ... .
  - Склад і будову молекул жирів встановлено методами ... та ... .
  - Жири ... на повітрі під дією ... і тепла.
  - Реакцію лужного гідролізу називають ... .
- Назвіть естери, записані структурними формулами:
 

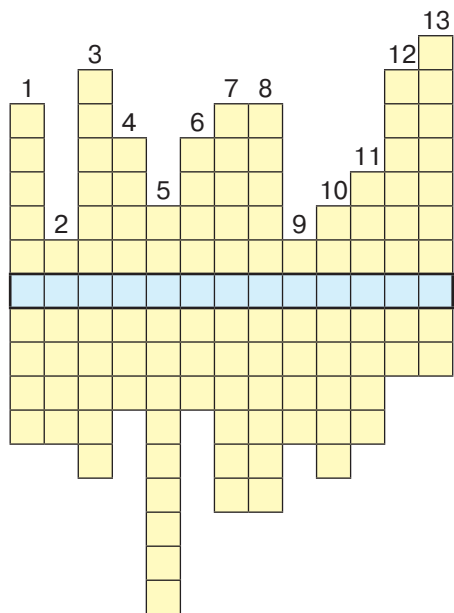
$\text{a) } \text{C}_2\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_3;$	$\text{б) } \text{C}_3\text{H}_7-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_3;$
$\text{в) } \text{C}_2\text{H}_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5;$	$\text{г) } \text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_3.$
- Складіть формули естерів за їхніми назвами: а) метилбутаноат; б) етилпропаноат; в) етилізобутаноат; г) пропілетаноат.
- Складіть рівняння реакцій, що відбуваються між такими речовинами:  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ . Укажіть реакцію естерифікації.
- Складіть рівняння хімічних реакцій за схемою. Назвіть речовини, зазначені літерами **А** і **Б**.
 

Етан	→	етин	→	<b>А</b>	→	етанол	→	етанова кислота	→	бутилetanoат.
		↓				↓		↓		
		<b>Б</b>				етаналь		магній етаноат		
		↓								
		хлоробензен								
- Обчисліть масу етанової кислоти, що утвориться внаслідок гідролізу пропілетаноату масою 20,4 г, якщо вважати, що естер повністю гідролізував.





- Для виготовлення ромової есенції використовують метанову кислоту й етанол. Обчисліть, які маси цих сполук треба взяти, щоб добути естер масою 185 кг, якщо виробничі втрати не враховувати.
- Жир складу  $C_3H_5(COOC_{17}H_{33})_3$  кількістю речовини 2,5 моль піддали омиленню калій гідроксидом. Обчисліть маси продуктів реакції, назвіть їх.
- Перемалюйте кросворд у зошит і розв'яжіть його, заповнивши вертикальні стовпці. У виділеному рядку прочитаєте назву хімічної реакції, що відбувається між органічними речовинами.



**За вертикаллю:**

- Назва ненасиченої вищої карбонової кислоти.
- Речовини з приємним запахом.
- Назва насиченої вищої карбонової кислоти.
- Реакція лужного гідролізу жирів.
- Характеристична група карбонових кислот.
- Назва рідких жирів за походженням.
- Речовина для виявлення лужного середовища.
- Речовини, що впливають на перебіг хімічних реакцій.
- Реакції, за допомогою яких визначають склад речовин.
- Назва солей етанової кислоти.
- Триатомний спирт.
- Назва класу речовин, молекули яких містять характеристичну групу  $-CHO$ .
- Загальна назва солей, утворених спиртами.



**ЦІКАВО ЗНАТИ**

• Бджолиний віск — унікальний косметичний засіб, що не має штучних, створених людиною, аналогів. Складна хімічна структура та унікальні цілющі властивості роблять бджолиний віск цінним продуктом для медицини й косметології. Виробляється особливими залозами медоносних бджіл, які використовують його як будівельний матеріал і як консервант. У складі бджолиного воску — майже 50 різних хімічних сполук, серед яких — естери, жирні кислоти й вуглеводи.

• Естери входять до складу ефірних олій, надаючи їм приємних запахів. Наприклад, метилпропаноат надає запаху яблукам, ізопентилетаноат — грушам, бутилпропаноат — абрикосам. Естери застосовують у медичній практиці. Вони входять до складу препаратів, що лікують серцево-судинні захворювання, а також хвороби, пов'язані з порушенням функцій центральної нервової системи. Нині відновлено лікування ароматами — спосіб, що виник ще в давнину, — *аромотерапію*. Запахні речовини використовували для підвищення життєвого тонусу. У разі втоми відновлюють сили й настрій, збадьорюють запахи м'яти, полину, герані, ромашки, жасмину, бузку, півонії, лаванди та багатьох квітів. Вдиханням ароматичних речовин, що містять естери, лікують хвороби дихальних шляхів.

• До естерів належать багато біологічно важливих речовин, зокрема нуклеїнові кислоти (поліестери ортофосфатної кислоти й нуклеозидів), жири, деякі біостиму-







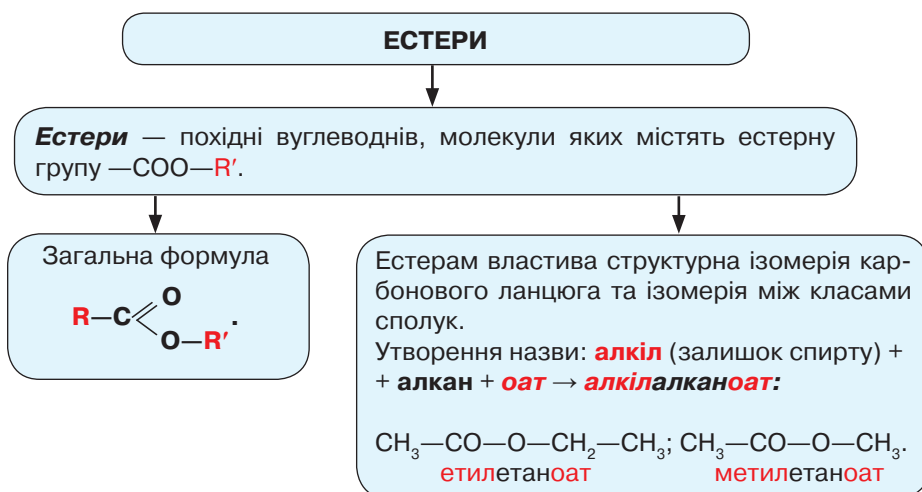
лятори. Естерами є чимало лікувальних речовин: естер саліцилової кислоти, естери параамінобензойної кислоти (анестезин, новокаїн), антибіотики тощо.

- «Фруктові есенції» — штучно добуті естери, широко застосовуються в кондитерській справі, у виробництві прохолодних напоїв, у парфумерії та в інших галузях суспільного виробництва.

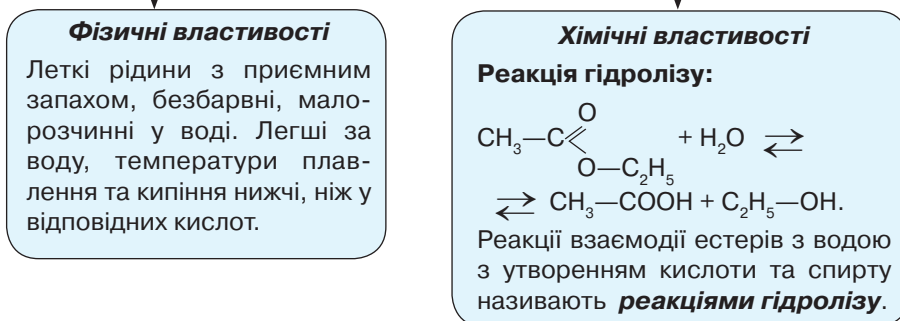
- Жири — життєво необхідні речовини в організмі людини. Однак їх нестача чи надлишок становлять небезпеку здоров'ю. За нестачі жирів понижується водно-сольовий обмін, не засвоюються жиророзчинні вітаміни (А, Е, D).

- Жири, що є найважливішими складовими раціону людини та тварин, використовують для багатьох технічних цілей.

## ПОВТОРЮЄМО Й УЗАГАЛЬНЮЄМО ПІДТЕМУ «ЕСТЕРИ. ЖИРИ ЯК ПРЕДСТАВНИКИ ЕСТЕРІВ»



## ВЛАСТИВОСТІ ЕСТЕРІВ



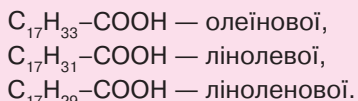


## ЖИРИ

**Жири** — естери гліцеролу та вищих карбонових кислот.

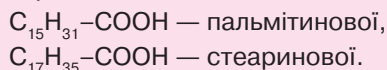
### Рослинні (олії)

Містять у своєму складі залишки молекул **ненасичених** вищих карбонових кислот:



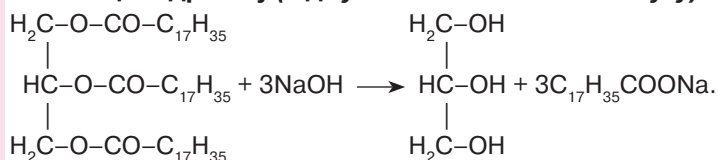
### Тваринні (сала)

Містять у своєму складі залишки молекул **насичених** вищих карбонових кислот:



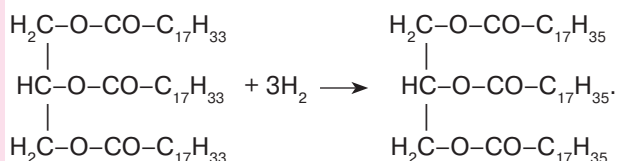
## ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЖИРІВ

### 1. Реакція гідролізу (відбувається за наявності лугу):



Утворюються гліцерол і солі вищих карбонових кислот — **мила**.  
Реакції лужного гідролізу називають **омиленням**.

### 2. Реакція гідрування рідких жирів:



Рідкі жири перетворюються на **тверді**.





## § 20. ВУГЛЕВОДИ: ГЛЮКОЗА, САХАРОЗА



Вивчивши матеріал параграфу, ви зможете:

- наводити приклади вуглеводів, їх поширення в природі;
- класифікувати вуглеводи;
- характеризувати хімічні властивості глюкози та сахарози;
- виявляти наявність глюкози в харчових продуктах;
- висловлювати судження щодо впливу глюкози та сахарози на організм людини, її здоров'я;
- оцінювати біологічне значення вуглеводів для харчування людини.

**Класифікація вуглеводів, їх утворення й поширення в природі.** З представниками органічних речовин цього класу ви частково ознайомилися в курсі хімії 9 класу. Це природні органічні речовини, які відіграють важливу роль у житті людини. До них належать *низькомолекулярні* сполуки — глюкоза, фруктоза, лактоза, сахароза та *високомолекулярні* — крохмаль і целюлоза. Схему класифікації вуглеводів зображено на *рис. 36*.

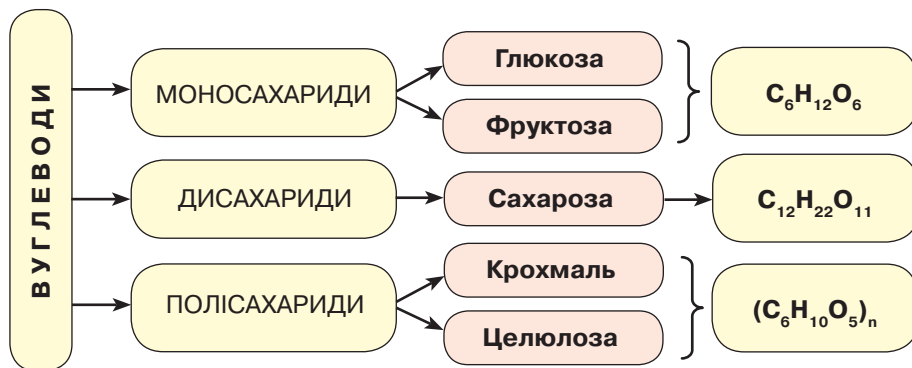


Рис. 36. Схема класифікації вуглеводів

Вуглеводи — поширені в природі речовини. Із моносахаридів найпоширенішою є *глюкоза*. Вона міститься в клітинному соку рослин. Особливо високий вміст її у виноградному соку, кавунах, спілих яблуках і грушах, що надає їм солодкого смаку. У складі меду переважно два моносахариди: глюкоза та *фруктоза*. Глюкоза в невеликій кількості також є майже в усіх клітинах організму людини.

*Сахароза* утворюється в коренеплодах цукрового буряка та в стеблах цукрової тростини, звідки її добувають. Вміст сахарози в цукровому буряку становить 16–20 %, а в цукровій тростині може досягати 16–26 %. Крім того, вона міститься в плодах і листках багатьох рослин.

**Фізичні властивості** глюкози й сахарози подібні. Це безбарвні кристалічні речовини (у подрібненому стані білі), солодкі на смак, добре розчинні у воді; сахароза — легкоплавка речовина, яка після охолодження застигає.

**Глюкоза: молекулярна формула та її відкрита форма.** Формула глюкози  $C_6H_{12}O_6$  або  $C_6(H_2O)_6$ . Вона утворюється в зелених листках рослин, які містять хлорофіл, з вуглекислого газу та води під дією сонячної енергії (*рис. 37, с. 100*).



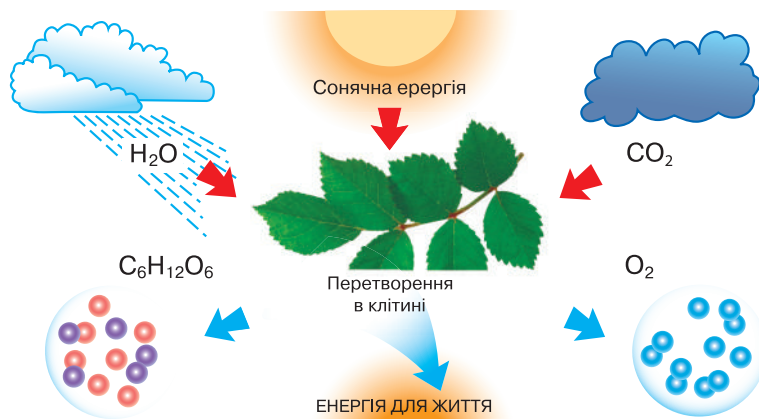


Рис. 37. Схема утворення глюкози — фотосинтез



Складіть самостійно рівняння реакції утворення глюкози внаслідок дії сонячної енергії. Пригадайте, що відбувається з глюкозою в процесі дихання.

Розглянемо будову молекули глюкози. З молекулярної формули бачимо, що до складу молекули входять шість атомів Оксигену. Це нашо́вхує на думку про наявність у молекулі глюкози характеристичних (функціональних) груп.

Припустимо, що молекула глюкози містить гідроксильні групи. Щоб підтвердити це припущення, проведемо лабораторний дослід.



### Лабораторний дослід 2. Окиснення глюкози свіжоодержаним купрум(II) гідроксидом

**! Пригадайте правила безпеки під час роботи з реактивами та обладнанням і суворо дотримуйтеся їх.**

**Завдання 1.** Доведіть експериментально, що глюкоза є багатоатомним спиртом. Зробіть відповідні висновки.

**Завдання 2.** Доведіть експериментально, що глюкоза є альдегідом. Зробіть відповідні висновки.

**Обладнання та реактиви:** пробірки, розчини глюкози, натрій гідроксиду й купрум(II) хлориду.

#### Хід роботи

1. Добудьте купрум(II) гідроксид реакцією обміну. Опишіть ваші спостереження. Складіть рівняння реакції.

2. Помістіть купрум(II) гідроксид у дві пробірки.

3. У першу пробірку долийте розчин глюкози та перемішайте вміст пробірки. Спостерігайте за перебігом хімічної реакції. Запишіть спостереження в зошит. Зробіть відповідні висновки.

4. У другу пробірку долийте розчин глюкози, перемішайте та нагрійте вміст пробірки. Запишіть спостереження в зошит. Зробіть відповідні висновки.

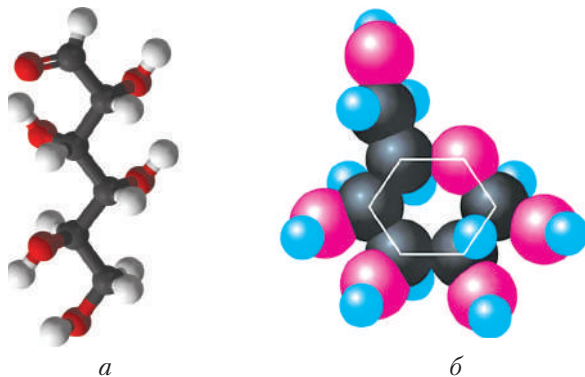
Виконавши лабораторний дослід, ви переконалися, що глюкоза — багатоатомний спирт і одночасно альдегід.





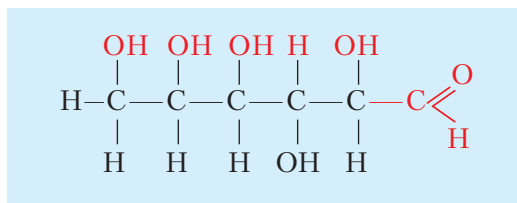
Водночас вам відомо, що багатоатомні спирти (гліцерол) вступають у реакції естерифікації. Дослідженнями встановлено, що під час взаємодії глюкози з етановою кислотою 1 моль глюкози реагує з 5 молями етанової кислоти. Отже, глюкоза є п'ятиатомним спиртом, а точніше *альдегідоспиртом*.

Молекула глюкози може мати циклічну або відкриту (альдегідну) форму. Моделі її молекул зображено на *рис. 38*.



*Рис. 38.* Моделі молекули глюкози:  
*а* – кулестержнева (відкрита форма); *б* – масштабна (циклічна форма)

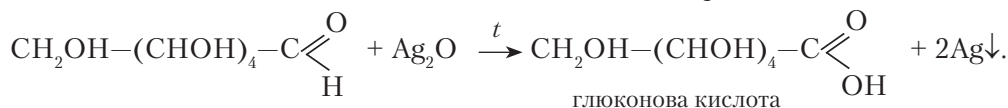
Відкриту форму глюкози відображає структурна формула



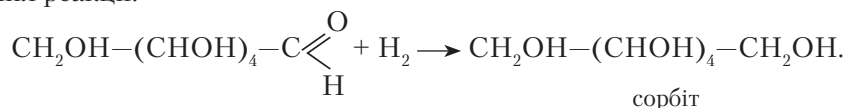
**Хімічні властивості глюкози.** Оскільки глюкоза має подвійну хімічну природу, вона проявляє хімічні властивості, характерні для багатоатомних спиртів і альдегідів.

Як альдегід, глюкоза вступає в реакції **неповного окиснення** з амоніачним розчином аргентум(І) оксиду й реакції **відновлення** з воднем.

Під час окиснення глюкози відбувається реакція «срібного дзеркала». Глюкоза окиснюється до *глюконової кислоти*. Рівняння реакції:



За розривом подвійного зв'язку в альдегідній групі приєднується водень. Унаслідок цього глюкоза відновлюється до шестиатомного спирту – *сорбіту*. Рівняння реакції:

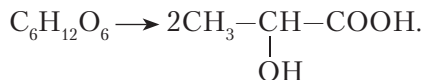




Глюкоза за наявності ферментів або певних бактерій вступає в реакції **бро-діння** різного виду. Наприклад, унаслідок дії ферментів дріжджів і без доступу повітря глюкоза утворює етанол:



Під впливом молочнокислих бактерій глюкоза окиснюється до молочної кислоти:



З молочнокислим бродінням пов'язані процеси скисання молока, квашення капусти тощо. Кислі молоко й капуста є цінними харчовими продуктами.

Отже, склад, будова та хімічні властивості глюкози свідчать про те, що вона є альдегідоспиртом.

**САХАРОЗА: СКЛАД, МОЛЕКУЛЯРНА ФОРМУЛА.** Молекулярна формула сахарози  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Інакше формулу можна записати так:  $C_{12}(H_2O)_{11}$ . До складу її молекули входять залишки молекул глюкози та фруктози. Тому сахароза належить до *дисахаридів*. Будову молекули сахарози зображено на *рис. 39*.

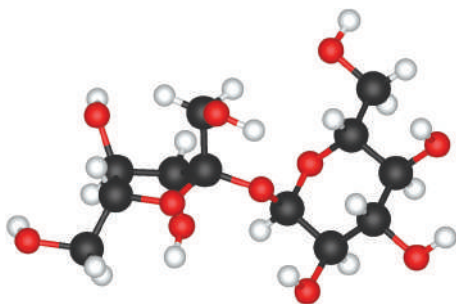


Рис. 39. Кулестержнева модель молекули сахарози

Сировиною для виробництва сахарози в Україні є цукровий буряк. Зауважимо, що великий внесок у розвиток цукрової промисловості в Україні зробив український хімік *М. Бунге*.



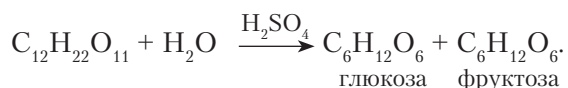
Довідайтеся з інтернет-джерел про життя й наукову діяльність М. Бунге та підготуйте коротке повідомлення.

**ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ САХАРОЗИ.** Сахароза добре відома вам з побуту — це харчовий продукт цукор. Як усі органічні речовини, вона горить з утворенням вуглекислого газу й води.



Напишіть самостійно рівняння реакції горіння сахарози.

Сахароза вступає в **реакції гідролізу**, що відбуваються за підвищеної температури та наявності неорганічних кислот або під дією ферментів. Наприклад, якщо прокип'ятити розчин сахарози із сульфатною кислотою, то сахароза гідролізується з утворенням глюкози та фруктози. Рівняння реакції:





Перевірити наявність глюкози можна за допомогою відомих вам **якісних реакцій** на альдегіди — взаємодії з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду або свіжоодрержаним купрум(II) гідроксидом.



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Вуглеводи** — органічні речовини, які класифікують на моно-, ди- й полісахариди. Загальна формула моносахаридів глюкози й фруктози  $C_6(H_2O)_6$ , дисахариду сахарози  $C_{12}(H_2O)_{11}$ .
- Найпоширеніший моносахарид — **глюкоза**, молекулярна формула якої  $C_6H_{12}O_6$ . Утворюється внаслідок фотосинтезу з вуглекислого газу та води в зелених листках рослин під дією сонячної енергії.
- **Глюкоза** — альдегідоспирт, що підтверджено її хімічними властивостями. Як багатоатомний спирт вступає в реакції естерифікації з карбоновими кислотами, у якісну реакцію з купрум(II) гідроксидом. Як альдегід — окиснюється амоніачним розчином аргентум(I) оксиду або свіжоодрержаним купрум(II) гідроксидом за нагрівання до **глюконової кислоти**. Їй властива **реакція відновлення** воднем до **шестиатомного спирту сорбіту**. Під впливом бактерій вступає в реакції **спиртового та молочнокислого бродіння**.
- **Сахароза** — дисахарид, молекулярна формула якого  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . До складу молекули сахарози входять залишки молекул глюкози та фруктози. Вступає в реакції **окиснення, гідролізу**.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть класифікацію вуглеводів, їх утворення та поширення в природі.
2. Охарактеризуйте утворення глюкози в процесі фотосинтезу. Напишіть рівняння реакції.
3. Проведіть *уявний експеримент*. Налийте в чисту пробірку розчин глюкози об'ємом 1–1,5 мл і вдвічі більший об'єм амоніачного розчину аргентум(I) оксиду. Нагрівайте вміст пробірки на малому вогні до почорніння розчину. Поясніть, які процеси ви очікуєте спостерігати. Напишіть рівняння реакції.
4. У двох пробірках без написів є розчини глюкози та гліцеролу. Складіть план розпізнавання цих двох речовин. Напишіть рівняння реакцій.
5. Обчисліть, який об'єм карбон(IV) оксиду (н. у.) виділиться внаслідок спиртового бродіння глюкози кількістю речовини 0,7 моль.
6. Під час гідрування глюкози утворився шестиатомний спирт масою 72,8 г. Обчисліть масу глюкози та об'єм водню (н. у.), що вступили в реакцію.
7. Поясніть, як за допомогою якісних реакцій розпізнати розчини глюкози та сахарози. Складіть план дослідження та зробіть відповідні висновки. Напишіть рівняння реакцій.
8. Складіть рівняння реакцій за схемою: етен → етин → етаналь → карбон(IV) оксид → глюкоза → молочна кислота.  

↓  
 етанол
9. У цукровій тростині масова частка сахарози становить у середньому 20 %. Обчисліть, яку масу фруктози можна добути з цукрової тростини масою 25 т.





## § 21. ВУГЛЕВОДИ: КРОХМАЛЬ, ЦЕЛЮЛОЗА



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *знати* хімічний склад полісахаридів — крохмалю та целюлози; молекулярні формули цих сполук як природних полімерів;
- *порівнювати* склад, будову молекул, властивості крохмалю й целюлози;
- *характеризувати* фізичні та хімічні властивості крохмалю й целюлози;
- *робити висновки* щодо значення цих речовин;
- *розв'язувати* експериментальні та розрахункові задачі;
- *формувати* здатності до підприємливості, ефективного використання деревини, прояву ініціативи щодо збереження лісів як джерела кисню та здоров'я людини.

**Порівняльна характеристика складу, будови та фізичних властивостей крохмалю й целюлози.** Крохмаль і целюлоза — природні полімери, що синтезуються рослинними організмами. Порівняємо їхній склад, будову молекул та фізичні властивості (табл. 12).

Таблиця 12

Порівняльна характеристика полісахаридів

Ознаки порівняння	Крохмаль	Целюлоза (клітковина)
Склад молекули	$(-C_6H_{10}O_5-)_n$ , де $n$ — ступінь полімеризації.	
Будова молекули	Макромолекули складаються із залишків молекул глюкози $-C_6H_{10}O_5-$ .	Макромолекули складаються із залишків молекул глюкози. Ступінь полімеризації набагато вищий, ніж у крохмалю, і становить 10–14 тис.
Рівняння полімеризації	$nC_6H_{12}O_6 \rightarrow (-C_6H_{10}O_5-)_n + nH_2O$	
Середня відносна молекулярна маса	Від кількох сотень до кількох тисяч атомних одиниць маси.	Кілька мільйонів атомних одиниць маси.
Геометрія макромолекули	— • — • — • — • — • — лінійна будова карбонового ланцюга  розгалужений карбоновий ланцюг	— • — • — • — • — • — Молекули целюлози — лінійні полімери з дуже високим ступенем полімеризації. Лінійну структуру молекул целюлози легко виявити у волокнах коноплі, льону, бавовни, де макромолекули розташовані в одному напрямі.
Фізичні властивості	Аморфний білий порошок, масний та хрусткий на дотик, нерозчинний у холодній воді. У гарячій воді набухає, утворюючи крохмальний клейстер.	Тверда волокниста речовина білого кольору, нерозчинна у воді й органічних розчинниках. Стійка до нагрівання, має високу механічну стійкість.







Пригадайте якісну реакцію на крохмаль та як його можна виявити в харчових продуктах.

**Хімічні властивості крохмалю та целюлози.** Зважаючи на склад молекул крохмалю та целюлози, можна припустити, що це речовини з подібними хімічними властивостями. Про одну з властивостей крохмалю ви вже дізналися — це здатність утворювати синє забарвлення в реакції з розчином йоду. Така реакція є **якісною реакцією на крохмаль**.

За допомогою йоду крохмаль можна виявити в харчових продуктах: білому хлібі, майонезі, йогурті, ковбасі (рис. 40).



Рис. 40. Виявлення крохмалю в харчових продуктах: а — білому хлібі; б — йогурті; в — ковбасі

Порівняємо хімічні властивості крохмалю та целюлози (табл. 13).

Таблиця 13

#### Хімічні властивості й добування крохмалю та целюлози

Крохмаль	Целюлоза
<p><b>1. Вступає в реакцію гідролізу.</b> Якщо прокип'ятити крохмальний клейстер за наявності сульфатної кислоти, а потім нейтралізувати суміш лугом і додати купрум(II) гідроксид, то утворюється червоно-коричневий осад. Це свідчить про те, що в процесі реакції утворилася глюкоза. Схема реакції:</p> $(-C_6H_{10}O_5-)_n + nH_2O \xrightarrow{H_2SO_4} nC_6H_{12}O_6$	<p><b>1. Вступає в реакцію гідролізу.</b> Гідроліз целюлози можна здійснити аналогічно до гідролізу крохмалю. Якщо шматочки промокального паперу розтерти в ступці із сульфатною кислотою, додати воду, прокип'ятити й нейтралізувати суміш лугом, то відбувається така сама реакція з купрум(II) гідроксидом, як і в крохмалю:</p> $(-C_6H_{10}O_5-)_n + nH_2O \xrightarrow{H_2SO_4} nC_6H_{12}O_6$
<p><b>2. Добування крохмалю.</b></p> <p><i>Крохмаль</i> — природний полімер, тому, як і глюкоза, синтезується в зелених листках рослин під дією сонячної енергії:</p> $6nCO_2 + 5nH_2O \rightarrow (-C_6H_{10}O_5-)_n + 6nO_2$	<p><b>2. Добування целюлози.</b></p> <p><i>Целюлоза</i> — природний полімер, що синтезується так само, як і крохмаль. Однак через лінійну структуру є волокнистим у бавовні, коноплях, льоні. У деревині масова частка целюлози становить майже 50%. Целюлозу виокремлюють із природних матеріалів.</p>

**Штучні волокна.** Із целюлози, яку виокремлюють із деревини, виготовляють ацетатний і віскосний шовк. Це штучні волокна, тому що сировиною для їх





виробництва є натуральний матеріал. Штучні волокна мають високу міцність і пружність, деякі — низьку теплопровідність, тому добре зберігають тепло. Вони легко драпіруються, стійкі до дії світла. За гігієнічними властивостями їм властива середня гігроскопічність. Однак, маючи чимало цінних властивостей, штучні волокна поступаються перед натуральними певними характеристиками: під час намокання втрачають міцність, погано пропускають повітря й поглинають вологу, чутливі до високих температур, легко електризуються.

Завдяки своїм властивостям штучне волокно набуло широкого застосування й використовується у великих кількостях. Ознайомтеся з виробництвом штучних волокон у світі за допомогою діаграми (рис. 41).

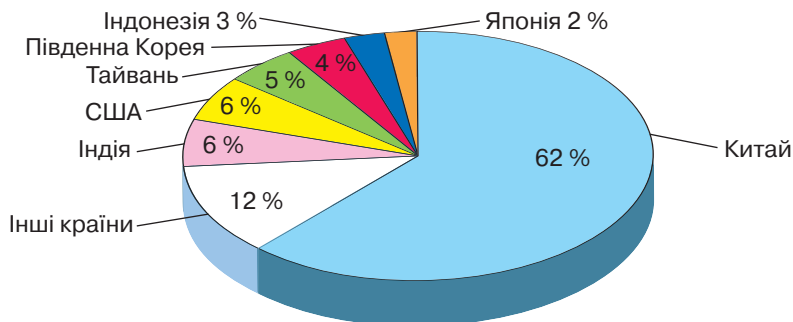


Рис. 41. Діаграма світового виробництва штучних волокон

**Вплив штучних волокон на здоров'я людини та довкілля.** Виробництво штучних тканин пов'язане з використанням різноманітних барвників, які можуть спричинити алергічні реакції в людини. Вони погано пропускають повітря, тому одяг з таких тканин порушує енергообмін організму з навколишнім середовищем, унаслідок чого виникають зміни в обміні речовин, можуть з'являтися висипки на шкірі. Деякі зі штучних тканин не проводять тепло, тому влітку в них надмірно спекотно, а взимку — холодно. Штучні тканини є електростатичними. Це зумовлює налипання пилу, прилипання одягу до тіла й навіть «іскріння» одягу.

Виробництво штучних волокон завдає шкоди довкіллю. Забруднення ґрунтів відходами промислового виробництва, викиди в повітря та водою шкідливих оксидів, барвників викликають серйозні захворювання та є причиною передчасної смерті людей. Чистота ґрунтів — це не тільки основа сталого аграрного розвитку, а й вирішення проблем, пов'язаних з екологічною, енергетичною та оборонною безпекою держави.



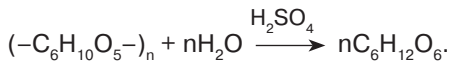
### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Крохмаль і целюлоза** — природні полімери, склад молекул яких відображає формула  $(-C_6H_{10}O_5-)_n$ .
- **Макромолекули** складаються із залишків молекул глюкози, які мають різну кількість структурних ланок. Тому відносна молекулярна маса в крохмалю та целюлози є неоднаковою: у крохмалю — від кількох сотень до кількох тисяч атомних одиниць маси, у целюлози — кілька мільйонів атомних одиниць маси.





- **Макромолекули** відрізняються геометрією молекул: крохмаль має лінійні та розгалужені карбонові ланцюги, целюлоза — тільки лінійні.
- Спільність у складі та будові зумовлює подібність у властивостях. Обидві речовини піддаються гідролізу з утворенням глюкози, що відбувається за схемою

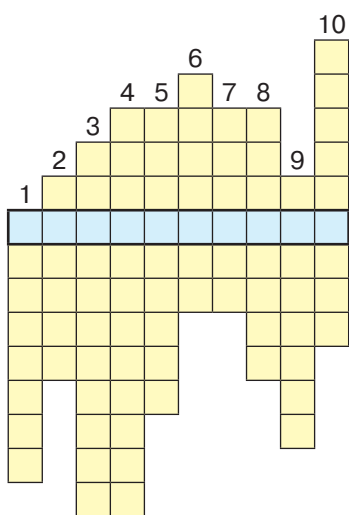


- Із целюлози виготовляють штучні волокна: ацетатне та віскозне, які можуть негативно впливати на здоров'я людини, а недотримання норм безпеки під час виробництва — завдавати шкоди довкіллю.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Напишіть формулу, що відображає склад молекули крохмалю та целюлози.
2. Поясніть, чим відрізняються макромолекули крохмалю та целюлози.
3. Порівняйте фізичні та хімічні властивості крохмалю й целюлози.
4. Охарактеризуйте реакції гідролізу крохмалю й целюлози та поясніть умови їхнього перебігу.
5. Опишіть виробництво штучних волокон у світовому масштабі, користуючись діаграмою (рис. 41).
6. Здійсніть короткі повідомлення про застосування крохмалю та целюлози.
7. Складіть рівняння реакцій за схемою  
 $CO_2 \rightarrow C_6H_{12}O_6 \rightarrow (-C_6H_{10}O_5-)_n \rightarrow C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_2H_5OH.$
8. Унаслідок реакції «срібного дзеркала» випав осад масою 8,64 г. Яка речовина випала в осад? Обчисліть масу глюкози, що вступила в реакцію.
9. Під час гідролізу деревини отримали глюкозу масою 320 кг. Обчисліть, яку масу деревини з масовою часткою целюлози 80 % було взято.
10. Перемалюйте кросворд у зошит і розв'яжіть його, заповнивши вертикальні стовпці. У виділеному рядку прочитаєте назву природного процесу утворення органічної речовини.



#### За вертикаллю:

1. Назва біологічних каталізаторів.
2. Продукт відновлення глюкози.
3. Речовина, що прискорює хімічну реакцію.
4. Назва групи найпростіших вуглеводів.
5. Реакції, властиві всім органічним речовинам.
6. «Фабрики» синтезу вуглеводів.
7. Продукт спиртового бродіння глюкози.
8. Сировина, з якої добувають крохмаль.
9. Природний полімер.
10. Назва штучного шовку.





### ЦІКАВО ЗНАТИ

• У м. Бурсі, історичному центрі текстильної промисловості Туреччини, спорудили будівлю унікального дизайну (рис. 42). Мармурові балки на її фасаді уособлюють переплетення гігантських ниток у процесі виробництва текстилю. Особливий затишок усередині будівлі, яка вже набула популярності серед туристів, створюють різні тканини, використані для оформлення інтер'єру приміщень (За матеріалами сайту <http://narodna-osvita.com.ua/6249-materiali-hmchnogo-pohodzhennya-shtuchn-ta-yihn-vlastivost.html>).



Рис. 42. Будинок текстильної промисловості, м. Бурса (Туреччина)



За описом, поданим нижче, розпізнайте натуральні та штучні волокна, дослідивши їх у домашніх умовах.

• Як у домашніх умовах розрізнити натуральні та штучні волокна?

Тканина, виготовлена з природного волокна рослинного походження, у разі підпалювання згоряє швидко, рівно, яскраво (при цьому відчувається запах паленого паперу), попіл розсипається.

Тканина з волокна тваринного походження горить повільно, процес супроводжується запахом паленого пір'я. На кінці нитки утворюється спечена кулька, що розсипається від дотику.

Під час горіння нитки з ацетатного шовку поширюється запах етанової (оцтової) кислоти. На кінці нитки утворюється темна та тверда кулька.



### НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЕКТ

- I. Оберіть самостійно тему навчального проекту з переліку тем, запропонованих програмою.
  1. Вуглеводи в харчових продуктах: виявлення й біологічне значення.
  2. Виробництво цукру.
  3. Натуральні волокна рослинного походження: їхні властивості, дія на організм людини, застосування.
  4. Штучні волокна: їхнє застосування в побуті та промисловості.
  5. Етери й естери в косметиці.
  6. Біодизельне пальне.
- II. Виконайте навчальний проект, спланувавши етапи його реалізації та строки виконання.
- III. Проведіть презентацію проекту.





## ПРАКТИЧНА РОБОТА

### РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЗАДАЧ

Виконавши цю практичну роботу, ви зможете:

- *закріпити вміння й набути навичок* самостійно досліджувати речовини, виявляти їхню наявність за допомогою якісних реакцій;
- *складати* рівняння якісних реакцій;
- *спостерігати* перебіг хімічних реакцій, ознаки їхнього перебігу;
- *пояснювати* явища, що супроводжують хімічні реакції;
- *робити висновки* щодо органічних речовин та їхніх властивостей.

*Мета* практичної роботи — навчитися розпізнавати речовини за допомогою якісних реакцій, набути практичних умінь і навичок проводити хімічний експеримент, спостерігати за хімічними перетвореннями.

#### **I варіант**

*Завдання 1.* Доведіть експериментально, що видана вам речовина — етаналь.

*Завдання 2.* Визначте експериментально за допомогою характерних реакцій кожен з двох органічних речовин, узятих у розчинах: глюкозу, крохмаль (крохмальний клейстер).

*Завдання 3.* Проробіть реакції, що характеризують хімічні властивості етанової кислоти.

До всіх трьох завдань опишіть спостереження, складіть рівняння реакцій та зробіть відповідні висновки.

#### **II варіант**

*Завдання 1.* Доведіть експериментально, що видана вам речовина — гліцерол.

*Завдання 2.* Визначте експериментально за допомогою характерних реакцій кожен з двох органічних речовин, узятих у розчинах: етаналь, сахарозу.

*Завдання 3.* Проробіть реакції, що характеризують властивості глюкози як альдегідоспирту.

До всіх трьох завдань опишіть спостереження, складіть рівняння реакцій та зробіть відповідні висновки.

#### **III варіант**

*Завдання 1.* Доведіть експериментально, що видана вам речовина — етанова кислота.

*Завдання 2.* Визначте експериментально за допомогою якісних реакцій етаналь і глюкозу.

*Завдання 3.* Проробіть реакцію окиснення етанолу.

До всіх трьох завдань опишіть спостереження, складіть рівняння реакцій та зробіть відповідні висновки.

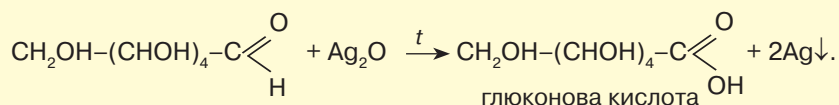
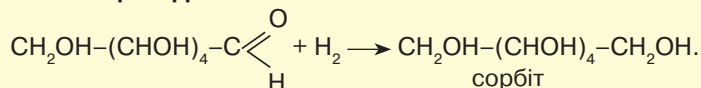




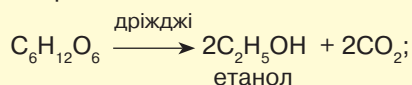
## ПОВТОРЮЄМО Й УЗАГАЛЬНЮЄМО ПІДТЕМУ «ВУГЛЕВОДИ»

**Фізичні властивості**

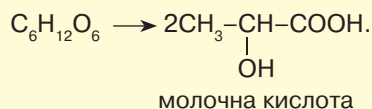
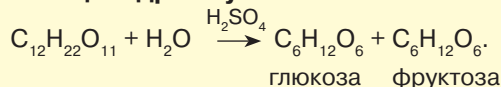
Глюкоза та сахароза — прозорі кристалічні речовини (у подрібненому стані білі), солодкі на смак, добре розчинні у воді.

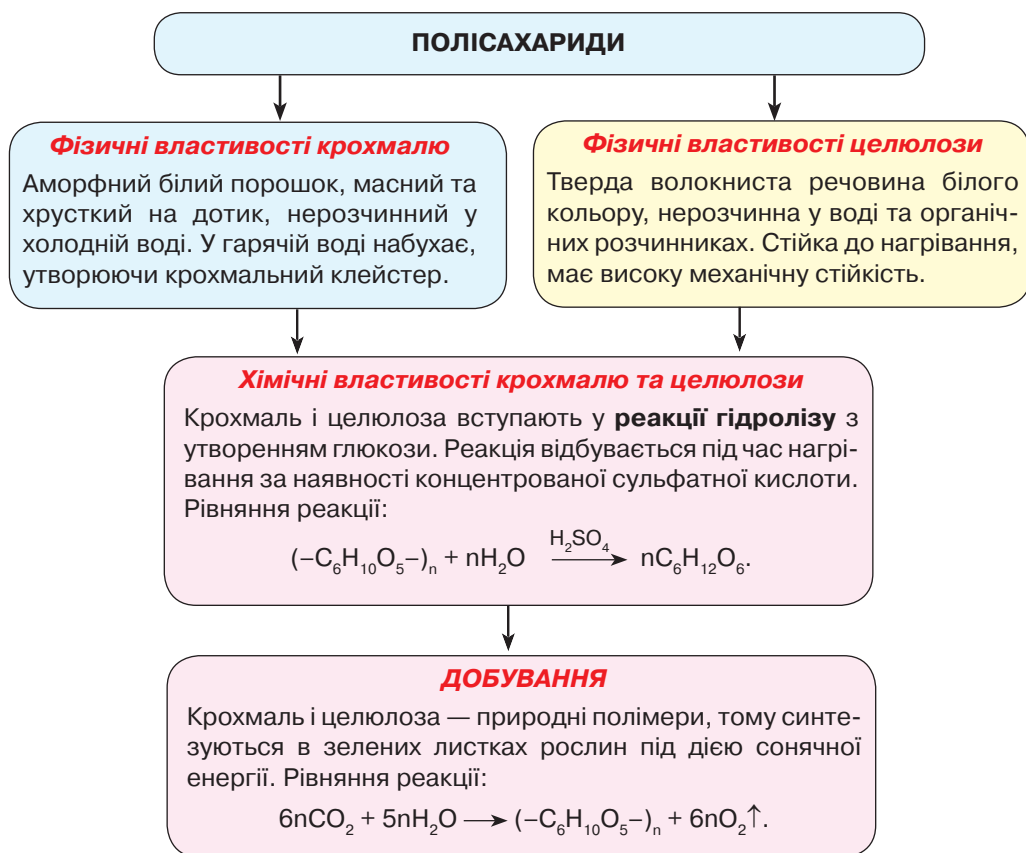
**Хімічні властивості глюкози****1. Реакція неповного окиснення:****2. Реакція відновлення:****3. Реакції бродіння:**

спиртове

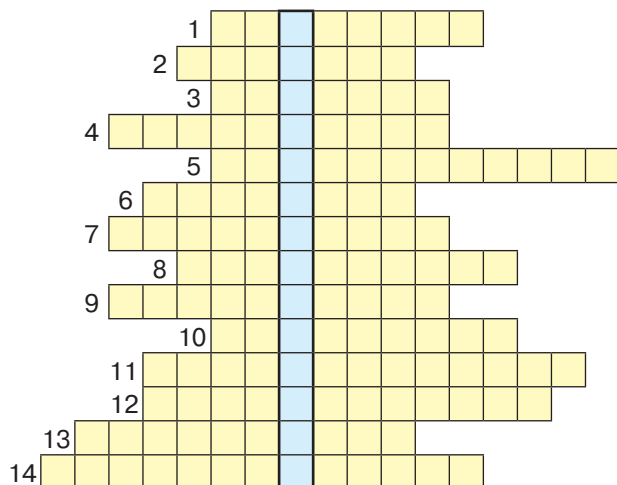


молочнокисле

**Хімічні властивості сахарози****Реакція гідролізу:**



**Завдання.** Повторіть тему, розв'язавши кросворд. Заповніть горизонтальні рядки й у виділеному стовпці прочитаєте назву групи органічних речовин.



**За горизонталлю:**

1. Природний полімер.
2. Назва моносахариду.
3. Сполуки, до складу яких входить карбоксильна група.
4. Кислота, що входить до складу твердих жирів.
5. Назва реакції відщеплення води.
6. Назва триатомного спирту.
7. Тип реакції взаємодії етанолу з воднем за наявності каталізатора.
8. Кислота, що входить до складу рідких жирів.
9. Реакція приєднання водню.
10. Тип реакції взаємодії фенолу з металічним натрієм.
11. Назва продукту взаємодії етанової кислоти з натрій гідроксидом.

12. Назва групи природних полімерів.
13. Реакція утворення органічної речовини за участю сонячної енергії.
14. Реакція між карбоновими кислотами й спиртами.



## Тема 4

# НІТРОГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ



### § 22. НАСИЧЕНІ Й АРОМАТИЧНІ АМІНИ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- називати загальну формулу та характеристичну (функціональну) групу амінів;
- пояснювати структурні формули амінів, зміст поняття «характеристична (функціональна) аміногрупа»;
- наводити приклади амінів;
- розрізняти насичені й ароматичні аміни;
- складати молекулярні та структурні формули амінів;
- характеризувати хімічні властивості метанаміну;
- робити висновки про властивості амінів.

**Нітрогеновмісні органічні сполуки.** До нітрогеновмісних органічних речовин належать насичені й ароматичні аміни, амінокислоти й нуклеїнові кислоти, а також високомолекулярні сполуки, завдяки яким існує життя, — білки.

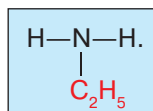
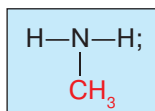
Ознайомимося з класом нітрогеновмісних речовин — амінами.

**Склад і будова молекул амінів.** Вам уже відомо, що Нітроген в органічних сполуках міститься не тільки в структурі карбонового ланцюга, а й у складі характеристичних (функціональних) груп, зокрема аміногрупи.



**Аміни** — органічні сполуки, до складу молекул яких входить характеристична (функціональна) **аміногрупа**  $-\text{NH}_2$ .

За будовою молекул аміни — похідні амоніаку, у молекулі якого один або кілька атомів Гідрогену заміщені на алкільні (вуглеводневі) радикали. Наприклад, якщо в молекулі амоніаку один атом Гідрогену заміщений на алкільну групу  $-\text{CH}_3$ , то утворюється *метанамін* (*метиламін*), якщо ж наявна алкільна група  $-\text{C}_2\text{H}_5$  — *етанамін* (*етиламін*). Їхні структурні формули відповідно



Так утворюються найпростіші за складом і будовою речовини, які називають **первинними амінами**.





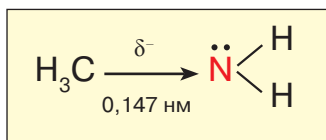


У разі заміщення двох атомів Гідрогену утворюються **вторинні** аміни — *диметиламін*, а якщо заміщені всі три атоми — **третинні** (*триметиламін*). Їхні структурні формули відповідно такі:



Характеристична група цього класу сполук  $-\text{NH}_2$ , вона ж визначатиме їхні властивості.

В амінів валентні кути становлять  $106-108^\circ$ . Будову молекули метанаміну (метиламину) зображено на *рис. 43*.



*Рис. 43.* Схема будови молекули метанаміну (метиламину)

Із *рис. 43* бачимо, що в аміногрупі амінів наявна неподілена електронна пара, яка впливає на властивості цих сполук. Зокрема, вони вступають у хімічну взаємодію з кислотами (див. хімічні властивості).

**Назви найпростіших за складом амінів.** До найпростіших за складом амінів належать **первинні** аміни, склад молекул яких відображає загальна формула  $\text{R}-\text{NH}_2$ , де **R** — алкільна група (вуглеводневий радикал). Назви цих сполук походять від назв відповідних **алканів** із додаванням слова **-амін**.

#### НАЗВИ ПЕРВИННИХ АМІНІВ ЗА СИСТЕМАТИЧНОЮ НОМЕНКЛАТУРОЮ

Назва алкану

+

амін

→

алканамін

*Рис. 44.* Схема побудови назв первинних амінів

Ознайомтеся із структурними формулами первинних насичених амінів та їхніми назвами за систематичною номенклатурою.

$\text{CH}_3-\text{NH}_2$	метанамін
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	етанамін
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	пропан-1-амін
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	бутан-1-амін
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	пентан-1-амін

Із структурних формул робимо висновок, що в наведених амінів аміногрупа розміщується біля першого атома Карбону. Тому, починаючи з третього представника, указуємо її положення.





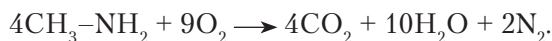
Моделі молекули метанаміну зображено на *рис. 45*.



*Рис. 45.* Кулестержнева (*a*) і масштабна (*б*) моделі молекули метанаміну

**Хімічні властивості метанаміну.** Для метанаміну властиві реакції горіння, взаємодії з водою та хлоридною кислотою.

**Реакції окиснення.** Метанамін горить у повітрі з утворенням карбон(IV) оксиду, води та азоту. Рівняння реакції:



**Взаємодія з водою.** Метанамін добре взаємодіє з водою, унаслідок чого утворюється метанамоній гідроксид. Продукт реакції забарвлює розчин фенолфталеїну в малиновий колір.

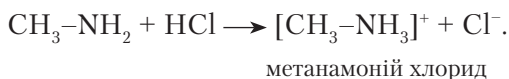


Пригадайте, у якому середовищі — кислотному, лужному чи нейтральному — індикатор фенолфталеїн змінює забарвлення на малинове.

Отже, розчин метанаміну проявляє лужні властивості. Рівняння реакції:



**Взаємодія з хлоридною кислотою.** Як і з водою, метанамін реагує з хлоридною кислотою за положенням неподіленої електронної пари. Рівняння реакції:



Взаємодії метанаміну з водою та хлоридною кислотою підтверджують **основні** властивості амінів. Отже, аміни — **органічні основи**.

**Ароматичні аміни. Анілін.** Ароматичні аміни утворюються, якщо в молекулі бензену один атом Гідрогену заміщується на аміногрупу. Найпростішим ароматичним аміном є **анілін**, склад молекули якого відображає молекулярна формула  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH}_2$ . Будову молекули аніліну показано на *рис. 46*.

Розглянувши *рис. 46*, зробимо висновок, що в молекулі аніліну, так само як і в насичених амінів, аміногрупа містить неподілену електронну пару. Тому можна припустити, що анілін проявлятиме властивості органічних основ. Крім того, наявність ароматичної групи атомів  $-\text{C}_6\text{H}_5$  впливає на властивості аміногрупи. У молекулі аніліну наявний **взаємний вплив атомів**, зокрема бензенове кільце впливає на аміногрупу й навпаки. Це визначає хімічні властивості речовини. Масштабну модель молекули аніліну зображено на *рис. 47*.



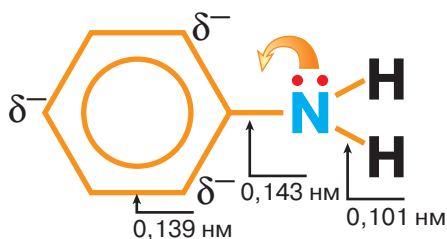


Рис. 46. Склад і будова молекули аніліну (феніламіну)

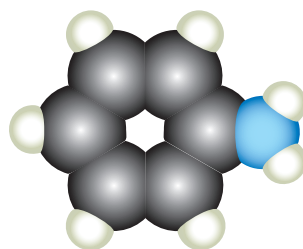
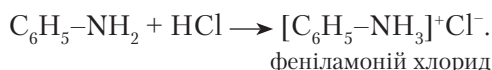


Рис. 47. Масштабна модель молекули аніліну

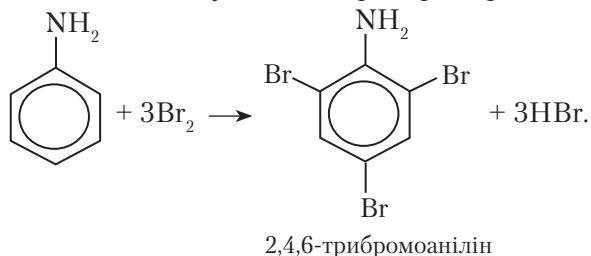
**ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АНІЛІНУ.** Якщо подіяти на анілін розчином фенолфталеїну, то зміна забарвлення не спостерігається. Це означає, що анілін як основа слабшій за насичені аміни.

Під час реакцій із кислотами анілін за положенням неподіленої електронної пари приєднує йон Гідрогену. Проведемо *віртуальний дослід* і спостерігатимемо, чи взаємодіє анілін із хлоридною кислотою. Очевидно, що анілін реагує з кислотою. Продуктом реакції є сіль — феніламоній хлорид. Рівняння реакції:



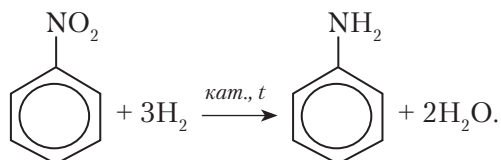
Вплив аміногрупи на бензенове кільце проявляється в реакції з бромом.

Проведемо знову *віртуальний дослід* і спостерігатимемо, чи реагує анілін з бромною водою. Випадання білого осаду свідчить про перебіг реакції. Рівняння реакції:



Унаслідок реакції утворюється 2,4,6-триброманілін. Отже, якщо бензен не реагує з бромною водою, то анілін завдяки впливу аміногрупи заміщує атоми Гідрогену в положеннях 2, 4, 6.

**Добування аніліну.** Синтез аніліну вперше здійснив російський хімік *М. Зінін* у 1842 р. Реакція *відновлення нітробензену* відбувається за наявності каталізатора та температури 250–300 °С. Рівняння реакції:

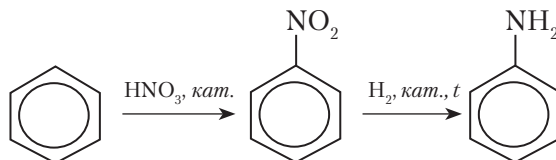


З відкриттям цього синтезу розпочалося промислове виробництво аніліну, що є незамінною сировиною для добування багатьох органічних речовин,





зокрема анілінових барвників і лікувальних засобів. Це потребує великої кількості аніліну. Тому його добувають з бензену, який отримують під час коксування кам'яного вугілля. Процес відбувається за таким ланцюжком перетворень:



**Вплив аніліну та його похідних на довкілля й організм людини.** Анілін — речовина, на основі якої виникла та розвинулась анілінофарбова промисловість. Оскільки анілін є дуже отруйною речовиною, то й усі барвники на його основі також токсичні. Часто барвники, що їх використовують у текстильній і шкіряній промисловості, разом з відходами потрапляють у стічні води й ґрунти, а випаровуючись, отруюють повітря. Разом із барвниками в навколишнє середовище потрапляють кислоти й луги. Усе загалом несприятливо впливає на організм людини, викликаючи захворювання верхніх дихальних шляхів, алергічні реакції.

Анілін застосовують у виробництві багатьох лікувальних засобів (сульфаніламідні препарати), ця речовина діє як знеболювальне та має здатність знижувати температуру тіла.

**Зверніть увагу!** Навіть ліки можуть зашкодити здоров'ю, якщо неправильно їх уживати, нехтуючи дозуванням.

Отже, хоча виробництво аніліну та його похідних і дало поштовх до розвитку промисловості синтезу органічних речовин, його використання потребує розуміння як користі, так і загрози здоров'ю людини.



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Аміни** — органічні сполуки, до складу молекул яких входить характеристична (функціональна) **аміногрупа**  $-\text{NH}_2$ .
- За будовою молекул аміни — похідні амоніаку, у молекулі якого один, два або три атоми Гідрогену заміщені на алкільні (вуглеводневі) радикали.
- Назви насичених первинних амінів походять від назви відповідного *алкану* та слова *амін*. Схема утворення назви: **алкан + амін** → **алканамін**.
- Загальна формула амінів **R-NH<sub>2</sub>**.
- Хімічні властивості **метанаміну**: зміна забарвлення фенолфталеїну на малинове, повне окиснення, взаємодія з водою та хлоридною кислотою.
- **Анілін** — ароматичний амін, склад молекули якого розглядають як продукт заміщення одного атома Гідрогену в молекулі бензену на аміногрупу  $-\text{NH}_2$ .
- У молекулі аніліну наявний **взаємний вплив атомів**: аміногрупи на бензенове кільце й навпаки. Унаслідок цього анілін реагує з кислотами як основа, утворюючи солі, і вступає в реакцію заміщення з бромною водою, яка відбувається в бензеновому кільці в положеннях 2,4,6, утворюючи трибромопохідну аніліну.
- Аміни — **органічні основи**.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Класифікуйте органічні речовини на спирти, альдегіди, карбонові кислоти, аміни за їхніми формулами:  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CHO}$ ,  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ ,





$C_2H_5NH_2$ ,  $C_2H_5CHO$ ,  $C_6H_5OH$ ,  $C_6H_5NH_2$ ,  $(C_2H_5)_2NH$ ,  $C_{17}H_{35}COOH$ ,  $CH_3OH$ ,  $C_4H_9OH$ ,  $C_5H_{11}CHO$ ,  $C_7H_{15}OH$ .

2. Класифікуйте аміни на первинні й вторинні за їхніми формулами та назвіть первинні аміни: а)  $H-N-C_4H_9$ ; б)  $C_3H_7-NH_2$ ; в)  $CH_3-N-CH_3$ ;  
 $\begin{array}{c} C_2H_5 \\ | \\ H-N-C_4H_9 \end{array}$ ; г)  $C_3H_7-N-H$ ; г)  $C_6H_5-NH_2$ ; д)  $C_4H_9-N-H$ ; е)  $CH_3-N-CH_3$ .  
 $\begin{array}{c} H \\ | \\ H-N-CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{array}$
3. Напишіть рівняння реакцій за схемами:  
 а)  $CH_3-NH_2 + H_2O \rightarrow \dots$ ;  
 б)  $C_6H_5-NH_2 + Br_2 \rightarrow \dots$ ;  
 в)  $C_6H_5-NH_2 + H_2O \rightarrow \dots$ .
4. Поясніть, які зміни спостерігатимуться, якщо в пробірці з розчином метанаміну долити розчини фенолфталеїну та фіолетового лакмусу. Чим зумовлені такі зміни?
5. Метанамін кількістю речовини 2 моль повністю згорів в атмосфері кисню. Обчисліть, які об'єми кисню (н. у.) і повітря витратяться під час реакції.
6. До емульсії феноламіну з водою масою 200 г із масовою часткою феноламіну 0,02 долили бромну воду в надлишку. Обчисліть масу утвореної речовини. Назвіть продукт реакції.
7. У складі речовини масові частки елементів становлять: Карбону — 53,33 %, Гідрогену — 15,55 %, решта — Нітроген. Виведіть молекулярну формулу сполуки.



### ЦІКАВО ЗНАТИ

- На основі аніліну виробляють анілінові барвники. Так, барвник «аніліновий чорний» одержують окисненням аніліну хромовою сумішшю ( $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$ ). Цей барвник використовують для фарбування тканин.
- Анілін — отруйна речовина, що негативно впливає на здоров'я людини. В організм потрапляє під час дихання, крізь шкіру та слизові оболонки. Унаслідок потрапляння аніліну в кров змінюється функція еритроцитів, починається кисневе голодування, порушується робота внутрішніх органів; уражає центральну нервову систему. Хронічне отруєння аніліном спричиняє токсичний гепатит, нервово-психічні розлади, погіршення пам'яті тощо.



### § 23. АМІНОКИСЛОТИ



Вивчивши матеріал параграфу, ви зможете:

- *називати* загальну формулу амінокислот;
- *пояснювати* структурні формули амінокислот; амфотерність амінокислот; зміст понять «пептидна група», «поліпептид»;
- *наводити приклади* амінокислот;
- *складати* молекулярні та структурні формули амінокислот за назвами та загальними формулами; рівняння реакцій, які описують хімічні властивості





вості аміноетанової кислоти (взаємодія з натрій гідроксидом, хлоридною кислотою, утворення дипептиду);

- *прогнозувати* хімічні властивості амінокислот, зумовлені особливостями будови їхніх молекул;
- *характеризувати* хімічні властивості аміноетанової кислоти; біологічну роль амінокислот.

**Склад і будова молекул.** У курсі хімії 9 класу ви частково ознайомилися зі складом амінокислот, дізналися про їхню роль у живій природі. Вам відомо, що амінокислоти утворюють мономерні ланки в складі білків. Сама назва «амінокислоти» досить промовиста.



**Амінокислоти** — органічні сполуки, до складу молекул яких входять аміногрупи  $-\text{NH}_2$  й карбоксильні групи  $-\text{COOH}$ .

Будову найпростішої амінокислоти розглядають як похідну етанової кислоти, у молекулі якої один атом Гідрогену заміщений на аміногрупу (рис. 48).

Молекула аміноетанової кислоти містить у своєму складі одну аміногрупу й одну карбоксильну. Практично ця речовина проявляє **амфотерні властивості**: *основні*, що є характерними для аміногрупи, та *кислотні*, властиві карбоксильній групі. Однак за складом молекули амінокислот дуже різні, вони можуть містити різну кількість аміногруп і карбоксильних груп. Крім того, у деяких амінокислот наявні гідроксильні  $-\text{OH}$ , сульфідні  $-\text{S}-$ , фенольні  $\text{C}_6\text{H}_5-$  групи. Зрозуміло, що зі зміною складу змінюється будова, а відтак, і властивості цих сполук.



Рис. 48. Масштабна модель молекули аміноетанової кислоти



Пригадайте склад і будову аміногрупи й карбоксильної групи. Зверніть увагу на вплив атомів у молекулах органічних сполук.

Український хімік і біохімік *І. Горбачевський* уперше висловив думку про те, що до складу білкових молекул входять амінокислоти. Згодом (1902 р.) німецький хімік-органік і біохімік *Е. Г. Фішер*, який досліджував білки та продукти їхнього розщеплення, установив, що до складу білків входять залишки молекул  $\alpha$ -амінокислот. Це амінокислоти, у молекулах яких аміногрупа розміщена біля першого від карбоксильної групи атома Карбону. Загальну формулу  $\alpha$ -амінокислот зображено на рис. 49.

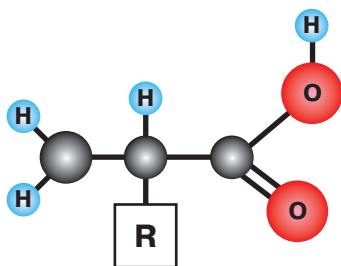


Рис. 49. Модель загальної формули молекул  $\alpha$ -амінокислот

Структурні формули, що відображають склад молекул і розміщення характеристичних (функціональних) груп деяких амінокислот, а також їхні систематичні й тривіальні назви наведено в *табл. 14*.

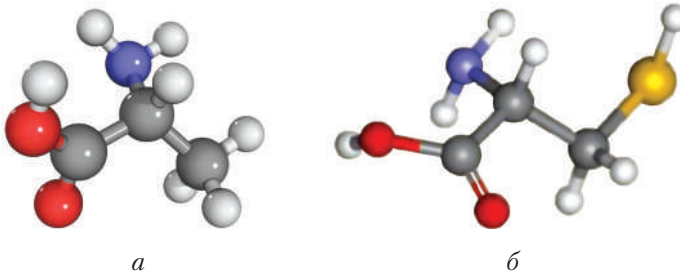




## Назви амінокислот за систематичною та тривіальною номенклатурами

Структурна формула	Назва кислоти	
	систематична	тривіальна (раціональна)
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	аміноетанова	гліцин
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2-амінопропанова	аланін ( $\alpha$ -амінопропанова)
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$	3-амінопропанова	$\beta$ -амінопропанова
$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2-аміно-3-гідрокси- пропанова	серин ( $\alpha$ -аміно- $\beta$ -гідроксипропанова)
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \qquad \qquad   \\ \text{CH}_3 \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$	2-аміно-4-метил- пентанова	лейцин ( $\alpha$ -аміноізогексанова)
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \qquad   \\ \text{CH}_3 \text{ NH}_2 \end{array}$	2-аміно-3-метил- бутанова	валін ( $\alpha$ -аміноізовалеріанова)
$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2-аміно-3-сульфаніл- пропанова	цистеїн

Кулестержневі моделі деяких амінокислот зображено на *рис. 50*.



*Рис. 50.* Кулестержневі моделі: *a* – 2-амінопропанової кислоти (аланін); *б* – 2-аміно-3-гідроксипропанової кислоти (серин)

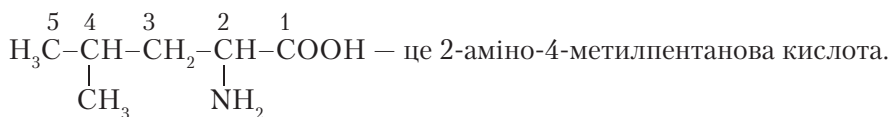
**Номенклатура амінокислот.** За систематичною номенклатурою назви амінокислот утворюють за таким алгоритмом:

**аміно + алкан + ова + кислота → аміноалканова кислота.**

Наприклад,  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$  – це 4-амінобутанова кислота.

Для **складання назв ізомерів**: 1) нумеруємо найдовший карбоновий ланцюг, починаючи з атома Карбону в карбоксильній групі; 2) перед назвою позначаємо цифрою положення аміногрупи та інших замісників в алфавітному порядку; 3) додаємо назву кислоти із суфіксом *-ова* та слово *кислота*. Наприклад:

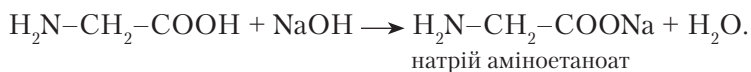




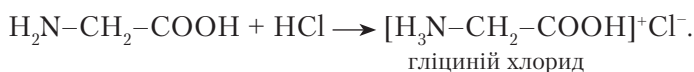
**Хімічні властивості аміноетанової кислоти.** Амінокислоти — *амфотерні речовини*, тобто сполуки, що проявляють властивості кислот та основ.

**Дія на індикатори.** Наявність карбоксильної групи в молекулах амінокислот має виявляти кислотне середовище. Так само наявність аміногрупи — лужне. Якщо ж у молекулі речовини є однакова кількість цих груп, то вони нейтралізують одна одну, тому індикатори не змінюють забарвлення. Якщо в складі молекули амінокислоти є дві карбоксильні групи й одна аміногрупа, то індикатори виявляють кислотну реакцію. Якщо переважають аміногрупи — лужну.

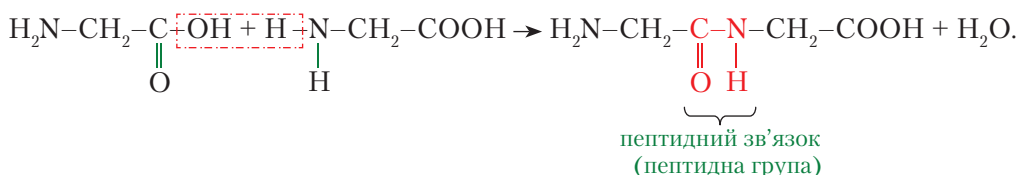
**Взаємодія з лугами.** Як кислоти, амінокислоти реагують з лугами з утворенням солей. Наприклад, запишемо рівняння реакції взаємодії аміноетанової кислоти з натрій гідроксидом:



**Взаємодія з кислотами.** Реакції з кислотами відбуваються внаслідок наявності в молекулах амінокислот аміногрупи з утворенням солі. Рівняння реакції:



**Утворення пептидів.** Унаслідок взаємодії аміногрупи з карбоксильною різних молекул амінокислот утворюються пептиди:



Утворена речовина — *дипептид*. Якщо взаємодіють три молекули амінокислот, утворюється *трипептид* і т. д. Якщо ж за допомогою пептидних зв'язків сполучаються багато амінокислот, утворюються **поліпептиди**. Вони можуть містити майже 100 амінокислотних залишків.

Різноманітність пептидів залежить від того, які амінокислоти входять до їхнього складу. Реакції взаємодії зворотні, тому пептиди гідролізують за наявності сильної кислоти й під дією нагрівання. Утворення поліпептидів є основою природного процесу синтезу білків.

**Біологічна роль амінокислот.** Амінокислоти виконують важливі для організму функції. Передусім вони є «цеглинами», з яких побудована велика різноманітність білкових молекул. До складу білків входять 20 α-амінокислот, з яких 8 кислот незамінні, тобто такі, що їх не синтезують організми тварин і людини. Тому, щоб задовольнити потреби людського організму в цих амінокислотах, вони мають надходити до нього з продуктами харчування рослинного та тваринного походження.







Амінокислоти також є добрим енергетичним матеріалом. Наприклад, для підтримки організму людини, виснаженої важкою недугою, іноді вводять амінокислоти безпосередньо в кров. Тим самим полегшується їхнє засвоєння. У разі простудних захворювань ефективним профілактичним і лікувальним засобом є афлубін, що активізує імунні сили організму.

Амінокислоти необхідні не тільки людям. Їх застосовують як корм для відгодівлі сільськогосподарських тварин.



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Амінокислоти** — органічні речовини, до складу молекул яких входять аміногрупи  $-\text{NH}_2$  й карбоксильні групи  $-\text{COOH}$ . Кількість цих груп у складі амінокислоти може бути різною.
- Крім того, деякі амінокислоти містять гідроксильні  $-\text{OH}$ , сульфідні  $-\text{S}-$ , фенільні  $\text{C}_6\text{H}_5-$  групи.
- Загальна формула  $\alpha$ -амінокислот  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$ .



- За систематичною номенклатурою назви амінокислот складають за таким алгоритмом: **аміно** + **алкан** + **ова** + **кислота** → **аміноалканова кислота**.
- **Амінокислоти** завдяки наявності карбоксильної групи реагують з лугами, а за участю аміногрупи — з кислотами. Продуктами взаємодії є солі цих кислот.
- **Амінокислоти** взаємодіють між собою з утворенням пептидів. Зв'язок  $-\text{C}-\text{N}-$  називають **пептидним**.
- Поліпептиди містять майже 100 амінокислотних залишків.
- Утворення поліпептидів зумовлює природний процес синтезу білків.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть, які речовини належать до амінокислот.
2. Назвіть характеристичні (функціональні) групи атомів у складі амінокислот, поясніть їхню хімічну природу.
3. Складіть молекулярні та структурні формули амінокислот за їхніми назвами:
  - а) 5-амінопентанова;
  - б) 2-аміно-3-метилбутанова;
  - в) 3-аміно-3-метилбутанова;
  - г) 2-аміно-4-метилпентанова;
  - г) 3-аміно-4-метилгептанова.
4. Складіть рівняння реакцій за схемою: метан → етин → **A** → етанол → **B** → етанова кислота → **B** → метанол. Назвіть речовини, зазначені літерами **A**, **B**, **B**.
5. Натрій гідроксидом повністю нейтралізували 2-амінопропанову кислоту кількістю речовини 0,7 моль. Обчисліть масу натрій гідроксиду, що витратився, і масу солі, що утворилася.
6. Нітрогеновмісна органічна сполука містить у своєму складі 61,02 % Карбону, 15,25 % Гідрогену, решта — Нітроген. Густина її парів за карбон(IV) оксидом дорівнює 1,341. Виведіть молекулярну формулу сполуки.





## § 24. БІЛКИ ЯК ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ СПОЛУКИ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *характеризувати* хімічні властивості білків (гідроліз, кольорові реакції); біологічну роль білків;
- *установлювати* причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою молекул і властивостями нітрогеновмісних органічних сполук;
- *оцінювати* біологічне значення білків;
- *робити висновки* про властивості білків з урахуванням будови молекул і будови речовин та їхніх властивостей; на основі спостережень.

**Склад і будова білкових молекул.** Вам уже відомо з § 23 (с. 118), що до складу молекул білків входять залишки молекул  $\alpha$ -амінокислот. Наявність залишків молекул амінокислот в основі білкових молекул підтвердив *Е. Г. Фішер*, який уперше синтезував поліпептиди.

Різноманітність білкових молекул пояснюється різними комбінаціями амінокислотних залишків.

Кожний білок має постійний склад залишків молекул  $\alpha$ -амінокислот, які розміщуються в певній, властивій тільки йому, послідовності. Цим визначається просторова будова молекул білків, а отже, і їхні специфічні властивості. Якщо змінити хоча б один залишок молекули амінокислоти в поліпептидному ланцюзі, то утвориться інший за будовою та властивостями білок.



**Білки** — полімери, що характеризуються сталим складом залишків молекул  $\alpha$ -амінокислот.

Властивості білків залежать від їхньої будови. Структурна організація білкової молекули є досить складною (рис. 51).

**Первинна** структура залежить від послідовності амінокислотних залишків, які сполучені між собою *пептидним* зв'язком.

Водночас вам відомо, що до складу молекул амінокислот входять ще й гідроксильні, сульфідні, фенільні групи. Між ними теж виникають зв'язки, скручуючи поліпептидний ланцюг у спіраль. Спіраль утримується завдяки виникненню *водневих* зв'язків, і таку структуру називають **вторинною**.

**Третинна** структура виникає внаслідок утворення *дисульфідних* зв'язків між окремими ділянками спіралі — там, де розташовані характеристичні (функціональні) групи, що містять Сульфур. У більшості білків поліпептидні ланцюги згорнуті особливим чином у компактний клубок — **глобулу**.

Декілька макромолекул, що утворюють третинну структуру, можуть виконувати спільну функцію, взаємодіючи між собою. Унаслідок цих зв'язків виникає **білковий комплекс**. Це і є **четвертинна** структура білка.

**Хімічні властивості білків.** У курсі хімії 9 класу ви вже ознайомилися з однією властивістю білків.



Пригадайте, що таке *денатурація білка*.



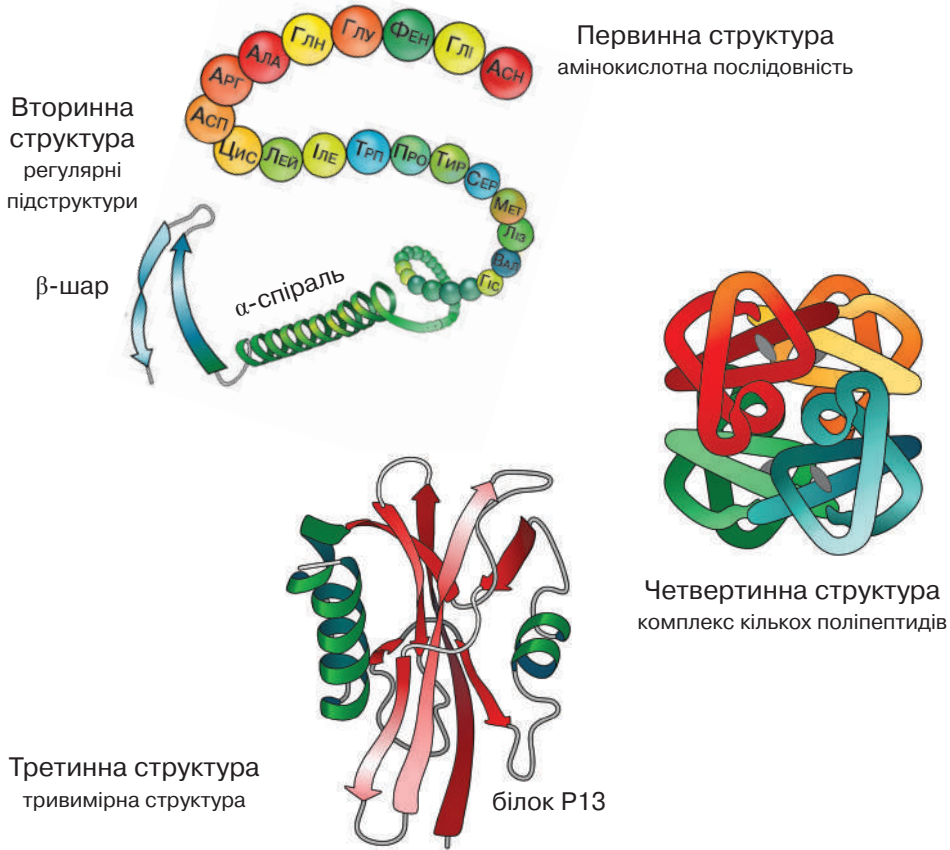


Рис. 51. Структура білкової молекули

Отже, під час нагрівання структура білкової молекули змінюється внаслідок руйнування зв'язків, що зумовлюють їхню вторинну, третинну й четвертинну структури. Білки втрачають свої властивості, відповідно до цього змінюються їхні функції. Такий процес називають **денатурацією**.

Білки денатурують за дуже невисоких температур. Наприклад, якщо температура тіла людини підвищується до 42 °С, людина вмирає, тому що білки втрачають свою біологічну активність.

Денатурацію білків добре спостерігати під час варіння або смаження курячого яйця, осадження білка з молока під дією розчинів солей і кислот (наприклад, для виготовлення сиру). У кожному разі білок не може повернутися до попереднього стану (рис. 52).

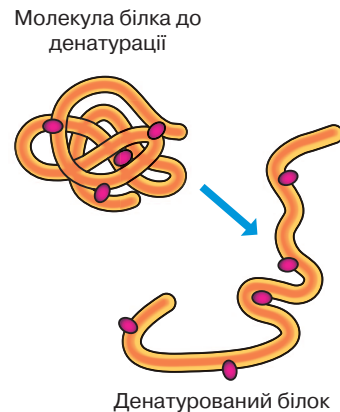


Рис. 52. Денатурація білкової молекули





**Кольорові реакції білків.** Якісними реакціями на білки є **кольорові реакції**: *біуретова реакція* — дія на розчин білка розбавленого розчину купрум(II) сульфату та *ксантопротеїнова* — дія на білок концентрованої нітратної кислоти (рис. 53).

Щоб виявити інші властивості білків, проведемо лабораторні досліді. Для цього скористаємося розчином білка курячого яйця.

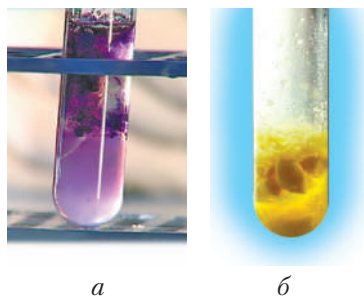


Рис. 53. Кольорові реакції на білок: *a* — біуретова; *б* — ксантопротеїнова



### Лабораторний дослід 3. Біуретова реакція

- ! Пригадайте правила безпеки під час роботи з лугами та лабораторним посудом і приладдям, суворо дотримуйтеся їх.

*Завдання 1.* Розчиніть курячий білок у воді. Зробіть висновок про його розчинність.

*Завдання 2.* До розчину білка об'ємом 1,5–2 мл долийте розчин лугу такого самого об'єму. Додайте кілька крапель розчину купрум(II) сульфату.

Спостереження та висновки запишіть у таблицю в зошиті.

*Обладнання та реактиви:* пробірки, розчини курячого білка, лугу й купрум(II) сульфату.

*Хід роботи*

Що робили?	Спостереження	Висновок



### Лабораторний дослід 4. Ксантопротеїнова реакція

- ! Пригадайте правила безпеки під час роботи з кислотами та лабораторним посудом і приладдям, суворо дотримуйтеся їх.

*Завдання 1.* Розчиніть курячий білок у воді.

*Завдання 2.* До розчину білка об'ємом 1,5–2 мл долийте концентровану нітратну кислоту об'ємом 1 мл.

Спостереження та висновки запишіть у таблицю в зошиті.

*Обладнання та реактиви:* пробірки, розчин курячого білка, концентрована нітратна кислота.

*Хід роботи* оформіть у зошиті за зразком лабораторного досліді 3.

**Біологічні функції білків.** Білки — високомолекулярні органічні речовини, завдяки яким існує життя, відбувається ріст і розвиток організмів. Ці речовини представлені великою різноманітністю білкових молекул і входять до складу не тільки рослинних, тваринних і клітин людини, а й вірусів, бактерій тощо. Величезна різноманітність їх зумовлена здатністю двадцяти  $\alpha$ -амінокислот взаємодіяти





між собою в певному порядку з утворенням полімерних молекул, тобто їх природа визначається різною послідовністю розміщення  $\alpha$ -амінокислот. Особливість функцій цих сполук полягає в тому, що їх неможливо замінити іншими речовинами, а отже, роль білків в організмі людини є надзвичайно важливою.

Насамперед білки — це будівельний матеріал для клітинних мембран, м'язевих волокон — *міофібрил*, а міозин та актин виконують функції скорочення м'язів. Білки входять до складу сполучної (колаген) і нервової тканин, волосся та нігтів. Отже, вони виконують **будівельну** функцію.

Білки, завдяки наявності в їхньому складі різних функціональних груп та їх складній будові, здатні транспортувати гормони, гази (кисень), різні поживні речовини до всіх органів. Так, гази до легень і клітин переносить *гемоглобін* крові, у м'язах це завдання виконує *міоглобін*. Альбумін крові транспортує жирні кислоти через клітинну мембрану. У цьому полягає **транспортна** функція білків.

Перетравлювання та засвоєння продуктів харчування в організмі здійснюється за допомогою біологічних каталізаторів — *ферментів*, які пришвидшують біохімічні процеси під час обміну речовин. Унаслідок цього вивільняється велика кількість енергії. Таку функцію білків називають **каталітичною**.

Білки здатні регулювати обмін речовин. **Регуляторну** функцію здійснюють біологічно активні речовини — *гормони*. Наприклад, білок щитоподібної залози — тиреоглобулін, гормони тироксин, трийодтиронін регулюють вміст мікроелемента йоду в крові. *Інсулін* — гормон підшлункової залози, забезпечує синтез жирів з вуглеводів, знижує вміст глюкози в крові. За його відсутності виникає важке захворювання — цукровий діабет. Цей гормон, крім регуляторної, виконує ще й **запасну** функцію, оскільки бере участь у синтезі глікогену. Гормони гіпофізу й пептид пам'яті, страху забезпечують у головному мозку складні психічні й фізіологічні явища. Білки є регуляторами зчитування спадкової інформації з ДНК.

**Захисна** функція білків полягає в тому, що вони оберігають організм від впливу чужорідних білків. У разі пошкоджень, у відповідь на появу чужорідних — синтезуються антитіла, тобто захисні білки, що протидіють мікроорганізмам і швидко знешкоджують їх. До білків, що виконують захисну функцію, належить *інтерферон*, який має здатність знешкоджувати чужорідну нуклеїнову кислоту й токсини.

Вам уже відомо, що в організмі разом із синтезом білкових молекул відбувається їх розпад, унаслідок якого, через низку перетворень, утворюються вуглекислий газ і вода. Під час повного окиснення білка масою 1 г виділяється приблизно 17 кДж енергії. Вивільнена при цьому енергія використовується на життєдіяльність організму. Крім того, під час розщеплення білків утворюється амоніак, токсична для організму речовина. На його знешкодження теж витрачається енергія. Джерелом енергії є також перетворення деяких амінокислот, які не синтезуються в організмі людини, тому вони у складі білків надходять в організм з їжею. У цьому полягає **енергетична** функція білків.

Білком властива передача генетичної інформації з покоління в покоління.

**Застосування білків.** Насамперед білки — це харчові продукти. Цінним продуктом, що забезпечує організм білком, є курячі яйця. До білка курячих яєць входять усі вісім незамінних амінокислот: валін, метіонін, триптофан, лізин, фенілаланін, ізолейцин, лейцин, треонін. За дієтичного харчування норма вжи-





вання білків становить 90–120 г на добу. Дієтичне харчування зі збалансованою кількістю білків у раціоні має велике значення для зміцнення імунітету людини, бо створює протидію хвороботворним бактеріям.

Білки та білкові препарати застосовують як лікувальні засоби. Велике значення для зміцнення імунної системи має застосування гамма-глобуліну. Фармацевтичний препарат гамма-глобуліну створює тимчасовий імунітет проти багатьох інфекційних захворювань. Зокрема, його використовують для профілактики та лікування кору та кашлюку в дітей.

У промисловості білки є цінною сировиною для різних виробництв. З шерсті й шовку виготовляють тканини. Із панцерів черепах і рогів тварин виробляють дрібні речі — гребінці, гудзики, прикраси для інтер'єрів.



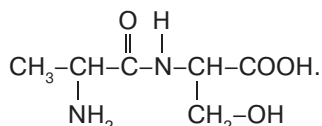
### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Білки** — високомолекулярні сполуки, що складаються із залишків молекул  $\alpha$ -амінокислот.
- **Білкові молекули** містять значно більше амінокислотних залишків, ніж пептиди; кожному з білків властива певна послідовність їх розміщення. Цим визначаються їхні просторова будова й специфічні властивості.
- Структурна організація білкової молекули досить складна: **первинна** структура підтримується **пептидними** зв'язками з утворенням поліпептидного ланцюга; **вторинна** — **водневими** зв'язками, що спричиняють скручування ланцюга в спіраль; **третинна** — унаслідок утворення **дисульфідних** зв'язків виникає **глобула**; **четвертинна** структура визначається як **комплекс кількох поліпептидів**.
- Руйнування зв'язків, що зумовлюють вторинну, третинну й четвертинну структури білкової молекули, називають **денатурацією**.
- Якісними реакціями на білки є **кольорові реакції**: біуретова та ксантопротеїнова.
- Білки виконують в організмі важливі **біологічні функції**: будівельну, транспортну, каталітичну, регуляторну, запасну, захисну, енергетичну.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть склад молекул білків як високомолекулярних сполук.
2. Поясніть утворення пептидного зв'язку.
3. Охарактеризуйте хімічні властивості білків (гідроліз, кольорові реакції).
4. Складіть рівняння хімічної реакції утворення трипептиду, узявши за основу аміноетанову кислоту.
5. Назвіть  $\alpha$ -амінокислоти, що утворяться внаслідок гідролізу дипептиду складу

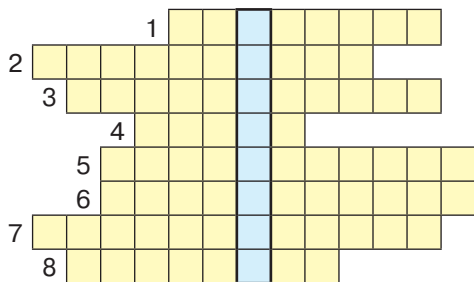


6. До розчину натрій амінопропаноату масою 74 г з масовою часткою речовини 0,15 долили хлоридну кислоту до відновлення амінокислоти. Обчисліть маси утворених продуктів.
7. Суміш амінопропанової та пропанової кислот масою 80 г нейтралізували хлоридною кислотою масою 73 г з масовою часткою кислоти 20 %. Обчисліть масові частки речовин у вихідній суміші.





8. Перемалюйте кросворд у зошит і розв'яжіть його, заповнивши горизонтальні рядки. У виділеному стовпці прочитаєте назву сполуки, що містить два амінокислотні залишки.



#### За горизонталлю:

1. Процес взаємодії поліпептидного ланцюга з водою.
  2. Аміни, до складу яких входить бензенове кільце.
  3. Одна з біологічних функцій білків в організмі людини.
  4. Прізвище вченого, який вперше синтезував поліпептиди.
  5. Загальна назва сполук, що містять до 100 амінокислотних залишків.
6. Процес руйнування білкової молекули під дією високих температур.  
7. Органічні речовини, що проявляють амфотерні властивості.  
8. Назва групи  $\begin{array}{c} -\text{C}-\text{N}- \\ \parallel \quad | \\ \text{O} \quad \text{H} \end{array}$ .



#### ЦІКАВО ЗНАТИ

• У 2017 р. лауреатами Нобелівської премії з хімії стали: швейцарський біофізик Ж. Дюбоше (Університет Лозанни, Швейцарія), американський біофізик німецького походження Й. Франк (Колумбійський університет, США) і шотландський біофізик і молекулярний біолог Р. Хендерсон (Інститут молекулярної біології Кембриджського університету, Велика Британія).

Учені отримали нагороду за розробку криоелектронної мікроскопії високої роздільної здатності для визначення структури біомолекул у розчині. Цей метод дає змогу визначити структуру білків без складного процесу вирощування монокристалів. Суть криоелектронної мікроскопії полягає в тому, що стало можливим спостерігати молекули, заморожуючи їх зі збереженням природної структури. За допомогою такого мікроскопа можна вивчати живі біомолекули та тривимірні зображення білків у клітинах. Нобелівський комітет, зокрема, наголосив, що вчені допомагають «поліпшити та спростити візуалізацію біомолекул», а криоелектронна мікроскопія «перемістила біохімію в нову еру» (За матеріалами сайту <http://pedpresa.ua/187557-nobelivska-premiya-2017-proryv-u-tehnologiyah-vysoka-literatura-i-nagaduvannya-pro-zagrozu.html>).

- Хімічний склад гемоглобіну крові відображає формула



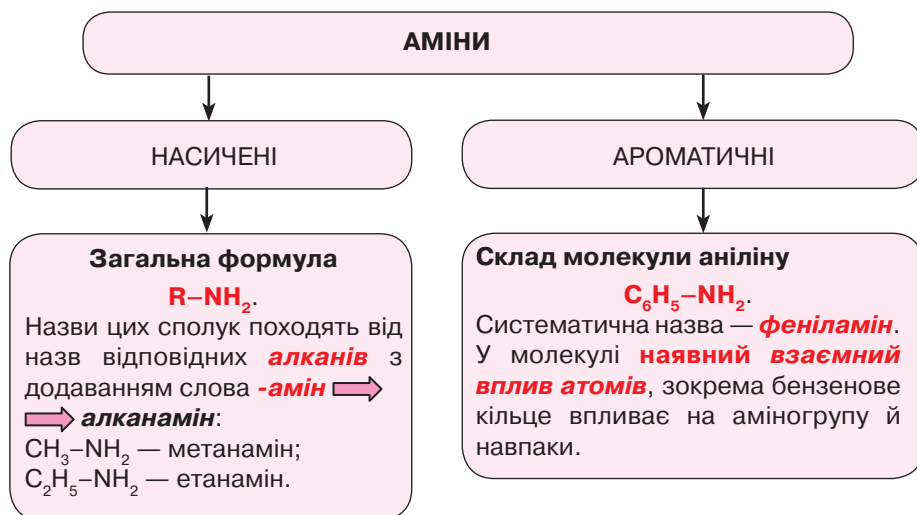
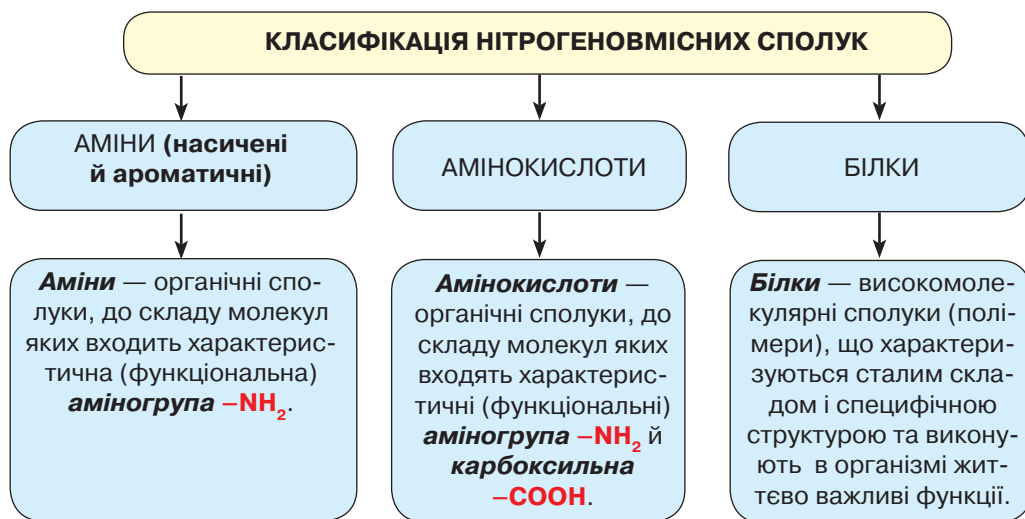
#### НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЕКТ

- Оберіть самостійно тему навчального проекту з переліку тем, запропонованих програмою.
  1. *Натуральні волокна тваринного походження: їхні властивості, дія на організм людини, застосування.*
  2. *Анілін — основа для виробництва барвників.*
  3. *Синтез білків.*
  4. *Збалансоване харчування — запорука здорового життя.*
  5. *Виведення плям органічного походження.*
- Виконайте навчальний проект, спланувавши етапи його реалізації та строки виконання.
- Проведіть презентацію проекту.





## ПОВТОРЮЄМО Й УЗАГАЛЬНЮЄМО ТЕМУ 4 «НІТРОГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ»







## ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АМІНІВ

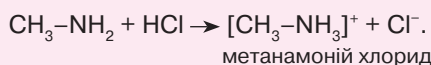
### 1. Реакції окиснення:



### 2. Взаємодія з водою:

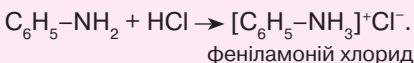


### 3. Взаємодія з хлоридною кислотою:

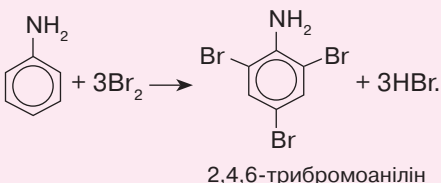


**Аміни** — органічні основи.

### 1. Взаємодія з кислотою:



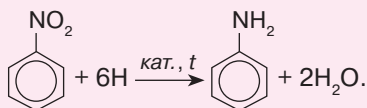
### 2. Взаємодія з бромом:



**Анілін** — органічна основа.

## ДОБУВАННЯ АНІЛІНУ

**Анілін** добувають відновленням нітробензену воднем за наявності каталізатора та температури 250–300 °С:



## АМІНОКИСЛОТИ

Залишки молекул амінокислот утворюють мономерні ланки в складі білків. Крім аміногрупи й карбоксильної у складі амінокислот наявні гідроксильні **-OH**, сульфідні **-S-**, фенільні **C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-** групи.

Загальна формула α-амінокислот  $\text{H}_2\text{N-CH-COOH}$ .

**R**

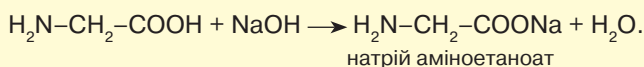
Алгоритм утворення назв за систематичною номенклатурою:  
**аміно** + алкан + **ова** + кислота →  
 → **аміноалканова** кислота.



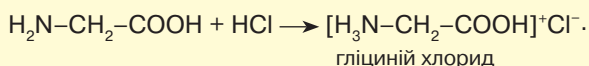
**ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АМІНОКИСЛОТ**

**1. Дія на індикатори:** залежно від кількості аміно- й карбоксильних груп індикатори можуть змінювати забарвлення, виявляючи кислотне (якщо переважають карбоксильні) чи лужне (за більшої кількості аміногруп) середовище, або не змінювати забарвлення, виявляючи нейтральне середовище (якщо їх однакова кількість).

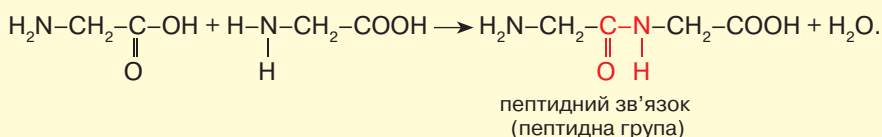
**2. Взаємодія з лугами:**



**3. Взаємодія з кислотами:**



**4. Утворення пептидів:**



Утворився **дипептид**. Якщо ж за допомогою пептидних зв'язків сполучаються багато амінокислот, утворюються **поліпептиди**. У складі поліпептидів може бути майже 100 амінокислотних залишків.

**Амінокислоти — органічні амфотерні сполуки.**

**БІЛКИ** — природні полімери складної структури.

**ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БІЛКІВ**

**1.** За нагрівання, під впливом радіації та інших чинників відбувається руйнування молекули до первинної структури — **денатурація**.

**2. Кольорові реакції:** а) **біуретова** — за взаємодії білка з купрум(II) гідроксидом утворюється розчин синьо-фіолетового кольору;  
б) **ксантопротеїнова** — випадання жовтого осаду під час взаємодії з концентрованою нітратною кислотою.

**БІОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ БІЛКІВ**

Будівельна

Каталітична

Регуляторна

Енергетична

Транспортна

Запасна

Захисна



## Тема 5

# СИНТЕТИЧНІ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ РЕЧОВИНИ ТА ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ НА ЇХ ОСНОВІ



## § 25. СИНТЕТИЧНІ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ РЕЧОВИНИ. ПОЛІМЕРИ



Вивчивши матеріал параграфу, ви зможете:

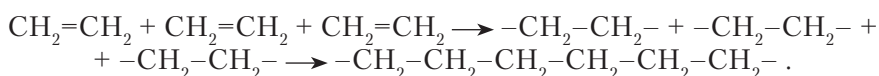
- *пояснювати* суть поняття «полімер»; реакцій полімеризації та поліконденсації як способів добування полімерів;
- *наводити приклади* синтетичних високомолекулярних речовин і полімерних матеріалів на їх основі; рівнянь реакцій полімеризації та поліконденсації;
- *розрізняти* реакції полімеризації та поліконденсації; полімери;
- *установлювати* причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями та застосуванням полімерів;
- *обґрунтовувати* значення полімерів у створенні нових матеріалів.

**Загальна характеристика полімерів.** Вивчаючи найважливіші органічні речовини в 9 класі, ви частково ознайомилися з високомолекулярними сполуками — *полімерами*. Їм властиві велика молекулярна маса та складна будова молекул. Серед відомих вам полімерів — поліетилен, а з природних — крохмаль, целюлоза, білки.

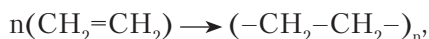


Пригадайте, як побудовані молекули полімерів. Поясніть назву «полімер».

До складу полімерів входять мономерні ланки, які багаторазово повторюються. Пригадаймо процес полімеризації етену, що відбувається за схемою

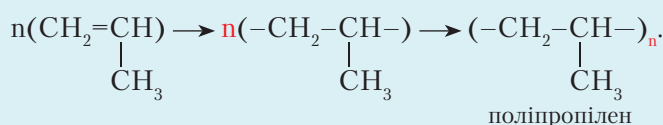


Інакше утворення макромолекули можна записати так:



де  $n$  — *ступінь полімеризації*, що вказує на кількість мономерних ланок у полімері.

Залежно від складу мономерів, що вступають у реакцію полімеризації, отримують різні за складом, будовою та властивостями синтетичні полімери. Наприклад, якщо мономером є пропен (пропілен) складу  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ , то утворення полімеру поліпропілену відбувається за такою схемою:



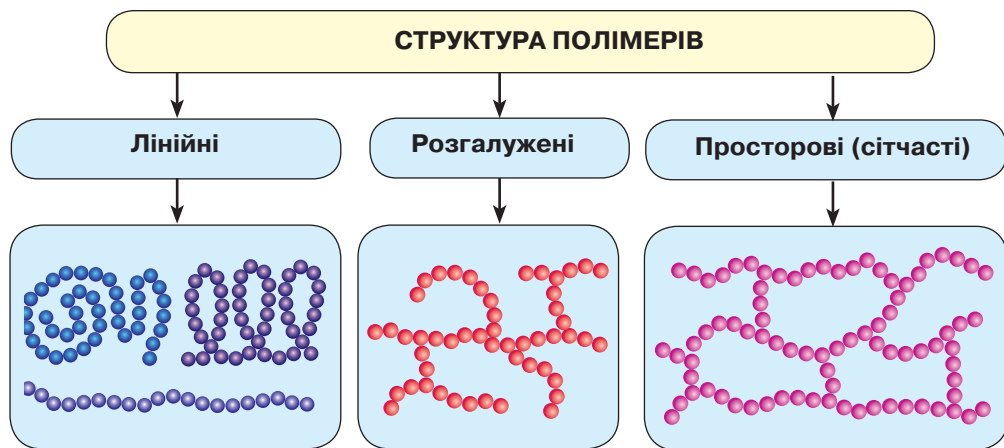


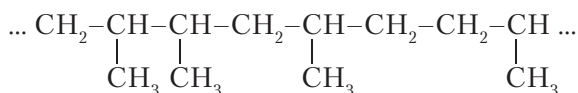
Рис. 54. Схема класифікації полімерів за структурою макромолекул

У макромолекулі полімеру може міститися різна кількість мономерних ланок, тобто полімер матиме вищий або нижчий ступінь полімеризації. Через це точно визначити його молекулярну масу неможливо. Тому вживають поняття «*середня молекулярна маса*». Її значення може становити від кількох тисяч до десятків тисяч і навіть десятків мільйонів.

За структурою макромолекул полімери поділяють на три групи (рис. 54).

Структурні ланки в лінійних полімерах розміщуються по-різному. Наприклад, у реакції утворення поліпропілену в структурі лінійної молекули чергуються однакові за складом і будовою мономерні ланки. Таку структуру полімерного ланцюга називають *регулярною*.

Однак є макромолекули, у яких структурні ланки розміщуються безсистемно. Наприклад:



Таку структуру полімерного ланцюга називають *нерегулярною*.

**СПОСОБИ ДОБУВАННЯ ПОЛІМЕРІВ.** З одним із методів синтезу полімерів — *полімеризацією* — ви вже ознайомилися. Суть *реакції полімеризації* полягає в послідовному приєднанні молекул мономерів одна до одної внаслідок розриву кратних зв'язків.

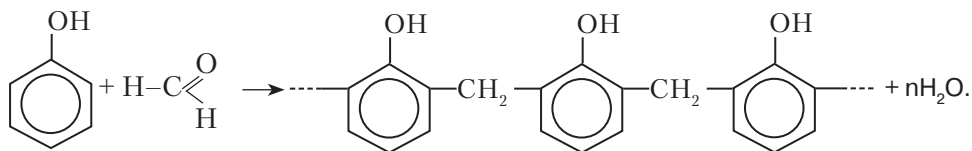
Збільшення макромолекули полімеру відбувається за участю ініціаторів цієї реакції, якими можуть бути вільні радикали або йони. Як речовини-ініціатори використовують кисень чи пероксиди. Під дією температури або світла вони легко розкладаються з утворенням вільних радикалів. Молекула «росте» доти, поки два радикали не зійдуться, внаслідок чого макромолекула стає неактивною.

Полімеризація може відбуватися не тільки з однією речовиною, тобто трапляється, що одночасно реагують два або більше мономерів. Продуктом такої реакції є *співполімер*. Наприклад, утворення бутадієн-стирольного каучуку, де мономерами є стирен  $\text{CH}=\text{CH}_2$  і бутадієн  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ .





Другий метод синтезу полімерів — **реакція поліконденсації**. Схема реакції:



**Фізичні властивості полімерів.** Як уже зазначалося, полімери мають різні молекулярні маси, що залежить від кількості сполучених між собою мономерних ланок. На температуру плавлення полімерів безпосередньо впливає довжина макромолекул, а отже, полімерам властивий **широкий діапазон температур плавлення та кипіння**.

Крім того, у структурі полімерів є **лінійні** та **розгалужені макромолекули**, які по-різному орієнтуються в просторі. Лінійні молекули з підвищенням температури розм'якшуються та плавляться в певному діапазоні температур з утворенням в'язких рідин. Такі полімери належать до **термопластичних**. Якщо в розм'якшеному стані їм надати будь-якої форми, вона зберігатиметься й після охолодження (рис. 55). Вироби з таких пластмас можна багаторазово переробляти, оскільки термопластики не втрачають своїх властивостей після нагрівання.



Рис. 55. Термопластичний полімер

Інші полімери — **термореактивні пластмаси** — під час нагрівання втрачають пластичність і форму, а після охолодження ніколи вже її не набувають (рис. 56).

Під дією високих температур полімери можуть розщеплюватися до мономерів.



Рис. 56. Дитячі будівельні матеріали з термореактивних полімерів

**Хімічні властивості.** Полімери мають **високу хімічну стійкість**, на них не діють кислоти й луги, вони не піддаються окисненню. Деякі полімери розчиняються в органічних розчинниках, утворюючи в'язкі розчини.

Вивчаючи вуглеводи й білки, ви з'ясували, що ці речовини мають властивість гідролізуватися (розкладатися) до речовин, з яких вони утворюються. Інакше кажучи, полімери вступають у реакції **гідролізу**.



Складіть рівняння реакції гідролізу трипептиду, до складу якого входять три залишки молекул аміноетанової кислоти.

Інші реакції полімерів зумовлені наявністю в їхніх макромолекулах характеристичних (функціональних) груп і кратних зв'язків.





**Пластмаси.** Сировиною для створення полімерів є природні джерела вуглеводнів: нафта, природний та супутні нафтові гази, кам'яне вугілля, сланці. Одним із продуктів переробки полімерів є *пластмаса*.



**Пластмаси** — матеріали на основі природних або синтетичних полімерів, штучно створені людиною.

Щоб утворилася пластмаса, до полімерів додають речовини, які надають їм різних властивостей та привабливого вигляду. Такими речовинами є: *стабілізатори*, що підвищують стійкість до впливу температур, дії хімічних речовин; *пластифікатори*, що надають матеріалу більшої еластичності та знижують крихкість пластмас; *барвники*, що надають матеріалу потрібного забарвлення; *наповнювачі* (тирса, крейда, відходи волокон тощо), які поліпшують механічні властивості матеріалу й зменшують його собівартість; *піноутворювачі* — для надання матеріалу пористості тощо.

Відкриття пластифікаторів належить ученій-хіміку *Ганні Волковій*, яка вперше отримала один із його складників.

Виробництво полімерних матеріалів зумовлено нестачею природної сировини та дедалі більшим попитом на матеріали. Саме пластмаси є матеріалом, з якого виготовляють найрізноманітніші вироби (*рис. 57*).

**Зверніть увагу!** Пластмаси завдяки своїм властивостям набули широкого застосування в різних галузях суспільного виробництва. Порівнюючи з природними матеріалами, вони є значно дешевшими, тому що технології їхнього виготовлення — прості, а продуктивність виробництва — висока.

Ознайомимося докладніше з найпоширенішими пластмасами.

**Поліетилен**, як вам відомо, — високомолекулярна сполука, що утворюється внаслідок реакції полімеризації етену (етилену).



Пригадайте фізичні властивості поліетилену та реакцію полімеризації етену. Напишіть самостійно схему реакції.

Поліетилен — дещо жирна на дотик, тверда речовина, безбарвна або білого кольору, не проводить електричний струм. Добрий ізолятор, термопластичний,



Рис. 57. Вироби з пластмас



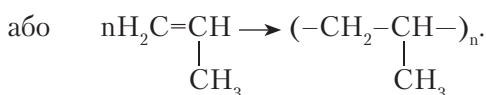
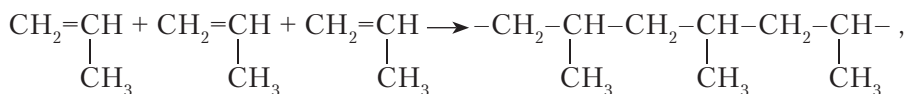


Рис. 58. Схема застосування поліетилену

еластичний. Якщо додавати барвники, легко забарвлюється. Як матеріал має широкий діапазон застосування (рис. 58).

**Поліпропілен** — речовина, за зовнішніми ознаками та фізичними властивостями дуже подібна до поліетилену. У промисловості добувають полімери стереорегулярної та нерегулярної будови. Поліпропілен регулярної будови значно міцніший, але на холоді стає крихким.

Полімеризація пропену відбувається за такою схемою:



Утворення макромолекул поліпропілену зображено на рис. 59 (с. 136).



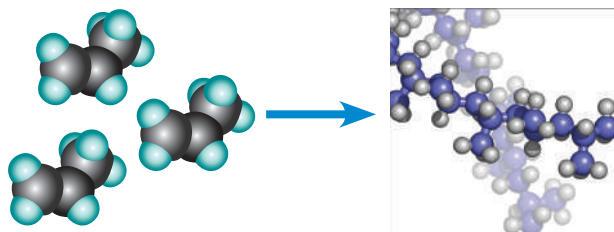


Рис. 59. Схема утворення макромолекул поліпропілену

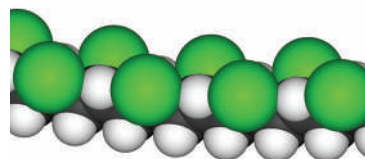


Рис. 60. Загальна формула поліхлоровінілу на тлі моделі його молекули

**Поліхлоровініл** — один із широковживаних найдешевших полімерних матеріалів, структурну будову якого відображає загальна формула  $(-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-)_n$

(рис. 60). Це термопластичний полімер, прозорий, має високу хімічну стійкість. Не горить на повітрі, проте характеризується низькою термічною стійкістю.



Складіть самостійно коротку розповідь про застосування поліхлоровінілу, скориставшись схемою на рис. 61. Напишіть рівняння реакції полімеризації.



Рис. 61. Сфери використання поліхлоровінілу







Ви ознайомилися з пластмасами, які добувають реакцією полімеризації. Тепер розглянемо такі, що утворюються внаслідок реакції поліконденсації. До них належать фенолоформальдегідні пластмаси.

**Фенолоформальдегідні пластмаси** — одні з перших полімерних матеріалів, добутих у промислових масштабах, які понад століття застосовують у суспільному виробництві. Це нееластичні в'язкі рідини з характерним темним забарвленням. Синтезують їх із фенолу та формальдегіду за наявності кислоти чи лугу як каталізаторів.

Реакція поліконденсації відрізняється від реакції полімеризації тим, що крім високомолекулярної речовини утворюється низькомолекулярна (вода). Реакція відбувається за схемою, що зображена на с. 133.

Продуктом реакції поліконденсації є полімер лінійної будови, який перетворюється на сітчастий із просторовою структурою (рис. 62).

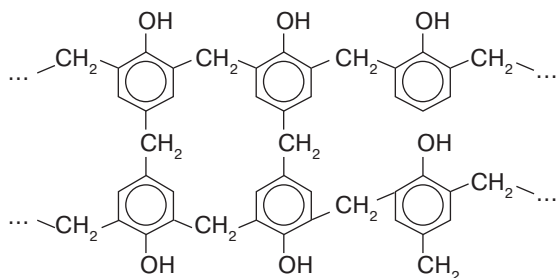


Рис. 62. Сітчастий полімер фенолоформальдегідної пластмаси

Використання різних наповнювачів урізноманітнює властивості цих пластмас. Наприклад, якщо наповнювачем є скловолокно, то утворюється *склотекстоліт*, якщо тканина — *текстоліт*, папір — *гетинакс* тощо.

Матеріали, виготовлені на основі фенолоформальдегідних полімерів, завдяки термостійкості та міцності використовують для виготовлення електрообладнання (штепсельні розетки, вмикачі-вимикачі, патрони для електроламп), деталей машин, меблів, будівельних матеріалів, склопластиків.

Отже, пластмаси завдяки своїм властивостям мають широкий спектр застосування. Вони замінюють такі матеріали, як деревина, сталь тощо. Регіональне виробництво пластмас у Львівській області зображено діаграмою (рис. 63).

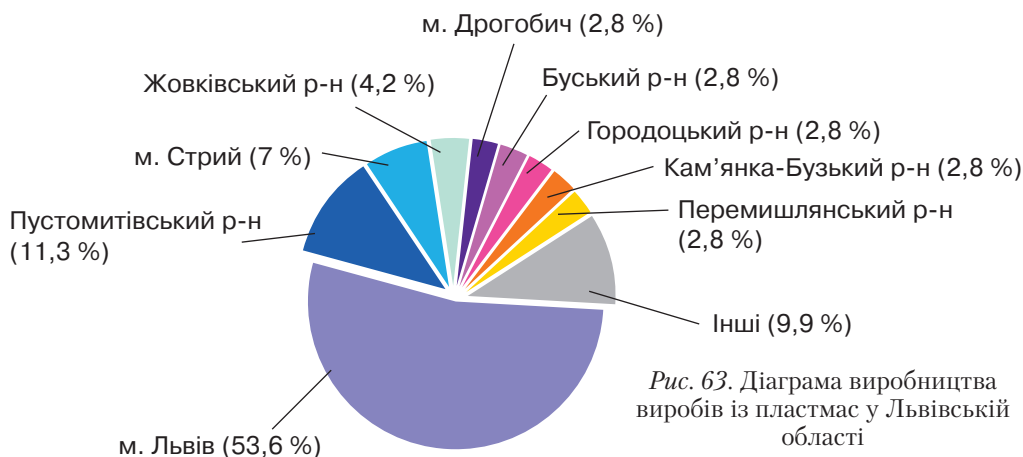
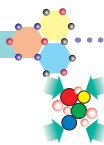


Рис. 63. Діаграма виробництва виробів із пластмас у Львівській області





### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Полімери** — високомолекулярні речовини, до складу молекул яких входять мономерні ланки, що багаторазово повторюються.
- Полімери не мають сталої відносної молекулярної маси, тому щодо них вживають поняття «**середня молекулярна маса**».
- За структурою полімери поділяють на **лінійні, розгалужені й просторові**; за відношенням до температури — на **термопластичні й термореактивні**.
- Полімери синтезують за допомогою реакцій **полімеризації та поліконденсації**. Реакції поліконденсації відрізняються від полімеризації тим, що крім високомолекулярної сполуки утворюється й низькомолекулярна.
- Полімерам властива **висока хімічна стійкість**, на них не діють кислоти й луги, вони стійкі проти окиснення. Деякі з них вступають у реакції **гідролізу**.
- **Пластмаси** — матеріали на основі природних або синтетичних полімерів, штучно створені людиною. Найпоширеніші — поліетилен, поліпропілен, поліхлорвініл, фенолоформальдегідні пластмаси.
- Пластмаси набули широкого застосування в багатьох галузях суспільного виробництва як міцні й довговічні матеріали, стійкі проти дії хімічних речовин, здатні набувати заданої форми під час нагрівання та зберігати її після охолодження.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть суть поняття «полімер». Що входить до складу полімерів?
2. Обґрунтуйте, чому полімери не мають постійної молекулярної маси.
3. Наведіть приклади відомих вам лінійних, розгалужених і просторових природних та синтетичних полімерів.
4. Складіть рівняння реакцій полімеризації з утворенням поліетилену, поліпропілену, поліхлорвінілу.
5. Складіть формулу структурної ланки фенолоформальдегідної пластмаси.
6. Охарактеризуйте властивості відомих вам пластмас, назвіть сфери їх застосування.
7. Обчисліть, який об'єм кисню (н. у.) витратиться під час згоряння целюлози масою 16,2 кг.
8. Глюкозу, що утворилася внаслідок гідролізу крохмалю масою 6,48 кг, піддали спиртовому бродінню. Обчисліть об'єм карбон(IV) оксиду (н. у.), що утворився, якщо втратами знехтувати.



### § 26. ВПЛИВ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ТА ДОВКІЛЛЯ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *описувати* властивості полімерних матеріалів;
- *знати*, як найпоширеніші полімерні матеріали — пластмаси впливають на здоров'я людини та довкілля;
- *дотримуватися* правил безпечного поводження із синтетичними полімерними матеріалами.





**Вплив пластмас на здоров'я людини.** Ви вже ознайомилися з найпоширенішими пластмасами. Характерно, що серед них домінують економічно вигідні для людини полімерні матеріали, основними властивостями яких є міцність, стійкість до дії зовнішніх чинників, дешевизна, водо- й газонепроникність. Завдяки їм пластмаси набули широкого застосування. Це тара для зберігання багатьох продуктів, канцелярські товари, якими ви користуєтеся на уроках, пляшки під оцет, олію, мінеральні води, соки, фруктові напої, одяг із синтетичних матеріалів тощо. Людина настільки звиклася з полімерними матеріалами, що навіть не замислюється над тим, позитивно чи негативно вони впливають на стан її здоров'я.

Дослідження вчених показали, що певні види пластмас шкідливі для здоров'я дорослих і дітей. Багато речей, які використовують у побуті (зокрема, деякий посуд, пластикові упаковки для харчових продуктів, пляшки із сосками для штучного вигодовування дітей, віконні рами, плівки для натяжних стель, пластикові меблі або елементи меблів, стоматологічні пломбувальні матеріали), містять у своєму складі *бісфенол А* (дифенілпропан). Згідно з дослідженнями, ця хімічна речовина спричиняє гормональні порушення, негативно впливає на роботу репродуктивної та серцево-судинної систем, призводить до порушення розвитку головного мозку в дітей, пригнічує функції ендокринної системи, сприяє розвитку онкологічних захворювань.

Офіційно вважається, що пластикові пляшки безпечні для здоров'я. Водночас установлено, що в пляшки легко проникають кисень, карбон(IV) оксид, ультрафіолетові промені. Тому багаторазове використання найбезпечніших пластмасових пляшок зумовлює скупчення в них небезпечних мікроорганізмів.

Небезпечними для здоров'я людини є вироби із стирену та полістирену, пластифікатори поліхлоровінілу.

Щоб поводження із синтетичними матеріалами було безпечним, необхідно користуватися **маркуванням** пластмас щодо їх використання й подальшої переробки (утилізації). На деяких пластмасових виробах наявні позначення: трикутник із стрілок, у центрі якого розміщена цифра – від 1 до 7 (рис. 64).

Пластмаси поділяють на сім груп щодо поліпшення їхньої переробки. За цими знаками визначають, для яких цілей можна використати пластмасовий виріб:

1 – поліетилентерефталат (PETE) – найбезпечніший вид пластмас;

2 – поліетилен високої щільності (HDPE) – безпечний у користуванні, однак є застереження, що із стінок тари можуть потрапляти в рідину гексан і бензен (інформація не підтверджена);

3 – поліхлоровініл (V) – найотруйніший і небезпечний для здоров'я людини вид пластмас. Під час спалювання утворюються високотоксичні хлороорганічні



Рис. 64. Маркування пластмас





Рис. 65. Використання пластмас першої (а) і другої (б) груп та їх маркування

сполуки. Після десяти років використання виробу, виготовлені з цього матеріалу, починають самостійно виділяти в довкілля токсичні сполуки. Неприпустимо виготовлення з нього дитячих іграшок. Уражає центральну нервову й кісткову системи, мозок, серце, печінку, знищує імунну систему, канцероген;

4 – поліетилен низької щільності (LDPE) – офіційно вважається нешкідливим, але у виробництві LDPE використовують потенційно небезпечні для здоров'я бутан і бензен;

5 – поліпропілен (PP) – офіційно вважається нешкідливим для здоров'я;

6 – полістирен (PS) – добувають полімеризацією стирену, який є канцерогеном, уражає слизові оболонки, негативно впливає на репродуктивні функції організму людини;

7 – інші види пластмас – до цієї групи належать пластмаси, використання яких може бути пов'язане з небезпекою, а також екологічні види пластмас. Однак, використовуючи вироби з них, людина ризикує.

Тару з відповідним маркуванням показано на рис. 65.

**Вплив пластмас на довкілля.** Дедалі більший попит на нові синтетичні матеріали, їх виробництво та застосування призвели до істотних змін у довкіллі. Унаслідок синтезу пластмас забруднюється атмосфера, вода, уся земна поверхня.

Під час виробництва пластмас в атмосферу потрапляють отруйні гази, пил, сполуки Плюмбуму, Меркурію та деяких інших важких металічних елементів, оксиди Сульфуру, Нітрогену, Карбону (рис. 66). Вони порушують колообіги речовин, що призводить до утворення *смогу* – туману, який надовго зависає над поверхнею великих міст за високої вологості або спеки (рис. 67).

Багато технологічних промислових операцій відбувається за участю кисню, який вилучають з повітря, зменшуючи при цьому його вміст в атмосфері Землі.



Рис. 66. Викиди газів в атмосферу



Рис. 67. Смог





Рис. 68. Накопичення відходів пластмас на смітниках (а), у воді (б), на кущах і деревах (в)

Отруйні речовини, що потрапляють у повітря, поширюються на великі відстані. Під час дощів розчинні у воді оксиди проникають у ґрунт, підвищуючи його кислотність, а потім — у поверхневі й підземні води. По ланцюгу живлення вони надходять у рослинні й тваринні організми.

Дуже широко застосовують поліетилен у виробництві поліетиленової плівки та як пакувальний матеріал. Після використання він здебільшого накопичується у великій кількості на смітниках, під час повеней потрапляє в річки, моря та океани (рис. 68). Розкладання його відбувається впродовж десятків і сотень років.

Вам уже відомо, що на сміттєзвалищах трапляється самозагоряння сміття, а під час горіння виділяються діоксини та фурани. Вони спричиняють генетичні зміни, викликаючи мутації в рослинному й тваринному світі. Крім того, потрапляючи у води Світового океану, пакувальні пакети призводять до загибелі багатьох видів морських тварин.

Великої шкоди довкіллю завдає спалювання відходів поліхлорованого полістирену, що спричиняє викиди в повітря дуже токсичних діоксинів.

**ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ПОЛІМЕРІВ І ПЛАСТМАС У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА.** Утилізація полімерних матеріалів і пластмас — одна з найактуальніших проблем сьогодення. Адже навіть якісні речі, якими користується людина, з часом стають непридатними.

Є різні методи утилізації, проте насамперед важливо: 1) скорочувати обсяги використання пластмас у різних виробничих процесах; 2) застосовувати ефективні методи їх утилізації; 3) використовувати вироби з пластмас як сировину для вторинної переробки; 4) переробляти пластмаси на паливо.

Малоефективний метод — захоронення пластмасових відходів. Адже такі захоронення займають площі, які можуть використовуватися для господарських потреб. Оскільки розкладання полімерних матеріалів у природних умовах відбувається впродовж 150 років, то ці землі довгий час залишаються незадіяними.

Особливо небезпечним є відкрите спалювання пластмас. Спалювання в сміттєспалювальних печах також негативно впливає на навколишнє середовище, тому що з газоподібними викидами в атмосферу потрапляють діоксини. Побічним продуктом згоряння пластмас може бути ціанідна кислота, яка у великих кількостях є смертельною отрутою. Тож важливе значення має використання газо- й пилоочисних споруд. Ефективна також система сухої та вологої очистки в рукавних фільтрах. До того ж позитивний момент — використання тепла.





а



б

Рис. 69. Сортування сміття (а) і пластмас (б)

Щоб правильно утилізувати відходи пластмас, доцільно сортувати їх згідно з маркуванням (рис. 69).

Важливим завданням сьогодення є створення полімерів, що розкладаються під дією бактерій, сонячної енергії або повітря. Витрати на створення таких полімерів є значними, тому виробництво полімерів швидкого розкладу обмежене.

У промислових масштабах екологічно та економічно вигідним напрямом є переробка пластмас і повторне їх використання (*рециклінг*), а отже, з погляду сталого розвитку суспільства, і ресурсозберігальним. З цією метою відкрито пункти прийому пластику на переробку. Вони передбачають обов'язкове сортування сировини за якістю, кольором, ступенем забруднення (рис. 70).

Під час переробки пластикову сировину подрібнюють, спікають або гранулюють. Така пластмаса є вторинною сировиною для переробки на інші вироби: будівельні матеріали, зокрема полістиролбетон (рис. 71), разовий посуд, скатерті, прищіпки, пляшки, відра, труби, ящики, деталі автомашин тощо.

Економічне значення переробки пластику полягає ще й у тому, що вторинна переробка не потребує розширення виробництва.

Нині головною проблемою людства є проблема гармонійного збалансованого розв'язання екологічного, енерго- й ресурсозбереження. Ідея комплексного збереження природних ресурсів виникла в 1970-і роки й була підтримана міжнародною спільнотою на Стокгольмській конференції ООН з проблем навколишнього середовища. У 1983 р. Комісія ООН з навколишнього середовища та розвитку закликала до нової ери економічного розвитку, безпечного для довкілля, який отримав назву «*сталий розвиток*». Це такий підхід до життя, коли інтереси суспільства спрямовуються на задоволення потреб не лише нинішнього населення планети Земля, а й наступних поколінь.



Рис. 70. Сортування сировини



Рис. 71. Полістиролбетон





Щоб захистити довкілля від шкідливих продуктів хімічних виробництв, у контексті Стратегії сталого розвитку України основними завданнями суспільства, зокрема, визначено такі:

- розвивати господарство з урахуванням збереження живої природи, тобто зберігати системи біорозмаїття, системи збереження життя;
- забезпечувати стале використання відновлюваних ресурсів: повітря, води, ґрунтів, лісів, сільськогосподарських угідь тощо із збереженням здатностей до самовідновлення;
- економно й оптимально використовувати обмежені ресурси та природо-, енерго- й матеріалозберігальні технології, сировинну базу, створюючи екологічно чисту продукцію;
- ефективно очищати гази, що викидаються в атмосферу внаслідок господарської діяльності промислових підприємств, і воду, у яку потрапляють побутові та виробничі відходи;
- зменшувати частку спалювання газу, щоб запобігти парниковому ефекту;
- створювати мало- або безвідходні виробництва, переробляти відходи;
- вести суворий контроль за станом довкілля, прогнозувати його зміни;
- вести просвітницьку роботу щодо збереження довкілля, формувати екологічне мислення та свідоме ставлення до екологічних знань.

Вирішення цих проблем залежить від ініціативності та небайдужості кожної людини, яка мешкає на території України. У цьому полягає головне питання людства: чи збережемо планету для майбутніх поколінь?

Для зменшення загрози навколишньому середовищу в Україні розроблено певні наукові ідеї та винаходи з питань переробки пластмас (рис. 72).



Рис. 72. Обладнання з переробки пластмас



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Пластмаси** — економічно вигідні для людини матеріали: міцні, стійкі до дії зовнішніх чинників, дешеві, водо- й газонепроникні.
- Водночас установлено, що деякі види пластмас негативно впливають на здоров'я людини, тому що містять у своєму складі бісфенол А, який, згідно з дослідженнями, сприяє розвитку онкологічних захворювань, порушує роботу репродуктивної та серцево-судинної систем, сповільнює розвиток головного мозку в дітей, пригнічує функції ендокринної системи.
- Щоб користування виробами з пластмас було безпечним, необхідно звертати увагу на **маркування** виробів щодо їх переробки.
- Виробництво пластмас і використання виробів із них завдають шкоди довкіллю: викиди в атмосферу отруйних газів, пилу, важких металічних елементів порушують природний процес **колообігів** речовин.
- **Загрозу довкіллю** становлять величезні накопичення пластмас на смітниках, а під час повеней — у річках, морях, океанах. Розклад полімерних матеріалів відбувається впродовж десятків і сотень років.
- Перспективними напрямками є зменшення обсягу виробництва пластмас, застосування ефективних методів їх утилізації, використання виробів із пластмас як сировини для вторинної переробки та перетворення на паливо.



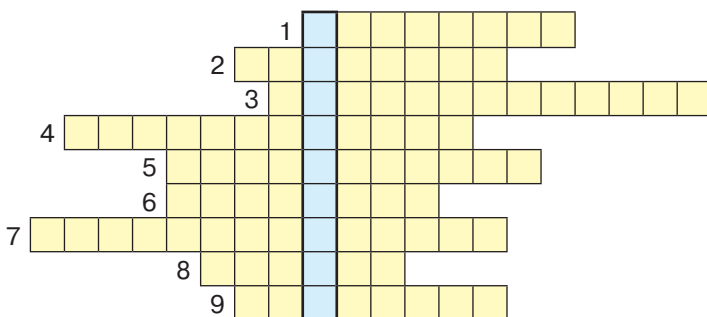


- У контексті Стратегії сталого розвитку основними завданнями суспільства мають бути: збереження живої природи, забезпечення сталого використання відновлюваних ресурсів із збереженням здатностей до самовідновлення; економне й оптимальне використання обмежених ресурсів, створення екологічно чистої продукції; ефективне очищення газів, що викидаються в атмосферу; створення мало- або безвідходних виробництв; переробка відходів.
- Вирішення цих проблем залежить від ініціативності та небайдужості кожного громадянина України, від його прагнення зберегти планету для майбутніх поколінь.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Охарактеризуйте властивості полімерних матеріалів, що зумовили їхнє широке застосування.
2. Поясніть, які наслідки для здоров'я людини може мати використання пластмас.
3. Охарактеризуйте відомі вам екологічні проблеми, спричинені використанням полімерних матеріалів.
4. Під час виробництва та утилізації пластмас в атмосферу потрапляють гази, що спричиняють випадання кислотних дощів. Напишіть не менше трьох рівнянь реакцій утворення кислот.
5. Відомо, що один із способів утилізації пластмас — їхнє спалювання. Унаслідок спалювання поліетилену масою 1 кг (1000 пакетів) в атмосферу потрапляє 12,4 г сульфур(IV) оксиду. Обчисліть, яка маса сульфур(IV) оксиду утвориться від спалювання 5 т пластмаси.
6. Накопичення вуглекислого газу в атмосфері призводить до парникового ефекту. Сосновий ліс площею 1 га віком 20 років поглинає за рік 9,4 т карбон(IV) оксиду. Обчисліть, яка маса кислоти могла б утворитися з такої кількості карбон(IV) оксиду, якщо вважати, що весь газ прореагував.
7. Суміш бензену, фенолу й аніліну масою 25 г обробили бромною водою. Утворився осад масою 9,91 г. Унаслідок дії металічного натрію на таку саму масу суміші виділився водень об'ємом 0,112 л (н. у.). Обчисліть масовий склад суміші.
8. Перемалюйте кросворд у зошит і розв'яжіть його. У виділеному стовпчику прочитаєте загальну назву синтетичних матеріалів.



#### За горизонталлю:

1. Загальна назва високомолекулярних речовин.
2. Назва полімеру.
3. Назва молекули полімеру.
4. Складові молекул білків.
5. Процес руйнування білка до первинної структури.
6. Природний полімер.
7. Назва промисловості виробництва синтетичних барвників.
8. Назва кольорових реакцій на білки.
9. Вид бродіння, властивий глюкозі.







### ЦІКАВО ЗНАТИ

- У 1990-х роках на міжнародній виставці в Брюсселі швейцарські хіміки Кюн і Тюркауч продемонстрували діючу модель штучного м'язу. Замість білкової тканини він містив синтетичний полімер поліакрилатну кислоту (*За матеріалами М. Д. Василега «Цікава хімія»*).
- Одноразовим посудом можна користуватися лише один раз, бо кожне наступне його використання стає токсичнішим; поліетиленові пляшки з води рекомендується повторно наповнювати тільки водою.
- Одноразові тарілки, чашки, блюдця білого кольору виготовляють із меламіну. Небезпека цього пластику полягає в тому, що він містить сильну отруту — формальдегід, який негативно впливає на багато життєвих функцій організму.



### § 27. СИНТЕТИЧНІ КАУЧУКИ. ГУМА



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *пояснювати* склад каучуків і гуми; галузі застосування каучуків і гуми;
- *характеризувати* значення реакції полімеризації у створенні нових матеріалів; склад каучуків загального та спеціального призначення;
- *порівнювати* властивості натурального й синтетичного каучуків; гуми й каучуків.

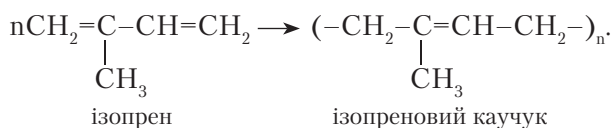
**СИНТЕТИЧНІ КАУЧУКИ.** Виробництво синтетичного каучуку розпочалося після з'ясування будови природного (натурального) каучуку, який добували з молочного соку дерева гевеї, що росте в Бразилії.

Розкладом природного каучуку встановлено, що це полімер, до складу якого входить дієновий вуглеводень — **ізопрен** (2-метилбута-1,3-дієн). Хімічна формула ізопрену  $C_5H_8$ . Назва цього вуглеводню походить від назви насиченого з уточненням, що в положеннях 1, 3 наявні подвійні зв'язки.

Вам уже відомо, що ненасичені вуглеводні здатні вступати в реакції полімеризації. Тож, узявши за мономер ізопрен, полімеризацією добуто синтетичний **ізопреновий каучук**.

Ізопрен (2-метилбута-1,3-дієн) — газ (н. у.), що легко зріджується.

Простежимо, як відбувається полімеризація ізопрену. Схема реакції:



**Гума.** Використання природного каучуку набуло поширення завдяки його еластичності, ізоляційним властивостям, водо- й газонепроникності, зносостійкості. Однак із підвищенням температури він стає м'яким і липким, а в разі зниження — крихким і нееластичним.

Щоб поліпшити фізичні властивості каучуку й зробити його більш придатним до використання, каучук вулканізували (нагріли із сіркою), унаслідок чого він став стійким до зміни температури.





Суть *вулканізації* полягає в «зшиванні» макромолекул каучуку містками з атомів Сульфуру (рис. 73, а) за місцем розриву подвійних зв'язків (рис. 73, б).

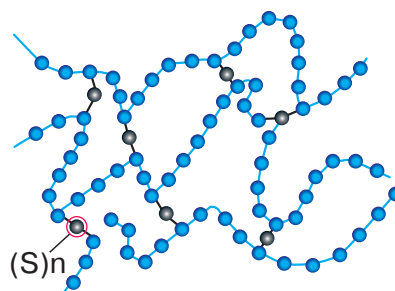
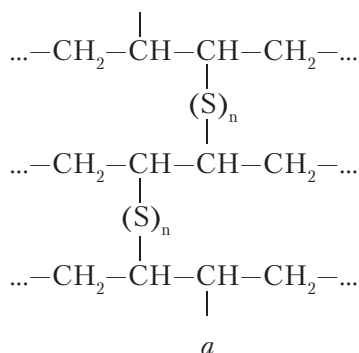


Рис. 73. Утворення сульфідних містків між молекулами каучуку (а) і схематичне зображення макромолекул гуми (б)

Нині вченими створено велику кількість каучукоподібних полімерів, які за своїми властивостями перевершили натуральний каучук. Вони є основним компонентом *гуми*, якості якої залежать від пластифікаторів, вулканізаторів, наповнювачів, барвників тощо.

Із гуми виготовляють покривки й камери для коліс літаків, автомобілів і велосипедів, її застосовують для електроізоляції, виробництва промислових товарів, зокрема втулок до виробів і медичних приладів, а також труб, взуття (рис. 74).

Якщо масова частка Сульфуру в складі каучуку становить 25–40 %, то утворюється *ебоніт* – тверда речовина темно-бурого або чорного кольору, нееластична, має високу стійкість до дії кислот і лугів, електроізолятор.



Рис. 74. Вироби з гуми





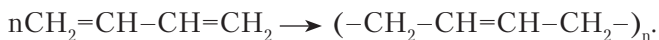
Крім ізопренового каучуку, до каучуків загального призначення належить **бутадієновий**. Його синтезують з бута-1,3-дієну (бутадієну) реакцією полімеризації за участю каталізатора металічного натрію.

Уперше такий каучук було синтезовано в колишньому Радянському Союзі за методом, розробленим ученим-хіміком С. Лебедевим.

**Лебедев Сергій Васильович** (1874–1934) — основоположник промислового способу виробництва синтетичного каучуку. Академік (1932) АН СРСР. Досліджував процеси полімеризації, ізомеризації та гідрогенізації ненасичених вуглеводнів. Довів, що для промислового добування полімеру необхідно застосовувати каталізатори. У 1909 р. отримав перший зразок каучуку — полімеру з бутадієну. У лютому 1931 р. синтезовано перші 200 кг синтетичного каучуку з етанолу. Розробив метод виготовлення із синтетичного каучуку гумових виробів.

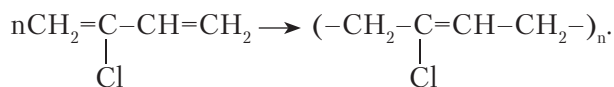


Реакція полімеризації бутадієну відбувається за такою схемою:



Сировиною для добування бутадієну є етанол.

Якщо в складі 2-метилбута-1,3-дієну радикал метил замінити на атом Хлору, утворюється 2-хлоробута-1,3-дієн. Полімеризацією отриманої речовини добувають **хлоропреновий каучук**. Рівняння реакції:



Хлоропреновий каучук — каучук спеціального призначення. Це еластична світло-жовта маса, що добре клеїться до тканин і металів. Стійкий до дії світла та високих температур, бензинів і мастил, не горить. На нього не діють сильні окисники, має високу міцність.

Схему класифікації каучуків за призначенням зображено на *рис. 75*.

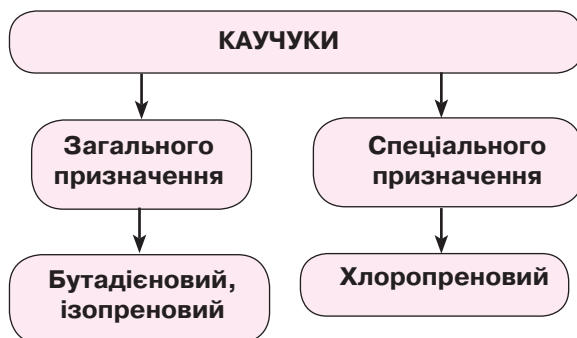


Рис. 75. Схема класифікації каучуків





### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Синтетичні каучуки** — полімерні матеріали, утворені дієновими вуглеводнями або їхніми похідними.
- За основу добування синтетичних каучуків узятю реакцію **полімеризації**.
- Каучуки класифікують на каучуки **загального** (бутадієновий та ізопреновий) і **спеціального** (хлоропреновий) **призначення**.
- Каучуки є основним компонентом у виробництві гуми та ебоніту. Щоб отримати ці матеріали, каучук **вulkanізують**. Суть процесу вулканізації полягає в «зшиванні» молекул каучуку містками з атомів Сульфуру за місцем розриву подвійних зв'язків.
- **Гума** та **ебоніт** набули широкого застосування в різних галузях суспільного виробництва, медицині, побуті тощо.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть, як учені встановили будову природного каучуку.
2. Назвіть речовини, з яких добувають синтетичні каучуки.
3. Складіть рівняння полімеризації бута-1,3-дієну та назвіть утворену речовину.
4. Позначте формулу сполуки, з якої можна добути синтетичний каучук.  
**A**  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$                       **B**  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-CH}=\text{CH}_2$   
**Б**  $\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$                       **Г**  $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}=\text{CH}_2$
5. Ступінь полімеризації хлоропренового каучуку становить 500. Обчисліть його відносну молекулярну масу.
6. Бута-1,3-дієн, який використовують для синтезу бутадієнового каучуку, добувають одночасним дегідруванням і дегідратацією етанолу за схемою  $2\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\uparrow$ . Обчисліть, яка маса бутадієну утвориться, якщо в реакцію вступив спирт масою 368 кг.
7. Етанол об'ємом 800 л з його масовою часткою 96 % і густиною 0,8 г/мл піддали одночасно дегідруванню та дегідратації, унаслідок чого отримали бута-1,3-дієн. Обчисліть масу бутадієнового каучуку, який можна добути полімеризацією бута-1,3-дієну.



### ЦІКАВО ЗНАТИ

- Ебоніт використовують не тільки в техніці, а й у медицині як лікувальний засіб для полегшення стану людини із серцево-судинними захворюваннями, гіпертонією, радикулітом, поліартритом, ревматизмом та іншими хворобами. Для цього знадобиться ебонітовий кружечок діаметром 120 мм і завтовшки 10 мм, який прикріплюють до ручки з дерева або того ж ебоніту, — і пристрій для масажу готовий. Під час тертя ебоніту об шкіру виникають біоструми, які ефективно впливають на зони патології (За матеріалами сайту [http://www.zid.com.ua/ukr\\_creativework/ebonitolikuvannya-dostupne-j-efektyvne](http://www.zid.com.ua/ukr_creativework/ebonitolikuvannya-dostupne-j-efektyvne)).





## § 28. СИНТЕТИЧНІ ВОЛОКНА



Вивчивши матеріал параграфу, ви зможете:

- *пояснювати* суть реакцій добування синтетичних волокон;
- *порівнювати* природні, штучні й синтетичні волокна;
- *обґрунтовувати* значення полімерів у створенні синтетичних волокон.



Пригадайте, які реакції взято за основу добування високомолекулярних сполук.

**Волокна та їхня класифікація.** *Волокна* — матеріали, що складаються з довгих і тонких ниток, виготовлених із природних або синтетичних полімерів.

Ознайомимося з класифікацією волокон, скориставшись *рис. 76*.

**ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЛОКОН.** Залежно від походження волокна поділяють на *природні* та *хімічні*.

**Природні волокна** бувають рослинного й тваринного походження. Це високомолекулярні сполуки, що синтезуються природним шляхом рослинними й тваринними організмами. З волокон рослинного походження на фабриках виготовляють лляні та бавовняні тканини, із шерсті тварин — шерстяні тканини, із коконів тутового шовкопряду — натуральний шовк. Тканини з природних волокон не завдають шкоди здоров'ю людини.

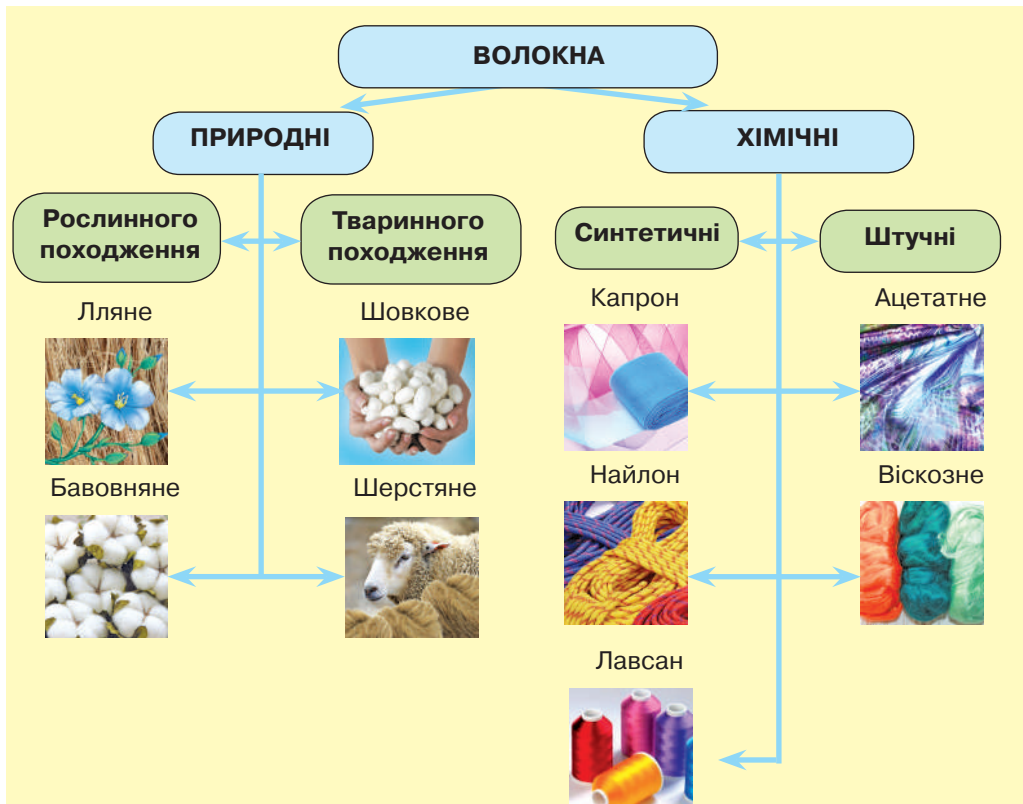


Рис. 76. Схема класифікації волокон





Однак тканин із природних волокон не вистачає, щоб повністю задовольнити попит на них. Тож на допомогу прийшла хімія. Учені використали знання про склад і будову природних полімерів — целюлози й білків, з яких утворені натуральні волокна бавовни й шерсті, і розробили технології виробництва хімічних волокон.

Розрізняють два види **хімічних волокон**: штучні й синтетичні. *Штучні* волокна виготовляють переробкою природних полімерних матеріалів.

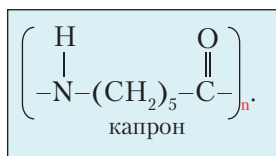
До *синтетичних* волокон належать волокна, добуті із синтезованих полімерів. Це такі широко вживані волокна, як капрон, найлон, лавсан.

**Капрон** у промисловості добувають з епсилон-амінокапронової кислоти реакцією поліконденсації.



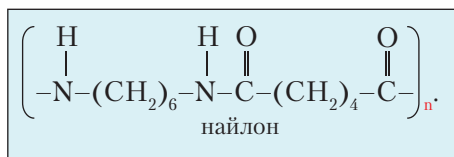
Пригадайте, які реакції називають *реакціями поліконденсації*.

Капрон належить до поліамідних волокон, бо молекули епсилон-амінокапронової кислоти сполучаються в поліпептидний ланцюг за допомогою пептидних (амідних) зв'язків. Хімічний склад полімеру відображає формула



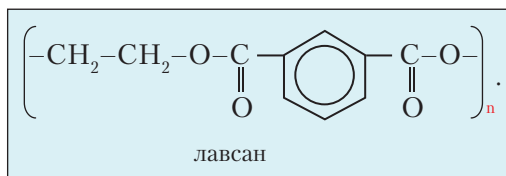
Капрон — полімер лінійної будови. Капронове волокно дуже міцне, стійке до дії хімічних сполук, а також до розтягування й стирання, еластичне, не вбирає вологу. За зовнішніми ознаками подібний до натурального шовку.

**Найлон** отримують поліконденсацією двох речовин: гексаметилендіаміну та адипінової кислоти. Хімічний склад відображає формула



За своїми фізичними властивостями найлон дуже подібний до капрону. Добре поєднується з шерстю та бавовною, завдяки чому стає приємним на дотик, а сплетіння ниток утворює різноманітні структури.

**Лавсан** — поліестерне волокно, яке синтезують реакцією поліконденсації терефталевої кислоти з етиленгліколем. Загальна формула лавсану



Модель макромолекули лавсану зображено на *рис. 77*.

Лавсан має високу міцність, пружність. На нього не впливають такі чинники, як світло й тепло, хімічні речовини. За зовнішніми ознаками та властивостями подібний до вовни, але перевершує її міцністю, не мнеться.



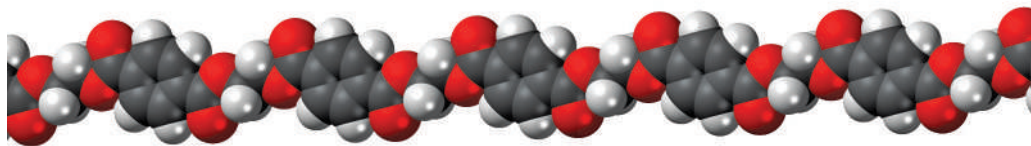


Рис. 77. Кулестержнева модель макромолекули лавсану

Пошуком легкого, але міцного синтетичного волокна займалась і С. Кволек.

**Кволек Стефані Луїза** (1923–2014) — американська вчена-хімік. Закінчивши коледж, планувала стати лікарем. З 1946 р. працювала в компанії «Du Pont», де серйозно захопилася хімією. Працюючи у фірмі, вона винайшла парамідне синтетичне волокно, у п'ять разів міцніше за сталь. Волокно відоме за назвою «кевлар». Це дало поштовх до створення нового напрямку розвитку полімерної хімії. Ученослідниця була членкинею Національної академії наук, а також четвертою жінкою, яка була обрана до Національного зали слави винахідників США. Упродовж життя отримала безліч нагород за досягнення в галузі хімії полімерів, зокрема Національну медаль США (1996) за технології.



**Застосування синтетичних волокон.** Завдяки міцності й стійкості до впливів зовнішніх чинників синтетичні волокна набули широкого застосування. З них виготовляють нитки й тканини для пошиття чоловічого та жіночого одягу, пряжу для трикотажних виробів, кордні тканини. Крім того, з капронового волокна плетуть рибальські сітки, роблять волосінь, фільтрувальні матеріали. З капронової смоли відливають деталі машин і механізмів.

Найлон і лавсан застосовують у текстильній, автомобільній та машинобудівній промисловостях, медицині.

Виробництво синтетичних волокон захоплює науковців усього світу, оскільки використання природної сировини не задовольняє попит на матеріали для одягу. Сучасні тканини відрізняються своїми властивостями, зокрема можуть регулювати потовиділення, дихання та серцебиття, змінювати колір чи візерунок, самоочищатися, нагріватися й охолоджуватися. Це інноваційні матеріали, за якими майбутнє.

Синтетичні волокна використовують і як ізоляційний, ущільнювальний, термостійкий та довговічний матеріал.



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Волокна** — матеріали, що складаються з довгих і тонких ниток, виготовлених із природних або синтетичних полімерів.
- **Волокна** класифікують на природні та хімічні: **природні** — рослинного й тваринного походження; **хімічні** волокна поділяють на штучні та синтетичні.
- До **синтетичних** волокон належать **капрон, найлон, лавсан**.
- Синтетичні волокна набули широкого застосування завдяки їх міцності та стійкості до впливів зовнішніх чинників.





### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Назвіть основні види волокон.
2. Поясніть, чим подібні та чим відрізняються природні й хімічні волокна.
3. Охарактеризуйте фізичні властивості синтетичних волокон.
4. Обчисліть масову частку Карбону в структурній ланці капрону.
5. Масова частка целюлози в складі деревини становить 0,45. Обчисліть масу целюлози, якщо маса деревини дорівнює 600 кг.
6. Обчисліть масові частки Нітрогену та Оксигену в структурній ланці найлону.
7. Напишіть рівняння реакцій за наведеною схемою:  
$$\begin{array}{ccccccc} \text{C}_2\text{H}_6 & \rightarrow & \text{C}_2\text{H}_4 & \rightarrow & \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} & \rightarrow & \text{CH}_3\text{-COOH} & \rightarrow & \text{CH}_3\text{-COO-C}_2\text{H}_5 \\ & & \downarrow & & \downarrow & & & & \\ & & (-\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-})_n & & \text{CO}_2 & \rightarrow & \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 & \rightarrow & (-\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5\text{-})_n \end{array}$$
8. Назвіть реакцію, що лежить в основі синтезу полімерів.  

<b>A</b> естерифікація	<b>B</b> полімеризація
<b>Б</b> гідрування	<b>Г</b> дегідратація
9. Укажіть назву реакції синтезу фенолоформальдегідної смоли.  

<b>A</b> полімеризація	<b>B</b> дегідрування
<b>Б</b> гідратація	<b>Г</b> поліконденсація
10. Установіть відповідність між назвами груп речовин, що надають пластмасам різних властивостей, та їхнім призначенням.  

<b>A</b> стабілізатори	<b>1</b> надають еластичності
<b>Б</b> піноутворювачі	<b>2</b> надають стійкості до дії температур
<b>В</b> пластифікатори	<b>3</b> створюють пористість
<b>Г</b> наповнювачі	<b>4</b> надають забарвлення
	<b>5</b> урізноманітнюють властивості



### НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЕКТ

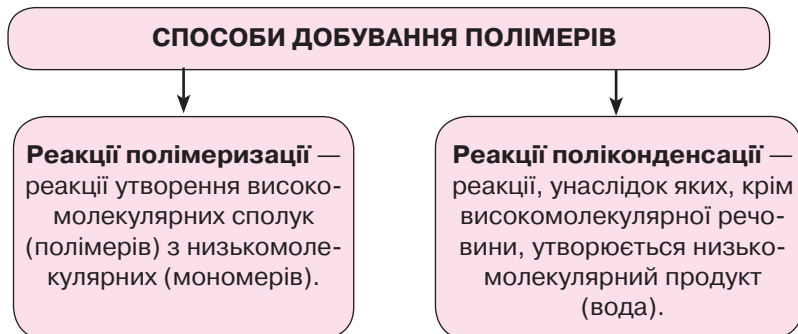
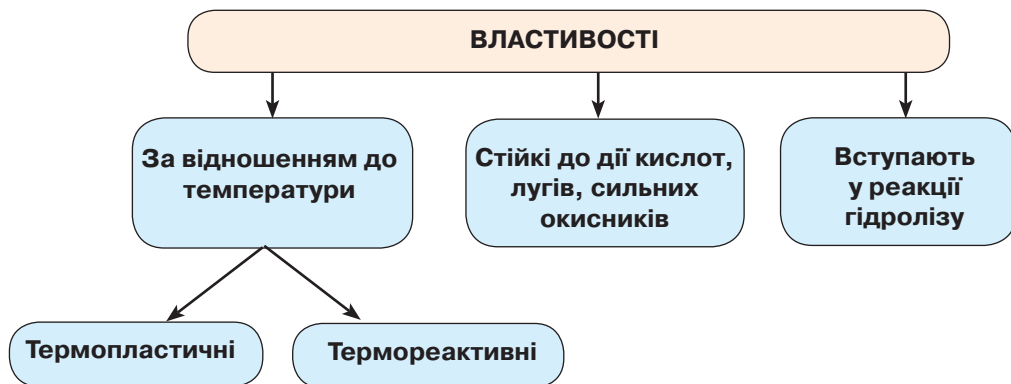
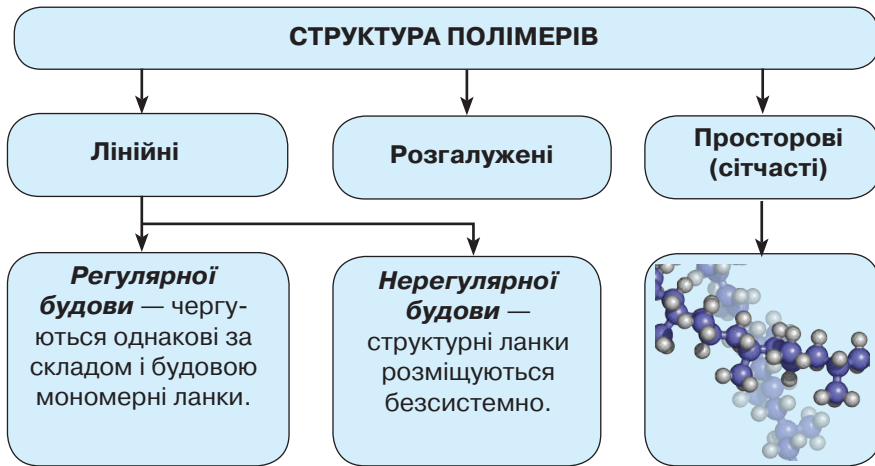
- I. Оберіть самостійно тему навчального проекту з переліку тем, запропонованих програмою.
  1. Синтетичні волокна: їхнє значення, застосування в побуті та промисловості.
  2. Рециклінг як єдиний цивілізований спосіб утилізації твердих побутових відходів.
  3. Переробка побутових відходів в Україні та розвинених країнах світу.
  4. Перспективи одержання та застосування полімерів із наперед заданими властивостями.
  5. Дослідження маркування виробів із полімерних матеріалів і пластмас.
  6. Виготовлення виробів із пластикових пляшок.
- II. Виконайте навчальний проект, спланувавши етапи його реалізації та строки виконання.
- III. Проведіть презентацію проекту.







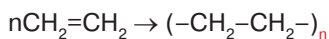
**ПОВТОРЮЄМО Й УЗАГАЛЬНЮЄМО ТЕМУ 5**  
**«СИНТЕТИЧНІ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ РЕЧОВИНИ**  
**ТА ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ НА ЇХ ОСНОВІ»**



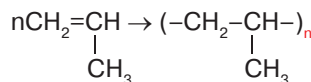


**ПЛАСТМАСИ — матеріали, створені на основі полімерів.**

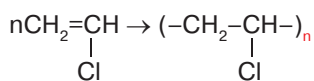
**Поліетилен**



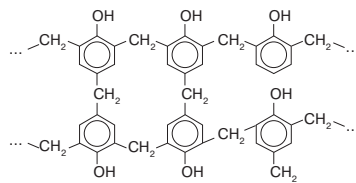
**Поліпропілен**



**Поліхлоровініл**



**Фенолоформальдегідні пластмаси**



**КАУЧУКИ**

**ПРИРОДНИЙ (НАТУРАЛЬНИЙ)** — полімер, до складу якого входить дієновий вуглеводень складу  $\text{C}_5\text{H}_8$  (ізопрен).

**СИНТЕТИЧНІ** — полімери, отримані синтезом із дієнових вуглеводнів, реакцією полімеризації.

**Загального призначення** (бутадієновий, ізопреновий)

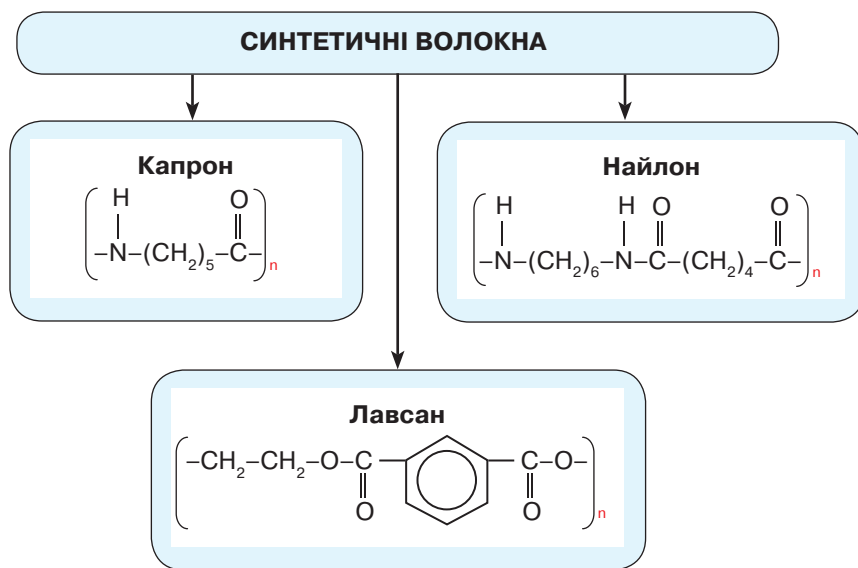
**Спеціального призначення** (хлоропреновий)





СИНТЕТИЧНІ КАУЧУКИ		
Назва	Рівняння реакції полімеризації	Застосування
1. Бутадієновий	$n \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow$ $\rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$	<b>Каучуки загального призначення</b> застосовують для виробництва гуми; з неї виготовляють покришки та камери для коліс літаків, автомобілів і велосипедів, електроізоляційний матеріал, промислові товари, медичні прилади, труби, взуття.
2. Ізопреновий	$n \text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow$ $\rightarrow (-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$	
3. Хлоропреновий	$n \text{CH}_2=\text{C}(\text{Cl})-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow$ $\rightarrow (-\text{CH}_2-\text{C}(\text{Cl})=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$	

**Вулканізацією каучуків виготовляють гуму та ебоніт.**



**ЗАСТОСУВАННЯ СИНТЕТИЧНИХ ВОЛОКОН**

Із синтетичних волокон виготовляють нитки та тканини для пошиття чоловічого й жіночого одягу, пряжу для трикотажних виробів. З капронового волокна — рибальські сітки, фільтрувальні матеріали, кордну тканину, а із смоли — деталі машин і механізмів. Найлон застосовують у текстильній, автомобільній та машинобудівній промисловостях, медицині.



# БАГАТОМАНІТНІСТЬ ТА ЗВ'ЯЗКИ МІЖ КЛАСАМИ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

## Тема 6



### § 29. ЗВ'ЯЗКИ МІЖ КЛАСАМИ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

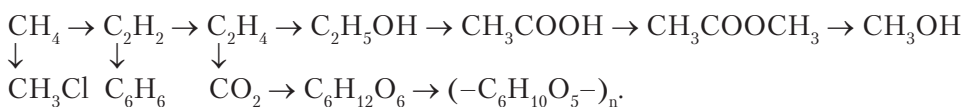


Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *пояснювати* причини багатоманітності органічних речовин;
- *наводити приклади* гомологів та ізомерів; сполук із простими й кратними зв'язками, з різними характеристичними (функціональними) групами;
- *розрізняти* органічні сполуки за належністю до відповідних гомологічних рядів речовин;
- *складати* рівняння реакцій, які характеризують генетичні зв'язки органічних сполук;
- *установлювати* зв'язки між класами органічних сполук;
- *використовувати* набуті знання про органічні сполуки для пояснення їх різноманітності.

**Взаємозв'язок органічних речовин.** Вам добре відомо, що хімія досліджує не тільки склад, будову та властивості, а й перетворення речовин. Вивчаючи неорганічну хімію, ви спостерігали це на прикладі генетичних зв'язків між класами неорганічних сполук. В органічній хімії такі зв'язки існують між класами речовин. Маючи прості за будовою речовини, можна за допомогою перетворень добути складніші. Наприклад, з насичених вуглеводнів можна добути ненасичені або галогенопохідні насичених; із ненасичених — бензен, спирти, далі альдегіди, карбонові кислоти, естери.

Запишемо ланцюжок можливих перетворень формулами:



Складіть рівняння реакцій, наведених у схемі, та поясніть, за допомогою яких реакцій відбуваються ці перетворення.

Перетворення речовин є основою органічного синтезу. Завдяки їм створюють нові речовини із заздалегідь визначеними властивостями. Як промислову сировину для органічного синтезу використовують нафту й природний газ.

**Причини багатоманітності органічних речовин.** Вивчаючи хімію, ви переконалися, що органічних речовин, незважаючи на обмежену кількість хімічних елементів, які утворюють ці сполуки, є значно більше, ніж неорганічних. Тож з'ясуємо, що є причиною такої багатоманітності (рис. 78).





### ОЗНАКИ, ЩО СПРИЧИНЯЮТЬ БАГАТОМАНІТНІСТЬ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

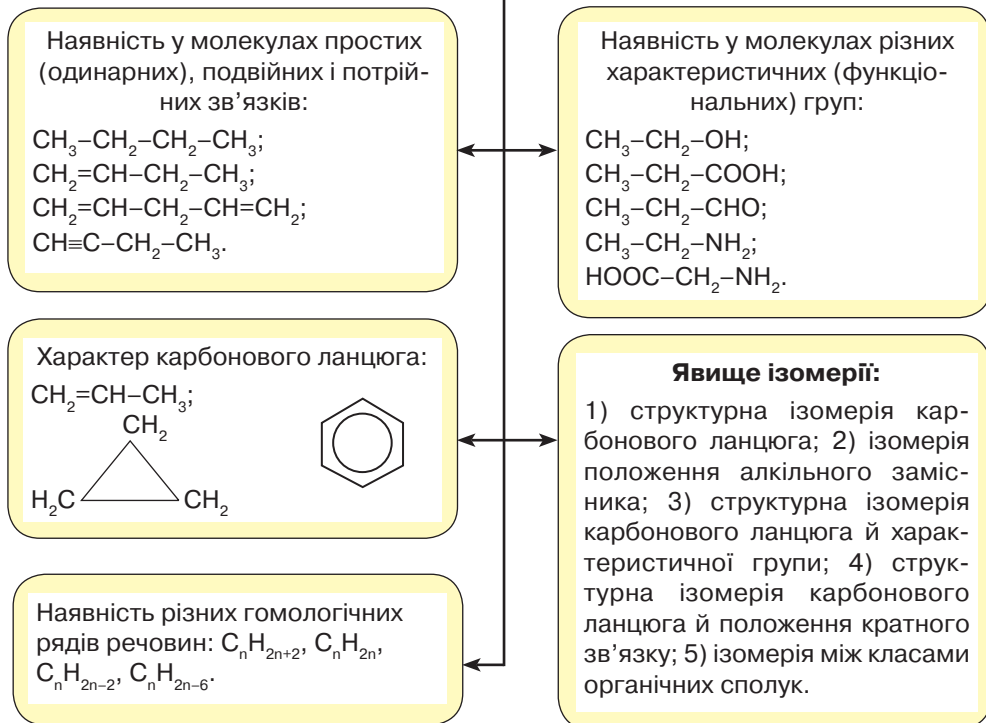


Рис. 78. Основні ознаки багатоманітності органічних речовин

Розглянемо детальніше кожен з цих ознак.

**Наявність у молекулах речовин різних зв'язків між атомами Карбону** зумовлена тим, що Карбон може витратити різну кількість електронів на утворення спільних електронних пар з іншими атомами Карбону. Якщо витрачається по одному електрону, утворюється *простий (одинарний) зв'язок*.

Одинарні зв'язки наявні в молекулах гомологічного ряду метану. Однак є органічні речовини, у молекулах яких атом Карбону витрачає по два або по три електрони на зв'язки з іншими такими атомами. Цим і пояснюється **наявність різних гомологічних рядів речовин**.



Пригадайте будову молекул етену та етину, поясніть утворення хімічних зв'язків.

Аналогічно до метанових вуглеводнів етен  $\text{CH}_2\text{=CH}_2$  та етин  $\text{CH}\equiv\text{CH}$  можуть утворювати гомологічні ряди. Їхнє утворення супроводжується зростанням карбонового ланцюга на гомологічну різницю, а отже, й ускладненням будови цих речовин.

**Наявність у молекулах різних характеристичних груп** спричиняє утворення різних класів органічних речовин. Наприклад, речовини, молекули яких містять гідроксильні групи, належать до класу спиртів, що можуть бути одноатомними й багатоатомними.



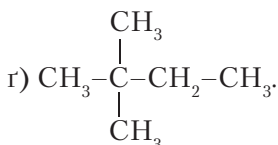
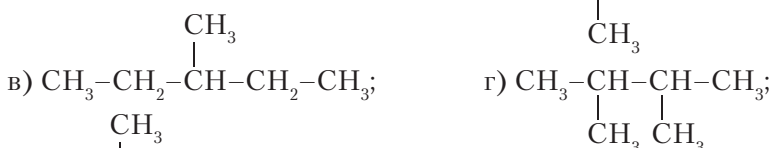


Пригадайте, які характеристичні (функціональні) групи містять альдегіди, кислоти, естери, аміни. Назвіть кожну з цих груп.

Крім речовин, які містять згадані характеристичні групи, є такі, що проявляють подвійну хімічну природу. Це зумовлено наявністю в молекулі однієї речовини різних характеристичних груп. Наприклад, у складі молекули глюкози є одна альдегідна й п'ять гідроксильних груп, тому її називають *альдегідоспиртом*; амінокислоти містять аміногрупи й карбоксильні групи, тому можуть проявляти властивості основ і кислот.

**Явище ізомерії** — одна з важливих ознак різноманітності органічних речовин. Наявність ізомерів зумовлена будовою карбонового ланцюга, який має здатність за певних умов розгалужуватися. Через це речовина, що характеризується однаковим складом молекул, може утворювати різні за хімічною будовою сполуки, які мають різні властивості.

Ознайомимось з комбінуванням структур насиченого вуглеводню гексану:



Назвіть ізомери *n*-гексану, структурні формули яких наведені вище.

**Характер карбонового ланцюга** визначається його формою. За однакової кількості атомів Карбону в молекулі карбоновий ланцюг може бути лінійний, у формі трикутника, п'ятикутника, шестикутника.

**Урізноманітнення** органічних речовин відбувається внаслідок реакцій органічного синтезу: *полімеризації* та *поліконденсації*. Їх використовують у виробництві пластмас, синтетичних каучуків і волокон, різних марок синтетичних мийних засобів, ліків, засобів захисту та росту рослин, полімерних матеріалів, а також матеріалів, з яких виготовляють органи-імплантанти, тощо.

Отже, можна зробити висновок, що велика різноманітність органічних речовин створює продукти для життя та збереження життя людини.



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- Зв'язки між органічними речовинами проявляються в перетвореннях одних класів речовин на інші. Такі зв'язки називають **генетичними**.
- Перетворення органічних речовин відбуваються під час хімічних реакцій, що характеризують їхні властивості, і реакцій, що є основою органічного синтезу.
- Причини багатоманітності органічних речовин: а) наявність у молекулах **простих (одинарних), подвійних і потрійних зв'язків** між атомами Карбону; б) наявність різних **гомологічних рядів** речовин; в) наявність у молекулах різних **характеристичних (функціональних) груп**; г) явище **ізомерії**; г) **характер** карбонового ланцюга.





### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Класифікуйте органічні речовини на класи за їхніми молекулярними формулами:  $C_4H_8$ ,  $CH_3NH_2$ ,  $C_3H_7CHO$ ,  $C_2H_5COOH$ ,  $C_5H_{11}OH$ ,  $C_4H_9CHO$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_3H_7OH$ ,  $C_6H_{14}$ ,  $C_3H_5(OH)_3$ ,  $C_2H_5NH_2$ ,  $(CH_3)_2NH$ ,  $CH_3COOH$ ,  $C_3H_7NH_2$ ,  $C_4H_9COOH$ ,  $C_6H_{13}CHO$ . Назвіть ці речовини.
- Назвіть речовини за їхніми структурними формулами: а)  $CH_3-CH_2-CH_3$ ;  
 б)  $CH_3-\underset{\text{Cl}}{\underset{|}{CH}}-CH_3$ ; в)  $CH_3-\underset{\text{Br}}{\underset{|}{CH}}-\underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$ ; г)  $CH_3-\underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\underset{|}{C}}=CH-CH_3$ ;  
 г)  $CH_2=C-\underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{CH}}-\underset{\text{Br}}{\underset{|}{CH}}_3$ ; д)  $CH\equiv C-\underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_3$ ; е)  $CH_3-\underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{C}}=\underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{C}}-CH_3$ .
- Складіть структурні формули органічних речовин за їхніми назвами: а) 2,2-диметилпропан; б) 3-етилпент-2-ен; в) 1,1,2-трибромпропан; г) гексахлоробензен; г) 3-метилбут-1-ин; д) пентан-2-ол; е) пропан-1,2,3-триол; е) етаналь; ж) 2-метилбутан-2-амін; з) пентанова кислота; и) етилпропаноат.
- Складіть рівняння реакцій за схемою:  $CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow CH_3CHO \rightarrow CH_3COOH \rightarrow CH_3COOC_2H_5$ . Назвіть продукти реакцій.
- Напишіть рівняння реакцій: а) окиснення глюкози; б) відновлення глюкози; в) взаємодії метанаміну з хлоридною кислотою; г) взаємодії феноламіну з бромом; г) горіння метанаміну. Назвіть продукти реакцій.
- Складіть рівняння реакцій за схемою: етен  $\rightarrow$  етин  $\rightarrow$  бензен  $\rightarrow$  циклогексан  $\rightarrow$  бензен  $\rightarrow$  1,2,3,4,5,6-гексахлороциклогексан.



## § 30. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ РЕЧОВИНИ



Вивчивши матеріал параграфу, ви зможете:

- *наводити приклади* природних і синтетичних біологічно активних речовин;
- *усвідомлювати* необхідність знання властивостей речовини для встановлення її впливу на власне здоров'я та довкілля;
- *оцінювати* значення біологічно активних речовин для організму людини;
- *робити висновки* щодо важливості знань про органічні сполуки.

**Поняття «біологічно активні речовини».** Забезпечити нормальну життєдіяльність людини та інших живих організмів допомагає особлива група органічних сполук — *біологічно активні речовини*.



**Біологічно активні речовини** — речовини, які містяться в організмі в невеликих кількостях, але проявляють високу активність, впливаючи на різні біологічні процеси.

До цих речовин належать вітаміни, гормони й ферменти. На відміну від білків, жирів і вуглеводів, які забезпечують дуже важливі біологічні функції (будівельну, транспортну, енергетичну, запасну, захисну тощо), вони впливають на роботу нервової системи, зміну швидкості обміну речовин, перетворення енергії,





покращують кровотворення, беруть участь у біосинтезі білків, сприяють пристосуванню організмів до навколишнього середовища.

Ознайомимося детальніше з вітамінами та ферментами.

**Вітаміни.** Сама назва «вітаміни» (від латин. *vita* – життя + «аміни») говорить про те, що це речовини, які підтримують життєдіяльність організму. Їх відомо понад 20. Вітаміни входять до складу харчових продуктів рослинного й тваринного походження. Деякі в невеликих кількостях синтезуються в організмах людини та тварин.

Зважаючи на складну будову та не до кінця вивчені властивості, було запропоновано позначати їх великими літерами латинського алфавіту: А, В, С, D. Якщо є група вітамінів, подібних за складом і функціями, то для їх розрізнення внизу ставлять індекси. Наприклад, вітаміни групи В (В-комплекс) позначають так: В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>.

За здатністю розчинятися вітаміни поділяють на водо- й жиророзчинні. До **водорозчинних** належать вітаміни С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, РР, до **жиророзчинних** – А, D, Е, F та ін. Характеристики деяких водо- й жиророзчинних вітамінів наведено в табл. 15 і 16.

Таблиця 15

### Характеристика водорозчинних вітамінів

Позначення й назва	Склад	Властивості	Функції
<b>Вітамін С</b> (аскорбінова кислота)	$C_6H_8O_6$	Кристалічна речовина білого кольору, добре розчинна у воді, сильний відновник.	Підвищує імунітет, бере участь у синтезі жовчних кислот, впливає на стан шкіри. Відсутність чи нестача проявляється зниженням опірності організму інфекціям.
<b>Вітаміни групи В (В-комплекс)</b> В <sub>1</sub> (тіамін)	$C_{12}H_{17}N_4OS$	Вітаміни групи В добре розчинні у воді. За підвищення температури, а також під дією кофеїну, нікотину, алкоголю відбувається їх руйнування.	Позитивно впливає на роботу центральної та периферійної нервової систем, нормалізує апетит, підвищує тонус м'язів.
<b>Вітамін В<sub>2</sub></b> (рибофлавін)	$C_{17}H_{20}N_4O_6$		Захищає сітківку від дії УФ-променів, відповідає за синтез гормонів стресу та діяльність нервової системи. Сприяє перетворенню жирів і вуглеводів.
<b>Вітамін В<sub>6</sub></b> (піридоксин)	$C_8H_{11}NO_3$		Забезпечує правильну переробку амінокислот.
<b>Вітамін В<sub>12</sub></b> (кобаламін)	$C_{63}H_{88}CoN_{14}O_{14}P$		Запобігає виникненню анемії, покращує пам'ять, підтримує нервову систему.







## Характеристика жиророзчинних вітамінів

Позначення й назва	Склад	Властивості	Функції
<b>Вітамін А</b> (ретинол)	$C_{20}H_{29}OH$	Блідо-жовта речовина, що утворюється з рослинного пігменту каротину. Легко окиснюється на повітрі та під дією сонячного світла. Сильний антиоксидант.	Гальмує процеси старіння, сприяє росту та розвитку організму, тому його називають «вітаміном росту». Позитивно впливає на зір, регулює вміст цукру в крові, є антираковим засобом. Вітамін А – важливий складник регенерації шкіри. Нестача цього вітаміну спричиняє захворювання на «курячу сліпоту» – людина не може повноцінно бачити в сутінках або при поганому освітленні.
<b>Вітамін D<sub>2</sub></b> (ергокальциферол)	$C_{28}H_{44}O$	Вітамін D – спільна назва групи речовин рослинного й тваринного походження – <b>кальцифероли</b> . Безбарвні кристалічні речовини, стійкі до високих температур. Погано реагують на ультрафіолетове випромінювання й контакт із киснем, руйнуються під дією кислот й окисників.	Проявляє протирахітну дію, сприяє засвоєнню йонів кальцію й росту кісткової тканини, стимулює засвоєння нових молекул білків. Активні форми вітаміну D регулюють роботу імунної системи, знижують імовірність запальних процесів в організмі. У здорової людини під дією сонячного проміння цей вітамін утворюється в достатній кількості в шкірі.
<b>Вітамін D<sub>3</sub></b> (холекальциферол)	$C_{27}H_{44}O$		

Для нормального функціонування організму найкраще вживати натуральні продукти, що містять ці вітаміни. Джерелами вітаміну С є чорна смородина, горіхи, болгарський перець і капуста, абрикоси, шипшина, плоди цитрусових тощо.

Вітаміни групи В містяться в злаках (зернах пшениці, гречки, проса, вівса), горіхах, яйцях, крупах, м'ясі свійської птиці, яловичині, молочних і кисломолочних продуктах, ягодах, зелених овочах і бобових, фруктах.

За нестачі вітамінів групи В в організмі їх можна поповнювати фармацевтичними препаратами (рис. 79).

Багатими на вітамін А є тваринні продукти – печінка, молоко, вершкове масло, сир, яйця, зокрема яєчний жовток. Попередники вітаміну А (так звані *провітаміни*) – це каротиноїди: β-каротин, з якого організм синтезує вітамін А. Каротин міститься в таких овочах і фруктах, як морква, савойська капуста, шпинат, гарбуз, абрикос, диня, червоний перець; ягодах обліпихи.



Рис. 79. Фармацевтичний комплекс вітамінів В





Завдяки тому, що вітамін А сповільнює старіння шкіри, утворення зморшок, покращує кровопостачання (а отже, зміцнює капіляри), він входить до складу багатьох косметичних засобів.

Природними джерелами вітаміну D є жирна морська риба (лосось, тунець, сардини), печінка тріски, яловича печінка, твердий сир, петрушка та інша зелень.

Знання про вітаміни, усвідомлення їхньої важливості для нормального функціонування організму сприяють правильному формуванню раціону харчування.

**Зверніть увагу!** Нестача вітамінів через неправильне харчування призводить до *авітамінозу*, а їх передозування — до *гіпервітамінозу*.



Довідайтеся, скориставшись Термінологічним словником, що означають терміни «авітаміноз» і «гіпервітаміноз».

**ФЕРМЕНТИ.** Вам відомо, що в неорганічній хімії для прискорення хімічних реакцій використовують *каталізатори* — речовини, які впливають на швидкість перебігу реакцій. У живих організмах функції каталізаторів виконують біологічно активні речовини — **ферменти** (від латин. *fermentum* — бродіння). Вони присутні в усіх живих клітинах і за їхньою участю відбуваються майже всі біохімічні процеси. Висока біологічна активність цих речовин зумовлена тим, що під час біохімічних реакцій вони не руйнуються й не витрачаються.

Ферменти є термочутливими речовинами. Їхня дія відбувається в інтервалі температур від 37 до 40 °С. За вищих температур ферменти руйнуються, тому що більшість з них білкової природи.

Міжнародний союз біохімії та молекулярної біології класифікував ці речовини на 6 класів **залежно від типу хімічної реакції, яку вони каталізують** (рис. 80).

Як і неорганічні каталізатори, ферменти мають здатність отруюватися. На них негативно впливають наркотичні речовини, алкоголь, нікотин. Такі процеси завдають значної шкоди здоров'ю. Тож люди, які дбають про своє здоров'я, не вживатимуть речовин, що отруюють ферменти.

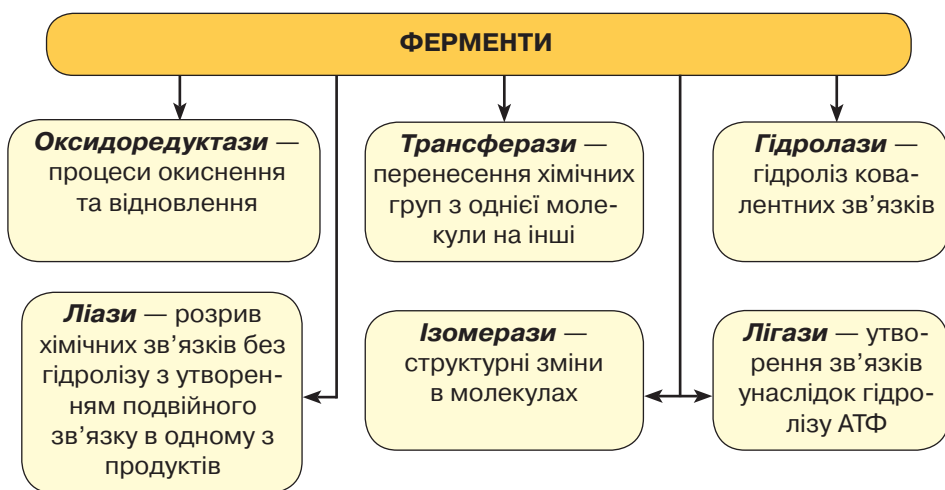


Рис. 80. Схема класифікації ферментів





Отже, **ферменти** — це біокатализатори, що прискорюють хімічні реакції в живих організмах.

Ці речовини набули широкого використання в харчовій, текстильній та фармацевтичній промисловостях, у виробництві мийних засобів.

Аналогами природних біологічно активних речовин є **синтетичні**, які виробляє промисловість органічного синтезу. До них належать різні види медичних препаратів, що мають профілактичну та лікувальну дію. Це вакцини, ферменти, гормони, антибіотики, вітаміни, харчові добавки. Синтетичними біологічно активними речовинами є пестициди й отрути, які шкідливо діють на живі організми, кормові добавки, барвники, амінокислоти.

Фармацевтична промисловість виготовляє полівітамінні препарати, що містять комплекс найнеобхідніших вітамінів. Їх уживають як резервне джерело поживних речовин із мінеральними добавками. Це полівітаміни для дітей, вагітних жінок, окремо для чоловіків і жінок, для різних вікових груп тощо. Поширені такі полівітаміни, як «ревіт», «декамевіт», «вітрум», «піковіт», «квадевіт», «гексавіт», «ундевіт» і багато інших (рис. 81).



Рис. 81. Вітамінні комплекси



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- До біологічно активних речовин належать **вітаміни** та **ферменти**. Це речовини, які проявляють високу активність, впливаючи на різні біологічні процеси, хоча кількість їх в організмі є незначною.
- **Вітаміни** — речовини, які підтримують життя. Вони входять до складу харчових продуктів рослинного й тваринного походження. Деякі в невеликих кількостях синтезуються в організмах людини та тварин. Їх відомо понад 20.
- Вітаміни поділяють на **водо-** й **жиророзчинні**. До **водорозчинних** належать вітамін **С** та вітаміни групи **В**, до **жиророзчинних** — вітаміни **А** та **Д**.
- Біологічно активні речовини є **природні** та **синтетичні**.
- Знання про вітаміни, ферменти та інші біологічно активні речовини, усвідомлення їхньої важливості для нормального функціонування організму сприяють **правильному формуванню раціону харчування**.
- **Ферменти** — біокатализатори, що прискорюють хімічні реакції в організмі.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть, як ви розумієте поняття «біологічно активні речовини».
2. Назвіть речовини, що належать до вітамінів. Наведіть приклади водо- й жиророзчинних вітамінів.
3. Охарактеризуйте хімічний склад, властивості та функції вітамінів: а) водорозчинних; б) жиророзчинних.





4. Обчисліть масові частки Карбону та Гідрогену в складі вітаміну С.
5. Назвіть класифікацію ферментів, поясніть їхні каталітичні функції.
6. Складіть рівняння реакцій за схемою: етан  $\rightarrow$  **A**  $\rightarrow$  етанол  $\rightarrow$  **B**  $\rightarrow$  етилетаноат  $\rightarrow$  етанол  $\rightarrow$  натрій етанолят. Назвіть речовини, зазначені літерами **A**, **B**.



### § 31. РОЛЬ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ В РОЗВ'ЯЗАННІ СИРОВИННОЇ ПРОБЛЕМИ



Вивчивши матеріал параграфу, ви зможете:

- *характеризувати* сировинні ресурси хімічної промисловості;
- *пояснювати* значення сировини для розвитку хімічної промисловості; відкриття нових видів сировини; комплексне використання та застосування вторинної сировини;
- *усвідомлювати* потребу бережливого та економного використання природної сировини; роль органічної хімії в розв'язанні сировинної проблеми;
- *популяризувати* хімічні знання про роль та основні завдання хімії в розв'язанні сировинної проблеми.

**СИРОВИНА ТА МАТЕРІАЛИ.** Вивчаючи хімію, ви ознайомилися з природними сировинними джерелами: нафтою, природним газом, переробкою кам'яного вугілля.



**Сировиною** називають природні речовини або матеріали, які використовують для виробництва продукції в різних галузях суспільного виробництва.

Швидкий розвиток промисловості призвів до того, що багато природних сировинних джерел виснажуються й навіть повністю вичерпуються. Нестача багатьох видів природної сировини спричиняє певні виробничі проблеми. Саме невідповідність між природними запасами й потребами споживання створює одну з актуальних проблем усього людства — це проблема збереження та раціонального використання сировини. Тож хімія як наука, що вивчає речовини та їхні перетворення, поставила за мету вирішення кількох першочергових завдань для розв'язання сировинної проблеми (рис. 82).

Природними джерелами сировини є **нафта, природний газ і вугілля**. Цю сировину в значній кількості використовують як паливо в промисловості та

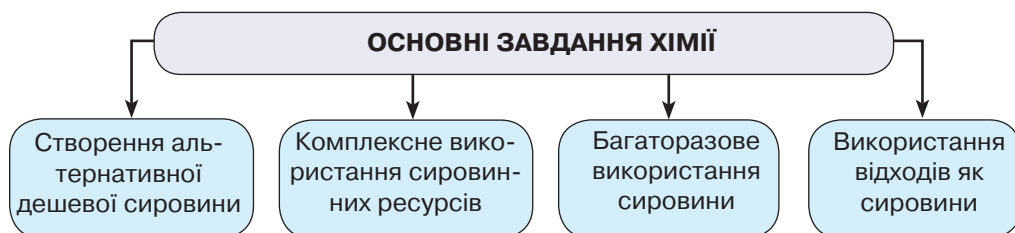


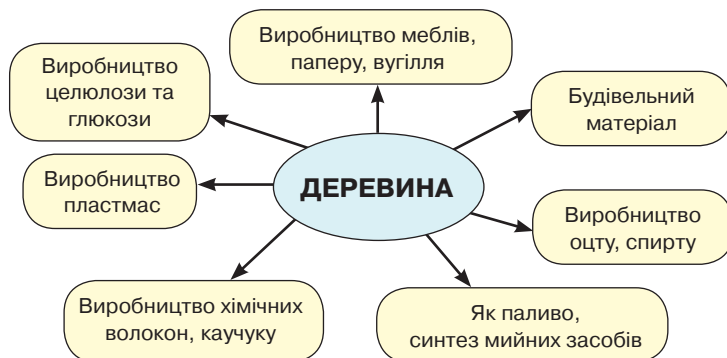
Рис. 82. Завдання хімії щодо вирішення сировинної проблеми





побуті. Переробкою нафти добувають бензин та інші нафтопродукти, вазелін, парафін, різні мастила. Продукти переробки нафти та природного газу є сировиною для синтезу високомолекулярних речовин, на основі яких добувають пластмаси, синтетичні каучуки, гуму, пінопласти, смоли, клеї, лаки, фарби тощо. З цієї ж природної сировини виготовляють розчинники, вибухові речовини, лікувальні препарати, отрутохімікати, мила та синтетичні мийні засоби.

Важливою природною сировиною хімічної промисловості є **деревина**. Сфери її використання показано на *рис. 83*.



*Рис. 83.* Схема використання деревини в промисловості

Комплексне використання сировини полягає в тому, що з одного її виду виробляють одночасно різноманітну продукцію.



Пригадайте, які продукти добувають коксуванням кам'яного вугілля.

Багаторазове використання різних видів сировини ґрунтується на процесах рециркуляції та регенерації.

**Рециркуляція** — багаторазове повне або часткове повернення потоку газів, рідких або твердих речовин у технологічний процес.

**Регенерація** — відновлення попереднього складу й будови, а отже, цінних вихідних властивостей матеріалів або речовин після використання їх. Наприклад, охолодження води, що нагрілася під час виробничого процесу, і повернення її у виробництво; уловлювання очисними спорудами газів і повторне використання їх.

Доступною та дешевою сировиною є **промислові й побутові відходи**. Їх накопичення забруднюють навколишнє середовище, зокрема повітря, ґрунти, водойми. Для знешкодження промислових відходів застосовують збирання та переробку газів, зокрема амоніаку, сульфур(IV) оксиду, сульфур(VI) оксиду, нітроген(IV) оксиду. У великій кількості повторно використовують відходи обробки металів, деревини, як паливо — водний газ. Із побутових відходів як сировину — папір, кородований метал, скло, термопластичні пластмаси.

Надра української землі багаті на гірські породи та мінерали, які є цінною сировиною. Сфери їх використання показано на *рис. 84* (с. 166).

Альтернативним напрямом отримання дешевої сировини є розробка шельфів, які містять нафту й газ. Метаногідрати — джерело метану. На території України розвідано чимало родовищ горючих сланців, з яких добувають сланцевий газ.



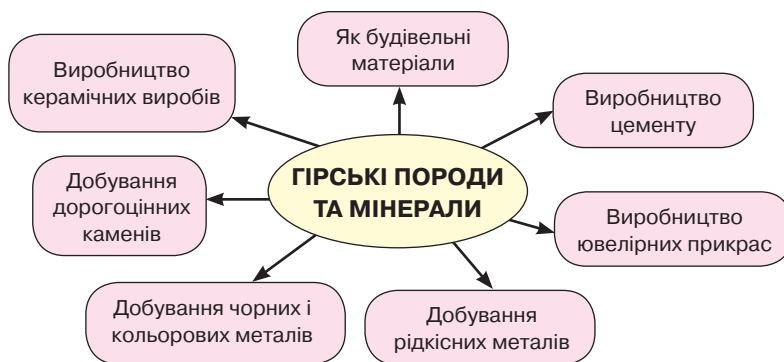


Рис. 84. Схема використання гірських порід і мінералів як сировини

Вивчаючи синтетичні волокна (див. § 28, с. 149), ви дізналися, що сировиною для виробництва волокон можуть бути природні полімери як рослинного, так і тваринного походження.



Пригадайте, які волокна виробляють з рослинної та тваринної сировини.

Однак задовольнити дедалі більші потреби на матеріали тільки природною сировиною практично неможливо. Тому для виробництва багатьох матеріалів використовують продукти хімічної промисловості. Полімери є сировиною для виготовлення пластмас, синтетичні каучуки — гуми, чимало органічних речовин є сировиною для виготовлення гігієнічних і косметичних засобів, медичних препаратів та обладнання. Отже, сировинні природні багатства мають велике значення для розвитку суспільства та різних галузей промисловості й сільського господарства. Важливо виробити власні правила бережливого та економного використання природної сировини, небайдужого ставлення до непланової вирубки лісів, нееконного використання ґрунтів. Зокрема, необхідно правильно сортувати побутові відходи, не викидати на смітники відходи побутового характеру, які можуть бути використані як вторинна сировина, а органічне сміття — для компостування.

Хімічна наука створює багато можливостей для розв'язання сировинної проблеми. Однак насамперед важливо, щоб населення усвідомило необхідність бережливого й економного використання природної сировини та сировини вторинного використання. Молодим людям, які дбають про майбутнє своєї країни, потрібно проводити роз'яснювальну роботу й популяризувати знання про роль хімії в розв'язанні сировинної проблеми. У цьому вам допоможуть ваша активність та ініціативність.



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Сировиною** називають природні речовини або матеріали, які використовують для виробництва продукції в різних галузях промисловості й сільського господарства.
- **Завданнями хімії** щодо розв'язання сировинної проблеми є розвідування та створення альтернативної дешевої сировини, комплексне використання сировинних ресурсів, багаторазове використання сировини та використання промислових і побутових відходів. Для їх виконання хімічна промисловість





займається вдосконаленням переробки нафти, газу та кам'яного вугілля, деревини, гірських порід і мінералів, промислових і побутових відходів.

- Щоб задовольнити дедалі більший попит на матеріали як сировину, використовують продукти хімічної промисловості — синтетичні високомолекулярні речовини: полімери, каучуки, гуму, волокна.
- Невідповідність між природними запасами й потребами споживання створює одну з актуальних проблем усього людства — проблему збереження та раціонального використання природної та вторинної сировини.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть, як ви розумієте поняття «сировина».
2. Охарактеризуйте основні завдання хімії в розв'язанні сировинної проблеми.
3. Для добування етину як сировину використовують кальцій карбід. З етину, здійснивши декілька перетворень, можна добути речовини інших класів. Складіть рівняння реакцій за схемою:  $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ . Назвіть утворені речовини.
4. Сировиною для виплавки заліза є його оксиди. Здійсніть перетворення за схемою:  $\text{FeO} \rightarrow \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$ . Поясніть, чи раціональним буде цей спосіб добування заліза.
5. Обчисліть і позначте масу глюкози, яку можна добути з деревини масою 200 кг з масовою часткою целюлози 65 %, якщо вважати, що вся глюкоза прогідролізувала.  
**А** 142,44 кг      **Б** 144,44 кг      **В** 145,44 кг      **Г** 140 кг
6. Для виробництва цементу як один із компонентів сировини використовують вапняк. Обчисліть вміст кальцій карбонату у вапняку масою 800 кг, якщо внаслідок його термічного розкладу отримали негашене вапно масою 403,2 кг.



### ЦІКАВО ЗНАТИ

- Для економії природної сировини в Японії виготовлено папір багаторазового використання. Написане на такому папері змивається водою.
- У Німеччині з попелу бурого вугілля добувають концентрат, що містить залізо з масовою часткою 60 %.
- За первинного виробництва олова на добування 1 т олова використовують руду масою 400 т. Таку саму кількість олова добувають переробкою 120 т металевих консервних банок.



## § 32. РОЛЬ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ В РОЗВ'ЯЗАННІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПРОБЛЕМИ



Вивчивши матеріал параграфу, ви зможете:

- *усвідомлювати* роль органічної хімії в розв'язанні енергетичної проблеми;
- *висловлювати судження* про можливості використання органічних сполук залежно від їхніх властивостей.





**ЕНЕРГЕТИКА ТА ЇЇ ПРОБЛЕМИ.** *Енергетика* — основа економічного зростання та розвитку країни. Від енергетичних ресурсів залежать багато промислових процесів, робота установ, медичних і культурних закладів, сільського господарства, транспорту, побутових пристроїв. Чимало енергії потребує хімічна, нафтопереробна, гірничодобувна промисловості, промисловість органічного синтезу тощо. Тому сировинні природні джерела також використовують і як джерела енергії. Лідером серед природних енергоресурсів залишається нафта, хоча важливе місце посідають вугілля, газ, деревина, горючі сланці, торф та інші види палива місцевого використання. Однак, як уже зазначалося, ці енергоресурси швидко виснажуються, обмежуючи використання.

Крім природних джерел енергії застосовують хімічні речовини, зокрема радіоактивні, силіцій та його сполуки, водень, спирт, водяний газ (рис. 85).

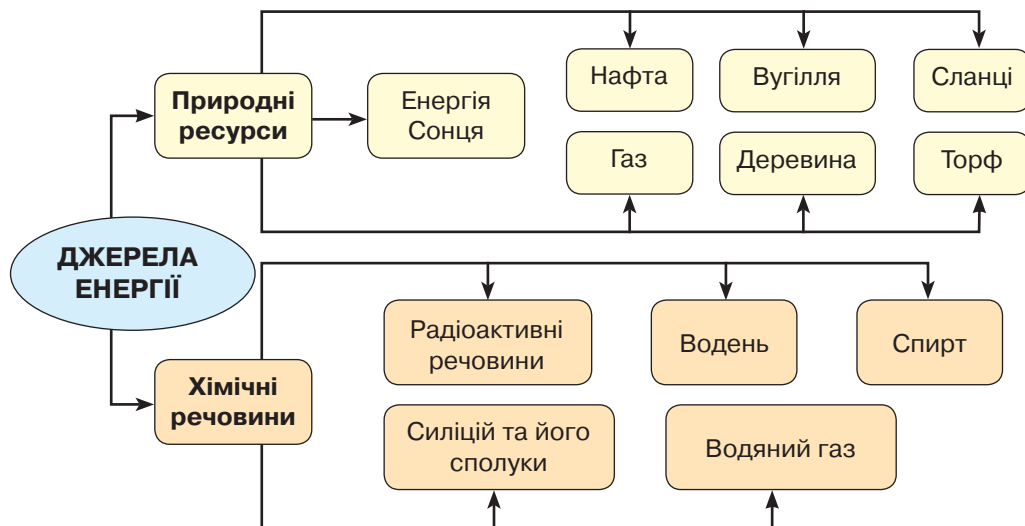


Рис. 85. Природні та хімічні джерела енергії

**СПОСОБИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПРОБЛЕМИ.** Завданням хімії сьогодення є розробка комплексного енерготехнічного використання паливних ресурсів. Це передусім створення індивідуального регульованого опалення в приміщеннях, тому що використання котелень, які подають тепло на відстані, спричиняє втрату теплоти в навколишнє середовище.

Джерела енергії за способом їхнього використання поділяють на два види: *невідновлювані* та *відновлювані*.

Перспективним способом енергозбереження є використання **водневого палива** для автомобілів, літаків, кораблів, потреб промисловості, сільського та житлово-комунального господарств, роботи побутових пристроїв. Водень має високу енергоємність, а продуктом згоряння є вода. Завдяки цьому скорочується кількість викидів карбон(IV) оксиду в атмосферне повітря, тобто водень є екологічно чистим паливом.

Ресурсною сировиною для добування водню є вода, викопні види палива, різні види біомаси, відходи виробництва, побутові відходи тощо. Найдоступні-







ший спосіб добування водню — електролітичний розклад води, однак він потребує великих затрат електроенергії. Тому триває пошук ефективних способів добування водню для масового використання. Ще одна проблема, яка потребує вирішення — безпечні способи зберігання водню.

Зазначимо, що перспективи використання водневого палива для автомобільного транспорту є. Цілком імовірно, що водневе паливо конкуруватиме з традиційними видами палива, зокрема бензином.

Ученими-хіміками розроблено методи вилучення нафти, що містить високомолекулярні вуглеводні, раціональні способи переробки вугілля, які передбачають утворення суміші вуглеводнів від змішування подрібненого вугілля з нафтою та обробки цієї суміші воднем під тиском.

Зменшити потреби в органічному паливі може правильне використання ядерної енергетики. **Ядерна енергетика** — галузь енергетики, що добуває та використовує ядерну енергію, належить до невідновлюваних джерел енергії. Завданням хімії є розробити технології використання керованих реакцій у ядерних реакторах і створити комплексні системи переходу на нові технології, які б забезпечували «спалювання» високоактивних ізотопів у процесі роботи реактора.

Особливо актуальним завданням є **освоєння альтернативних відновлюваних джерел енергії**. Це рослинні й тваринні жири, які можуть бути використані для **виробництва біологічного палива**. З рослинної сировини найчастіше використовують ріпакову олію. Біопаливо має певні переваги: воно екологічно безпечне, не токсичне й не отруйне, розкладається мікроорганізмами.

Важливе значення для збереження природних ресурсів має використання місцевого палива. У сільській місцевості — це **рослинна сировина**: відходи деревини, тирса, солома, суха трава. З них виготовляють брикети для котлів.

Набуває поширення вирощування енергетичних рослин. Це може стати приводом до організації кооперативів із виробництва **«зеленої енергії»**. Створення таких кооперативів сприятиме енергонезалежності села, розвитку підприємництва та підприємливості.

Енергонезалежність села на основі «зеленої енергії» має такі переваги:

- зменшує залежність населення від ринкових цін, є значно економнішою;
- сприяє створенню нових робочих місць, а отже, зростанню добробуту;
- зумовлює ефективне використання малородючих ґрунтів, які з часом можуть бути придатними до використання під різні сільськогосподарські культури;
- забезпечує вивільнення коштів для розвитку інфраструктури об'єднаних територіальних громад (ОТГ).

В Україні проведено переговори з представниками фінської компанії «Ferroplan», яка спеціалізується на реалізації екологічних проектів з переробки відходів та очищення води. Спроектовано економічно вигідні моделі встановлення потужностей з переробки відходів і виробництва енергії. Надалі Агентство опрацює можливості реалізації таких проектів з мерами різних українських міст.

Альтернативним відновлюваним джерелом енергії є **використання енергії Сонця** — невичерпного джерела енергії, що акумулюється за допомогою сонячних батарей (рис. 86, с. 170). Вони обладнані фотогальванічними елементами, які здатні перетворювати енергію Сонця на електричну. Сировиною для виготовлення сонячних батарей є силіцій та його сполуки. Тривають пошуки нових





Рис. 86. Використання сонячних батарей

матеріалів, які б перетворювали сонячну енергію на електричну або теплову й накопичували її. Розв'язання цієї проблеми належить хімікам.

Сонячну енергетику називають **геліоенергетикою**. Це значно дешевше джерело енергії порівняно з використанням інших природних енергоресурсів. Хоча виробництво сонячних батарей є фінансово затратне, проте технологічні затрати швидко окупаються.

Види альтернативних відновлюваних джерел енергії показано на *рис. 87*.

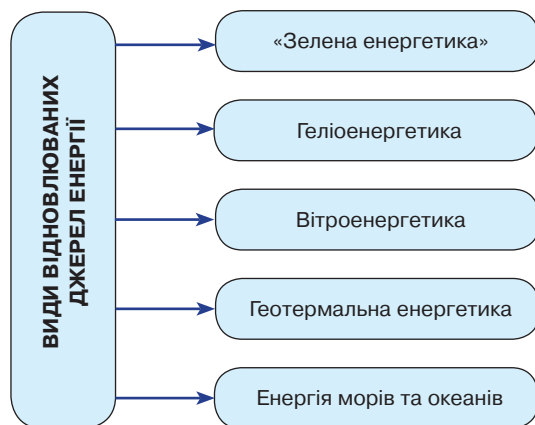


Рис. 87. Схема відновлюваних джерел енергії



Рис. 88. Вітроелектростанція поблизу м. Очакова

В Україні розвивається **вітроенергетика** — галузь альтернативної енергетики, що спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії вітру на електричну за допомогою вітрової турбіни. Вітрові установки об'єднують у вітроелектростанції (*рис. 88*).

У 1996 р. було спроектовано Новоазовську вітроелектростанцію, а через рік уведено в експлуатацію Трускавецьку. Зростання будівництва вітроелектростанцій почалося з 2009 р., після запровадження урядом України «Зеленого тарифу».

Важлива проблема сьогодення — забезпечити збереження природи, чистоти води, повітряного басейну під час використання природних ресурсів та ядерної енергії.





### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Енергетика** — основа економічного зростання та розвитку країни.
- **Завданням хімії** щодо енергозбереження в сучасних умовах є розробка **комплексного використання** паливних ресурсів і впровадження **альтернативних відновлюваних джерел енергії**.
- Хімічними джерелами енергії є радіоактивні речовини, водень, спирт, водяний газ, силіцій та його сполуки.
- Джерела енергії за способом їх використання поділяють на невідновлювані та відновлювані. До **невідновлюваних джерел енергії** належать природні ресурси: нафта, газ, вугілля, сланці, деревина, торф, ядерна енергетика.
- **Альтернативними відновлюваними джерелами енергії** є рослинна сировина, «зелена енергетика», геліо- й вітроенергетика, геотермальна й енергія морів та океанів.
- Важливою проблемою використання енергетичних ресурсів є збереження природи, чистоти води, повітря.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть, що є причиною виникнення енергетичної проблеми.
2. Охарактеризуйте відомі вам джерела енергії: а) природних ресурсів; б) використання хімічних речовин.
3. Обґрунтуйте роль хімії у вирішенні енергетичної проблеми.
4. Назвіть перспективні галузі енергетики та оцініть значення хімічних речовин для їхнього розвитку.
5. Складіть самостійно опорну схему, яка б характеризувала нові хімічні методи, що сприятимуть вирішенню енергетичної проблеми.
6. Складіть рівняння реакцій за схемою: етан → хлороетан → етанол → етаналь → карбон(IV) оксид → глюкоза → етанол.
7. Етен об'ємом 112 л повністю згорів в атмосфері кисню. Обчисліть об'єм (н. у.) і масу карбон(IV) оксиду, що утворився.



## § 33. РОЛЬ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ В РОЗВ'ЯЗАННІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ ПРОБЛЕМИ



Вивчивши матеріал параграфу, ви зможете:

- *називати* чинники, що впливають на збільшення обсягів виробництва продукції рослинного й тваринного походження для розв'язання продовольчої проблеми;
- *характеризувати* значення мінеральних та органічних добрив, хімічних засобів захисту рослин і тварин, стимуляторів росту, штучних кормів для збільшення виробництва тваринної сільськогосподарської продукції;
- *робити висновки* про роль органічної хімії у розв'язанні продовольчої проблеми.

**Продовольча проблема та хімія.** Забезпеченість людини їжею є однією з глобальних проблем людства, адже їжа — важливий складник життєдіяльності орга-





нізмів. Із зростанням населення планети виникла проблема забезпечення продуктами харчування в майбутньому. За дослідженнями вчених, її можна розв'язати, якщо світова частка виробництва харчових продуктів зросте в 3–4 рази. Це можливо здійснити різким піднесенням сільського господарства, упроваджуючи в його розвиток усі досягнення сучасної науки, насамперед хімії та біології.

Для збереження здоров'я населення необхідно сконцентрувати увагу на виробництві рослинної та тваринної їжі, тобто продуктів харчування природного походження. Модернізація сільського господарства полягає в створенні таких умов, які б сприяли розмноженню та росту рослин і тварин.

Завдання хімії зі збільшення виробництва рослинної та тваринної їжі полягає в забезпеченні сільського господарства мінеральними й органічними добривами, хімічними засобами захисту рослин і тварин, стимуляторами росту, штучними кормами, новими продуктами.

**Використання органічних добрив.** Крім мінеральних добрив для підвищення врожайності використовують органічні добрива рослинного та тваринного походження.

**Добрива** — це мінеральні та органічні речовини, які активно впливають на урожайність рослинної продукції.

**Органічні добрива** містять елементи живлення для рослин переважно у формі органічних сполук. До них належать гній, гнойова рідина, компости, компостний торф, тирса, солома, зелене добриво, мул (сапропель), промислові й господарські відходи та багато бобових рослин: горох, конюшина, сочевиця, люпин. Усі вони багаті на Нітроген — елемент, що входить до складу молекул амінокислот і білків. Він сприяє розвитку зеленої маси рослин, за участю якої синтезується органічна речовина. Тому органічні добрива вносять восени, приорюючи, щоб Нітроген, який має здатність швидко звітрюватися, утримувався в ґрунті.

Найкраще та найбільш доступне й поширене органічне добриво — **гній**. Унесення його в ґрунт сприяє розвитку ґрунтових бактерій і мікроорганізмів, які допомагають корінню рослин отримувати поживні елементи. Ґрунт збагачується вмістом гумусу. Під час його розкладання утворюються мінеральні речовини, необхідні для нормального розвитку рослин.

Гній особливо багатий на Нітроген, що міститься в складі амоніаку. Крім того, гній є справжньою кладовою мікроелементів: Сульфур, Калію, Фосфору, Магнію, Мангану, Бору. У ґрунті гній виділяє карбонатну кислоту, яка сприяє доброму росту.

Під час розкладання гною або решток рослин утворюється **перегній** — цінне органічне добриво. Його застосовують під овочеві культури, особливо добре — під цибулю та помідори.



Рис. 89. Торф'яне родовище

**Торф** — це залишки рослинного й тваринного походження, які неповністю розклалися через обмежений доступ повітря (рис. 89). Утворюється на болотистих місцевостях і може використовуватися як місцеве добриво. Характеризується великим вмістом Карбону, а за наявності кислотного середовища — специфічним набором мікроорганізмів.





Найкращий для використання торф із низинних шарів, бо він має високий ступінь розкладання та майже на 50 % складається з гумусу, що підвищує родючість ґрунту.

**Рідке органічне добриво** зручне у використанні, легко засвоюється, не вимагає додаткової обробки ґрунту. Порівняно з іншими добривами його потрібно вносити точніше під рослини. Хімічні речовини рідкого посліду добре затримуються в ґрунті й легко проникають у кореневу систему. Використання рідких органічних добрив дає змогу заощадити на використанні техніки та паливно-мастильних матеріалах, що позитивно впливає на фінансові затрати господарств.

**Компости** — органічні добрива, які може приготувати кожний, хто займається вирощуванням овочів і фруктів. *Збірні компости* виготовляють з різних відходів їжі та сміття (бур'яни). За дослідженнями вчених, майже третина виробленої харчової продукції потрапляє на смітники. Ця ж продукція може стати джерелом економії та навіть прибутку. Тому досить поширеним способом добрив є **компостування**, що ґрунтується на переробці їжі на добрива або ґрунтові добавки. Таку фабрику з переробки харчових відходів може мати будь-хто, скориставшись спеціальним контейнером (рис. 90).

Переробка харчових відходів не тільки збагачує людей, які займаються сільським господарством (бо не витрачаються гроші на купівлю добрив), а й покращує екологічну ситуацію місцевості, краю, країни. Зменшується ерозія ґрунтів, покращується вологопостачання. А головне, суттєво підвищується споживча якість продукції. Виробництво компосту в домашніх умовах має велике виховне значення, бо діти, які зростали в сім'ях, де використовували такі контейнери, передадуть досвід наступним поколінням.

Використання контейнерів для отримання органічних добрив набуло широкого застосування в Японії, США, Англії та інших країнах. У цьому полягає громадянська відповідальність за збереження довкілля та здоров'я населення.

На **зелене добриво** використовують переважно бобові рослини. Їм властиво засвоювати азот із повітря.

В Україні зростає кількість виробників органічної сільськогосподарської продукції. 10 липня 2018 р. Верховна Рада України прийняла Закон України № 5448-д «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції». Це сприятиме ширшому використанню органіки й підвищенню урожайності вирощуваної продукції.



Поясніть зв'язок між використанням органічних добрив та урожайністю сільськогосподарських угідь.

**Виробництво хімічних засобів захисту рослин і тварин.** Немалої шкоди сільськогосподарським культурам і тваринам завдають шкідники: комахи, грибки, віруси, бактерії, що спричиняють різні захворювання. Це впливає на зниження врожайності та якості продукції, а отже, негативно позначається на фінансовому стані підприємств.



Пригадайте, які засоби захисту рослин ви вже вивчали.



Рис. 90. Контейнер для виробництва компосту





Рис. 91. Хімічні засоби захисту рослин: а – «Конфідор» (інсектицид); б – «Тельдор» (фунгіцид); в – «Антибу́р'ян» (гербицид)

За останні роки значно зросло застосування **хімічних засобів захисту рослин і тварин**. Загальна назва їх – **пестициди**. У § 12 (с. 54) ви частково ознайомилися з пестицидами та їхнім впливом на організм людини. Крім гербицидів, зооцидів і фунгіцидів застосовують: **інсектициди** – отрутохімікати, за допомогою яких знищують шкідливих комах, і **бактерициди** – засоби, що захищають рослини від збудників хвороб – бактерій (рис. 91).

Застосовуючи пестициди, важливо дотримуватися норми їхньої витрати. Збільшення норми призводить до накопичення токсичних речовин у продуктах.

**Зверніть увагу!** Якщо ви бажаєте отримати екологічно чистий продукт, то застосовувати пестициди не варто.

**Використання стимуляторів росту.** **Стимулятори** – речовини, які позитивно впливають на ріст та розвиток рослин і тварин.

Завдяки вивченню спеціальних елементів і речовин з бактерій, грибів, торфу, водоростей тощо були створені речовини, що є аналогами фітогормонів. Однак таких препаратів не вистачає. Тому завданням хімії стало знайти способи добування штучних і синтетичних аналогів фітогормонів і біостимуляторів.

Нині в Україні налагоджено виробництво біостимуляторів, які характеризуються широким спектром дії. Наприклад, «Бетастимулін» застосовують у технологіях вирощування цукрових, столових і кормових буряків; «Агростимулін» – для обробки насіння та обприскування посівів зернових, деяких бобових, гречки, льону; «Зеастимулін» – для обробки та обприскування зерна кукурудзи на насіння та зелену масу (рис. 92). Добрим стимулятором є відходи кавової гущі, яка може бути субстанцією для вирощування грибів.



Рис. 92. Біостимулятори росту рослин





У тваринництві як стимулятори росту використовують антибіотики, транквілізатори, різні смакові добавки та ароматичні речовини. Травленню тварин сприяє підсолювання корму кухонною сіллю. Завдяки використанню стимуляторів росту покращується обмін речовин в організмі тварин, вони швидше розвиваються, підвищуються показники продуктивності.

**Використання штучних кормів.** З метою вирішення продовольчої проблеми хімія досліджує використання хімічних речовин для відгодівлі тварин, які дають населенню м'ясо, молоко, яйця та інші продукти тваринного походження. Хімічна та мікробіологічна промисловості випускають мінеральні й вітамінні добавки, кормові антибіотики, вітамінно-мінеральні концентрати.

У 2009 р. в Україні почав діяти спільний українсько-голландський проект з виробництва кормів для птиці, свиней, великої рогатої худоби. Нині випускають вітамінно-мінеральні концентрати з підвищеним умістом амінокислот, корми з вітамінним комплексом для свиней. Для великої рогатої худоби — комплекс, що пришвидшує ріст м'язової маси й скорочує термін відгодівлі.

Для відгодівлі сільськогосподарських тварин і пришвидшення їхнього росту використовують сечовину, солі амонію, синтетичну амоніачну воду. Розроблено карбамідний концентрат, із жому виготовляють гранульований амід.

У тваринництві дедалі більшого поширення набувають штучні корми. Забезпечення сільськогосподарських тварин повноцінними білками ґрунтується на мікробіологічному синтезі з використанням дріжджів і бактерій. Виробництво біомаси мікробіологічним синтезом є основою індустріального виробництва їжі в майбутньому.



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- Із зростанням населення планети виникла проблема забезпечення людей продуктами харчування в майбутньому.
- До чинників, що впливають на збільшення виробництва продуктів харчування, належать: мінеральні та органічні добрива, хімічні засоби захисту рослин і тварин, стимулятори росту, штучні корми для збільшення обсягів тваринної сільськогосподарської продукції.
- Зростанню урожайності рослин сприяють **органічні добрива** (гній, компост, бобові рослини, зокрема горох, конюшина, сочевиця, люпин), що забезпечують рослин макро- й мікроелементами.
- Важливим джерелом добрив, економії та прибутку може стати **компостування** органічних відходів.
- Зростанню врожайності рослин і продуктивності тварин сприяють хімічні засоби захисту — **пестициди**, які поділяють на **інсектициди**, **гербіциди**, **зооциди**, **бактерициди**, **фунгіциди**.
- Використання **стимуляторів** та **біостимуляторів росту** рослин і тварин пришвидшує їхній розвиток, підвищує врожайність і продуктивність завдяки покращенню обміну речовин.
- Хімічна та мікробіологічна промисловості випускають мінеральні та вітамінні добавки, кормові антибіотики, вітамінно-мінеральні концентрати, які стали штучним та економним кормом для сільськогосподарських тварин.





### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть, що було причиною виникнення продовольчої проблеми.
2. Охарактеризуйте, яку роль відіграє хімія в розв'язанні цієї проблеми.
3. Обґрунтуйте необхідність застосування органічних добрив у сільському господарстві.
4. Наведіть приклади використання органічних відходів (компостування) з метою підвищення врожайності ґрунтів.
5. Поясніть, яке значення мають пестициди для поліпшення якості сільськогосподарської продукції.
6. Охарактеризуйте використання стимуляторів росту рослин і тварин.
7. Обґрунтуйте, чому хімічна промисловість працює над створенням штучних кормів для тварин.



### § 34. РОЛЬ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ В РОЗВ'ЯЗАННІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ ПРОБЛЕМИ (продовження)



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- називати основні виробництва харчової промисловості; органічні речовини, що є компонентами їжі;
- аналізувати хімічний склад харчових продуктів;
- усвідомлювати необхідність знання властивостей речовини для встановлення її впливу на власне здоров'я та довкілля.

**Виробництво продуктів харчування.** У розв'язанні продовольчої проблеми важливу роль відіграє *харчова промисловість* — надзвичайно велика галузь, що виробляє готові продукти харчування або переробляє їх на напівфабрикати. До її складу входять понад 40 галузей і виробництв, найважливіші з яких показано на *рис. 93*.

Харчова промисловість тісно пов'язана із сільським господарством — основним постачальником сировини.



Рис. 93. Основні галузі виробництва харчової промисловості







Усі ці виробництва працюють на те, щоб забезпечити живі організми джерелом енергії та життя, тобто їжею.

**Їжа** — комплекс органічних речовин: вуглеводів, жирів, білків, вітамінів, які забезпечують усі життєво важливі потреби організму.



Пригадайте, які функції в організмі людини виконують вуглеводи, жири та білки.

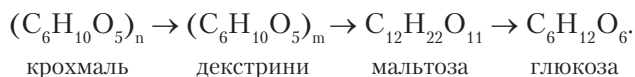
**Вуглеводи.** Життєво необхідним, потужним джерелом енергії та поживних речовин в організмі людини є вуглеводи. Найважливіші з них — глюкоза та фруктоза, які внаслідок біохімічних процесів вивільняють енергію, перетворюючись при цьому на карбон(IV) оксид і воду. Цю енергію організм використовує для роботи м'язів, кори головного мозку, біосинтезу інших речовин. Крім того, вуглеводи утворюють клітковину (целюлозу).

До продуктів, багатих на вуглеводи, належать вироби борошномельно-круп'яного виробництва: хліб, макарони, булки, випічка зі злаків, а також бобові — квасоля, горох, соя. Дуже цінними продуктами, що забезпечують організм вуглеводами, є мед, цукор, варення з ягід і фруктів (рис. 94).



Рис. 94. Продукти, що містять вуглеводи

У рослинних організмах накопичується крохмаль, який є джерелом їхнього живлення, оскільки має здатність перетворюватися на глюкозу. Схему перетворень коротко можна записати так:



Ці процеси відбуваються за участю реакцій гідролізу. Якщо крохмаль нагрівається швидко з невеликою кількістю води, то відбувається частковий гідроліз з утворенням *декстринів*, молекули яких мають коротші, ніж у крохмалю, ланцюги. У разі повного гідролізу крохмалю утворюється глюкоза.

Такий самий процес під дією ферментів слини проходить у ротовій порожнині під час споживання хліба, хлібних виробів чи картоплі.

Целюлоза набула ширшого застосування, її використовують не тільки як харчовий продукт, а і як корм для тварин.

Середньодобова норма споживання вуглеводів для чоловіків — 400 г, для жінок — 350 г, що становить 65–70 % від загальноживаної їжі.



Пригадайте, де і з якою метою використовують цукор.





**Жири.** Важливим енергетичним і будівельним компонентом їжі є жири. Їх використовують здавна як харчовий продукт. Крім жиру, що є естером гліцеролу та високомолекулярних карбонових кислот насиченого й ненасиченого складу, вони містять й інші компоненти — вітаміни, запашні речовини, барвники. Вам уже відомо, що розрізняють жири рослинного (олії) і тваринного (сало) походження.

Жири забезпечують енергетику м'язів під час тривалої та неінтенсивної роботи, сприяють витривалості організму. Вони входять до складу оболонки клітин усіх тканин людського організму, а підшкірний жировий шар захищає від холоду, підтримуючи постійну температуру тіла. Продукти, що містять жири, зображено на *рис. 95*.



*Рис. 95.* Продукти, що містять жири рослинного (а) і тваринного (б) походження

В організмі людини рослинні жири (соняшникова, оливкова, соєва, рапсова, кукурудзяна, горіхова олії) засвоюються легше, ніж тваринні, завдяки високому вмісту ненасичених жирних кислот. Тваринні ж — мають здатність накопичуватися під шкірою та у внутрішніх органах. Однак не варто повністю уникати тваринних жирів, адже вони є головним джерелом холестерину, який бере участь у синтезі багатьох гормонів. Нестача жирів в організмі призводить до порушення обміну речовин та енергії. Однак і надлишок їх теж шкодить, викликаючи важке захворювання атеросклероз.

Основними галузями харчової промисловості, що постачають продукти з високим вмістом жирів, є олійно-жирова, молочна та м'ясна.

Добова норма споживання жирів 40–100 г. Причому частка жирів, до складу яких входять мононенасичені жирні кислоти, має становити до 50 %, а поліненасичені й насичені — 25–30 % від їхньої загальної кількості. Також потрібно дотримуватися правильного співвідношення між рослинними (30–40 %) і тваринними (70–60 %) жирами.

**Білки.** Найважливішим компонентом їжі, що в основному забезпечує будівельний матеріал клітин в організмі, є білки. Вони виконують регенеративну функцію, оскільки відновлюють і замінюють відмерлі тканини всіх органів. Білки-ферменти регулюють усі хімічні процеси. Амінокислоти, що утворюються під час ферментативного гідролізу білків їжі, є матеріалом для синтезу білків, властивих тільки цьому організму.

Нестача білків у раціоні затримує ріст, знижує стійкість до інфекційних захворювань, негативно впливає на розумовий розвиток. Надлишок їх у раціоні теж небажаний, бо спричиняє зниження опірності до стресів.





Рис. 96. Продукти, що містять рослинні (а) і тваринні (б) білки

Основні галузі виробництва білків — м'ясна, молочна. Багатими на білки продуктами харчування є біле м'ясо курчат й індички, кролика, печінка та м'ясо телят, риба й рибопродукти, білок яєць. З молочних продуктів — свіже молоко, вершки, сир жирний, йогурт, ряжанка. Найбільший уміст білків рослинного походження в зернівках злакових, особливо пшениці, крупах — манній, гречаній, плодах бобових культур — горосі, квасолі, сої (рис. 96).

Білки тваринного походження мають становити 55 % від загальної кількості білка в раціоні, для дорослої людини це в середньому 86 г на добу.

**Зверніть увагу!** Фізичні навантаження вимагають зміни співвідношення рослинних і тваринних білків, відповідно 60 і 40 %.

**Вітаміни.** Незамінними для організму біологічно активними речовинами є вітаміни, оскільки разом із вуглеводами, жирами й білками вони забезпечують життєво необхідні процеси в організмі.



Повторіть § 30. Назвіть уже відомі вам групи вітамінів, оцініть їхнє значення для організму людини.

Щоб харчування було повноцінним і корисним для здоров'я, потрібно, аби щоденне меню на 80–90 % складалося з продуктів, які містять ці речовини. Тому варто знати не тільки як вітаміни впливають на здоров'я людини, а й у яких продуктах вони найбільше локалізуються. Так, високий уміст **вітаміну С** у червоному перці, капусті (особливо квашеній), петрушці, селері, цибулі, шпинаті й привізних фруктах — ківі, лимоні, апельсині.

Джерелами **вітаміну А** є продукти тваринного походження — риб'ячий жир, печінка савців і морських тварин. Перше місце посідає палтус, у печінці та жирі якого найбільше цього природного вітаміну. На другому й третьому місцях відповідно тріска й лосось.

**Вітаміни групи В** ( $B_1$ – $B_{12}$ ) містять такі продукти харчування, як хліб з борошна грубого помолу, горіхи, спаржа, картопля, кукурудза, гречка, зелені овочі, бобові, горох, пророслені зерна пшениці та ячменю. Із тваринних продуктів — яєчний жовток, молоко та молочні продукти, сир, риба, морепродукти, м'ясо птиці, мозок, печінка, нирки, серце тощо.

**Вітамін Е** покращує засвоєння жирів і вітамінів А та D. Найбільше його в рослинній олії, яйцях, сої, горіхах.

**Вітамін D** сприяє всмоктуванню кальцію, нормальному росту й розвитку кісток, запобігає виникненню таких хвороб, як рахіт та остеопороз. Міститься в





кисломолочних продуктах, сирі, вершковому маслі, яйцях, продуктах моря. Присутній у петрушці, кропиві, кульбабі, люцерні, овочах.

**РАЦІОНАЛЬНЕ ХАРЧУВАННЯ.** Ви ознайомилися з проблемами, які постали перед людством через зростання чисельності населення. Продовольча проблема — одна з основних проблем, адже харчування є базовою фізіологічною потребою людини. Внесок хімії як науки в розв'язання цієї проблеми досить вагомий.

Ви пересвідчилися, що виробництво продуктів харчової промисловості тісно пов'язане з використанням органічних речовин. Саме навколишнє середовище забезпечує організм необхідними речовинами для побудови тканин й органів, підтримання та здійснення всіх життєвих процесів. Тому раціональне харчування, з одного боку, є умовою здорового способу життя, а з іншого — чинником ощадливого використання продуктів харчування й тим самим впливає на фінансове становище кожної людини.

Вам уже відомо, що організм людини містить вуглеводи, жири, білки, біологічно активні речовини. Однак вони в процесі життєдіяльності витрачаються на утворення енергії. Тому раціон харчування має забезпечувати надходження цих речовин в організм у правильному їх співвідношенні та добрій якості. Дослідженнями встановлено, що оптимальне співвідношення маси білків, жирів і вуглеводів 1 : 1 : 4.

Важливе значення має правильна організація режиму харчування та раціональний підбір продуктів (рис. 97).

Харчування з оптимальним поєднанням харчових продуктів та їхніх складових (білків, жирів, вуглеводів) для підтримки організму в максимально здоровому стані називають *збалансованим*.

Проаналізувавши рис. 97, можна зробити висновок, що значну частку харчових продуктів мають становити овочі та фрукти. У цих продуктах міститься найбільша кількість карбонових кислот: яблучної, щавлевої, лимонної, винної. У молоці та молочних продуктах крім молочної кислоти наявні етанова й пропанова. Вони регулюють кислотність, сприяють травленню, є добрими антиокисниками.



Рис. 97. Співвідношення продуктів у раціоні харчування





Користуючись табл. 17, складіть свій денний раціон.

Таблиця 17

### Калорійність основних продуктів харчування, ккал/100 г

Продукти	Денна норма вживання для однієї особи, г	
	працездатної	непрацездатної
Хліб житній	107	104
Хліб пшеничний	170	170
Крупи, макарони	34	37
Борошно	26	32
Картопля	260	295
Овочі	301	268,5
Фрукти, ягоди	176	109,5
Молочні продукти	1300	630
М'ясопродукти	200	104
Риба	35	12,3
Яйця	25	25
Цукор, кондитерські вироби	35	12,3
Олія, маргарин	25	22,4
Білки	87,1	58,6
Жири	98,4	65,7
Вуглеводи	338,1	295,8



### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- Галузь, що виробляє готові продукти харчування або переробляє їх на напівфабрикати, називають **харчовою промисловістю**.
- Харчова промисловість тісно пов'язана із сільським господарством — основним постачальником сировини, що є джерелом енергії та життя для всіх живих організмів, тобто їжі.
- **Їжа** — комплекс органічних речовин: **вуглеводів, жирів, білків, вітамінів**, які забезпечують усі життєві потреби організму.
- **Вуглеводи** — потужне джерело енергії та поживних речовин в організмі. Енергія, яка вивільняється внаслідок біохімічних процесів, що відбуваються з глюкозою та фруктозою в організмі, використовується для роботи м'язів, кори головного мозку, біосинтезу інших речовин організму.
- **Рослини** накопичують крохмаль, який є для них джерелом живлення, бо має здатність перетворюватися на глюкозу.
- **Жири** — енергетичний та будівельний компонент їжі. Їх використовують здавна як харчовий продукт. Забезпечують енергетику м'язів, підтримують постійну температуру тіла.





- **Білки** — найважливіший компонент їжі. Забезпечують увесь будівельний матеріал клітин в організмі, відновлюють і замінюють відмерлі тканини всіх органів. Білки-ферменти регулюють усі хімічні процеси.
- **Вітаміни** — біологічно активні речовини, незамінні для організму. Разом із вуглеводами, жирами та білками забезпечують життєво необхідні процеси в організмі.
- **Раціональне харчування** є умовою здорового способу життя й чинником ощадливого використання продуктів харчування. Тому раціон харчування треба складати з урахуванням оптимального співвідношення маси білків, жирів і вуглеводів, що становить 1 : 1 : 4.
- **Органічні кислоти** в продуктах харчування можна виявити за допомогою індикаторів.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. У вас наявні харчові продукти: відварений рис, білий хліб, майонез, картопля, варена ковбаса. Поясніть, як довести наявність крохмалю в них.
2. Дослідіть експериментально наявність глюкози в меді. Відповідь обґрунтуйте.
3. Відомо, що в молоці великий вміст білка. Маючи кальцій хлорид, етанол і оцет, виділіть білок з молока трьома способами. Опишіть хід ваших дій.
4. Охарактеризуйте роль вітамінів як біологічно активних речовин.
5. Чорна смородина є справжнім джерелом вітаміну С, адже в 100 г ягід міститься вітамін С масою 0,25 г. Обчисліть масу вітаміну С в смородині масою 1 кг і кількість добових доз, що містяться в цій масі, якщо добова норма становить 0,05 г.



### ЦІКАВО ЗНАТИ

- Будь-які способи збереження білкових продуктів (передусім м'ясних) знижують харчову цінність продукту.
- Багаторазове розморожування, додавання консервантів і т. ін. руйнують природну структуру білкових молекул. Унаслідок заморожування харчова цінність м'яса знижується на 40 %.
- У разі отруєння солями важких металічних елементів (Купруму, Плюмбуму, Меркурію) у медичній практиці застосовують молоко. Білок, що міститься в молоці, зв'язує йони важких металічних елементів і виводить їх з організму.



## § 35. РОЛЬ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ У СТВОРЕННІ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *пояснювати* поняття «матеріали», «порошкова металургія»;
- *обґрунтовувати* значення органічних речовин у створенні нових матеріалів;
- *характеризувати* металічні й неметалічні матеріали, чисті й надчисті метали;
- *робити висновки* про роль хімії у створенні нових матеріалів.

**МЕТАЛІЧНІ Й НЕМЕТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ.** У курсі хімії 7 класу ви вивчали, що фізичні тіла виготовляють із матеріалів. Тож пригадаємо, що таке *матеріали*.





**Матеріали** — речовини, які використовують для виготовлення фізичних тіл, предметів для вжитку чи виробництва.

Хімічна наука зробила та продовжує робити великий внесок у використання створених і створення нових матеріалів. Усі відомі матеріали виготовляють на основі металів і неметалів, з якими ви частково ознайомилися в курсі хімії.

**Композити.** *Композиційний матеріал*, або *композит*, — матеріал, у якому поєднано два або більше компонентів, із кращими властивостями, ніж у кожного з них окремо. Ці матеріали складаються з основи та наповнювачів. Кожний компонент виконує свою функцію: пластична основа є зв'язувальним матеріалом, а наповнювач надає міцності (рис. 98, а).

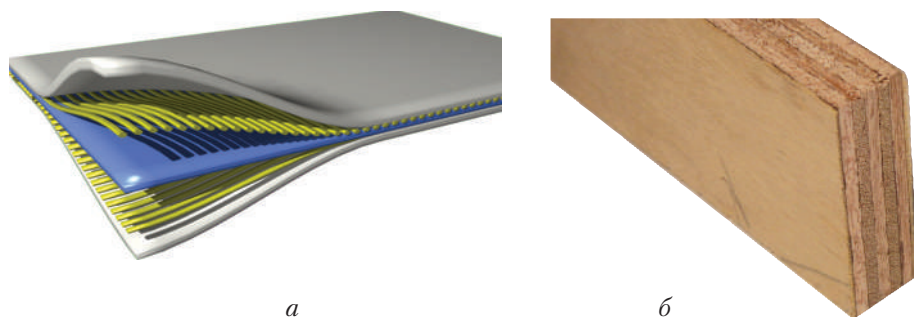


Рис. 98. Композити: а — «Алор» (алюмінієва матриця + органічне волокно); б — фанера

Особливий клас матеріалів — природні, зокрема деревинні. Їх поділяють на лісоматеріали та деревинні композиційні. Останні отримують обробкою натуральної деревини за високих температур під тиском, просочуванням деревини хімічними речовинами або склеюванням (рис. 98, б). За такої обробки змінюється природна фізична структура та хімічний склад деревини.

**Металокерамічні композити (кермети)** отримують пресуванням заготовок із порошків (металів і кераміки) з подальшим їх спіканням.

Використовують також композити на основі алюмінію, берилію, нікелю, кобальту. Матриці цих композитів можуть складатися з чистих металів або сплавів на їхній основі. **Норпласти** — композити, основою яких є полімери. Наповнювачі норпластів дуже різноманітні. До композитів належать і **піни** — матеріали, наповнені газами.

Композити мають високу міцність, пластичність, пружність, зносостійкість.

Сучасними композиційними матеріалами, які використовують в авіаційній та ракетно-космічній техніці, є матеріали на основі боридів і силіцидів металів.

Отже, зважаючи на сказане, можна зробити висновок, що хімія відіграє важливу роль у створенні нових матеріалів, які набули широкого використання в багатьох галузях суспільного виробництва України.





### ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- Новими матеріалами є **композиційні матеріали**, або **композити**. Це матеріали з кращими властивостями, ніж у кожного з компонентів. Вони складаються з *основи* та *наповнювачів*.
- До композиційних матеріалів належать **кермети, норпласти, піни**.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть, що таке *матеріали*.
2. Обґрунтуйте доцільність створення композиційних матеріалів та їхній склад.
3. Охарактеризуйте кермети, норпласти, піни та їх застосування.
4. Складіть рівняння реакцій за схемою:  $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_3\text{Cl} \rightarrow (-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-)_n$ . Яку речовину можна використати для виробництва композитів?



### ЦІКАВО ЗНАТИ

- Катіони Аргентуму ( $\text{Ag}^+$ ) здійснюють бактерицидну дію в мізерно малих концентраціях. Це пояснюється тим, що вони втручаються в життєдіяльність мікробів, заважаючи роботі ферментів. Вони здатні з'єднуватися з цистеїном (амінокислотою, що входить до складу ферменту), порушуючи його нормальну дію. Досліджено, що хвороботворні бактерії гинуть у воді, якщо вміст у ній катіонів Аргентуму становить  $10^{-9}$  г/л. Така концентрація створюється, якщо у воду внести срібний предмет. Вода, настояна на сріблі, як завгодно довго зберігається.



## § 36. ЖІНКИ В ХІМІЧНІЙ НАУЦІ

Матеріал цього параграфа допоможе вам зрозуміти, що у творенні хімічної науки важливу роль відіграють жінки-хіміки. Це всесвітньовідомі вчені, а їхні відкриття становлять неоціненний внесок у розвиток хімії.

В історії розвитку хімічної науки відоме ім'я американки **Елізабет Фулхем**, яка у XVIII ст. проводила дослідження з осадження золота й срібла на шовкових тканинах, використовуючи різні відновники. Результати цих досліджень вона опублікувала в праці «Розмірковування про горіння». Була обрана член-кореспондентом хімічного товариства у Філадельфії.

**Марсе Джейн** (1769–1858) — авторка популярного в Європі та Америці підручника «Бесіди про хімію», у якому опубліковано її дослідження. Під іменем авторки книжка перевидана аж після 30 років від написання. Крім цієї нею видано ще 31 книжку про хімію в науково-популярному стилі.

**Мейтнер Ліза** (1878–1968) — німецька вчена-фізик і радіохімік. Після закінчення Віденського університету в 1906 р. отримала ступінь доктора фізики. Через рік переїхала до Берліна, щоб вивчати хімію в Інституті кайзера Вільгельма під керівництвом М. Планка. У співпраці з хіміком О. Ганом відкрила ізотоп хімічного елемента Проактинію. Після відкриття нейтрона їй уперше вдалося розщепити атомне ядро Урану на ядра Барію та Криптону. Під час цієї реакції виділялося







декілька нейтронів і велика кількість енергії. Сенсацію викликала її заява про те, що процес ядерного поділу може спричинити ланцюгову реакцію, яка супроводжується великими викидами енергії. Дослідження вченої заклали підвалини для розробки ядерної бомби, але працювати над її створенням вона категорично відмовилася. На її честь названо 109-й хімічний елемент періодичної системи — Майтнерій, що увіковічнив ім'я вченої.



**Жоліо-Кюрі Ірен** (1897–1956) — французька вчена, старша донька М. Склодовської-Кюрі. Після закінчення Сорбоннського університету працювала в Інституті радію, який очолювала її мати. Самостійні дослідження, пов'язані з вивченням радіоактивного Полонію, почала проводити в 1921 р. У 1925 р. за дослідження  $\alpha$ -частинок І. Кюрі присуджено докторський ступінь. У 1926 р. вийшла заміж за асистента Інституту радію Ф. Жоліо. Працюючи разом, подружжю вдалося отримати багато нових радіоактивних елементів. У 1935 р. І. Жоліо-Кюрі та Ф. Жоліо спільно була присуджена Нобелівська премія з хімії «за виконаний синтез нових радіоактивних елементів».

**Переї Маргарита** (1909–1975) — французька вчена-радіохімік, послідовниця М. Склодовської-Кюрі. Закінчивши Паризький університет, з 1929 р. працювала в Інституті радію в Парижі. З 1949 р. — професор Страсбурзького університету, а з 1958 р. — директор відділу ядерної хімії Центру ядерних досліджень у Страсбурзі. Член Паризької академії наук з 1962 р. Відкрила (1939) ізотоп нового хімічного елемента, який назвала «Активієм К». Пізніше вчена встановила, що цей елемент є елементом № 87, передбаченим Д. Менделєєвим, і запропонувала назвати його Францієм (Fr).



**Ходжкін Кроуфут Дороті** (1910–1994) — британська вчена-біохімік. Предметом її наукового інтересу були кристали стеролів, які вона досліджувала в Кембриджському університеті з видатним фізиком Дж. Берналом. Переїхавши в Сомервілл і придбавши рентгенівський апарат, Дороті продовжила аналіз стеролів. У 1937 р. вона отримала докторський ступінь і вийшла заміж за Т. Ходжкіна. Після Другої світової війни розпочала дослідження пеніциліну — антибіотика, відкритого в 1928 р. А. Флемінгом. У 1957 р. вчена визначила структуру вітаміну  $B_{12}$ , а в 1964 р. отримала Нобелівську премію з хімії. Через 5 років установила структуру інсуліну. За плідну працю удостоєна численних нагород.





**Кузнецова Райхана Валіуллівна** (1946 р. н.) — хімік-органік, віце-президент Академії наук Республіки Башкортостан (2011), академік АН РБ (2012), доктор хімічних наук (1989), професор (1991). Працює в галузі синтетичної органічної хімії, досліджує металокомплексний каталіз і хімічну модифікацію природних біополімерних матеріалів. Є автором і співавтором понад 360 наукових праць, з них 124 патенти, 10 монографій, 9 навчальних посібників і підручник.

**Йонат Ада** (1939 р. н.) — ізраїльська вчена-кристаллограф. У 1964 р. отримала ступінь магістра наук у Єрусалимському Єврейському університеті. У 1968 р. за рентгеноструктурні дослідження здобула докторський ступінь в Інституті Вейцмана в м. Реховоті. Лауреат Нобелівської премії з хімії за 2009 р. спільно з В. Рамакрішнаном і Т. Стейцем «за дослідження структури та функції рибосоми», що розкрила вплив антибіотиків на рибосому та механізми опору організму антибіотикам. Нині очолює Центр біомолекулярної структури ім. Елен і Мілтона Кім-мельман при Інституті Вейцмана в м. Реховоті.



Коротко згадаємо про українських жінок-хіміків, дослідження яких є вагомим внеском у розвиток хімічної науки.



**Бодак Оксана Іванівна** (1942–2005) — учена-кристаллограф. Закінчивши в 1964 р. хімічний факультет Львівського національного університету ім. Івана Франка, працювала викладачем на кафедрі неорганічної хімії. Пройшла шлях від асистента, доцента, професора (1984) до завідувача кафедри (1989). У 1970 р. захистила кандидатську дисертацію у Львові, а в 1984 р. — докторську в Києві з теми «Взаємодія рідкісноземельних металів у потрійних системах». Особливо цінною є ініціатива вченої-хіміка в налагодженні наукової співпраці зі спорідненими науковими установами багатьох країн. Унесена до книги «Жінки України».

**Цебренько Марія Василівна** (1940 р. н.) — учена-хімік. У 1968 р. захистила кандидатську, а в 1985 р. — докторську дисертації. Наукові інтереси та досягнення — розробка теоретичних основ і нових технологій в отриманні надтонких синтетичних волокон і фільтрувальних матеріалів. З 1988 р. працює професором кафедри технології полімерів і хімічних волокон КТІЛП. Учена є автором більше ніж 300 статей, 2 монографій, 80 патентів та авторських свідоцтв. За досягнення в науці Американ-





ський біографічний інститут присудив їй звання «Жінка 2000 року». У 2002–2005 рр. — звання «Провідний інтелектуал світу», у 2006 р. — «Велика жінка XXI століття».

**Григор'єва Ганна Савівна** (1949 р. н.) — учена-хімік, доктор хімічних наук, винахідниця. Після закінчення Київського університету працювала інженером, аспірантом, молодшим, а потім старшим науковим співробітником Інституту фізичної хімії НАН України. З 1993 р. — головний науковий співробітник Інституту фармакології та токсикології НАМН України, нині — заступник директора з наукової роботи. Дослідження пов'язані з біонеорганічною хімією. Їй належить створення нових класів синтетичних фармакологічних засобів. Вони стали основою для розробки нових лікувальних препаратів, зокрема «Антраль» і «Ліолів». Є автором понад 120 публікацій, зокрема 1 монографії, 27 патентів. Брала участь у ліквідації наслідків Чорнобильської аварії. У 1997 р. зареєстровано її нове відкриття — «спосіб одержання ліпосомальної композиції, що має антиоксидантну гепатозахисну дію».

**Мешкова-Клименко Наталія Аркадіївна** (1938 р. н.) — учена-хімік, професор Київського політехнічного інституту (нині Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»). Дослідження стосуються колоїдної хімії поверхнево-активних речовин у водних розчинах і на поверхні розподілу фаз; охорони й раціонального використання водних ресурсів; технології очищення природних і стічних вод; одержання, реактивації та застосування активованого вугілля у водопідготовці. Вона є автором 215 наукових публікацій, зокрема 5 монографій, 30 авторських свідоцтв і патентів. Підготувала 14 кандидатів і 3 докторів наук.

Серед жінок хімічної науки відомі імена: **Лопато Лідії Михайлівни** — ученої-хіміка, доктора хімічних наук; **Проценко Лори Дмитрівни** — ученої-хіміка, винахідниці в галузі фармакології; **Соломко Зінаїди Пилипівни** — доктора хімічних наук, професора; **Штокало Мирослави Йосипівни** — ученої-хіміка, доктора хімічних наук, академіка Академії інженерних наук України та Нью-Йоркської академії наук.

І це далеко не весь перелік учених серед жіноцтва, які самовіддано працювали й працюють в університетах, науково-дослідних інститутах і лабораторіях, на виробництві, яким завдячує хімічна наука та промисловість. Шукайте та відкривайте нові імена, рівняйтеся на їхню неоціненну працю для свого народу.



### НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЕКТ

- I. Оберіть самостійно тему навчального проекту з переліку тем, запропонованих програмою.
  1. Найважливіші хімічні виробництва органічної хімії в Україні.
  2. Доцільність і шкідливість біологічно активних добавок.
- II. Виконайте навчальний проект, спланувавши етапи його реалізації.
- III. Проведіть презентацію проекту.

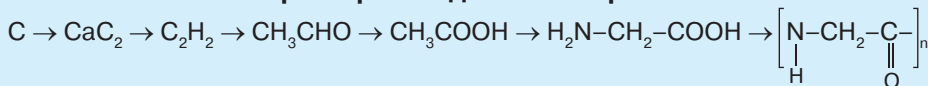




**ПОВТОРЮЄМО Й УЗАГАЛЬНЮЄМО ТЕМУ 6**  
**«БАГАТОМАНІТНІСТЬ ТА ЗВ'ЯЗКИ МІЖ КЛАСАМИ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН»**

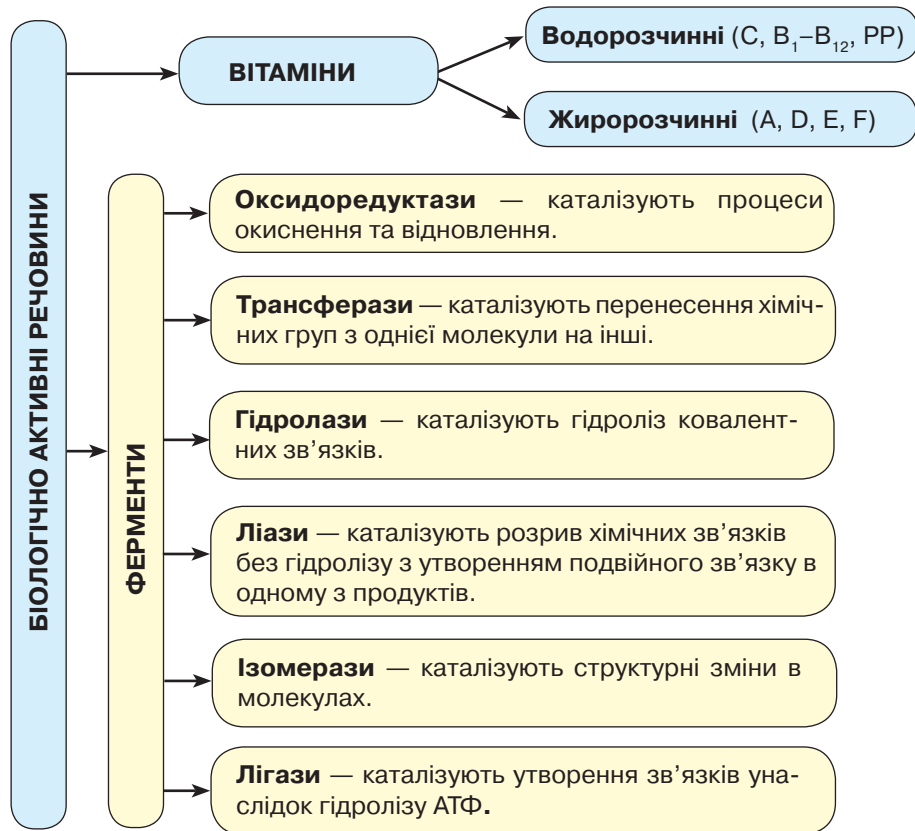
**ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН**

Полягає в перетворенні одних класів речовин на інші:



**ПРИЧИНИ БАГАТОМАНІТНОСТІ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН**

(див. рис. 78, с. 157)

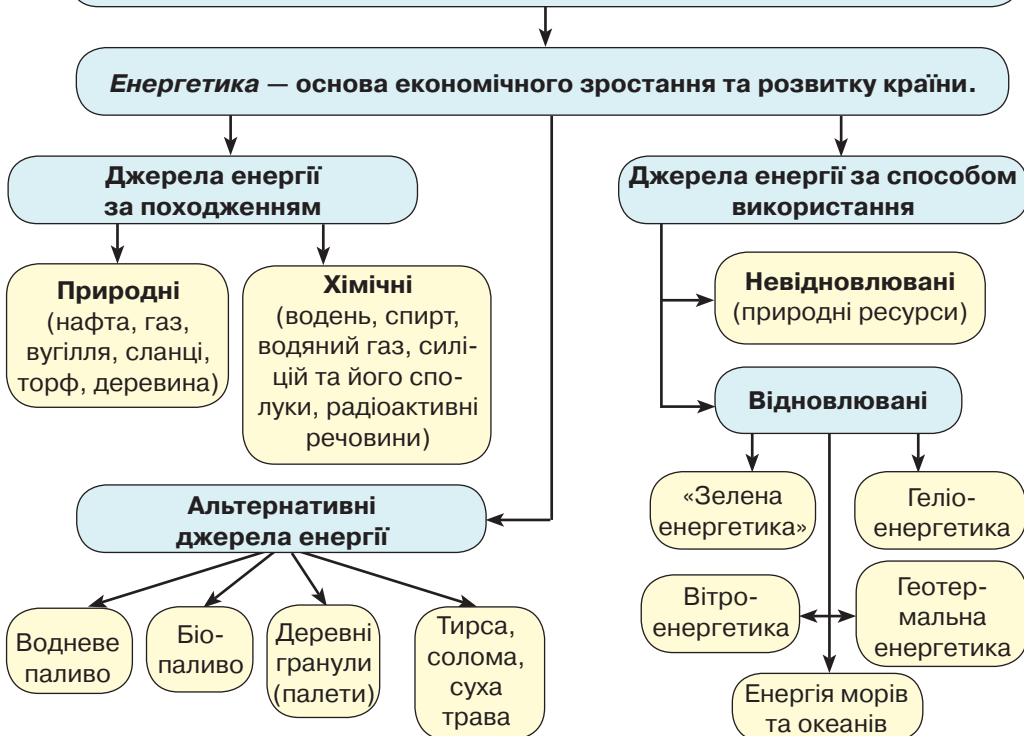




## РОЛЬ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ В РОЗВ'ЯЗАННІ СИРОВИННОЇ ПРОБЛЕМИ



## РОЛЬ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ В РОЗВ'ЯЗАННІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ПРОБЛЕМИ





## РОЛЬ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ В РОЗВ'ЯЗАННІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ ПРОБЛЕМИ

Щоб задовольнити дедалі більші потреби в продуктах харчування, хімія має створити умови для підвищення врожайності сільськогосподарських угідь і продукції тваринництва.

### ХІМІЯ – СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВУ

Органічні добрива

Виробництво хімічних засобів захисту рослин і тварин

Виробництво стимуляторів росту рослин і тварин

Виробництво штучних кормів

### ХІМІЯ ЯК ДЖЕРЕЛО ЇЖИ

**Їжа** — комплекс органічних речовин: вуглеводів, жирів, білків, вітамінів, які забезпечують усі життєво важливі потреби організму.

#### Вуглеводи

Потужне джерело енергії та поживних речовин. Використовують для роботи м'язів, кори головного мозку, біосинтезу інших речовин.

#### Жири

Енергетичний та будівельний засіб. Містять вітаміни, запашні речовини, барвники. Забезпечують енергетику м'язів, підтримують постійну температуру тіла.

#### Білки

Найважливіший компонент їжі. Є будівельним і регенеративним матеріалом, тобто білки замінюють усі відмерлі клітини органів. Білки-ферменти регулюють усі хімічні процеси.

#### Вітаміни

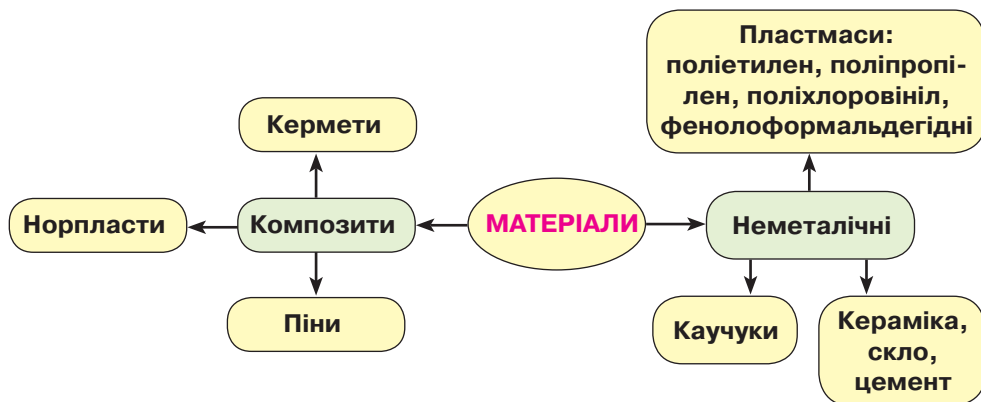
Біологічно активні речовини, незамінні для організму. Разом із вуглеводами, жирами і білками забезпечують його життєдіяльність.

**Рациональне харчування є умовою здорового способу життя та ощадливого використання продуктів харчування. У раціоні співвідношення маси білків, жирів і вуглеводів має становити відповідно 1 : 1 : 4.**



**РОЛЬ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ В СТВОРЕННІ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Матеріали** — речовини, які використовують для виготовлення фізичних тіл, предметів для вжитку чи виробництва.



## ВІДПОВІДІ ДО ЗАВДАНЬ І РОЗРАХУНКОВИХ ЗАДАЧ

§ 1. 6. Б. 7. А 3. Б 4. В 1. Г 2. 8. А. 9. В. 10. В.

§ 2. 1. А 2. Б 3. В 1. 2. А 3. Б 4. В 2. Г 1. 3. Г. 4. А. 5. А. 6. Б. 7. 20,16 л  $\text{CO}_2$ ; 21,6 г  $\text{H}_2\text{O}$ ; 0,3 моль гліцеролу.

§ 3. 1. А 4. Б 3. В 2. Г 1. 2. А 4. Б 1. В 2. Г 3. 4. Б. 6. 30 г  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ; 37,8 г  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$ .

§ 4. 5. 5,88 л; 0,2625 моль  $\text{O}_2$ . 6. 50 г. 7. 66,14 %  $\text{C}_2\text{H}_4$ ; 33,86 %  $\text{C}_2\text{H}_6$ .

§ 5. 4. А 3. Б 1. В 2. 5. 60;  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . 7. 20 л  $\text{O}_2$ , 100 л повітря. 8. 50 %  $\text{C}_2\text{H}_2$  і 50 %  $\text{CH}_4$ . 9. 11,6 л.

§ 6. 1.  $\text{C}_3\text{H}_8$ . 2.  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . 3.  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ . 4.  $\text{C}_2\text{H}_4$ , етен. 5.  $\text{C}_6\text{H}_6$ . 6.  $\text{C}_2\text{H}_2$ , етин,  $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ .

§ 7. 1. В. 2. А. 3. Б. 4. В, Г. 5.  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ . 6. 448 л  $\text{Cl}_2$ ; хлорометан, гідроген хлорид. 7. 57 г; 0,5 моль. 8.  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ .

§ 8. 7. 224 г  $\text{C}_2\text{H}_4$  і 179,2 л  $\text{H}_2$ . 8.  $\text{C}_4\text{H}_6$ , бутин.

§ 9. 1.  $\text{C}_9\text{H}_{20}$ , нонан. 2. а)  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  і  $\text{C}_8\text{H}_{16}$ ; б)  $\text{C}_5\text{H}_8$  і  $\text{C}_9\text{H}_{16}$ . 3.  $\text{C}_2\text{H}_4$ . 4.  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ . 5.  $\text{C}_3\text{H}_8$ , пропан. 6.  $\text{C}_3\text{H}_6$ , пропен. 7.  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , бутан. 8.  $\text{C}_4\text{H}_6$ , бутин.

§ 10. 6. 151,6 л. 7. 58,2 кг, гексахлороциклогексан. 8.  $\text{C}_6\text{H}_6$ . 9. 336 л.

§ 11. 1.  $\text{C}_4\text{H}_8$ . 2.  $\text{C}_2\text{H}_4$ . 3.  $\text{C}_5\text{H}_8$ .

§ 12. 6. Б.

§ 13. 5. А 3. Б 4. В 1. Г 2. 6. В. 7.  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$ . 8. 246 г  $\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$ ; 36 г  $\text{H}_2\text{O}$ . 9. 8,8 г  $\text{CH}_3\text{COH}$ ; 12,8 г  $\text{Cu}$ ; 3,6 г  $\text{H}_2\text{O}$ .

§ 14. 5. 15,68 л  $\text{O}_2$ ; 13,44 л  $\text{CO}_2$ . 6. 189,6 г солі; 40,32 л  $\text{H}_2$ . 7.  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_3$ .

§ 15. 1. В. 2. В. 3. Г. 5. 66 г. 6. 56,4 %  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ; 43,6 %  $\text{C}_6\text{H}_6$ .

§ 16. 6. 8,8 г. 7. 59,73 л  $\text{HCHO}$ ; 120 г  $\text{H}_2\text{O}$ . 8.  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ .

§ 17. 9. 180 г. 10. 24,6 г; натрій етанат. 11. 847,05 г.

§ 18. 1. 7,5 %. 2. 0,8 м<sup>3</sup>. 3. 4,6 г; 0,1 моль. 4. 39,375 г  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ ; 12,775 г  $\text{HCl}$ . 5. 213 г  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg}$ ; 33,6 л  $\text{H}_2$ . 6. 25 % домішок; 222 г  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

§ 19. 6. 12 г. 7. По 115 кг кожної сполуки. 8. 230 г  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ ; 2400 г  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOK}$ .

§ 20. 5. 31,36 л. 6. 72 г  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ; 8,96 л  $\text{H}_2$ . 9. 2,63 т.

§ 21. 8. 7,2 г. 9. 360 кг.

§ 22. 5. 100,8 л  $\text{O}_2$ ; 504 л повітря. 6. 14,2 г; 2,4,6-трибromoанілін. 7.  $\text{C}_2\text{H}_5-\text{NH}_2$ .

§ 23. 5. 28 г  $\text{NaOH}$ ; 77,7 г  $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COONa}$ . 6.  $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$ .

§ 24. 6. 44,5 г; 29,25 г  $\text{NaCl}$ . 7. 45,5 % амінопропанова; 55,5 % пропанова.

§ 25. 7. 13,4 м<sup>3</sup>. 8. 17,92 м<sup>3</sup>.

§ 26. 5. 62 кг. 6. 13,25 т. 7. 2,99 г  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ; 0,94 г  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ; 21,07 г  $\text{C}_6\text{H}_6$ .

§ 27. 4. В. 5. 44 250. 6. 216 кг. 7. 360,62 кг.

§ 28. 4. 63,71 %. 5. 270 кг. 6. 12,39 % N; 14,16 %  $\text{O}_2$ . 8. В. 9. Г. 10. А 2. Б 3. В 1. Г 5.

§ 30. 4. 40,9 % C, 4,55 % H.

§ 31. 5. Б. 6. 90 %.

§ 32. 7. 224 л; 440 г.

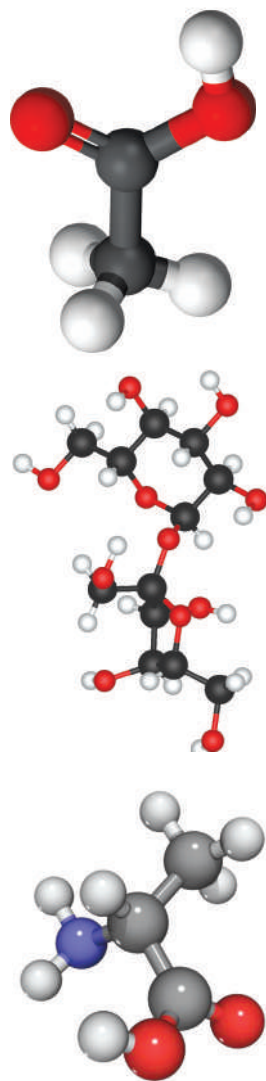
§ 34. 5. 2,5 г; 50 доз.



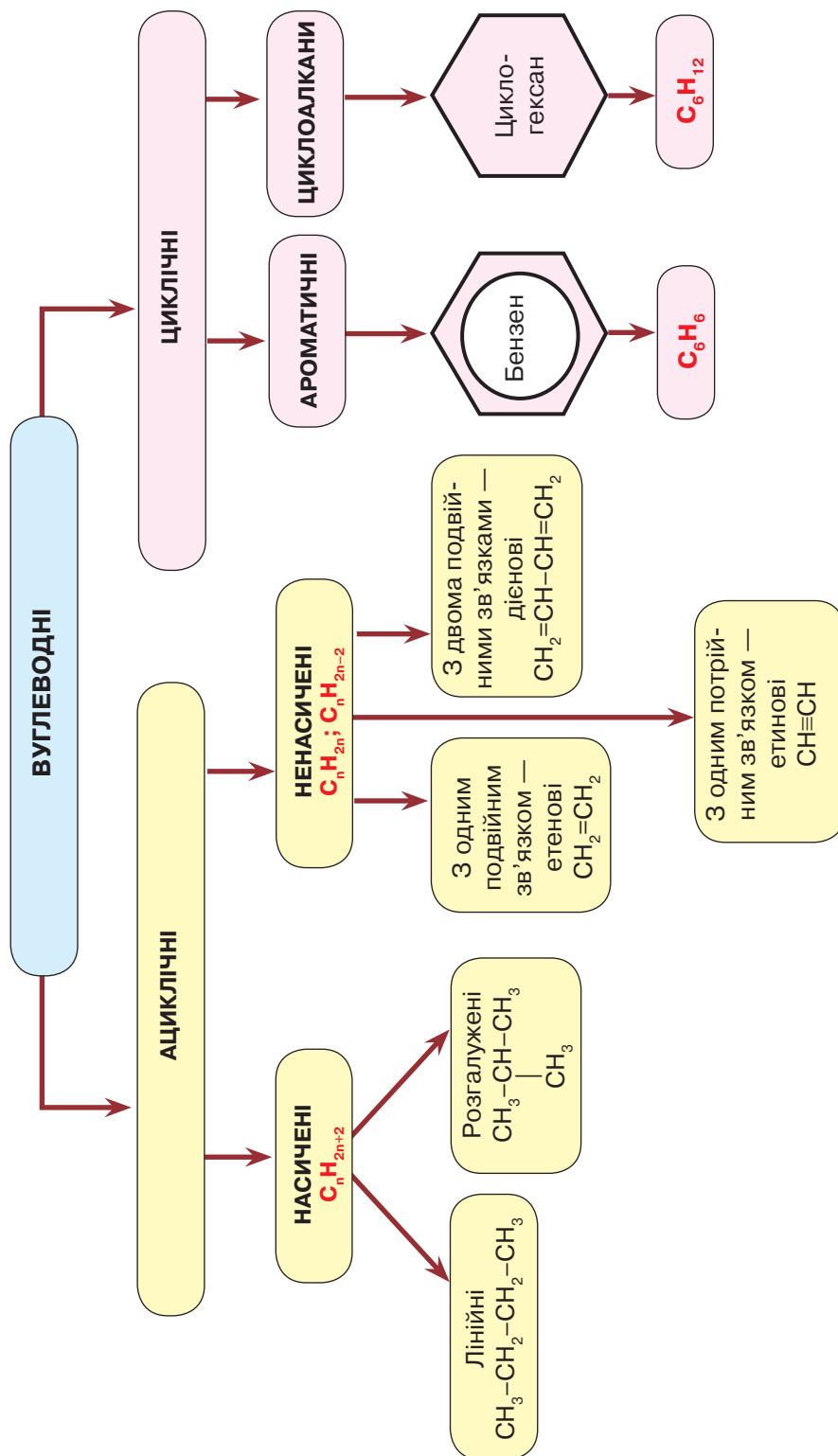


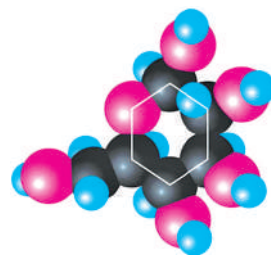
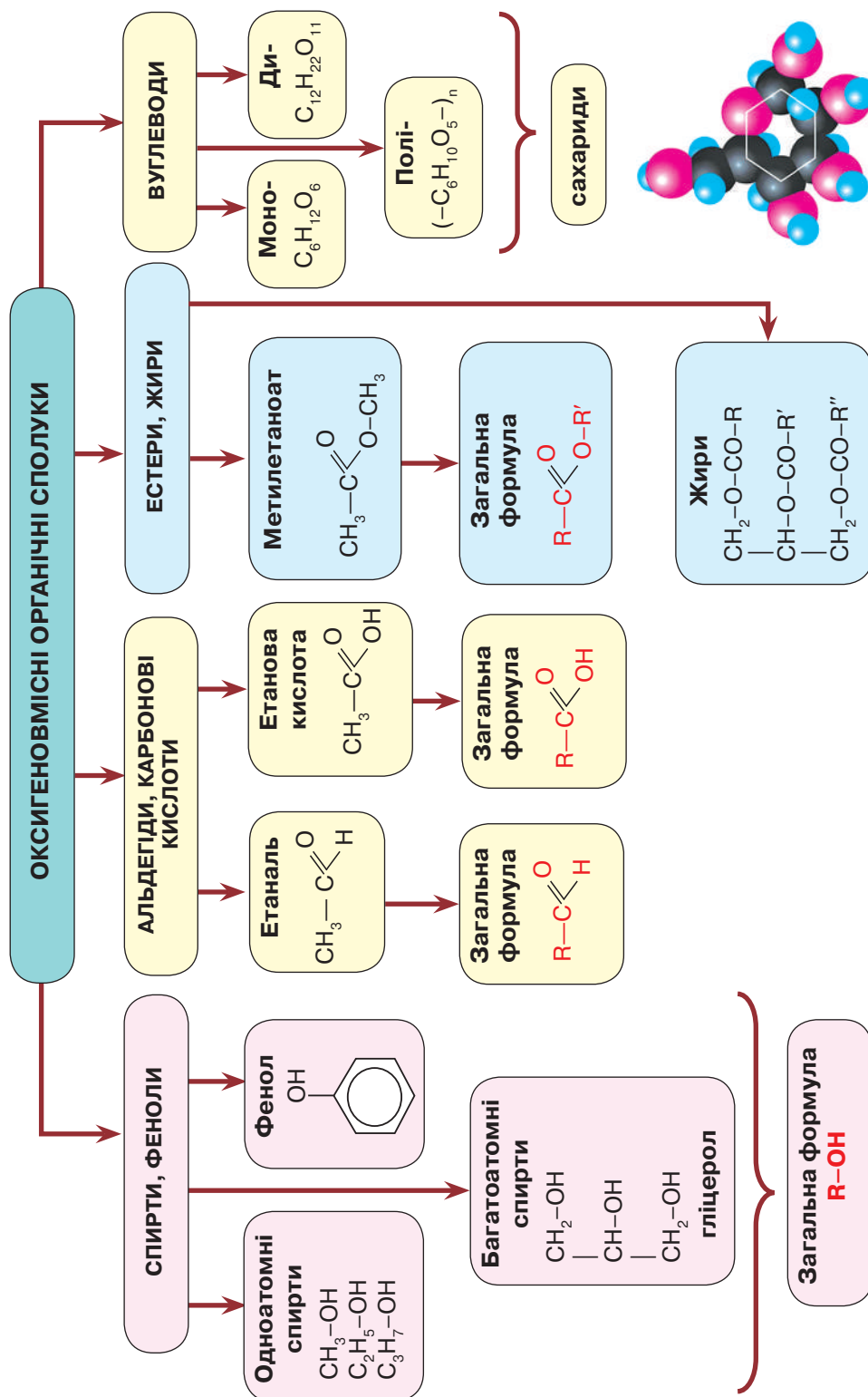
## ВІДНОСНІ МОЛЕКУЛЯРНІ МАСИ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

	-OH	-C(=O)H	-C(=O)OH	-C(=O)O-C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	-NH <sub>2</sub>	-NO <sub>2</sub>	-Br	-Cl	-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>
-H	1	30	46	74	17	-	81	36,5	78
-CH <sub>3</sub>	17	44	60	88	31	-	95	50,5	92
-C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	29	58	74	102	45	-	109	64,5	106
-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	43	60	72	88	-	-	123	78,5	-
-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	77	-	122	-	93	123	157	112,5	-
-C <sub>17</sub> H <sub>35</sub>	239	-	284	-	-	-	-	-	-
-C <sub>17</sub> H <sub>33</sub>	237	-	282	-	-	-	-	-	-
$\begin{array}{c}   \\   \\ \text{O} \\   \\ \text{O} \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \\ \text{O} \end{array}$	89								
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	180								
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78								
(-C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> -)	162								
H <sub>2</sub> N-CH <sub>2</sub> -COOH	75								



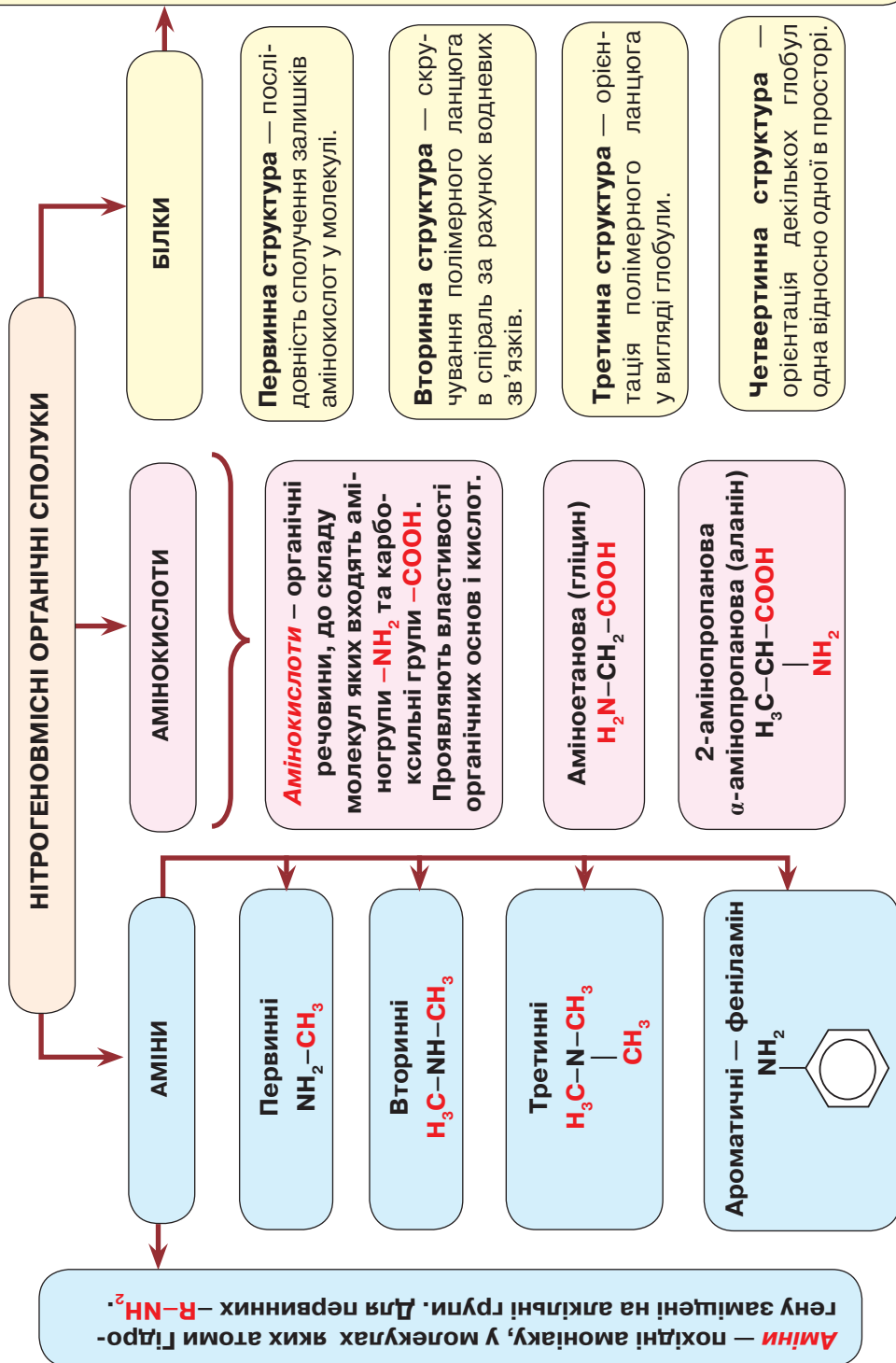
## КЛАСИФІКАЦІЯ ВУГЛЕВОДНІВ





**Білки** — природні полімери, мономерами яких є залишки амінокислот.

КЛАСИФІКАЦІЯ НІТРОГЕНОВІСНИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК



# ЯКІСНІ РЕАКЦІЇ НА ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ

Речовини	Реактив	Ознаки. Рівняння реакції
Етен, етин (ненасичені сполуки)	Розчин бромну ( $\text{Br}_2$ ) у воді — бромна вода	Знебарвлення бромної води внаслідок реакції приєднання. $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \parallel \\ \text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2-\text{Br} \\   \\ \text{CH}_2-\text{Br} \end{array}$
Бензен	Нітратна кислота за наявності концентрованої сульфатної	Жовтувата рідина із запахом гіркою мигдалю. $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HO}-\text{NO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5-\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ нітробензен
Фенол	«Бромна вода»	Випадання білого осаду. $\text{C}_6\text{H}_5-\text{OH} + 3\text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})(\text{Br})_3 + 3\text{HBr}$ 2,4,6-трибромфенол
Гліцерол	Свіжоодержаний купрум(II) гідроксид	Утворюється яскраво-синій розчин купрум(II) гліцерату.
Альдегіди	Амоніачний розчин аргентум(I) оксиду Свіжоодержаний купрум(II) гідроксид	Реакція «срібного дзеркала». $\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{array} + \text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}^+} \text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} + 2\text{Ag} \downarrow$ Утворюється червоний осад $\text{Cu}_2\text{O}$ . $\text{C}_2\text{H}_5-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{array} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{H}^+} \text{C}_2\text{H}_5-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} + \text{Cu}_2\text{O} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
Карбонові кислоти	Розчин лакмусу або метилового оранжевого	Забарвлення змінюється на червоне. $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$
Глюкоза	Свіжоодержаний купрум(II) гідроксид (без нагрівання)	Див. гліцерол і альдегіди. Проявляє подвійну хімічну природу.
Крохмаль	Спиртовий розчин йоду	Поява темно-синього забарвлення.
Білок	1. Свіжоодержаний купрум(II) гідроксид 2. Концентрована нітратна кислота	Поява фіолетово-червоного забарвлення (біуретова реакція). Поява жовтого забарвлення (ксантопротеїнова реакція).



## ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

### А

**Авітаміні́з** — хронічна нестача певного вітаміну або мінеральної речовини в організмі людини.

**Адсорб́ція** — поглинання газів, пари або рідин поверхневим шаром твердого тіла чи рідини.

**Алка́ни** — насичені вуглеводні гомологічного ряду метану, що мають загальну формулу  $C_n H_{2n+2}$ .

**Алкано́ли** — назва насичених одноатомних спиртів за номенклатурою IUPAC.

**Алке́ни** — вуглеводні із загальною формулою  $C_n H_{2n}$ , у молекулах яких між атомами Карбону є один подвійний зв'язок.

**Алки́ни** — вуглеводні із загальною формулою  $C_n H_{2n-2}$ , у молекулах яких між атомами Карбону є один потрійний зв'язок.

**Альдегі́ди** — органічні речовини, до складу яких входить альдегідна група  $-CHO$ , сполучена з алкільним радикалом.

**Амі́ни** — похідні амоніаку, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на алкільні (вуглеводневі) радикали.

**Аміногру́па** — група атомів  $-NH_2$ .

**Амінокисло́ти** — органічні речовини, до складу молекул яких входять аміногрупи  $-NH_2$  й карбоксильні групи  $-COOH$ .

**Амфоте́рність** — здатність речовин проявляти подвійні хімічні властивості (основні та кислотні).

**Анілі́н** — ароматичний амін складу  $C_6H_5NH_2$ .

**Антибіо́тики** — речовини природного або синтетичного походження, які пригнічують розвиток бактерій або вбивають їх.

**Аре́ни** — ароматичні вуглеводні.

### Б

**Багатоа́томні спирті́** — органічні речовини, до складу молекул яких входять дві або більше гідроксильні групи, зв'язані з алкільним радикалом.

**Бактерици́ди** — органічні речовини, що захищають рослини від збудників хвороб — бактерій.

**Барвни́ки** — речовини, що надають забарвлення.

**Бензе́н** — ароматичний вуглеводень, молекулярна формула якого  $C_6H_6$ .

**Білки́** — природні полімери, мономерами яких є залишки амінокислот.

**Біологі́чно активні речови́ни** — речовини, які містяться в організмі в невеликих кількостях, але проявляють високу активність і впливають на різні біологічні процеси.

**Біома́са** — загальна кількість живої речовини в певній екосистемі.

**Біопа́ливо** — відновлюване паливо, виготовлене з рослинної сировини.

**Біостимуля́тори** — штучні й синтетичні аналоги природних стимуляторів росту.

**Броді́ння** — біохімічний процес розкладу вуглеводів, що відбувається під впливом мікроорганізмів або ферментів.

### В

**Вітамі́ни** — життєво необхідні біологічно активні речовини.

**Водне́ вий зв'язок** — електростатична взаємодія між молекулами за участю атомів Гідрогену.



**Воло́кна** — матеріали, що складаються з довгих і тонких ниток, виготовлених із природних або синтетичних полімерів.

**Вуглеводи** — органічні речовини, склад молекул яких виражають загальною формулою  $C_n(H_2O)_m$ .

## Г

**Герби́циди** — органічні речовини, засоби боротьби з бур'янами.

**Гідрата́ція** — приєднання води до молекул органічних сполук.

**Гідрати́** — продукти гідратації.

**Гідролі́з** — реакція обміну між деякими сполуками й водою.

**Гідроксі́льна гру́па** — характеристична група спиртів.

**Гідрува́ння** — приєднання водню за місцем кратних зв'язків.

**Гіпервітаміно́з** — хвороби, що виникають при надмірному надходженні вітамінів в організм людини.

**Гліце́рбл** — триатомний спирт.

**Глюко́за** — моносахарид, хімічна формула якого  $C_6H_{12}O_6$ .

**Гомологи́** — речовини, подібні за будовою та властивостями, але відрізняються одна від одної за складом молекул на одну чи кілька груп атомів  $CH_2$ .

**Гу́ма** — вулканізований каучук.

## Д

**Дегідрата́ція** — реакція відщеплення води від молекули органічної сполуки.

**Дегідрува́ння** — реакції відщеплення водню від молекул органічних сполук.

**Денатура́ція** — руйнування білкової молекули до первинної структури.

**Дисоціа́ція** — розклад молекул на простіші молекули, атоми, атомні групи або йони.

**Дипепти́д** — продукт реакції поліконденсації двох амінокислот.

## Е

**Ебоні́т** — вулканізований каучук, у складі якого вміст сірки перевищує вміст гуми (25–40 %).

**Етана́ль** — альдегід, до складу молекули якого входить характеристична група  $-CHO$ , сполучена з алкільним радикалом  $-CH_3$ . Молекулярна формула  $CH_3-CHO$ .

**Ета́нова кислота́** — представник насичених одноосновних карбонових кислот, молекулярна формула якого  $CH_3-COOH$ .

**Етано́л** — представник насичених одноатомних спиртів складу  $C_2H_5OH$ .

**Есте́ри** — похідні вуглеводнів, молекули яких містять естерну групу  $-COOR$ .

**Есте́рифіка́ція** — реакції утворення естерів між карбоновими кислотами й спиртами.

## Ж

**Жири́** — естери гліцеролу та вищих карбонових кислот.

## З

**Збалансо́ване харчува́ння** — харчування з оптимальним поєднанням харчових продуктів та їхніх компонентів (білків, жирів, вуглеводів).

**Зв'язо́к:**

• **генети́чний** — зв'язок між органічними речовинами, що проявляється в перетвореннях одних класів речовин на інші;

• **одина́рний** — ковалентний зв'язок на основі спільної електронної пари;

• **подвійний** — ковалентний зв'язок на основі двох спільних електронних пар;

• **потрійний** — ковалентний зв'язок на основі трьох спільних електронних пар.



## I

**Ізомéри** — речовини, що мають однаковий склад молекул, але різну хімічну будову, а отже, і властивості.

**Ізомéрія** — явище утворення речовин з однаковим складом молекул, але різним розміщенням атомів.

**Індика́тор** — речовина, що змінює забарвлення в кислотному або лужному середовищі та сприяє визначенню хімічної природи цієї речовини.

**Інсектици́ди** — отрутохімікати, за допомогою яких знищують комах.

**ІЮПАК (IUPAC)** — Міжнародний союз теоретичної та прикладної хімії; затверджує хімічну термінологію та номенклатуру (систему назв).

## Й

**Йони** — заряджені частинки, на які перетворюються атоми або групи атомів, коли втрачають або приєднують електрони.

**Йонні ре́акції** — реакції між йонами.

## К

**Карбо́нові кислоти́** — органічні речовини, до складу молекул яких входить одна або кілька карбоксильних груп  $-\text{COOH}$ .

**Карбо́ксильна гру́па** — група атомів  $-\text{COOH}$ , яка складається з карбонільної групи  $>\text{C}=\text{O}$  й гідроксильної  $-\text{OH}$ .

**Каталіза́тор** — речовина, що впливає на швидкість хімічної реакції, але сама при цьому не витрачається.

**Класифіка́ція** — система поділу предметів, явищ, речовин, понять на класи за спільними ознаками.

**Композі́т** — матеріал, у якому поєднуються два або більше компонентів, що має кращі властивості, ніж у кожного з них окремо.

**Компетéнція** — коло питань, з якими людина добре обізнана.

**Компостува́ння** — спосіб використання органічних добрив, основою якого є переробка їжі на добрива або ґрунтові добавки.

**Консерва́нт** — антисептична речовина, яка забезпечує зберігання харчових продуктів тривалий час.

**Крохма́ль** — природний полімер, склад якого відображає формула  $(-\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5-)_n$ , а молекули мають лінійну та розгалужену будову.

## М

**Макромоле́кула** — молекула, що має високу молекулярну масу та складається із залишків відповідного мономера.

**Матеріа́ли** — речовини, які використовують для виготовлення фізичних тіл, предметів для вжитку чи виробництва.

**Мета́н** — перший представник гомологічного ряду алканів.

**Мила́** — натрієві та калієві солі вищих карбонових кислот.

**Мономе́р** — низькомолекулярна речовина, що вступає в реакції полімеризації та поліконденсації з утворенням високомолекулярної речовини (полімеру).

## Н

**Наповнювачі** — речовини (матеріали), які не змінюють властивостей полімеру або змінюють його, надаючи інших потрібних якостей.

**Нітроге́новмісні органі́чні сполу́ки** — органічні речовини, до складу молекул яких, крім Карбону, Гідрогену та Оксигену, входять атоми Нітрогену.





**Номенклатура органічних сполук** — назви сполук Карбону, утворених за відповідною системою принципів і правил з використанням термінологічних понять.

**Норпласти** — композити, основою яких є полімери, а наповнювачі різні.

## О

**Оксигеновмісні органічні сполуки** — органічні речовини, до складу молекул яких, крім Карбону й Гідрогену, входять атоми Оксигену.

**Олії** — рідкі жири.

**Омілення** — реакція лужного гідролізу жиру.

**Органічні речовини** — сполуки Карбону.

## П

**Парафіни** — традиційна назва алканів.

**Піни** — композитні матеріали, наповнені газами.

**Піноутворювачі** — речовини (гази) для надання пористості.

**Пластифікатори** — речовини, що надають більшої еластичності.

**Пластмаси** — матеріали на основі природних або синтетичних полімерів, штучно створені людиною.

**Поліетилén** — продукт полімеризації етену (етилену).

**Поліконденсація** — реакція, унаслідок якої крім високомолекулярної речовини утворюється низькомолекулярний продукт (вода).

**Полімери** — природні, штучні та синтетичні високомолекулярні сполуки, до складу молекул яких входять мономерні ланки, що повторюються багато разів.

**Полімеризація** — реакція утворення високомолекулярних сполук (полімерів) з низькомолекулярних (мономерів).

## Р

**Реакції:**

• **розкладу** — реакції, під час яких з однієї складної речовини утворюються дві або більше простіші за складом речовини;

• **заміщення** — реакції між простою та складною речовинами, коли атоми простої речовини заміщають атоми в складній;

• **галогенування** — реакції взаємодії органічних речовин з галогенами;

• **ізомеризації** — реакції утворення ізомерів за нагрівання й участю каталізаторів.

**Регенерація** — відновлення попереднього складу й будови речовин.

**Рециклінг** — переробка пластмас і повторне їх використання.

**Рециркуляція** — багаторазове повне або часткове повернення потоку газів, рідких або твердих речовин у технологічний процес.

## С

**Сахарóза** — дисахарид, молекулярна формула якого  $C_{12}H_{22}O_{11}$  або  $C_{12}(H_2O)_{11}$ .

**Синтетичні органічні сполуки** — продукти синтетичної хімічної промисловості.

**Сировинá** — природні або синтетичні речовини (матеріали), які використовують для виробництва продукції в різних галузях суспільного виробництва.

**Спирті** — органічні речовини, до складу молекул яких входить одна або кілька гідроксильних груп  $-OH$ :

• **одноáтомні** — до складу яких входить одна гідроксильна група;

• **багатоáтомні** — до складу яких входять дві або більше гідроксильні групи.



**Сівполімер** — речовина, що бере участь у реакції полімеризації з іншою речовиною.  
**Стабілізатори** — речовини, що підвищують стійкість матеріалів (пластмаси, гуми тощо) до впливу температур, дії хімічних речовин.

**Стимулятори росту** — речовини, що позитивно впливають на ріст і розвиток рослин і тварин.

**Ступінь полімеризації** — число, що вказує на кількість мономерних ланок у полімері.

## Т

**Тверде мило** — натрієві солі вищих карбонових кислот.

**Термопластична пластмаса** — полімер, що розм'якшується й плавиться в певному діапазоні температур з утворенням в'язких рідин.

**Термореактивна пластмаса** — полімер, який під час нагрівання втрачає пластичність і форму та ніколи до неї не повертається після охолодження.

## У

**Утилізація** — використання речовин з певною користю.

## Ф

**Фармація** — галузь, що представляє науку про ліки.

**Фенол** — органічна речовина складу  $C_6H_5OH$ , що розглядається як похідна бензену, у молекулі якого один атом Гідрогену заміщений на гідроксильну групу  $-OH$ .

**Ферменти** — специфічні органічні каталізатори білкової природи, що регулюють біохімічні процеси в живих організмах.

**Фотосинтез** — процес синтезу органічної речовини з вуглекислого газу й води в зелених листках рослин на світлі.

**Фунгіциди** — органічні речовини, засоби профілактики й боротьби з грибовими захворюваннями рослин і тварин.

## Х

**Хімічний зв'язок** — зв'язок на основі взаємодії між частинками речовини (атомами, молекулами, йонами), унаслідок чого утворюються хімічно стійкі молекули чи кристали.

**Хімія** — наука про природу, що формує уявлення про наукову картину світу, роль речовин у розвитку природи, зв'язки між неорганічними й органічними речовинами та їхню роль у житті людини, допомагає зрозуміти єдність усіх процесів у природі.

## Ц

**Целюлоза** — природний полімер, склад якого відображає формула  $(-C_6H_{10}O_5-)_n$ , а молекули мають лінійну будову.

## Я

**Якісні реакції** — реакції, за допомогою яких розпізнають органічні речовини.



## ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

### А

Алкани 29, 31, 54, 59  
Алканолі 62  
Алкени 37, 54, 59  
Алкіни 37, 54, 59  
Альдегіди 76, 79, 87  
Альдегідоспирт 101, 158  
Аміни 112, 116, 196  
Аміногрупа 13, 112  
Аміноетанова кислота 13  
Амінокислоти 13, 118, 129, 196  
Амфотерність 13, 118, 120  
Анілін 114, 115, 129  
Антибіотики 175, 185  
Арени 45, 58  
Ароматизація 48  
Асоційовані молекули 63

### Б

Бактерициди 174  
Барвники 48, 116, 134  
Бензен 45, 49, 59  
Бензенове кільце 46, 72  
Білки 122, 130, 178, 196  
Біологічно активні речовини 159, 179  
Біомаса 168  
Біопаливо 169  
Біостимулятори 174  
Бісфенол А 139  
Біуретова реакція 124  
Бродіння 65, 102

### В

Відходи 56, 141, 165  
Вітаміни 160, 179, 188  
Вітроенергетика 170  
Водневе паливо 168  
Волокна 105, 108, 149–151  
Вуглеводи 99, 103, 177  
Вуглеводні 5, 7, 17, 28, 33, 59  
Вулканізація 145–146, 148

### Г

Галогенування 7, 33, 39, 46  
Гербіциди 54, 174  
Гідратація 38, 60, 65, 78  
Гідроліз 94, 102  
Гідрування 7, 34, 39, 47, 60, 94  
Гліцерол 8, 9, 67–69, 75  
Глюкоза 65, 99, 101, 102, 158, 177  
Гомологи 4, 5, 17, 36

Гомологічна різниця 5, 6, 62  
Гомологічний ряд 5, 36, 62, 77, 81, 157  
Група альдегідна 76

- гідроксильна 8, 10, 11, 83
- карбоксильна 10, 11, 81
- карбонільна 10, 11, 83
- функціональна 8, 10

Гума 146

Густина газів 42

### Д

Дегідратація 64  
Дегідрування 38, 48  
Декстрини 177  
Денатурація 123  
Джерела енергії 168, 170  
Дипептид 13, 120  
Дисахариди 99, 102  
Добрива мінеральні 172, 173

### Е

Ебоніт 146, 148  
Електронна пара неподілена 114  
Етаналь 64, 76–78  
Етанова кислота 10, 11, 78, 83  
Етанол 8, 9, 62, 65  
Етен 5–7, 36, 38, 134, 197  
Етин 5–7, 36, 38, 197

Естери 92

Естерифікація 84

### Ж

Жири 93, 98, 178

### З

Замісник 31  
Збалансоване харчування 180  
Зв'язок водневий 63, 66

- генетичний 56, 156, 158
- дисульфідний 122
- кратний 20, 37, 38, 133
- одинарний (простий) 20, 59, 157
- пептидний 14, 120–122, 150
- подвійний 20, 22, 59
- потрійний 20, 22, 59

Зооциди 54, 174

### І

Ізомери 18, 29, 158  
Ізомерія 18, 29, 37, 62, 82, 158  
Індикатори 10, 83, 114, 120  
Інсектициди 174



**К**

Карбонові кислоти 80–84, 94  
Каталізатор 32, 34, 38, 47, 64, 147, 162  
Каучуки 145–148  
Кермети 183  
Класифікації 5, 13, 21, 28, 61, 81, 94,  
128, 147, 149, 162  
Композит 183  
Компостування 173, 175  
Консервант 11  
Крохмаль 99, 104, 105, 177  
Ксантопротеїнова реакція 124

**Л**

Локанти 31

**М**

Макромолекула 104, 106, 133, 146  
Маркування пластмас 139  
Матеріали 183, 191  
Метан 5, 6, 165  
Метаналь 76  
Метанамін 113, 114  
Метанол 8, 9, 62, 65  
Мила 94, 165  
Моносахариди 99

**Н**

Наповнювачі 134, 137, 183  
Норпласти 183

**О**

Окиснення 32, 38, 64, 77, 85  
Олії 93, 94, 178  
Омилення 94, 98  
Органічні речовини 13, 21, 61, 156

**П**

Парафіни 29  
Пептиди 14, 120  
Пептидна група 14, 120  
Пестициди 54, 56, 173, 174  
Піни 183  
Піноутворювачі 134  
Пластифікатори 134  
Пластмаси 133, 134, 137, 138, 143  
Поліетилен 134  
Поліконденсація 133, 150  
Полімери 131–133, 138  
Полімеризація 104, 132, 147  
Поліпептиди 120  
Полісахариди 99, 104  
Провітаміни 161

**Р**

Реакції відновлення 78, 101, 115  
• галогенування 33, 39, 46  
• гідролізу 92, 94, 102, 133, 177  
• гідрування 34, 39, 47, 94  
• дегідратації 64  
• естерифікації 84, 88, 93  
• заміщення 32, 47, 65, 68, 72  
• ізомеризації 32  
• кольорові 124  
• окиснення 32, 64, 68, 77, 78, 103  
• поліконденсації 133, 137, 150, 158  
• полімеризації 132, 145, 147, 158  
• приєднання 7, 47, 78  
• розкладу 32

Реакція Кучерова 38, 78

Регенерація 165

Рециклінг 142

Рециркуляція 165

**С**

Сахароза 99, 102  
Сировина 164  
Систематична номенклатура 30, 62,  
92, 119  
Спирти 8, 11, 62, 66, 74  
Співполімер 132  
Стабілізатори 134  
Стимулятори росту 174  
Ступінь полімеризації 104, 131

**Т**

Тверде мило 94  
Теорія будови органічних сполук 16

**У**

Утилізація 141

**Ф**

Фенол 70–72  
Ферменти 125, 162, 163  
Формалін 78  
Формула Кекуле 45  
Фотосинтез 100  
Фруктоза 99, 102, 177  
Фунгіциди 54, 174

**Х**

Хімічний зв'язок 20  
Хімія 15, 150, 164, 171

**Ц**

Целюлоза 99, 104, 105

**Я**

Якісні реакції 78, 103, 105, 124



## ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Бернал Дж. 185  
Бертло П. Е. 93  
Бодак О. І. 186  
Бунге М. А. 102  
Бутлеров О. М. 16, 17  
Бухнер Е. 65  
Волкова Г. Ф. 134  
Ган О. 184  
Горбачевський І. Я. 13, 118  
Григор'єва Г. С. 187  
Дюбоше Ж. 127  
Жоліо-Кюрі І. 185  
Жоліо Ф. 185  
Зелінський М. Д. 48  
Зінін М. 115  
Йонат А. 186  
Кволек С. Л. 151  
Кекуле Ф. А. 15, 45  
Корнукова М. М. 65  
Кунакова Р. В. 186  
Кучеров М. Г. 38  
Лебедєв С. В. 147  
Лермонтова Ю. В. 56  
Лопато Л. М. 187  
Марсе Дж. 184  
Мейтнер Л. 184  
Мешкова-Клименко Н. А. 187  
Нобель А. 70  
Перей М. 185  
Проценко Л. Д. 187  
Рамакрішнан В. 186  
Соломко З. П. 187  
Стейц Т. 186  
Фішер Е. Г. 118, 122  
Флемінг А. 185  
Франк Й. 127  
Фулхем Е. 184  
Хендерсон Р. 127  
Ходжкін Кроуфут Д. 185  
Ходжкін Т. 185  
Цебрєнко М. В. 186  
Шеврель М. Е. 93  
Штокало М. Й. 187



## ЗМІСТ

Від автора.....	3
<b>Повторення початкових понять про органічні речовини</b>	
§ 1. Склад, властивості, застосування окремих представників вуглеводнів ....	4
§ 2. Склад, властивості, застосування представників оксигеновмісних органічних речовин.....	8
§ 3. Нітрогеновмісні органічні речовини: аміноетанова кислота. Класифікація органічних сполук .....	12
<b>Тема 1. Теорія будови органічних сполук</b>	
§ 4. Теорія будови органічних сполук. Явище ізомерії. Ізомери .....	15
§ 5. Ковалентні карбон-карбонів зв'язки в молекулах органічних сполук. Класифікація органічних сполук.....	19
§ 6. Розв'язування розрахункових задач на виведення молекулярної формули речовини за масовими частками елементів.....	23
Повторюємо й узагальнюємо тему 1 «Теорія будови органічних сполук».....	26
<b>Тема 2. Вуглеводні</b>	
§ 7. Класифікація вуглеводнів. Алкани.....	28
§ 8. Алкени та алкіни .....	36
§ 9. Розрахункові задачі на виведення молекулярної формули речовини за загальною формулою гомологічного ряду та густиною або відносною густиною .....	40
§ 10. Арени. Бензен .....	45
§ 11. Розв'язування розрахункових задач на виведення молекулярної формули речовини за масою, об'ємом або кількістю речовини реагентів чи продуктів реакції.....	50
§ 12. Застосування вуглеводнів .....	53
Повторюємо й узагальнюємо тему 2 «Вуглеводні».....	58
<b>Тема 3. Оксигеновмісні органічні сполуки</b>	
§ 13. Спирти. Насичені одноатомні спирти, їхні фізичні та хімічні властивості	61
§ 14. Поняття про багатоатомні спирти на прикладі гліцеролу .....	67
§ 15. Фенол, фізичні та хімічні властивості .....	70
Повторюємо й узагальнюємо підтему «Спирти. Фенол» .....	74
§ 16. Альдегіди .....	76
§ 17. Карбонів кислоти .....	80
Повторюємо й узагальнюємо підтему «Альдегіди. Карбонів кислоти».....	87
§ 18. Розрахункові задачі на обчислення за хімічними рівняннями кількості речовини, маси або об'єму за кількістю речовини, масою або об'ємом реагенту, що містить певну частку домішок .....	89



§ 19. Естери. Жири як представники естерів .....	91
Повторюємо й узагальнюємо підтему «Естери. Жири як представники естерів» .....	97
§ 20. Вуглеводи: глюкоза, сахароза .....	99
§ 21. Вуглеводи: крохмаль, целюлоза .....	104
Практична робота. Розв'язування експериментальних задач .....	109
Повторюємо й узагальнюємо підтему «Вуглеводи» .....	110

#### **Тема 4. Нітрогеновмісні органічні сполуки**

§ 22. Насичені й ароматичні аміни .....	112
§ 23. Амінокислоти .....	117
§ 24. Білки як високомолекулярні сполуки .....	122
Повторюємо й узагальнюємо тему 4 «Нітрогеновмісні органічні сполуки» .....	128

#### **Тема 5. Синтетичні високомолекулярні речовини та полімерні матеріали на їх основі**

§ 25. Синтетичні високомолекулярні речовини. Полімери .....	131
§ 26. Вплив полімерних матеріалів на здоров'я людини та довкілля .....	138
§ 27. Синтетичні каучуки. Гума .....	145
§ 28. Синтетичні волокна .....	149
Повторюємо й узагальнюємо тему 5 «Синтетичні високомолекулярні речовини та полімерні матеріали на їх основі» .....	153

#### **Тема 6. Багатоманітність та зв'язки між класами органічних речовин**

§ 29. Зв'язки між класами органічних речовин .....	156
§ 30. Загальні поняття про біологічно активні речовини .....	159
§ 31. Роль органічної хімії в розв'язанні сировинної проблеми .....	164
§ 32. Роль органічної хімії в розв'язанні енергетичної проблеми .....	167
§ 33. Роль органічної хімії в розв'язанні продовольчої проблеми .....	171
§ 34. Роль органічної хімії в розв'язанні продовольчої проблеми (продовження) .....	176
§ 35. Роль органічної хімії у створенні нових матеріалів .....	182
§ 36. Жінки в хімічній науці .....	184
Повторюємо й узагальнюємо тему 6 «Багатоманітність та зв'язки між класами органічних речовин» .....	188
Відповіді до завдань і розрахункових задач .....	192
Додатки .....	193
Термінологічний словник .....	198
Предметний покажчик .....	203
Іменний покажчик .....	205



Навчальне видання

*Савчин Марія Михайлівна*

## **ХІМІЯ**

*(рівень стандарту)*

Підручник

для 10 класу закладів загальної середньої освіти

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*

**Видано за державні кошти. Продаж заборонено**

У підручнику з навчальною метою використано ілюстративні матеріали,  
що перебувають у вільному доступі в мережі Інтернет.

Редактор *С. Кашка*

Художнє оформлення, макет *О. Андрущенко*

Художній редактор *О. Андрущенко*

Технічний редактор *Л. Ткаченко*

Комп'ютерна верстка *О. Руденко*

Коректор *Т. Мельничук*

Підписано до друку р. Формат 70×100/16.

Папір офс. № 1. Гарнітура Петербург.

Друк офс. Ум. др. арк. 16,848. Обл.-вид. арк. 17,62.

Умовн. фарбовідб. 67,392.

Наклад прим.

Зам. №

Видавництво «Грамота».

01033, м. Київ, вул. Паньківська, 25, оф. 13.

Тел./факс: (044) 253-98-04. Електронна адреса: info@gramota.kiev.ua

www.gramota.kiev.ua

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру України  
суб'єктів видавничої справи ДК № 341 від 21.02.2001 р.

Віддруковано з готових діапозитивів видавництва «Грамота»  
у ТОВ «Лагота»

04050, м. Київ, вул. Мельникова, 49, оф. 36.

Свідоцтво ДК № 4993 від 13.10.2015 р.