

М. М. Савчин

# ХІМІЯ

Підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти  
(рівень стандарту)

Київ  
«Грамота»  
2018

*Умовні позначення:*



— завдання для актуалізації знань;



— завдання для самоконтролю;



— запам'ятайте, зверніть увагу;



— підсумовуємо вивчене;



— навчальний проект;



— цікаво знати;



— лабораторний дослід;



— практична робота.

**Савчин М. М.**

Хімія (рівень стандарту) : підруч. для 10 кл. закл. загальн. середн. освіти / М. М. Савчин. — К. : Грамота, 2018. — с. : іл.

ISBN

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 учнів. 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 сполук. Розкрито їхні фізичні та хімічні властивості, застосування, причини багатоманітності й взаємозв'язки між ними.

**УДК**

ISBN

## 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 учнів, сформувати 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 та необхідні для подальшого навчання й життя предметні й базові компетентності.

Підручник структуровано на окремі рубрики. На початку параграфа подано узагальнені цілі, розкрито зміст навчального матеріалу. У тексті параграфа розміщено 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 розміщено різнорівневі завдання в порядку зростання складності.

Краще орієнтуватися в підручнику вам допоможуть умовні позначення рубрик.

Щиро бажаю успіхів у навчанні!

Авторка





## § 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 ( $C_2H_6 - C_{10}H_{22}$ ), етену, 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)

Вугле- водень	Молекулярна формула	Напівструктурна формула	Агрегатний стан	$t_{\text{кип.}}^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{плавл.}}^{\circ}\text{C}$
Метан	$\text{CH}_4$	$\text{CH}_4$	Гази за нормаль- них умов	-161,5	-183
Етан	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{CH}_3-\text{CH}_3$		-88,6	-172
Пропан	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$		-42,0	-188
Бутан	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$		-0,5	-135
Пентан	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Рідини	36,1	-130
Гексан	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$		68,7	-95
Гептан	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}_3$		98,4	-91
Октан	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_6-\text{CH}_3$		125,7	-57
Нонан	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}_3$		150,8	-54
Декан	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_8-\text{CH}_3$		174,1	-30
<i>Назви</i> перших чотирьох вуглеводнів склалися істо- рично. Починаючи з пентану, назви походять від назв грецьких числівників з додаванням суфікса <b>-ан</b> .			Починаючи з <b><math>\text{C}_{16}\text{H}_{34}</math></b> , <b>тверді речо- вини</b> .	<b>Температури кипіння та плавлення зростають.</b>	
<b>Загальна формула <math>\text{C}_n\text{H}_{2n+2}</math>.</b>					

Розглянувши *табл. 1*, бачимо, що за складом кожний наступний представник цього ряду відрізняється від попереднього на групу атомів  $-\text{CH}_2-$ . 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. Порівнюємо 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*).

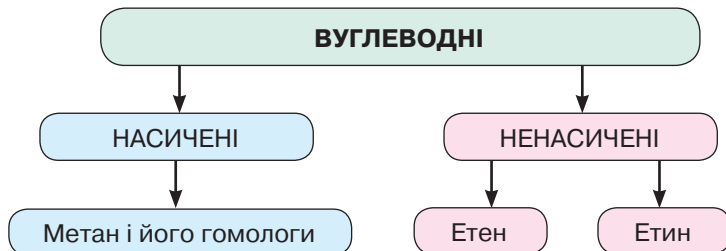


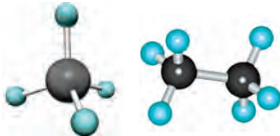


Рис. 1. Схема неповної класифікації вуглеводнів

Докладнішу інформацію про склад, властивості та застосування деяких представників насичених і ненасичених вуглеводнів отримаємо з *табл. 2*, 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	<b>Реакції заміщення</b>	<b>Реакції приєднання</b>	
	хлорування (I стадія): $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{освітл.}} \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ ; хлорометан  $\text{CH}_3-\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{освітл.}} \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{Cl} + \text{HCl}$ хлороетан	реакція гідрування: $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_3$ етан  реакція бромовання: $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2\text{Br}$ 1, 2-дибромоетан	I стадія $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CHBr}=\text{CHBr}$ 1,2-дибромоетен  II стадія $\text{CHBr}=\text{CHBr} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CHBr}_2-\text{CHBr}_2$ 1,1, 2,2-тетрабромоетан
	<b>Реакції горіння</b>		
	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
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; регулювання досягання овочів і фруктів.	У синтезі 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  $C_n H_{2n+2}$ .
- 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 і потрійний (кратні) зв'язки** між атомами Карбону. Як ненасичені вуглеводні, вони вступають у **реакції приєднання** водню (*гідрування*) 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 (етен, етин) вуглеводні** теж набули широкого застосування, насамперед в органічному синтезі. Етен пришвидшує досягання овочів і фруктів, етин використовують для різання та зварювання металів.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Назвіть десять членів гомологічного ряду алканів ( $CH_4 - C_{10}H_{22}$ ).
- Поясніть склад і будову молекул метану та етану. Чому їх називають насиченими вуглеводнями?
- Порівняйте склад і будову молекул етану, етену й етину. Що в них подібне, а що — відмінне?
- Поясніть реакції заміщення на прикладі хлорування метану й етану та умови їх перебігу.
- Охарактеризуйте реакції приєднання водню та галогенів до ненасичених вуглеводнів. Напишіть рівняння реакцій.
- Обчисліть і позначте кількість атомів Карбону в молекулі алкану, що містить 20 атомів Гідрогену.  
**А 10    Б 9    В 7    Г 8**
- 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
- Обчисліть і позначте, у скільки разів етен важчий чи легший за повітря.  
**А** легший у 0,97 раза      **В** важчий у 1,1 раза  
**Б** легший у 1,97 раза      **Г** важчий у 1,15 раза
- Обчисліть і позначте відносну густину етину за гелієм.  
**А 7,5    Б 5,5    В 6,5    Г 8,5**
- Обчисліть і позначте, у якого з вуглеводнів — етану чи етену — масова частка Карбону більша й на скільки.  
**А** в етану, на 5,1 %      **В** в етену, на 6 %  
**Б** в етену, на 5,7 %      **Г** в етану, на 5,9 %





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



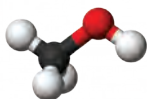
Повторивши матеріал параграфа, ви зможете:

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

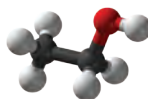
**Представники оксигеновісних органічних сполук.** Ви повторили склад і властивості вуглеводнів — сполук, до складу яких входять Карбон і Гідроген. Але серед органічних сполук є такі, що у своєму складі, крім цих хімічних елементів, містять Оксиген. Вони отримали загальну назву «оксигеновісні сполуки».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



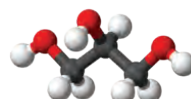
Розгляньте уважно кулестержневі моделі молекул спиртів, пригадайте їхній склад і запишіть молекулярні формули цих сполук.



$\text{CH}_3\text{-OH}$   
*a*



$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$   
*б*



$\text{CH}_2\text{OH-CHOH-CH}_2\text{OH}$   
*в*

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 **—ОН**.

Це **функціональна (характеристична) 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





(див. рис. 2, в). За їхньою участю утворюється більше водневих зв'язків, ніж в 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 та води.



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 пальне та як добавка до пального для двигунів внутрішнього згоряння.	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 згоряння.	2. У медицині як антисептик; для виготовлення нітрогліцеролу — судинорозширювального засобу.
3. Додавання до етанолу з метою запобігти його споживанню (виготовлення денатурату).	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. Потрапляючи в печінку, спирти окиснюються 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 та своє оточення від згубної дії алкоголю та веде здоровий спосіб життя. Це допоможе вирішити дві проблеми суспільства: медичну й соціальну.

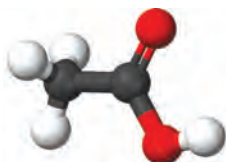


Рис. 3.  
Кулестержнева  
модель молекули  
етанової кислоти

**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 функціональною (характеристичною) групою. Склад молекули цієї кислоти можна розглядати як похідну метану, у молекулі якого один атом Гідрогену заміщений на групу атомів **—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 одноосновних карбонових кислот. Як і в інших органічних сполуках, атом Карбону в молекулі етанової кислоти чотиривалентний.

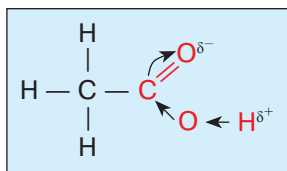


Рис. 4. Зміщення електронної густини до атома Оксигену в карбонільній групі

**Хімічні властивості етанової кислоти.** Розглянувши рис. 3, зробимо висновок, що карбоксильна група етанової кислоти містить **гідроксильну** групу **—OH**, яка характерна для спиртів, і **карбонільну** групу **>C=O**. Атом Оксигену, що входить до складу карбонільної групи, є більш електронегативний, а тому спричиняє зміщення електронної густини до нього (рис. 4).

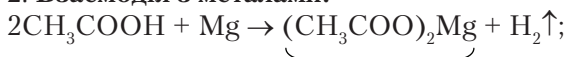
Унаслідок такого зміщення зв'язок між атомами Оксигену та Гідрогену в гідроксильній групі послаблюється. Атом Гідрогену стає рухливіший і може заміщуватися, як це відбувається в неорганічних кислотах.

Основними хімічними властивостями етанової кислоти є такі.

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

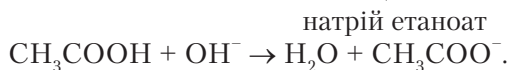
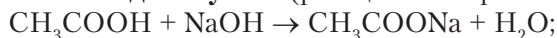


**2. Взаємодія з металами:**

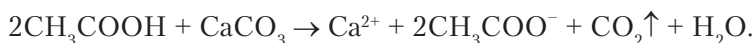




3. **Взаємодія з лугами** (реакція спостерігається в присутності фенолфталеїну):



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

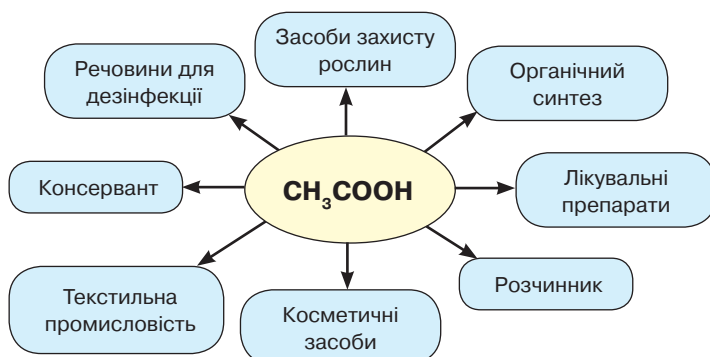


Рис. 5. Схема застосування етанової кислоти



### 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 функціональних **гідроксильних груп** атомів **-OH**. Спирти, до складу яких входить одна гідроксильна група, називають **одноатомними**. Спирти, що містять у своєму складі дві або більше функціональні 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 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.  
**A** 51,97 %    **Б** 52,37 %    **В** 51,2 %    **Г** 52,17 %
- Обчисліть і позначте об'єм кисню (н. у.), що витратиться на згоряння етанолу масою 72,915 г.  
**A** 106,52 л    **Б** 107,535 л    **В** 108,525 л    **Г** 108,01 л
- Обчисліть і позначте масу утвореного етаноату, якщо натрій гідроксид масою 12 г повністю нейтралізували етановою кислотою.  
**A** 24,6 г    **Б** 25,8 г    **В** 22,4 г    **Г** 24,1 г
- Обчисліть об'єм карбон(IV) оксиду (н. у.) та 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>Б</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; функціональні (характеристичні) 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.







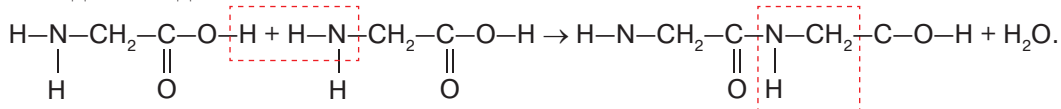
**Аміноетанова кислота.** Першим представником нітрогеновмісних органічних сполук є аміноетанова кислота. З курсу біології вам відомо, що до складу високомолекулярних природних полімерів — білків — входять залишки амінокислот. Які ж речовини належать до *амінокислот*?

У § 2 ви повторили склад етанової кислоти, деякі її властивості. Вам відомо про наявність у її молекулі функціональної 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. Наприклад, 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, або «будівничими», білків є амінокислоти, точніше залишки молекул амінокислот.

**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, аміногексанову кислоту як засіб для зсідання крові, аміномасляну як транквілізатор), у тваринництві як кормові добавки. З аміногексанової кислоти добувають синтетичне волокно капрон.

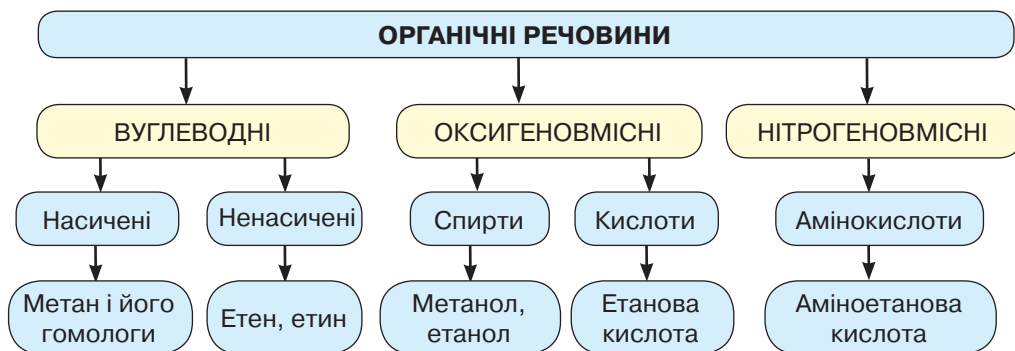


Рис. 6. Схема класифікації органічних речовин, що вивчалися в 9 класі





Отже, підсумовуючи вивчене вами в 9 класі, органічні речовини можна класифікувати так, як показано на рис. 6 (с. 13).



### 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 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.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Установіть відповідність між складом і назвами функціональних груп.

<b>A</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
2. Установіть відповідність між формулами та назвами сполук.

<b>A</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
3. Складіть рівняння реакцій за схемою, назвіть продукти реакцій.
$$\begin{array}{c} \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow (-\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5-)_n \\ | \\ \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \end{array}$$
4. Обчисліть і позначте масову частку Нітрогену в аміноетановій кислоті.

<b>A</b> 19,97 %	<b>Б</b> 18,67 %	<b>В</b> 18,25 %	<b>Г</b> 19,37 %
------------------	------------------	------------------	------------------
5. Напишіть рівняння утворення трипептиду аміноетанової кислоти, позначте пептидний зв'язок.
6. 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 ІЗОМЕРІЙ ТА ІЗОМЕРИ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

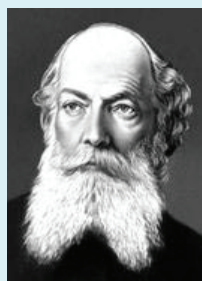
- *характеризувати* суть теорії будови органічних речовин;
- *пояснювати* суть явища ізомерії; залежність властивостей речовин від складу та будови їхніх молекул на основі положень теорії будови органічних сполук;
- *висловлювати судження* щодо значення теорії будови органічних сполук;
- *робити висновки* 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 — введення 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 обчислювалася. 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. Вивчав хімію у Ю. фон Лібіха, прослухав курс лекцій. 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. Уперше висловив думку про чотиривалентність Карбону. 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 будови речовин не втратила своєї значущості й дотепер.

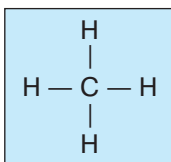
Проаналізувавши нагромаджені факти, російський учений О. Бутлеров дійшов висновку, що пояснення необхідно шукати у внутрішній будові молекул речовин. Він висловив припущення, що атоми в молекулах мають сполучатися в певній послідовності відповідно до їхньої валентності й що від хімічної будови речовини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

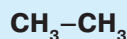
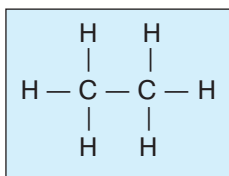
1. Атоми в молекулах розміщуються не безладно, а в певній послідовності, відповідно до їхньої валентності.
2. Властивості речовин залежать не тільки від якісного та кількісного складу молекул, а й від їхньої хімічної будови.

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

**Пояснення основних положень теорії хімічної будови.** 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:

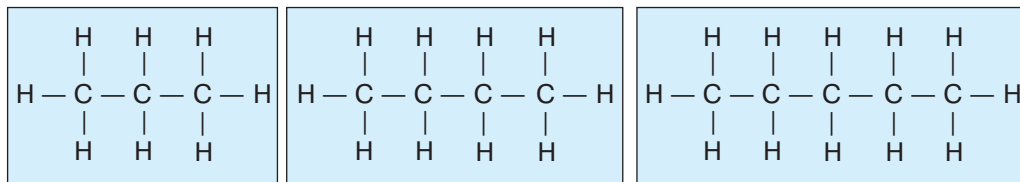


Щоб у молекулі етану  $\text{C}_2\text{H}_6$  зберігалась чотиривалентність Карбону, очевидно, ці атоми мають сполучатися між собою. Тому кожний атом Карбону віддає по одному електрону на утворення зв'язку з іншим атомом Карбону, а три інші електрони утворюють зв'язки з Гідрогеном. Структурна й напівструктурна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





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  $-CH_2-$ ?

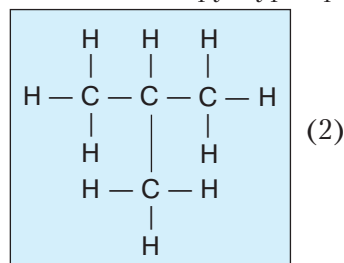
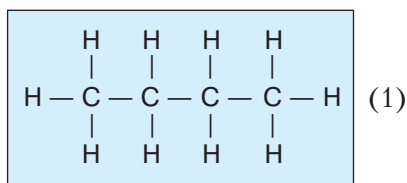
Відповідь на це запитання полягає в тому, що під час переходу від одного вуглеводню гомологічного ряду до наступного карбоновий ланцюг довшав на групу атомів  $-CH_2-$ . Саме ця закономірність є причиною великої різноманітності органічних сполук. Зі структурних формул видно, що атоми Карбону повністю використовують усі валентні електрони на утворення зв'язків між собою та атомами Гідрогену. Вони не можуть приєднувати більше атомів Гідрогену чи інших атомів. 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. Так, 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. *іzos* — 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 їхньої будови.

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

**Значення теорії хімічної будови.** Теорія хімічної будови органічних речовин 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 хімічної будови 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.
- Пояснення цим фактам дала створена О. Бутлеровим теорія хімічної будови речовин.
- **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 хімічної будови 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 хімічної будови органічних речовин; 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 СПОЛУК. КЛАСИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК



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.

У атома Карбону на зовнішньому енергетичному рівні наявні чотири електрони. Орбіталі цих електронів розміщуються під кутом  $109,5^\circ$  (рис. 7, с. 20),





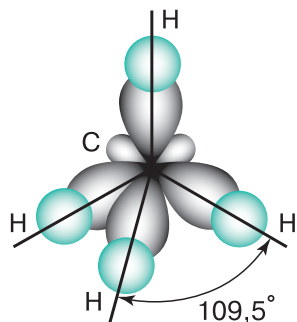


Рис. 7. Розташування орбіталей у просторі

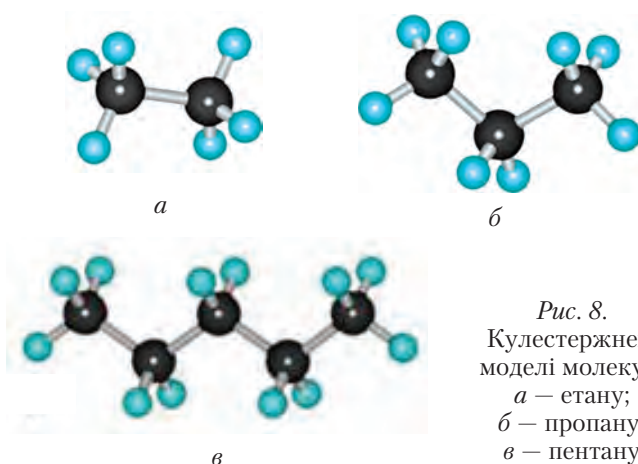


Рис. 8.  
Кулестержневі моделі молекул:  
а — етану;  
б — пропану;  
в — пентану

тобто вони спрямовані до вершин тетраедра. 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)**. В органічній хімії він дістав назву «**сігма-зв'язок**» (позначають літерою грецького алфавіту  $\sigma$ ). 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) і 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. Один з них, як у насичених вуглеводнів, належить до  $\sigma$ -зв'язку, другий отримав назву «**пі-зв'язок**» (позначають літерою  $\pi$ ).

За наявності подвійного зв'язку змінюється геометрія молекули, тобто змінюється кут, під яким розміщуються атоми Карбону й Гідрогену. Він становить  $120^\circ$ . 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 утво-





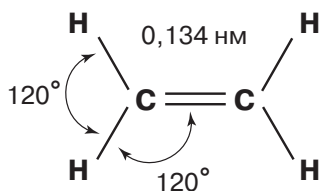


Рис. 9. Геометрія молекули етену

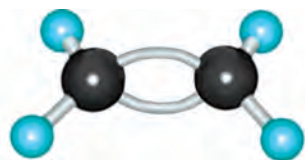


Рис. 10. Кулестержнева модель молекули етену

рення зв'язку з іншим атомом Карбону. Один із цих зв'язків, як і в молекулі етену, є  $\sigma$ -зв'язком, два інші —  $\pi$ -зв'язками. Валентний кут становить  $180^\circ$ , а довжина карбон-карбонового зв'язку зменшується до 0,120 нм. Молекула лінійна. Геометрію молекули етину показано на рис. 11, а кулестержневу модель — на рис. 12.

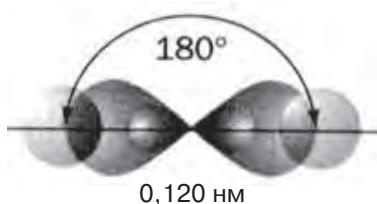


Рис. 11. Геометрія молекули етину



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.

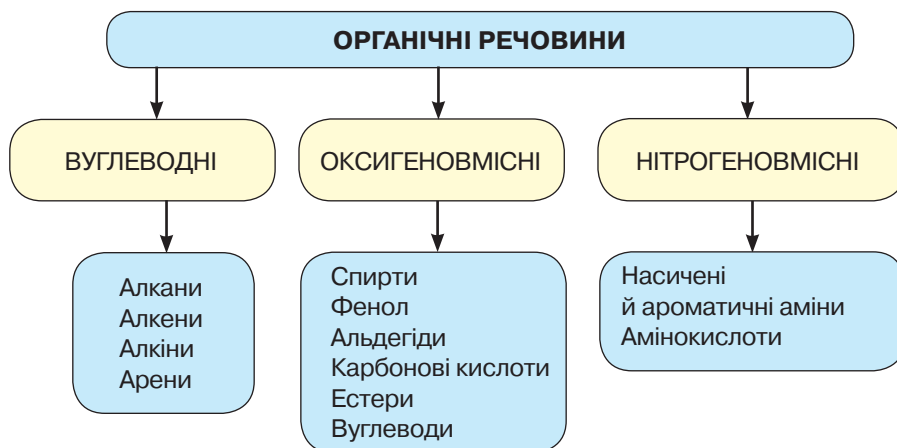


Рис. 13. Схема класифікації органічних сполук





### 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  $109,5^\circ$ . В органічній хімії такий зв'язок називають  **$\sigma$ -зв'язком**.
- **Подвійний ковалентний зв'язок** виникає між атомами Карбону, які на утворення зв'язку витрачають по два валентні електрони. **Довжина** такого зв'язку, як порівняти з одинарним, є меншою і становить **0,134 нм**, валентний кут дорівнює  $120^\circ$ . Природа подвійного зв'язку неоднакова: один з них є  **$\sigma$ -зв'язком**, інший —  **$\pi$ -зв'язком**.
- **Потрійний ковалентний зв'язок** виникає між атомами Карбону, які на утворення зв'язку витрачають по три валентні електрони. **Довжина** такого зв'язку стає ще меншою проти подвійного і становить **0,120 нм**, валентний кут дорівнює  $180^\circ$ . Потрійний зв'язок відрізняється від подвійного тим, що один з них є  **$\sigma$ -зв'язком**, два інші —  **$\pi$ -зв'язками**.
- У молекулах органічних речовин наявні всі три різновиди ковалентного зв'язку, що впливає на їхні хімічні властивості.
- Усі органічні речовини можна класифікувати на три великі групи: вуглеводні, оксигеновмісні, нітрогеновмісні.



### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

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

<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 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.





## § 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;  $n$  — число атомів елемента;  $A_r$  — відносна атомна маса елемента;  $M_r$  — відносна молекулярна маса.

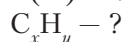
Поняття «масова частка елемента» використовують також і для визначення молекулярної формули речовини. Розглянемо це на прикладі.

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

Відомо:

$$w(C) = 75 \%$$

$$w(H) = ?$$



Розв'язання

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

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

3. Знаходимо число атомів Карбону та Гідрогену в складі речовини:

$$n(C) = \frac{0,75 \cdot 100}{12} = 6,25; \quad n(H) = \frac{0,25 \cdot 100}{1} = 25.$$

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  $CH_4$ .

Відповідь: формула речовини  $CH_4$ .





**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 сполучі дорівнює  $x$ , а Гідрогену —  $y$ .

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

3. У 100 г цього вуглеводню міститься Карбон масою 80 г і Гідроген масою 20 г.

4. Знаходимо число атомів Карбону та Гідрогену в складі речовини. Для цього їхні маси 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 речовини:

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

6. Найпростіша формула  $\text{CH}_3$ . Обчислимо її відносну молекулярну масу:  $M_r(\text{CH}_3) = 15$ .

7. Перевіримо, чи правильно визначена формула. Для цього обчислимо молярну масу вуглеводню за відотною густиною:  $M(\text{C}_x\text{H}_y) = 4 \cdot 7,5 = 30$ .

8. Розділимо одержані числа:

$$\frac{M(\text{C}_x\text{H}_y)}{M(\text{CH}_3)} = \frac{30}{15} = 2,$$

тобто індекси біля Карбону та Гідрогену необхідно подвоїти.

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

**Другий спосіб**

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

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

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 шкідлива 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 елемента в складі 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 аргеном 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 неоном дорівнює 1,3. Обчисліть і виведіть молекулярну формулу речовини. Назвіть речовину, напишіть її структурну формулу.



### НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЕКТ

- I. Оберіть тему навчального проекту із переліку тем, запропонованих програмою.
  1. Ізмери в природі.
  2. Історія створення та розвитку теорії будови органічних сполук.
  3. 3D-моделі молекул органічних сполук.
- II. Проведіть презентацію проекту.



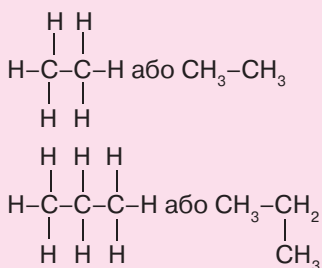


ПОВТОРЮЄМО Й УЗАГАЛЬНЮЄМО  
ТЕМУ 1 «ТЕОРІЯ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК»

ТЕОРІЯ ХІМІЧНОЇ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

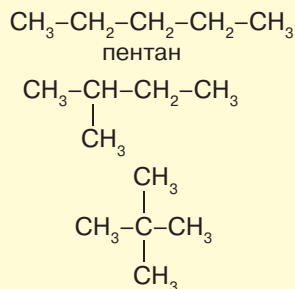
ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

1. Атоми в молекулах розміщуються не безладно, а в певній послідовності, відповідно до їх 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**».

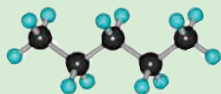
Теорія хімічної будови не втратила своєї актуальності й дотепер. Вона сприяла розвитку органічної хімії як науки й дала поштовх до створення нових речовин із певними характеристиками.





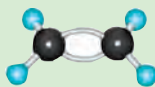
### КОВАЛЕНТНІ КАРБОН-КАРБОНОВІ ЗВ'ЯЗКИ В МОЛЕКУЛАХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Між атомами Карбону зв'язок **одинарний**.  
Інакше його називають  **$\sigma$ -зв'язком**.



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

Між атомами Карбону зв'язок **подвійний**.  
Один з них  **$\sigma$ -зв'язок**,  
інший —  **$\pi$ -зв'язок**.



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

Між атомами Карбону зв'язок **потрійний**.  
Один з них  **$\sigma$ -зв'язок**,  
два інші —  **$\pi$ -зв'язки**.



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.

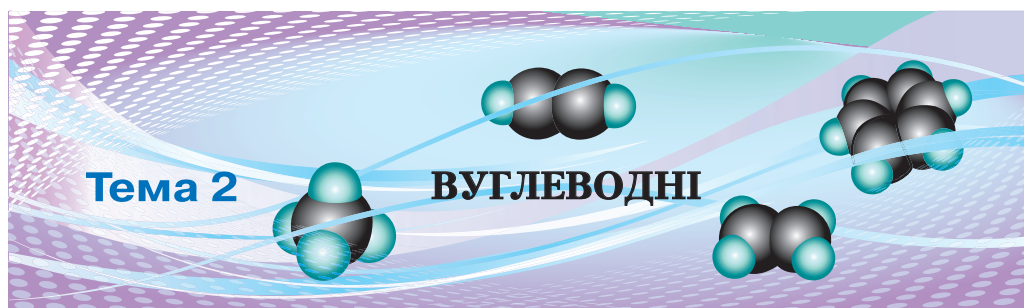
ОКСИГЕНОВМІСНІ

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.





## Тема 2

## ВУГЛЕВОДНІ



### § 7. КЛАСИФІКАЦІЯ ВУГЛЕВОДНІВ. АЛКАНИ



Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *називати* алкани за систематичною номенклатурою; загальну формулу алканів;
- *пояснювати* суть структурної ізомерії алканів;
- *розпізнавати* структурні ізомери;
- *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, 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 і його гомологи) і ненасичених (етен та етин) вуглеводнів. Однак цими речовинами знання про вуглеводні не обмежуються. Детальнішу їх класифікацію показано на *рис. 14*.

Ознайомившись із представниками цих груп вуглеводнів, ви поглибите свої знання про алкани, алкени, алкіни, довідаєтеся про склад і будову ароматичних сполук, способи їх одержання.

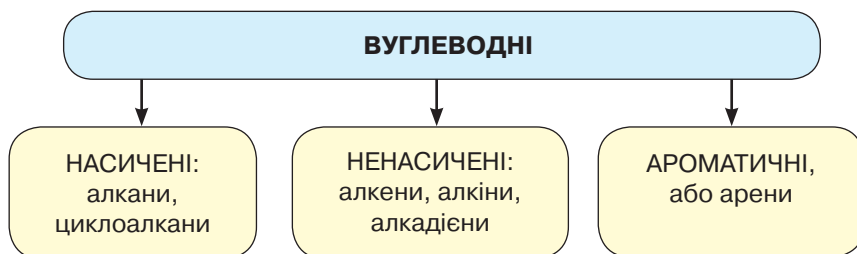


Рис. 14. Схема класифікації вуглеводнів





**Алкани, будова молекул.** Повернімося до *табл. 1 (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 видно з таблиці, хімічний склад насичених вуглеводнів виражається загальною формулою  $C_n H_{2n+2}$ .



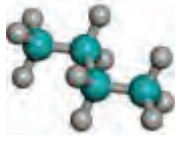
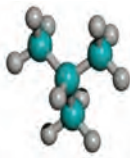
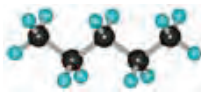
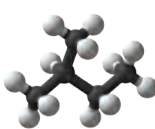
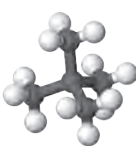
Пригадайте систему назв алканів і як розміщуються атоми Карбону в карбоновому ланцюзі. Намалуйте схематично розміщення атомів Карбону в молекулі бутану. Поясніть, чому ланцюг зигзагоподібний.

**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 і 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.
	$\begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 3 & & \\ H_3C & -CH- & CH_3 & & \\ &   & & & \\ & CH_3 & & & \end{array}$	ізобутан (2-метилпропан), $t_{\text{кип.}} = -11,4^\circ C$	
	$\begin{array}{cccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ H_3C & -CH_2- & CH_2- & CH_2- & CH_3 \end{array}$	пентан, $t_{\text{кип.}} = 36^\circ C$	Із збільшенням карбонового ланцюга кількість ізомерів зростає. Є три ізомери пентану, які відрізняються порядком сполучення атомів у молекулі. Отже, будова цих сполук різна, тому й властивості різні.
	$\begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \\ H_3C & -CH- & CH_2- & CH_3 \\ &   & & \\ & CH_3 & & \end{array}$	ізопентан (2-метилбутан), $t_{\text{кип.}} = 28^\circ C$	
	$\begin{array}{c} CH_3 \\   \\ H_3C - C - CH_3 \\   \\ CH_3 \end{array}$	ізопентан (2,2-диметилпропан), $t_{\text{кип.}} = 10^\circ C$	



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

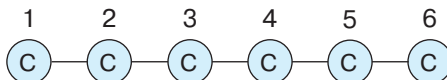




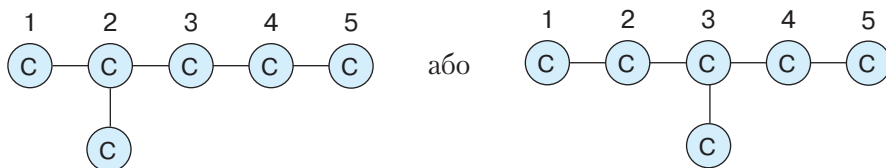
**Складання формул структурних ізомерів.** На прикладі структурних ізомерів бутану й пентану ви переконалися, що зі зростанням кількості атомів Карбону в молекулах алканів зростає кількість ізомерів. Так, декан  $C_{10}H_{22}$  має 75 ізомерів.

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

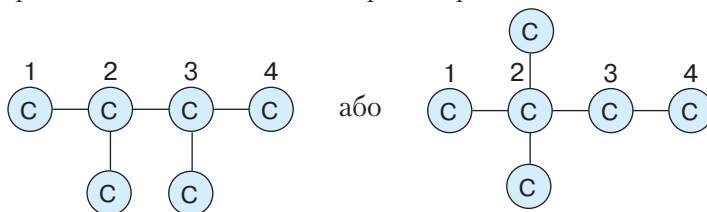
1. Запишемо карбоновий ланцюг ізомеру нерозгалуженої будови та пронумеруємо в ньому атоми Карбону:



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).

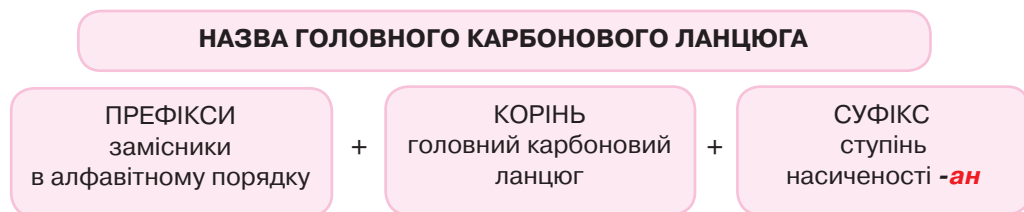


Рис. 15. Схема побудови назв алканів за систематичною номенклатурою





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 для назви алкану, на суфікс **-ил (-іл)**. Приклади формул алкільних замісників та їхні назви наведено в *табл. 5*.

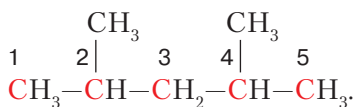
Таблиця 5

Формули та назви алканів та алкільних замісників

Алкан		Алкільний замісник	
Формула	Назва	Формула	Назва
$\text{CH}_4$	мет <b>ан</b>	$-\text{CH}_3$	мет <b>ил</b>
$\text{C}_2\text{H}_6$	ет <b>ан</b>	$-\text{C}_2\text{H}_5$	ет <b>ил</b>
$\text{C}_3\text{H}_8$	проп <b>ан</b>	$-\text{C}_3\text{H}_7$	проп <b>іл</b>
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	бут <b>ан</b>	$-\text{C}_4\text{H}_9$	бут <b>ил</b>

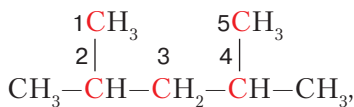
У складі вуглеводню може бути декілька однакових замісників. Їх кількість позначають префіксами **-ди**, **-три**, **-тетра** і т. ін. Зважаючи на мовні правила, якщо корінь починається приголосним, треба писати префікс **-ди** (диметил), а перед голосною **-ді** (діетил).

Утворімо назву ізомеру алкану за структурною формулою



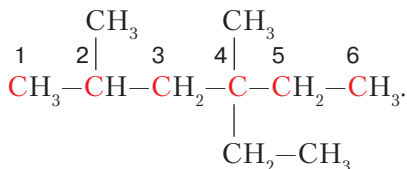
Назва цього алкану 2,4-диметилпентан.

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 ланцюг з 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.

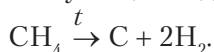
**Реакції неповного окиснення алканів.** Такі реакції відбуваються за нестачі кисню, унаслідок чого частина алкану розкладається. Залежно від кількості кисню продуктами реакції можуть бути карбон(II) оксид або навіть сажа (вуглець) і вода. Рівняння реакцій:



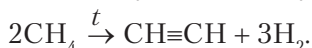
Реакцію неповного окиснення можна спостерігати на досліді.

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

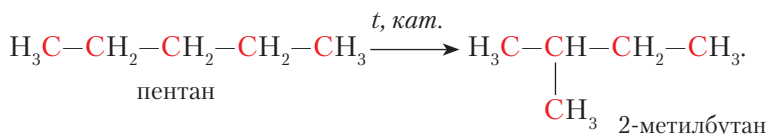
**Реакції термічного розкладу.** За високих температур (понад 1000 °C) алкани розкладаються, утворюючи вуглець і водень. Наприклад:



Якщо ж метан нагріти до температури 1500 °C, утворюється етин:



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



**Реакції заміщення.** За яскравого освітлення або внаслідок нагрівання, під дією ультрафіолетових променів алкани взаємодіють з 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  $\text{HCl}$ .

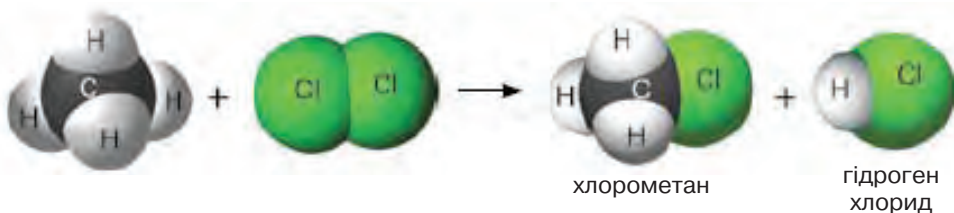
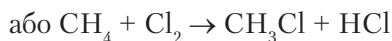
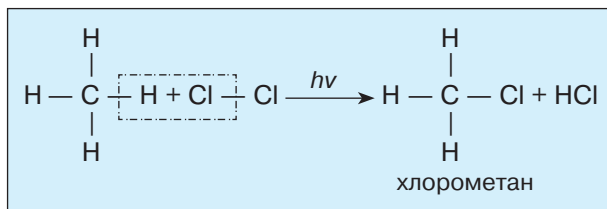


Рис. 16. Схема хлорування метану на I стадії

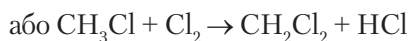
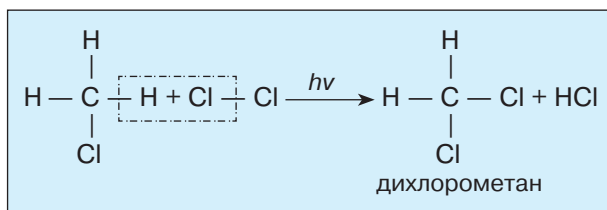




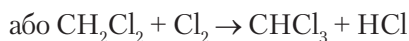
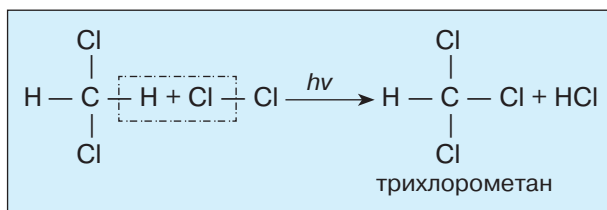
Наступні стадії реакції відбуваються поступово. Продуктом хлорування метану на II стадії є дихлорометан  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , на III — трихлорометан  $\text{CHCl}_3$  і на IV — тетрахлорометан  $\text{CCl}_4$ . Напишемо рівняння реакцій поступового хлорування метану.



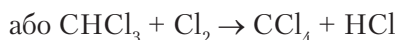
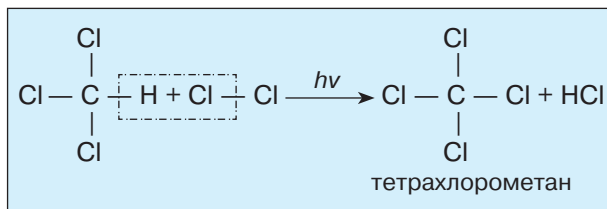
I стадія



II стадія



III стадія



IV стадія

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

**Відношення до сильних окисників, кислот і лугів.** Щоб з'ясувати, чи взаємодіють алкани з кислотами та лугами, проведемо демонстраційні досліди.

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

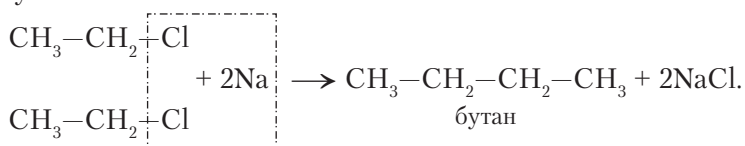
**Дослід 2.** Аналогічно, як і в першому досліді, пропустимо метан по чергово крізь розчини кислоти й лугу. Жодних змін не спостерігається.

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





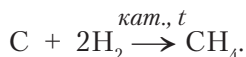
У лабораторних умовах деякі алкани добувають з їхніх *галогенопохідних* за взаємодії з активними металами. Наприклад, добування бутану з хлороетану відбувається за такою схемою:


$$\begin{array}{ccc} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \text{CH}_3-\text{CH}_3; & & \text{CH}\equiv\text{CH} + 2\text{H}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \text{CH}_3-\text{CH}_3. \\ \text{этен} & & \text{этин} \end{array}$$

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



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



## ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- **Вуглеводні**, які ви вивчаєте в 10 класі, класифікують на **насичені, ненасичені, ароматичні**.
- Представників насичених вуглеводнів називають **алканами**. Загальна формула алканів  $C_nH_{2n+2}$ .
- 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, **їх кількість і назву** в алфавітному порядку; 4) якщо наявні однакові замісники, застосовують множинні префікси: **-ди (-ді), -три, -тетра**; 5) указують назву алкану, що утворює найдовший карбоновий ланцюг.
- Хімічні властивості алканів залежать від **складу їхніх молекул** та **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** проти дії сильних окисників, кислот і лугів.
- **Алкани** добувають із природної сировини: природного й супутніх нафтових газів, нафти, кам'яного вугілля. У лабораторії — із **галогенопохідних** за взаємодії з активними металами, у промисловості — **гідруванням ненасичених вуглеводнів** та із **синтез-газу**.





## ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Визначте ряд, що містить формули тільки алканів.  
**A**  $C_2H_6$ ,  $C_4H_8$ ,  $CH_4$       **B**  $C_6H_{14}$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_{10}H_{22}$   
**Б**  $C_2H_2$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_2H_4$       **Г**  $C_6H_6$ ,  $C_2H_2$ ,  $C_9H_{20}$
- Укажіть назву алкану, молекула якого має структурну формулу  

$$\begin{array}{ccccccc} CH_2 & -CH & -CH & -CH_2 & . \\ | & | & | & | \\ CH_3 & CH_3 & CH_3 & CH_3 \end{array}$$
  
**A** 3,4-диметилгексан      **Б** 1,2,3-триметилпентан  
**Б** 1,2,3,4-тетраметилбутан      **Г** октан
- Укажіть назву алкану, структурна формула якого  

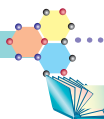
$$\begin{array}{ccccccc} CH_2 & -CH_2 & -CH & -CH & -CH_2 & . \\ | & & | & | & | \\ CH_3 & & C_2H_5 & CH_3 & CH_3 \end{array}$$
  
**A** 3-етил-1,2,5-трипентан  
**Б** 4-етил-3-метилгептан  
**В** 3,5-диметил-4-етилпентан  
**Г** 4-етил-5-метилгексан
- Позначте два структурні ізомери речовини, формула якої  $C_5H_{12}$ .  
**A**  $CH_3-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}-CH_3$       **Б**  $CH_3-CH_2-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}-CH_3$   
**Б**  $CH_3-\underset{\substack{| \\ C_2H_5}}{CH}-CH_2-CH_3$       **Г**  $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-C-CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{array}$
- Визначте та складіть молекулярні формули трьох структурних ізомерів, густина парів яких за неонам становить 3,6.
- Обчисліть об'єм хлору (н. у.), що прореагував з метаном масою 320 г на першій стадії хлорування. Назвіть утворені продукти реакції.
- 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.
- Масова частка Карбону в складі речовини — 84 %. Відносна густина її парів за киснем становить 3,125. Обчисліть і 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 з 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 сайту [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, будовою та властивостями речовин;
- обґрунтовувати застосування алкенів та алкінів.

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



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

Розглянемо *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).

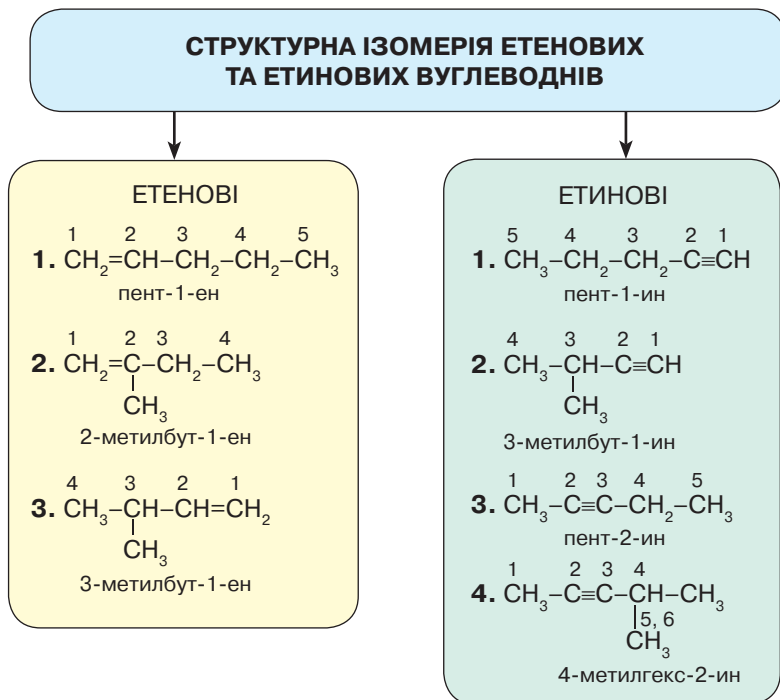


Рис. 17. Структурна ізомерія алкенів та алкінів

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

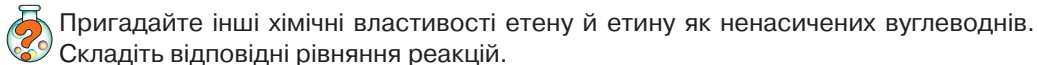
- 1) вибираємо за головний найдовший карбоновий ланцюг і нумеруємо атоми Карбону з того кінця, до якого ближче кратний зв'язок;
- 2) указуємо атом Карбону, біля якого є алкільний замісник, і його назву;
- 3) називаємо вуглеводень з найдовшим ланцюгом, локант, що вказує на положення кратного зв'язку,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

**ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕТЕНУ Й ЕТИНУ.** Оскільки етен та етин є ненасиченими сполуками, то їм характерні подібні хімічні властивості (табл. 7, с. 38).





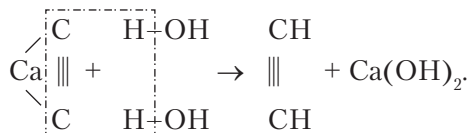
Реакцію взаємодії етину з водою відкрив російський хімік-органік **М. Кучеров** у 1881 р. Вона дістала назву «*реакція Кучерова*» й відіграла важливу роль у розвитку хімії органічного синтезу.


$$\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_3 \rightarrow \text{CH}_2\text{=CH}_2 + \text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_3.$$

гексан
етен
бутан

$$\text{CH}_3-\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2.$$

Етин добувають з кальцій карбїду під час взаємодїї його з водою:



**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 чи алкінів з воднем (*гідрування*) утворюються алкани. Під час реакцій *галогенування* чи 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 утворюють, як і насичені, відповідні гомологічні ряди.
- За систематичною номенклатурою **назви алкенів** утворюють від назв відповідних алканів заміною суфікса **-ан** на суфікс **-ен**. Складають назву структурних ізомерів у такій послідовності: 1) вибирають найдовший карбоновий ланцюг і нумерують атоми Карбону з того кінця, до якого ближче кратний зв'язок; 2) указують атом Карбону, біля якого є алкільний замісник, і його назву; 3) називають вуглеводень з найдовшим ланцюгом, локант, що вказує на положення кратного зв'язку, і суфікс, властивий цим вуглеводням.
- Алкени та алкіни проявляють подібні 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.



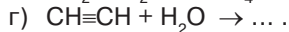
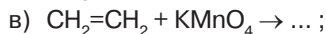
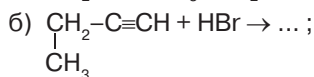
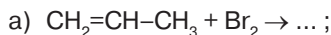
### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Сформулюйте визначення понять «алкени», «алкіни».
2. Назвіть структурні ізомери вуглеводнів за їхніми формулами:
  - а)  $\text{CH}_3\text{—CH=CH—CH}_3$ ;
  - б)  $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—C=CH—CH}_2 \\ | \quad \quad | \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ ;
  - в)  $\begin{array}{c} \text{CH}\equiv\text{C—CH—CH}_2 \\ | \quad \quad | \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ .
3. Складіть напівструктурні формули сполук за їхніми назвами:
  - а) 3,3-диметил-пент-1-ен;
  - б) 4-етил-3,4-диметилгепт-2-ен;
  - в) 3-метилпент-1-ин;
  - г) 3-етилгекс-1-ин;
  - г) 4-метилпент-2-ин;
  - д) 3,3,4,4-тетраметилгекс-1-ен;
  - е) пент-2-ин;
  - е) 2,2-диметилгепт-3-ин.





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



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 реакцій за схемою. Назвіть речовини, зазначені літерами **A** і **Б**.



7. Етан масою 232 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 аргонном дорівнює 1,35. Обчисліть і 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 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 видно, що кількість атомів Гідрогену є вдвічі більшою плюс 2.  
Отже, формула алкану  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ .
- Відповідь: формула  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ .





**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 видно, 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  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ .

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

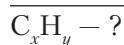
1. Записуємо загальну формулу алкенів:  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .
2. Підставляємо у формулу число, що вказує на кількість атомів Карбону. Це число 9.
3. Згідно із загальною формулою кількість атомів Гідрогену є вдвічі більшою. Отже, це число дорівнює  $2 \cdot 9 = 18$ .

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 Карбону. 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 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»*) й 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 ***ρ*** (*читають «ро»*) і виражають формулою

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

Одиницями виміру густини є  $\text{г/см}^3$  або  $\text{кг/м}^3$ .

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

**Задача 5.** Маса алкану об'ємом 1 л становить 2,59 г. Масова частка Карбону в його складі 82,76 %. Виведіть молекулярну формулу алкану. Назвіть речовину.

Відомо:

$$V(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 1 \text{ л}$$

$$m(1 \text{ л}) = 2,59 \text{ г}$$

$$\omega(\text{C}) = 82,76 \%$$

Формула — ?

$x$  — ?  $y$  — ?

Розв'язання

**Перший спосіб**

Позначаємо число атомів Карбону через  $x$ , Гідрогену — через  $y$ .

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

Якщо 1 л — 2,59 г,

$$22,4 \text{ л} — x_1;$$

тоді

$$x_1 = \frac{2,59 \cdot 22,4 \text{ л}}{1 \text{ л}} = 58.$$

2. Знаходимо масову частку Гідрогену в складі алкану:

$$100 \% - 82,76 \% = 17,24 \%$$





3. Знаходимо кількість атомів Карбону та Гідрогену:

$$x = \frac{82,76 \% \cdot 58}{12 \cdot 100 \%} = 4; \quad y = \frac{17,24 \% \cdot 58}{1 \cdot 100 \%} = 10.$$

4. Значить, у складі речовини є 4 атоми Карбону і 10 атомів Гідрогену.

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

### *Другий спосіб*

1. Припустимо, що в складі речовини є  $x$  атомів Карбону та  $y$  атомів Гідрогену. Маса  $x$  атомів Карбону становить  $12x$ , а Гідрогену —  $1y$ .

2. Складаємо пропорцію, що вказує на співвідношення атомів Карбону та Гідрогену в сполуці:

$$12x : 1y = 82,76 : 17,24.$$

3. Знаходимо з пропорції співвідношення атомів:

$$x : y = \frac{82,76}{12} : \frac{17,24}{1}; \quad x : y = 6,8 : 17,24.$$

4. Знаходимо співвідношення атомів у цілих числах. Для цього ділимо обидві цифри на найменшу з них:

$$x : y = 1 : 2,5 \text{ або } 2 : 5. \text{ Найпростіша формула — } C_2H_5.$$

5. Для визначення істинної формули треба обчислити відносну молекулярну масу за густиною:

$$\begin{aligned} 1 \text{ л} - 2,59 \text{ г}, \\ 22,4 \text{ л} - x_1; \end{aligned} \quad x_1 = \frac{2,59 \cdot 22,4 \text{ л}}{1 \text{ л}} = 58.$$

6.  $M_r(C_2H_5) = 29$ . Найпростішу формулу подвоюємо.

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

**Задача 6.** Масова частка Карбону в складі насиченого вуглеводню становить 84 %. Відносна густина її парів за киснем 3,125. Виведіть молекулярну формулу сполуки, назвіть її.

*Відомо:*

$$D_{O_2}(C_xH_y) = 3,125$$

$$w(C) = 84 \%$$

Формула — ?

$x - ? \quad y - ?$

*Розв'язання*

### *Перший спосіб*

Позначаємо число атомів Карбону в молекулі вуглеводню через  $x$ , Гідрогену — через  $y$ .

1. Знаходимо масову частку Гідрогену в складі молекули вуглеводню:

$$100 \% - 84 \% = 16 \%.$$

2. Обчислюємо відносну молекулярну масу сполуки:

$$M_r = 3,125 \cdot 32 = 100.$$





3. Знаходимо кількість атомів Карбону та Гідрогену:

$$x = \frac{84 \% \cdot 100}{12 \cdot 100 \%} = 7; \quad y = \frac{16 \% \cdot 100}{1 \cdot 100 \%} = 16.$$

4. Значить, у складі речовини є 7 атомів Карбону й 16 атомів Гідрогену.

Відповідь: формула сполуки  $C_7H_{16}$ ; гептан.

### Другий спосіб

1. Припустимо, що в складі молекули речовини є  $x$  атомів Карбону і  $y$  атомів Гідрогену. Маса  $x$  атомів Карбону становить  $12x$ , а Гідрогену —  $1y$ .

2. Складаємо пропорцію, що вказує на співвідношення атомів Карбону та Гідрогену в сполуці:

$$12x : 1y = 84 : 16;$$

$$x : y = \frac{84}{12} : \frac{16}{1}; \quad x : y = 7 : 16.$$

Відповідь: формула сполуки  $C_7H_{16}$ ; гептан.



### 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

- Відносна густина алкену за гелієм становить 7. Масова частка Гідрогену в його складі — 14,29. Виведіть молекулярну формулу сполуки. Дайте їй назву.
- Відносна молекулярна маса вуглеводню у 3 рази важча за відносну молекулярну масу карбон(II) оксиду. До її складу входить Гідроген з масовою часткою 14,29. Виведіть молекулярну формулу сполуки.
- Маса алкану об'ємом 1 л становить 1,964. Масова частка Карбону — 81,82 %. Виведіть молекулярну формулу сполуки. Дайте їй назву та укажіть, до якого гомологічного ряду вона належить.
- До складу сполуки входять Карбон, масова частка якого становить 0,89, і Гідроген. Відносна густина за азотом — 1,929. Виведіть молекулярну формулу сполуки. Дайте назву її структурним ізомерам та складіть їхні напівструктурні формули.





## § 10. АРЕНИ. БЕНЗЕН



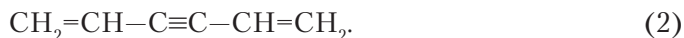
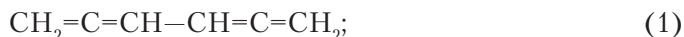
Вивчивши матеріал параграфа, ви зможете:

- *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 та будова молекули бензену.** Бензен є ареном, тобто ароматичним вуглеводнем. Ці сполуки дістали таку назву через те, що перші їх представники мали приємний запах. Назва стала історичною, однак, як з'ясувалося пізніше, не всі речовини цієї групи мають приємний запах.

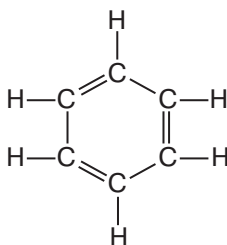
Першим і найпростішим представником аренів є бензен, молекулярна формула якого  $C_6H_6$ . Формула вказує на те, що це дуже ненасичена сполука, а отже, вона має проявляти властивості ненасичених вуглеводнів.

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 й потрійні зв'язки. Структурними формулами це можна зобразити так:



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

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



Формула увійшла в історію хімії під назвою «формула Кекуле».

Проте й така будова бензену не підтвердилася хімічними властивостями цієї сполуки.

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

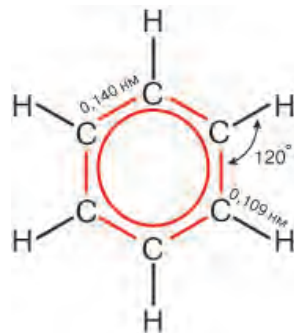


Рис. 18. Геометрія молекули бензену





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 вказує пізніше запропонована формула, де всередині шестикутника міститься так зване **бензенове кільце** (рис. 19). Масштабну модель молекули бензену зображено на рис. 20.

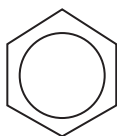
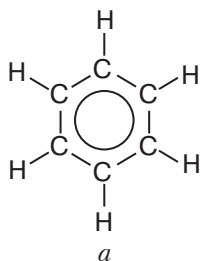


Рис. 19. Структурна формула бензену (а) і бензенове кільце (б)

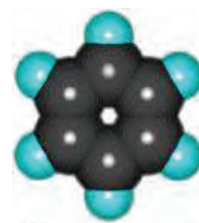
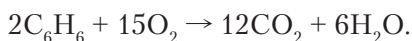


Рис. 20. Масштабна модель молекули бензену

**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.

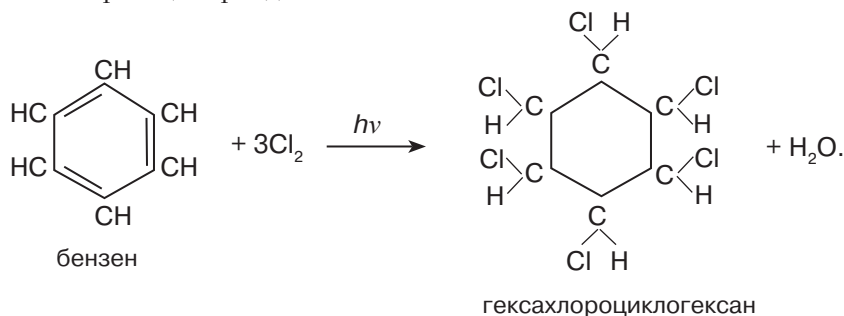
**Взаємодія з галогенами (галогенування).** Переконаємося дослідно, як бензен реагує з бромом.



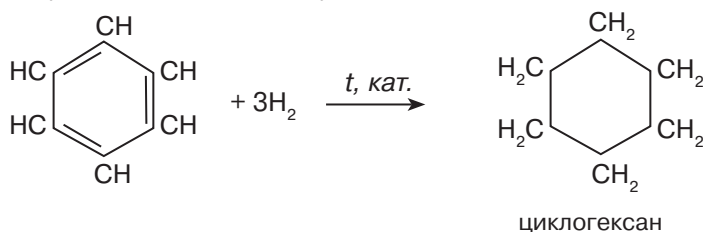


**Дослід.** У пробірку з бензеном долємо бромну воду (розчин бром у воді) і ретельно перемішаємо суміш. За звичайних умов реакція з бромом не відбувається, як це властиво ненасиченим вуглеводням.

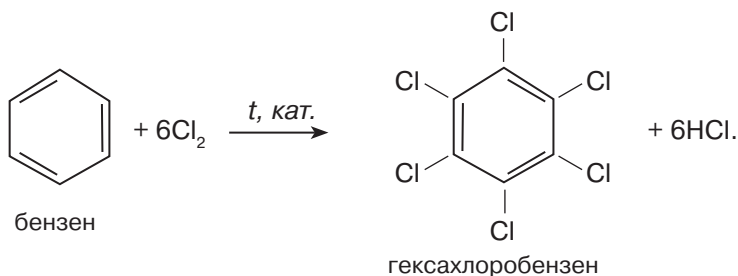
**Реакції приєднання.** Якщо ж суміш бензену з хлором піддати дії світла, то відбувається реакція приєднання:



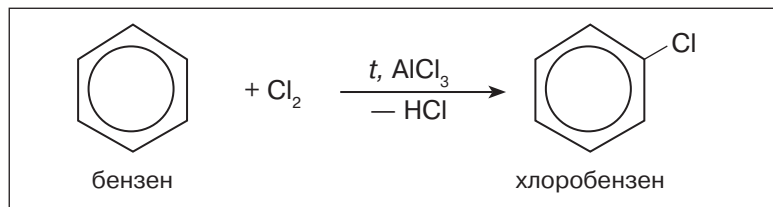
**Реакції гідрування (приєднання водню).** Бензен взаємодіє з воднем за підвищення температури й тиску та наявності каталізатора з утворенням вуглеводню циклічної будови — циклогексану:



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



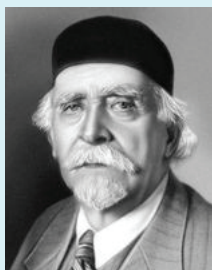
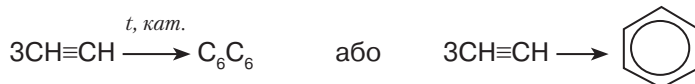
Крім гексахлоробензену може утворюватися хлоробензен — продукт заміщення одного атома Гідрогену на атом Хлору:





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 600 °С активованим вугіллям. Рівняння реакції:

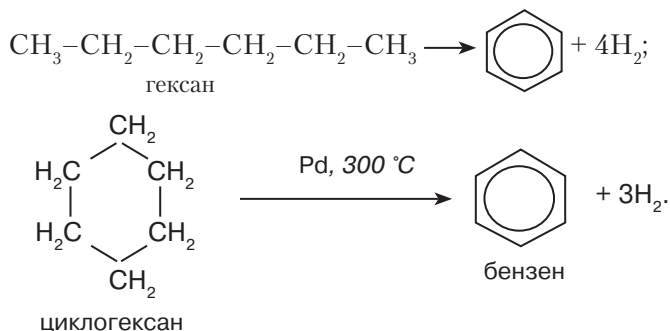


**Микола Дмитрович Зелінський** (1861–1953) — видатний учений-хімік. Навчався в Рішельєвській гімназії в Одесі. Після її закінчення вступив на фізико-математичний факультет Новоросійського університету в Одесі, де й працював на кафедрі хімії. Стажувався в Німеччині, через три роки захистив докторську дисертацію і з 1893 р. — професор органічної й 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, використовується і як розчинник. Галузі застосування бензену показано на *рис. 21*.



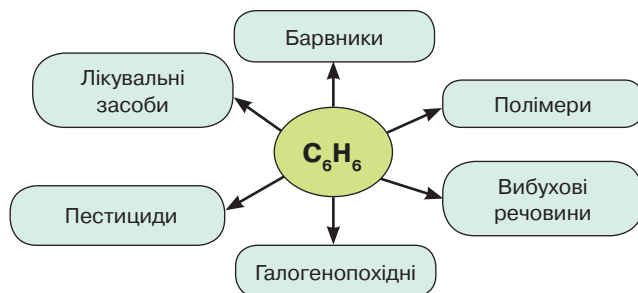


Рис. 21. Схема застосування бензену

**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.
- Застосовують як сировину в промисловості хімічного синтезу.
- **Бензен** зумовлює шкідливу дію на організм людини, 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 освітлення; в) взаємодії з воднем за нагрівання й наявності каталізатора.
4. Напишіть 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 і 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 й 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.** Маса алкену об'ємом 1 л (н. у.) становить 1,25 г. Обчисліть і виведіть його молекулярну формулу. Назвіть сполуку.

Відомо:

$$V(C_nH_{2n}) = 1 \text{ л}$$

$$m(1 \text{ л}) = 1,25 \text{ г}$$

Формула — ?  
n — ?

Розв'язання

1. За умовою задачі відомо, що маса алкену об'ємом 1 л становить 1,25 г. За цими даними обчислимо масу 1 моль речовини, знаючи, що 1 моль газу займає об'єм 22,4 л (н. у.). Якщо 1 л — 1,25 г,

$$22,4 \text{ л} - x; \text{ тоді } x = \frac{22,4 \text{ л} \cdot 1,25 \text{ г}}{1 \text{ л}} = 28 \text{ г.}$$

2. Якщо маса 1 моль дорівнює 28 г, то, ураховуючи відносні атомні маси Карбону й Гідрогену, можна записати:

$$A_r(C) \cdot n + A_r(H) \cdot 2n = 28;$$

$$12n + 2n = 28;$$

$$14n = 28;$$

$$n = 2.$$

*Відповідь:* формула сполуки  $C_2H_4$ ; етен.

Розв'яжіть самостійно.

**Задача 2.** Алкан масою 2,2 г займає об'єм 1,12 л (н. у.). Обчисліть і виведіть його молекулярну формулу.





**Задача 3.** 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  $\nu = \frac{V(\text{газу})}{V_m}$  :

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

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

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

2. Обчислюємо кількість 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,

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

4. Знаходимо число атомів Карбону та Гідрогену:

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

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

Найпростіша формула  $\text{C}_2\text{H}_5$ . Знаходимо молярну масу, яка відповідає найпростішій формулі:

$$M(\text{C}_2\text{H}_5) = 2 \cdot 12 + 5 \cdot 1 = 29.$$

5. Знаходимо молярну масу газу за відносною густиною:

$$3,625 \cdot 16 = 58. \text{ Вона чисельно дорівнює відносній молекулярній масі.}$$

6. Ділимо одержані числа одне на одне:

$$\frac{M(\text{газу})}{M(\text{C}_2\text{H}_5)} = 2,$$

тобто індекси біля Карбону й Гідрогену треба подвоїти.

*Відповідь:* формула газу  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , бутан.

Розв'яжіть самостійно.

**Задача 4.** 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 5.** 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 — ?

$x - ? y - ?$

Розв'язання

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

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

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

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

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

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:

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

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

Найпростіша формула  $\text{C}_3\text{H}_7$ . Знаходимо молярну масу, яка відповідає найпростішій формулі:

$$M(\text{C}_3\text{H}_7) = 3 \cdot 12 + 7 \cdot 1 = 43.$$

4. Перевіримо, чи відповідає відносна молекулярна маса сполуки цій формулі:

$$M = D_{\text{пов.}} \cdot 2,966; M = 29 \cdot 2,966 = 86,014 \text{ або } 86.$$

5. Розділимо одержані числа одне на одне:

$$\frac{M(\text{C}_x\text{H}_y)}{M(\text{C}_3\text{H}_7)} = \frac{86}{43} = 2,$$

тобто індекси біля Карбону й Гідрогену треба подвоїти.

Відповідь: формула сполуки  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ , гексан.

Розв'яжіть самостійно.

**Задача 6.** 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.



### 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. До складу алкану входять 9 атомів Карбону. Користуючись загальною формулою гомологічного ряду, установіть склад 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. Маса алкену об'ємом 1 л (н. у.) становить 1,875 г. Обчисліть і виведіть його молекулярну формулу. Назвіть сполуку.
4. Алкан масою 11,6 г займає об'єм 4,48 л (н. у.). Обчисліть і виведіть його молекулярну формулу. Назвіть сполуку.
5. 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.
6. 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.
7. 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 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 утворюється ряд галогенопохідних, які набули широкого застосування в промислових масштабах.



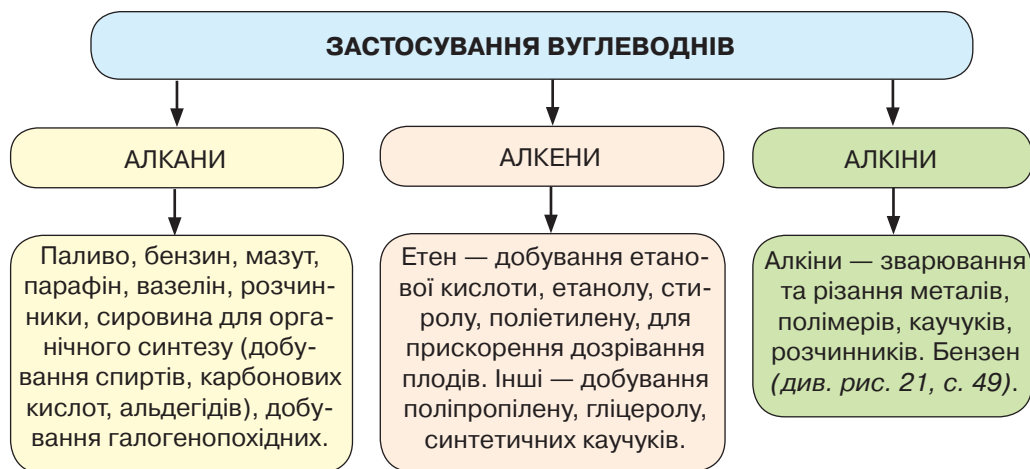


Рис. 22. Схема застосування вуглеводнів

*Хлорометан*  $\text{CH}_3\text{Cl}$  — речовина, що використовується як розчинник для видалення жирних плям, як ракетне паливо та для синтезу багатьох органічних речовин, виробництва гербіцидів.

*Дихлорометан*  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  — для виготовлення лікувальних препаратів, зокрема анестезувальних, засобів захисту рослин, розчинник і клей для склеювання пластику.

*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 знищення шкідників сільськогосподарських культур, бур'янів, запобігання грибовим захворюванням рослин. Загальна назва цих сполук — **«пестициди»**.

*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.

Залежно від мети застосування пестициди поділяють на: *гербіциди* — засоби боротьби з бур'янами, *зооциди* — для боротьби з комахами-шкідниками, *фунгіциди* — засоби профілактики та боротьби з грибовими 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 (рис. 23).





Рис. 23. Засоби безпеки під час роботи з пестицидами

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

Зазначимо, що 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 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), спалювання супутніх нафтових газів, утворення побічних продуктів переробки. Унаслідок видобутку кам'яного вугілля засмічуються великі площі землі, які потребують рекультивації. До чинників, які впливають на екологію,



Рис. 24. Екологічні наслідки порушення технологій





Рис. 25. Загрози накопичення пластмас

належать викиди в атмосферу токсичних газів під час роботи теплових електростанцій і двигунів внутрішнього згорання.

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

Зростання виробництва полімерних матеріалів потребує переробки відходів цієї галузі (рис. 25). Збір, транспортування та зберігання полімерних відходів є соціальною проблемою. Крім неї існує 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 в алкени й алкіни; за взаємодії з воднем алкени й алкіни перетворюються на алкани; з етіну синтезовано бензен.

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.



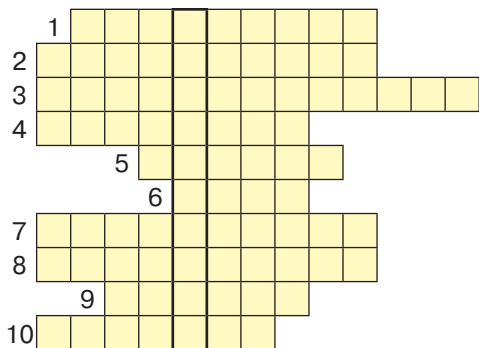
### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть застосування вуглеводнів та обґрунтуйте їхніми властивостями.
2. Оцініть вплив вуглеводнів на довкілля та здоров'я людини.





3. Охарактеризуйте галогенопохідні вуглеводнів та їх застосування.
4. Поясніть ризики неправильного застосування вуглеводнів.
5. Складіть рівняння реакцій за схемами: а)  $\text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_{10}$ ; б)  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ .
6. Перемалюйте кросворд у зошит й розв'яжіть його. У виділеному стовпці за вертикаллю прочитаєте назву класу органічних речовин.



#### За горизонталлю:

1. Зв'язок у молекулах етинових вуглеводнів.
2. Назва реакції взаємодії ненасичених вуглеводнів з воднем.
3. Назва реакції взаємодії з галогенами.
4. Назва речовин, що відрізняються за складом молекул на групу атомів  $-\text{CH}_2-$ .
5. Назва ароматичного вуглеводню.
6. Назва одного з реагентів за реакцією М. Г. Кучерова.
7. Продукт реакції, хлорування метану.
8. Назва реакції, характерної для ненасичених вуглеводнів.
9. Назва п'ятого представника алканів.
10. Загальна назва неорганічних сполук, з яких добувають етин.



#### НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЕКТ

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





## ПОВТОРЮЄМО Й УЗАГАЛЬНЮЄМО ТЕМУ 2 «ВУГЛЕВОДНІ»

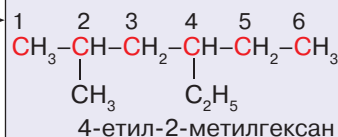
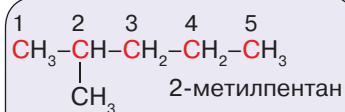
## НОМЕНКЛАТУРА ВУГЛЕВОДНІВ

## АЛКАНИ

## Алгоритм утворення назв

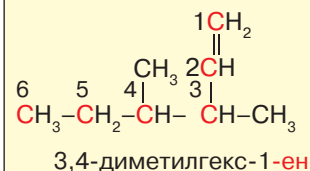
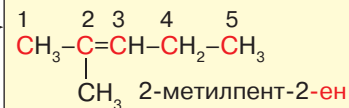
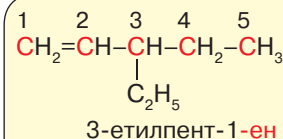
1. Знаходимо найдовший карбоновий ланцюг. 2. Нумеруємо атоми Карбону з кінця, де ближче алкільні замісники. 3. Перед назвою сполуки вказуємо положення алкільних замісників та їхні назви в алфавітному порядку. 4. За наявності однакових замісників вказуємо префікси **ди-**, **три-** і назву алкану з найдовшим ланцюгом.

## Приклади



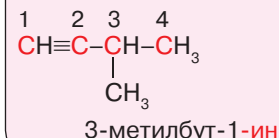
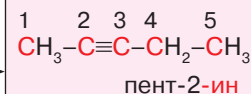
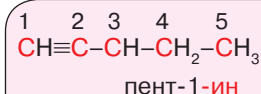
## АЛКЕНИ

1. Назви алкенів утворюють від назв алканів заміною суфікса **-ан** на **-ен**. 2. Знаходимо найдовший карбоновий ланцюг і нумеруємо атоми Карбону з того кінця, до якого найближче міститься **подвійний** зв'язок. 3. Перед назвою сполуки зазначаємо положення алкільних замісників та їхні назви в алфавітному порядку. 4. Перед суфіксом цифрою вказуємо номер атома Карбону, після якого розміщений **подвійний** зв'язок.



## АЛКІНИ

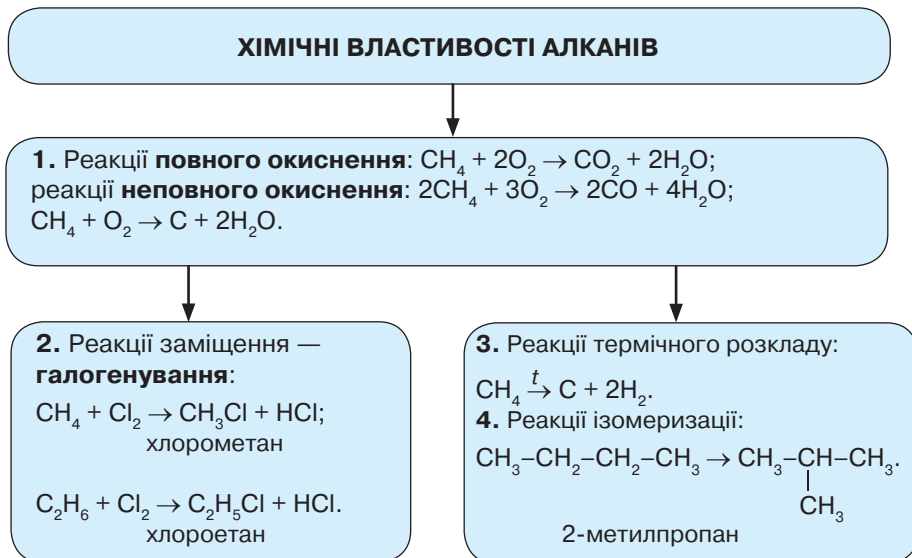
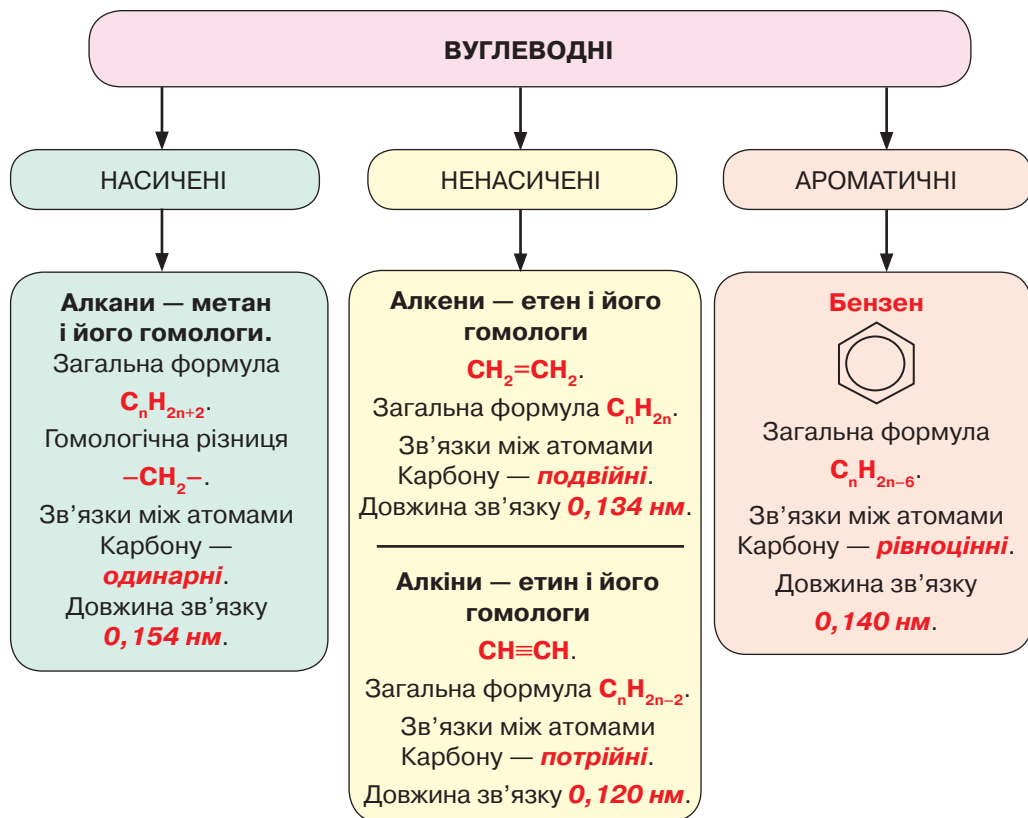
1. Назви алкінів утворюють від назв алканів заміною суфікса **-ан** на **-ин (-ін)**. 2. Знаходимо найдовший карбоновий ланцюг і нумеруємо атоми Карбону з того кінця, до якого найближче розташований **потрійний** зв'язок. 3. Перед назвою сполуки зазначаємо положення алкільних замісників та їхні назви в алфавітному порядку. 4. Перед суфіксом цифрою вказуємо номер атома Карбону, після якого розміщений **потрійний** зв'язок.



АРЕНИ — сполуки Карбону з Гідроеном, у молекулах яких наявне бензенове кільце. Найпростіший представник аренив — **бензен**.





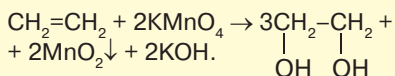
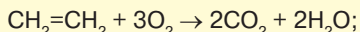




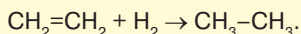
## ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

## ЕТЕНІВ

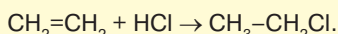
1. Реакції повного й часткового окиснення етену:



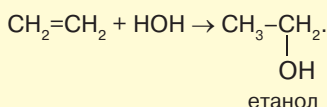
2. Реакція приєднання водню — гідрування:



3. Реакція приєднання гідроген галогенідів:

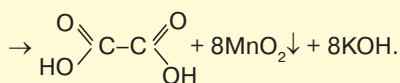
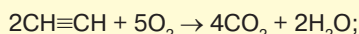


4. Взаємодія з водою — гідратація:



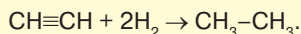
## ЕТИНІВ

1. Реакції повного й часткового окиснення етину:

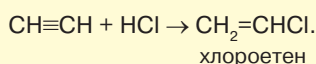


щавлева кислота

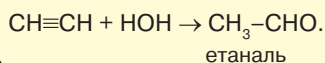
2. Реакція приєднання водню — гідрування:



3. Реакція приєднання гідроген галогенідів:

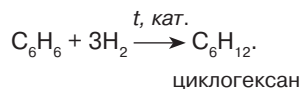
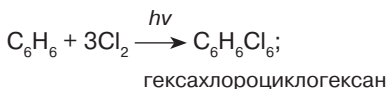


4. Взаємодія з водою — гідратація:

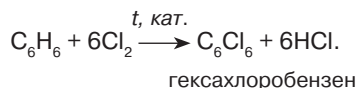
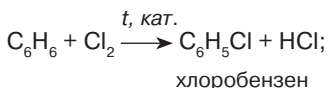


## ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АРЕНІВ

1. Реакції приєднання (галогенування, гідрування):



2. Реакції заміщення:



## СПОСОБИ ДОБУВАННЯ БЕНЗЕНУ

