

Інститут педагогіки НАПН України

Л. П. Величко

Органічні речовини. 11 клас

Навчальний посібник

Київ — 2022

Рекомендовано до випуску та розповсюдження вченою радою Інституту педагогіки НАПН України 18 листопада 2021 р., протокол № 13.

Рецензенти:

О. Г. Ярошенко, доктор педагогічних наук, професор, дійсний член НАПН України, головний науковий співробітник відділу інтеграції вищої освіти і науки Інституту вищої освіти НАПН України;

К.Д.Новченкова, учитель хімії Хмельницького ліцею № 17, учитель-методист, заслужений працівник освіти України.

B27

Величко Л. П. Органічні речовини. 11 клас : навчальний посібник. [Електронне видання]. — Київ: Педагогічна думка, 2022. — 123 с.

ISBN 978-966-644-640-7

Навчальний посібник призначено для учнів 11 класів закладів загальної середньої освіти, які вивчають курс за вибором «Органічні речовини». Посібник містить відомості про органічні сполуки, узагальнені з позицій електронних ефектів у молекулах, хімічних реакцій, методів добування речовин, розглянуто

причини їхньої багатоманітності, рівні структурної організації. Інформацію викладено переважно у формі таблиць, порівняльних схем, наведено завдання і вправи для самостійної роботи учнів, у тому числі, в тестовій формі.

Посібник містить словник основних термінів, довідкові матеріали з історії відкриття і синтезу органічних речовин.

Зміст

Тема 1. Багатоманітність органічних речовин.....	5
Природні й синтетичні органічні речовини	
Причини багатоманітності органічних речовин	
Єдність багатоманітності речовин	
Рівні структурної організації органічних сполук	
Тема 2. Електронна будова органічних речовин.....	22
Основні характеристики ковалентного зв'язку	
Електронна будова вуглеводнів	
Утворення простого зв'язку	
Утворення подвійного зв'язку	
Утворення потрійного зв'язку	
Утворення ароматичного зв'язку	
Електронна будова функціональних груп	
Утворення хімічних зв'язків у гідроксильній групі	
Утворення хімічних зв'язків у карбонільній групі	
Утворення хімічних зв'язків у карбоксильній групі	
Утворення хімічних зв'язків у аміногрупі	
Будова вуглеводів	
Будова білків	
Будова нуклеїнових кислот	
Спектральні методи встановлення будови органічних речовин	
Тема 3. Реакції органічних речовин.....	45
Взаємний вплив атомів у молекулі	

Механізм реакції

Реакції органічних речовин різних класів

Реакції окиснення

Реакції заміщення

Реакції приєднання

Специфічні реакції органічних сполук

Іменні реакції органічних речовин

Якісні реакції на деякі органічні речовини

Тема 4. Добування органічних речовин.....89

Взаємозв'язок і взаємоперетворення органічних речовин

Генетичні ланцюги

Переробка природної сировини й синтетичні методи

Промислові й лабораторні методи синтезу

Перші синтези органічних речовин

Добування полімерних матеріалів

Наноматеріали

Біотехнологічні методи добування органічних речовин.

Охорона навколишнього середовища від забруднень при переробці й транспортуванні вуглеводневої сировини та використанні продуктів переробки й органічного синтезу.

Додатки

«Біографії» органічних сполук

Словник термінів

Тема 1. Багатоманітність органічних речовин.

Природні й синтетичні органічні речовини

Таблиця 1

Природні й синтетичні органічні продукти

Природні продукти	Синтетичні продукти
Корисні копалини (нафта, природний газ, вугілля)	Пластичні маси Волокна Каучуки
Продукти рослинного походження (целюлоза, цукор, крохмаль, олії, волокна бавовни, льону, каучук)	Засоби захисту рослин Добавки до кормів для тварин Лікарські засоби Біодизель, біоетанол
Продукти тваринного походження (амінокислоти, білки, жири, волокна шерсті)	Барвники Мило і мийні засоби Фотоматеріали Запашні й смакові речовини
Продукти планктону	Харчові добавки

Завдання

1. Поясніть, чому в таблиці 1 вжито термін “продукти”, а не “речовини”.
2. Назвіть класи, до яких належать сполуки, що є основою (зазначених у таблиці продуктів).
3. Назвіть речовини, що є основою таких продуктів: бензин, бавовна, природний каучук, біодизель, господарче мило, ацетатний шовк.
4. Пригадайте, що таке штучні волокна. До якої групи продуктів ви відносите їх? Обґрунтуйте свій вибір.

5. Укажіть предмети, що їх виготовлено: а) з органічних речовин природного походження; б) з синтетичних органічних речовин.

А аркуш паперу

Б пігулка аспірину

В грифель олівця

Г хлоргексидин (дезінфекційний засіб, зокрема, проти коронавірусу)

6. Синтез якої речовини був першим в історії хімії? Назвіть ім'я вченого, який провів цей синтез.

7. Підготуйте повідомлення про успіхи сучасної синтетичної органічної хімії за якимось одним напрямом використання речовин: в енергетиці, харчовій чи легкій промисловості, медицині, побуті тощо.

8. Пошук засобів від коронавірусу ведеться в усьому світі. Яка, на вашу думку, роль хіміків-синтетиків у цих пошуках?

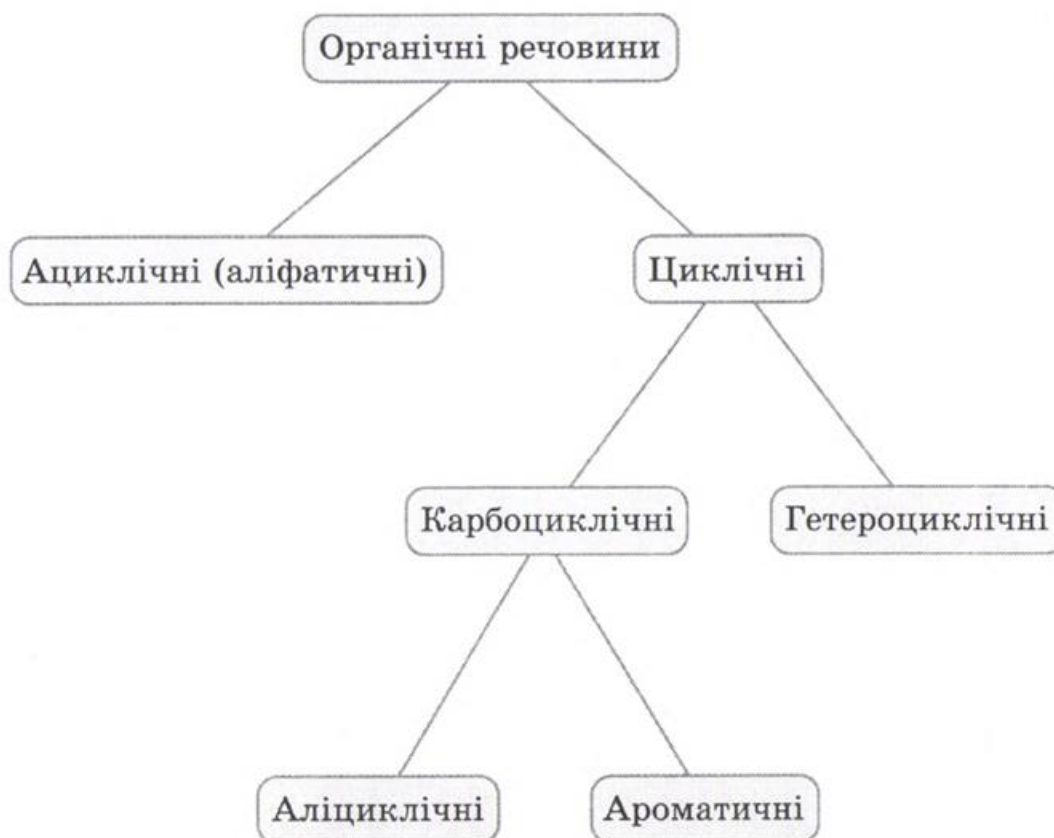
9. Прокоментуйте висловлювання: «Хімія сама створює свої об'єкти» (М. Бергло). Наведіть аргумент на підтвердження цієї тези одного із фундаторів синтетичної органічної хімії.

10. Виробництво й використання синтетичних органічних речовин впливає на стан довкілля. Як можна запобігти негативному впливу їх? Які заходи відомі вам? Яких заходів дотримуєтесь ви у повсякденному житті?

Причини багатоманітності органічних речовин

Вам відомо, що органічні речовини утворюються обмеженим числом хімічних елементів, так званих органогенів (назвіть їх), водночас кількість можливих структур органічних речовин практично необмежена. Виокремимо основні причини їхньої багатоманітності.

1. Характер карбонового ланцюга (лінійний, розгалужений, циклічний).



Завдання

1. Та сама кількість атомів Карбону може утворювати молекули різноманітної будови. За схемою складіть формули і назви сполук із різним характером ланцюга, що містить шість атомів Карбону.

2. Які відомі вам сполуки належать до аліфатичних?

3. Що означає термін «гетероциклічні»?

4. Визначте групу (за характером карбонового ланцюга), до якої належить кожна з таких речовин: аміноетанова кислота, стирен, циклобутан, бутан.

2. Характер хімічних зв'язків між атомами Карбону (прості, кратні, ароматичні).

Завдання

1. Наведіть приклади (структурні формули, назви) органічних сполук з різними хімічними зв'язками. Позначте прості, кратні й ароматичні зв'язки.

2. Складіть структурні формули сполук за назвами: дихлорометан, пент-2-ен, фенол, етанамін.

3. За хімічним складом і характером хімічних зв'язків вуглеводні поділяються на групи. Наведіть формули і назви сполук за цими групами, позначте прості, кратні, ароматичні зв'язки:

Таблиця 2

Класифікація вуглеводнів

Вуглеводні	Група	Загальна формула	Приклад
Насичені	Алкани (парафіни)	C_nH_{2n+2}	
	Циклоалкани (циклопарафіни)	C_nH_{2n}	
Ненасичені	Алкени	C_nH_{2n}	
	Дієни	C_nH_{2n-2}	
	Алкіни	C_nH_{2n-2}	
Ароматичні	Похідні бензену	C_nH_{2n-6}	

3. Наявність функціональних (характеристичних) груп.
Багатоманітність органічних речовин зумовлена й багатоманітністю їхніх класів, ознакою яких є наявність функціональних (характеристичних) груп: гідроксильної, карбонільної, альдегідної, карбоксильної, етерної, естерної, аміногрупи, пептидної — це лише відомі вам групи.

Різноманітності додають поліфункціональні сполуки.

Таблиця 3

Основні класи органічних сполук

Клас речовини	Функціональна група	Загальна формула класу

Галогенопохідні вуглеводнів	—F,—Cl,—Br,—I	R—Hal
Спирти, феноли	—OH	R—OH
Етери	—O—	R—O—R'
Альдегіди		
Кетони		
Карбонові кислоти		
Естери		
Нітросполуки	—NO ₂	R—NO ₂
Аміни	—NH ₂	R—NH ₂
Сульфокислоти	—SO ₃ H	R—SO ₃ H
Аміди		
Нітрили	—C≡N	R—C≡N

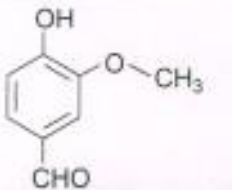
Завдання

1. Наведіть приклади (хімічні формули, назви) органічних сполук відомих вам класів.

2. Наведіть приклади поліфункціональних органічних сполук.

3. Назвіть функціональні групи в молекулах адреналіну, аспірину, ваніліну:

Назва	Формула
Адреналін C ₉ H ₁₃ O ₃ N	
Аспірин C ₉ H ₈ O ₄	

Ванілін $C_8H_8O_3$	
------------------------	--

4. Ізомерія (структурна, просторова (цис-, транс-, оптична).

Структурна ізомерія. Ізомерія карбонового скелета.

Структурні ізомери утворюються в результаті зміни хімічної будови, тобто послідовності сполучення атомів у молекулі. Ізомерами алканів нормальної будови є сполуки розгалуженої будови того самого кількісного складу. Для алкенів і алкінів до причин ізомерії додається положення кратного зв'язку.

Завдання

1. Деякі групи алканів ізомерні між собою. Порівняйте загальні формули алкенів і циклоалканів, алкінів і дієнів. Зробіть висновок про ізомерію між цими групами сполук. Наведіть приклади ізомерів.

2. Складіть кілька завдань за таблицею 4; запропонуйте їх однокласникам.

Таблиця 4

Структурні ізомери алканів

Назва	Формула	Число ізомерів
Бутан	C_4H_{10}	2
Пентан	C_5H_{12}	3
Гексан	C_6H_{14}	5
Гептан	C_7H_{16}	9
Октан	C_8H_{18}	18
Нонан	C_9H_{20}	35
Декан	$C_{10}H_{22}$	75
Ундекан	$C_{11}H_{24}$	159
Додекан	$C_{12}H_{26}$	355
Тридекан	$C_{13}H_{28}$	802
Тетрадекан	$C_{14}H_{30}$	1858
Пентадекан	$C_{15}H_{32}$	4347
Ейкозан	$C_{20}H_{42}$	366 319
Пентакозан	$C_{25}H_{52}$	36 797 588

Тріаконтан	$C_{30}H_{62}$	4 111 846 763
Тетраконтан	$C_{40}H_{82}$	62 491 178 805 831

3. Укажіть причину ізомерії алканів.

- А кількість атомів Карбону
- Б положення кратного зв'язку
- В будова карбонового ланцюга
- Г взаємний вплив атомів у молекулі

4. Укажіть ізомери серед наведених сполук.

- А бут-2-ен
- Б бутанол
- В циклобутан
- Г 2-метилпропан

5. Укажіть ізомери серед наведених сполук.

- А гексан
- Б пентан
- В диметилбутан
- Г 2-метилбутан

6. Укажіть ізомери серед сполук, формули яких наведено.

- А $CH_3-CH_2-C(CH_3)_2-CH_2-CH_3$
- Б $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$
- В $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
- Г $CH_3-CH_2-CH_2-C(CH_3)_2-CH_3$

Ізомерія положення функціональної групи

Із появою функціональних груп у складі молекул можливе різне розташування цих груп відносно атомів Карбону, тобто виникає структурна ізомерія за місцем функціональної групи.

Сполуки того самого класу можуть мати ізомери серед сполук іншого класу. Переконайтесь у цьому на прикладі сполук, формули яких наведено у табл. 5-8.

Структурні ізомери насичених одноатомних спиртів

Структурна ізомерія	Структурна формула ізомера	Температура, °С	
		плавлення	кипіння
Карбонового скелета	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-90	117,4
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-108	108
За місцем функціональної групи	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	-126	97,4
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$	-89,5	82,4
Міжкласова (одноатомні спирти — етери)	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$	-114	78,4
	$\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$	-138,5	-25

Завдання

7. Знайдіть формулу вторинного спирту серед наведених у табл. 5.
8. Складіть формулу третинного спирту з чотирма атомами Карбону в молекулі. Назвіть його. Знайдіть у таблиці формули його ізомерів.

Таблиця 6

Структурні ізомери естерів

Вид ізомерії	Структурна формула ізомера	Температура, °С	
		плавлення	кипіння
Ізомерія карбонового скелета	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OCH}_3 \end{array}$	-95	102
	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C} \\ \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{OCH}_3 \end{array}$	-85	92
Міжкласова ізомерія (естери — одноосновні карбонові кислоти)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \backslash \\ \text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$	-98	57
	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	-22	141

Завдання

9. Які види ізомерії властиві карбоновим кислотам? Складіть таблицю ізомерів бутанової кислоти.

Таблиця 7

Структурні ізомери амінів

Вид ізомерії	Структурна формула ізомеру	Температура, °C	
		плавлення	кипіння
Карбонового скелета	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH}_2$	-50	78
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-85	69
За місцем аміногрупи	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH}_2$	-83	49
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH}_3 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	-95,2	32,4
Міжгрупова ізомерія(первинні — вторинні аміни)	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—NH}_2$	-81	17
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—N—CH}_3 \\ \\ \text{H} \end{array}$	-92	7

Завдання

10. Амінам, що містять понад два атоми Карбону, властива ізомерія між первинними, вторинними і третинними амінами. Складіть формули таких амінів, що містять у молекулі n 'ять атомів Карбону.

Таблиця 8

Структурні ізомери амінокислот

Вид ізомерії	Структурна формула сполуки	$t_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$
Карбонового скелета	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—CH—COOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	337
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH—CH—COOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	280
За місцем аміногрупи	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH—COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	304—307
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	193—194

	$\text{NH}_2\text{—CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$	203
--	---	-----

Завдання

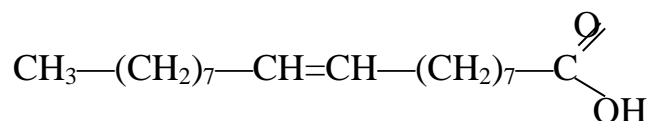
11. Проаналізуйте температури плавлення (кипіння) сполук, формули яких наведено у табл. 5—8. Чи впливає розгалуженість молекул на ці константи? Зробіть висновок.

Просторова (цис-, транс-) ізомерія

Цей вид ізомерії зумовлений взаємним просторовим розміщенням атомів у молекулі, тобто це просторова, або стереоізомерія. Вона можлива в тому разі, коли немає вільного обертання атомів навколо зв'язку (тобто коли це подвійний зв'язок) і за наявності різних замісників при подвійному зв'язку. Наприклад, для сполуки $\text{CH}_3\text{—CH=CH}_2$ цис-, транс-ізомерія неможлива. Поясніть, чому?

Завдання

12. Олеїнова й елаїдинова кислоти — ізомери.



Яка з них є цис-формою, а яка — транс-формою? Складіть скорочені структурні формули цих сполук.

13. Пригадайте, який вітамін є активним у транс-формі молекули.

14. Підготуйте доповідь про трансжири. Поясніть назву цієї групи сполук, структурні особливості, вплив на організм людини у разі вживання в їжу.

15. Укажіть ізомери серед наведених сполук.

А крохмаль і целюлоза **В** етанол і етоксіетан

Б метан і метаналь **Г** α - і β - аланін

16. Укажіть число ізомерів серед сполук, формули яких наведено.

А $\text{CH}_3\text{—CH(CH}_3\text{)—CH}_3$

В $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$

Б $\text{CH}_3\text{—C(CH}_3\text{)}_2\text{—CH}_3$

Г $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH(CH}_3\text{)—CH}_2\text{—CH}_3$

17. Укажіть причини ізомерії алкенів.

А взаємний вплив атомів у молекулі

Б положення потрійного зв'язку

В кількість атомів Карбону

Г будова карбонового ланцюга

18. Укажіть можливі види ізомерії для сполуки $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$

А цис-, транс-

Б карбонового скелета

В міжгрупова

Г положення кратного зв'язку

19. Укажіть число ізомерів серед сполук, формули яких наведено.

А $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—O—CH}_2\text{—CH}_3$

Б $\text{CH}_3\text{—CH(OH)—CH}_2\text{—CH}_3$

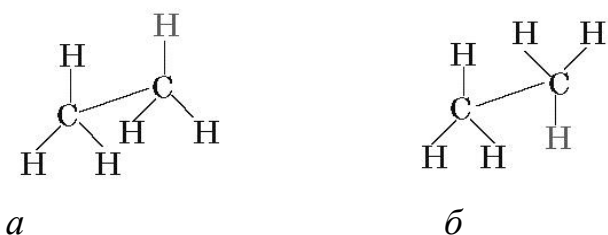
В $\text{CH}_3\text{—CH(OH)—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$;

Г $\text{HO—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$

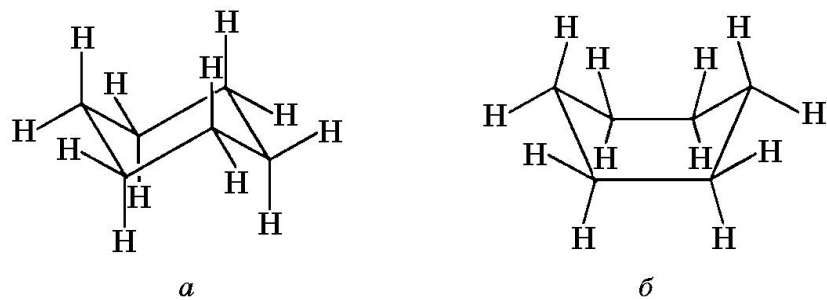
5. Конформації

До причин багатоманітності речовин слід віднести й *конформації* як результат внутрішньої динаміки молекул. Завдяки вільному обертанню атомів Карбону навколо простих зв'язків утворюється множина конформаційних форм, що перебувають у динамічній рівновазі. Стабільніші ті конформації, що мають мінімум енергії, а отже, в яких молекули перебувають більше часу порівняно з іншими формами. Такі форми молекул називають конформаційними ізомерами.

Конформації біологічно активних речовин особливо важливі для перебігу процесів у живих організмах.



Конформації етану: *a* — затінена; *б* — загальмована.



Конформації циклогексану: *a* — “крісло”; *б* — “човен”.

Завдання

1. Яка конформація етану є, на вашу думку, найстійкішою?
2. Пригадайте лабораторний дослід зі складання моделей молекули пентану. Укажіть енергетично найвигіднішу форму карбонового ланцюга алканів.

А лінійна

Б клешнеподібна

В зигзагоподібна

Г кільцева

3. Поясніть, як впливає вільне обертання атомів Карбону навколо простих зв'язків на стійкість циклоалканів.

4. Підтвердіть прикладами або спростуйте такі тези:

- а) внутрішня динаміка молекул — причина, конформації молекул — наслідок;
- б) хімічна і просторова будова речовин не впливають на перебіг біохімічних процесів за їх участю.

6. Гомологія

Існує величезна кількість гомологічних рядів органічних речовин. Зміна складу молекули лише на одну групу CH_2 приводить до утворення нової сполуки. Кожен структурний ізомер утворює свій гомологічний ряд.

Завдання

1. Складіть кілька структурних формул гомологів 2, 2-диметилбутану.
2. Укажіть спільні ознаки гомологів.

А методи добування **В** хімічна будова

Б кількісний склад **Г** хімічні властивості

3. *Укажіть ознаки, за якими різняться гомологи.*

А якісний склад **В** хімічна будова

Б кількісний склад **Г** фізичні властивості

4. *Оберіть гомологи серед перелічених сполук*

А декан **В** пропандієн

Б бута-1,2-дієн **Г** циклогексан

5. *Установіть відповідність між назвами і формулами речовин.*

Назва сполуки *Формула сполуки*

А 2-метилпентан **1** $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH(CH}_3\text{)—CH}_3$

Б 2,2,3-триметилпентан **2** $\text{CH}_3\text{—C(CH}_3\text{)}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$

В 2-метилбутан **3** $\text{CH}_3\text{—CH(CH}_3\text{)}_2\text{—CH(CH}_3\text{)—CH}_2\text{—CH}_3$

Г 2, 2-диметилбутан **4** $\text{CH}_3\text{—CH(CH}_3\text{) —CH}_2\text{—CH}_3$

5 $\text{CH}_3\text{—CH(CH}_3\text{)—CH(CH}_3\text{)—CH}_3$

6. *Установіть відповідність між назвами і характеристиками речовин*

А бензен **1** молекула може приєднати шість атомів Хлору

Б етанова кислота **2** сировина для виробництва полімера

В 2-метилбутан **3** другий член гомологічного ряду

Г етен **4** ізомер пентану

5 належить до групи алкадієнів

7. Здатність до полімеризації. Здатність деяких речовин до полімеризації також належить до причин їхньої багатоманітності. Вихідні мономерні й полімери значно різняться за властивостями. Накопичення елементарних структурних ланок різної довжини і розгалуженості приводить до утворення полімерів з різними властивостями.

Багатоманітності додають *кополімери*, що утворюються з двох і більше різних мономерів. Наприклад, полімеризацією бута-1,3-дієну добувають бутадієновий каучук, а кополімеризацією цієї сполуки за участю інших речовин — латекс, що вирізняється більшою еластичністю.

Завдання

1. Поясніть відмінності властивостей поліетилену високого і низького тиску.
2. Наведіть приклади матеріалів, виготовлених з полімерів.
3. Чому, на вашу думку, кількість органічних речовин переважає кількість неорганічних?

Єдність багатоманітності речовин

Багатоманітний матеріальний світ існує в єдності (єдність багатоманітності). Стосовно як органічних, так і неорганічних речовин це виявляється у генетичних взаємозв'язках, взаємних перетвореннях цих речовин, аж до перетворень в організмі.

Завдання

1. Наведіть приклад ланцюга взаємних перетворень речовин включно з неорганічними.
2. Поясніть умовність поділу на органічні й неорганічні сполуки.
3. Прокоментуйте висловлювання: «Розвиток хімії показав, що різноманітність речовин у природі пояснюється не стільки різноманітністю атомів, скільки різноманітністю сполучень невеликої кількості різних атомів між собою в ансамбль» (В. Ковтуненко).

Рівні структурної організації органічних сполук

Структурність є фундаментальною властивістю матеріального світу й охоплює всі об'єкти — від елементарних частинок до Всесвіту. Елементарні частинки, атоми, молекули належать до *мікросвіту*, їх не можна спостерігати неозброєним оком на відміну від об'єктів *макросвіту*, в якому ми перебуваємо безпосередньо. Всесвіт належить до *мегасвіту*. Безліч різноманітних структур мікро-, макро- і мега-світів, упорядкованих певним чином, створює ієрархічну цілісність, в якій поєднано фізичні, хімічні, біологічні процеси (*ієрархія* — це розташування частин або елементів цілого в певному порядку від вищого до нижчого та підпорядкування нижчих вищим).

Структурна організація речовини як виду матерії означає упорядкованість її окремих складників і утворення рівнів організації, що мають ієрархічну

будову: від простих до складних, причому кожен нижчий рівень входить до складу вищого. Елементарні частинки як речовинна форма перебувають на субатомному рівні, атоми — на атомному, молекули — на молекулярному, полімери — на полімерному, надмолекулярні утворення — на супрамолекулярному рівні організації речовин.

На кожному структурному рівні в носіях цих рівнів виникають специфічні взаємодії, що також ускладнюються від нижчого до вищого рівня організації: в атомі — взаємодія між ядром і електронами, в молекулі — взаємодія ядер і електронів різних атомів, у полімерах — додається міжмолекулярна взаємодія. Якщо продовжувати цей ряд до біологічних форм, то взаємодія має місце у внутрішньоклітинних органелах, клітинах, організмах і т. д.

Перехід з одного рівня організації на інший відбувається стрибкоподібно, дискретно. Об'єкти кожного попереднього рівня організації є частиною наступного рівня. Кожен рівень організації виникає в результаті специфічних взаємодій між об'єктами попереднього рівня. До прикладу, нові атоми виникають у результаті взаємодії частинок субатомного рівня — ядер і електронів (ядерні реакції); взаємодія атомів (атомний рівень) у результаті хімічних реакцій приводить до утворення молекул і макромолекул; останні, як представники полімерного рівня, внаслідок самоорганізації утворюють супрамолекулярні ансамблі, які є субстратами біохімічних процесів на клітинному рівні.

Молекули і макромолекули не мають ознак життя, а клітина, що перебуває на наступному рівні організації матерії, вищому стосовно речовинного, є носієм живого. За висловлюванням американського біохіміка А. Ленінджера, «Об'єкти живої природи складаються з неживих молекул», тобто процеси життєдіяльності мають молекулярну основу.

Макромолекули об'єднуються в молекулярні ансамблі, які є предметом вивчення порівняно нової галузі хімії — супрамолекулярної хімії (лат. префікс *supra* — над), що сформувалася у 70-х роках ХХ ст. Фундатор галузі, французький учений, лауреат Нобелівської премії, Ж.-М. Лен визначив її як

«хімію за межами молекули» Об'єктами вивчення супрамолекулярної хімії є молекулярні ансамблі. Органічні речовини молекулярної будови утворюються в переважній більшості завдяки ковалентним зв'язкам, а молекулярні ансамблі — завдяки міжмолекулярним. Димери, олігомери, полімери за великим рахунком теж слід віднести до супрамолекулярного рівня, оскільки між молекулами чи молекулярними ланцюгами полімерів існує взаємодія, що й визначає їхні особливі властивості. І синтетичні, і біополімери містять у своїй масі різноманітні просторові утворення: клубки, спіралі тощо, тобто супрамолекули. Наявність міжмолекулярної взаємодії є основною ознакою супрамолекулярних утворень.

Для здійснення біологічних функцій саме рівень організації речовин є визначальним. Зниження рівня організації, наприклад, денатурація білка, коли втрачається четвертинна, третинна і вторинна структури, призводить до втрати біологічних функцій. Інакше кажучи, специфічні біологічні функції здійснюються супрамолекулярним утворенням як цілим.

Перетворення хімічних структур на біологічні об'єкти відбувається завдяки процесам самоорганізації, ланкою в яких є утворення супрамолекулярних структур.

Уявлення про ранговість в організації речовин об'єднують у єдиний ланцюг об'єкти природничих наук від елементарних частинок до живих клітин і охоплюють процеси — від фізичних і хімічних до біологічних.

На межі біології і хімії є спільна ділянка супрамолекулярних сполук. Розуміння їхнього місця в ієрархії речовин є кроком до пізнання таїнства життєдіяльності організму.

Завдання

1. Структуру білків як біополімерів описують у термінах первинної, вторинної, третинної, четвертинної будови. На якому рівні утворюються молекулярні ансамблі білків? Наведіть приклад відомого вам білка.

2. Складіть ланцюг рівнів структурної організації речовин. Зважте, що елементарні частинки також належать до речовинної форми матерії.

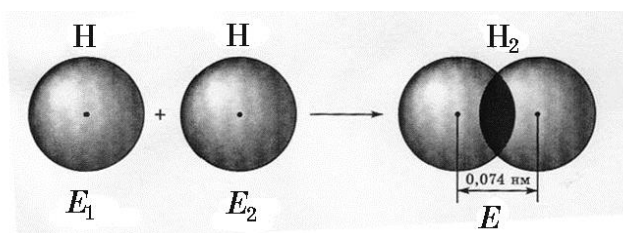
3. Які рівні організації речовин вивчає органічна хімія?

4. Розмістіть у порядку збільшення розмірів такі об'єкти: молекула, піщинка, бактерія, атом, Еверест, позитивно заряджений йон, ДНК, електрон. Які рівні організації матерії представлено в цьому переліку?

5. Досягнення органічної хімії сприяють поясненню процесів, що відбуваються в організмі, на молекулярному рівні. Як це пов'язано з розумінням структури білків і нуклеїнових кислот?

Тема 2. Електронна будова органічних речовин

Основні характеристики ковалентного зв'язку



$$E_1 + E_2 > E$$

Енергія виділяється

Утворення ковалентного зв'язку в молекулі водню

Пригадайте з курсу фізики, з яких видів енергії складається внутрішня енергія системи і від чого вона залежить: кінетична енергія залежить від швидкості руху тіл, що входять у систему, та від їхньої маси; потенціальна — від взаємного розташування тіл, що взаємодіють у системі, та від сил, що діють між ними. Внутрішня енергія такої системи, як молекула, складається з кінетичної енергії руху електронів навколо ядра та нуклонів у ядрі й потенціальної енергії, що характеризує взаємодію між електронами і ядром. Нульову енергію мають тіла, що не взаємодіють. Система тіл, що притягаються, має негативну енергію. У разі відштовхування тіл енергія системи буде позитивною.

Оскільки в молекулах органічних сполук переважають ковалентні зв'язки, йтиметься саме про них. Згідно з одним з основних принципів механіки система найстійкіша, якщо вона перебуває в стані з мінімумом енергії. Отже, молекула (стійка система) утворюється, якщо з наближенням атомів повна внутрішня енергія системи зменшується (енергія молекули менша від суми енергії окремих атомів). Проте наближення атомів можливе до певної межі, бо далі зростають сили відштовхування між ядрами. Відстань між ядрами атомів, що відповідає мінімуму енергії молекули, визначає, **довжину** хімічного зв'язку.

Ще один параметр хімічного зв'язку — **енергія**. Її можна розглядати як енергію, яку треба затратити для розриву хімічного зв'язку. Інакше кажучи, щоб розірвати зв'язок, треба затратити певну енергію. Отже, мірою міцності зв'язку

може бути кількість енергії, що витрачається на його розривання. Що більша енергія зв'язку, то він міцніший.

Енергія зв'язку тісно пов'язана з між'ядерною відстанню. Що більше перекриваються електронні орбіталі, то менша відстань між ядрами, то більше виділяється енергії. Знаючи довжину зв'язку, можна приблизно робити припущення про його енергію і навпаки. Що більша енергія і менша довжина зв'язку, то він міцніший.

Поняття *полярності* ковалентного хімічного зв'язку відоме вам також із курсу неорганічної хімії.

У разі полярного зв'язку відбувається зміщення електронної густини зв'язку до більш електронегативного атома, і на ньому з'являється частковий негативний заряд. Полярність зв'язку свідчить про нерівномірний розподіл електронної густини в молекулі, часткові заряди на атомах впливають на реакційну здатність молекули.

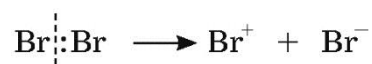
Полярність, енергія та довжина ковалентного зв'язку не вичерпують усіх його характеристик. Вам відомо про їхню *просторову напрямленість*, яку розглянемо згодом.

Розривання ковалентного зв'язку

Розривання ковалентного зв'язку можливе двома шляхами: за *радикальним* або *йонним* механізмом:



Радикальний
(гомолітичний)



Йонний
(гетеролітичний)

У разі радикального механізму (гомолітичного) утворюються частинки з неспареними електронами, вони називаються радикалами. Ви можете пригадати, що реакція заміщення Гідрогену на галоген у насичених вуглеводнях відбувається з утворенням дуже активного радикала Хлору, який ініціює ланцюгову реакцію.

За йонним механізмом (гетеролітичним) розривається зв'язок у молекулі бромиду під час реакції приєднання бромиду до ненасиченого вуглеводню.

Зробимо висновки.

1. Для органічних сполук найхарактернішим типом хімічного зв'язку є ковалентний.

2. Ковалентний зв'язок характеризується довжиною, енергією, полярністю, а також напрямленістю в просторі.

3. Існують два способи розривання ковалентного зв'язку: з утворенням йонів або вільних радикалів.

Довжина зв'язку — відстань між ядрами атомів у молекулі, що відповідає мінімуму енергії.

Енергія зв'язку — енергія, що виділяється під час утворення зв'язку окремими атомами, або енергія, необхідна для розривання зв'язку.

Полярність зв'язку — розподіл електронної густини в молекулі.

Напрявленість зв'язку в просторі — кути між зв'язками (для атомів елементів, що виявляють валентність два і вищу від двох).

Завдання

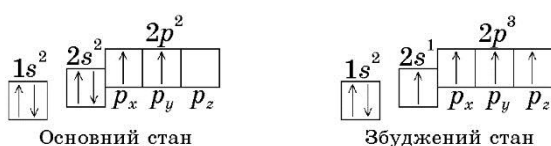
1. Користуючись таблицею відносної електронегативності елементів, порівняйте полярність зв'язків $\text{H}-\text{Cl}$ і $\text{H}-\text{Br}$ у молекулах гідроген хлориду і гідроген броміду. Яка молекула є більш полярною?

2. Які види хімічних зв'язків відомі вам? Наведіть приклади сполук.

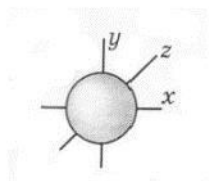
3. За одним із принципів механіки стійка система має мінімум енергії. Поясніть за малюнком на с. 00, як узгоджується із цим принципом утворення молекули водню з окремих атомів.

Електронна будова вуглеводнів

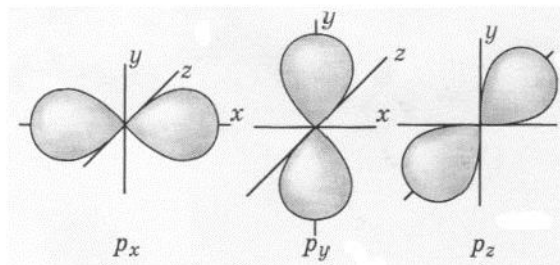
Пригадайте електронну конфігурацію атома Карбону в основному й збудженому станах. Унаслідок переміщення одного $2s$ -електрона на вільну $2p$ -орбіталь атом має чотири неспарені електрони, що здатні утворювати ковалентні зв'язки.



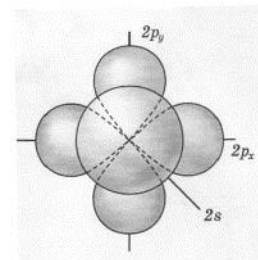
Електронна конфігурація атома Карбону



Форма s -електронної орбіталі



Форма й орієнтація у просторі p -електронних орбіталей



Форма електронних орбіталей зовнішнього шару атома Карбону

Завдання

1. Як ви розумієте термін «електронна орбіталь»?
2. Опишіть за малюнком форми електронних орбіталей атома Карбону.
3. Чи має атом Карбону в основному стані неспарені електрони?

Незаповнені орбіталі?

4. Порівняйте атом Карбону в основному й збудженому станах.

Утворення простого зв'язку

Молекула метану утворюється за допомогою чотирьох ковалентних зв'язків між атомами Карбону та Гідрогену. Ці зв'язки спрямовуються у просторі під кутами $109,5^\circ$ (тетраедричні кути). Така будова молекули метану зумовлена електронною будовою атома Карбону. s - і p -Електронні орбіталі мають різну форму: перші — форму кулі, другі — форму гантелі (об'ємної вісімки). Очевидно, внаслідок перекривання цих електронних орбіталей з s -електронними орбіталями атомів Гідрогену мали б утворитися нерівноцінні зв'язки С—Н. Однак відомо, що в молекулі метану всі зв'язки однакові, тобто утворені однаковими електронними орбіталями.

Для пояснення такої суперечності було запропоновано *гіпотезу гібридизації електронних орбіталей*. Згідно з цією гіпотезою в момент утворення молекули метану одна s - і певна кількість p -електронних орбіталей атома Карбону гібридизуються (змішуються), і як наслідок утворюються нові гібридні електронні орбіталі, що мають форму несиметричних вісімок, витягнутих у напрямку новоутвореного зв'язку.

У молекулі метану змішуються одна s - і три p - орбіталі, утворюючи чотири нові рівноцінні sp^3 -гібридні орбіталі. Вони спрямовані від центра до

вершин тетраедра під кутом одна відносно одної $109,5^\circ$. Цей вид гібридизації електронів називають sp^3 -гібридизацією.

Описана форма електронних орбіталей атома Карбону забезпечує максимальне перекривання їх з електронними орбіталями атомів Гідрогену, що супроводжується утворенням т. зв. σ -зв'язків.

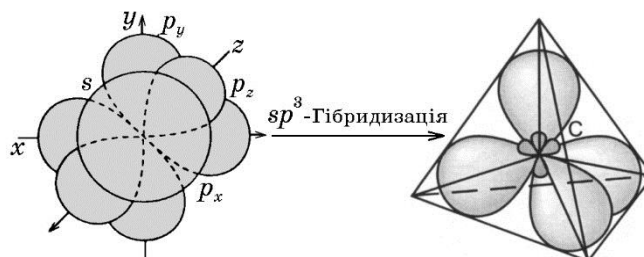


Схема утворення sp^3 -гібридних орбіталей атома Карбону

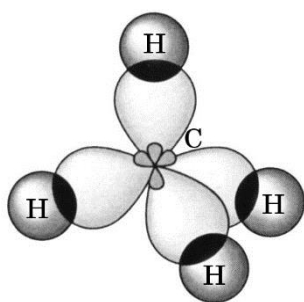
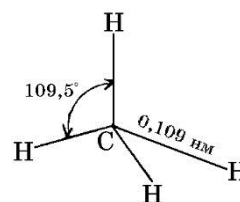


Схема утворення σ -зв'язків у молекулі метану



Геометрія молекули метану

У молекулах алканів, як і метану, валентні електрони атомів Карбону перебувають у стані sp^3 -гібридизації. Гібридні електронні орбіталі, перекриваючись між собою та з s -електронними орбіталями атомів Гідрогену, утворюють σ -зв'язки. Довжина зв'язків С—С становить $0,154$ нм, енергія зв'язків С—С — 348 кДж/моль.

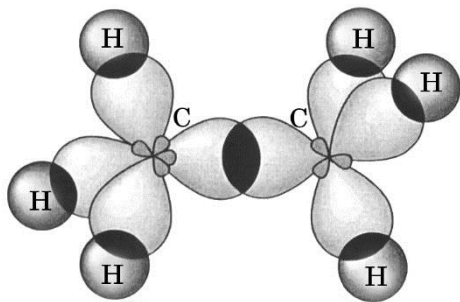
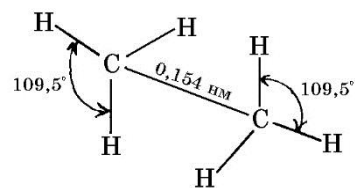
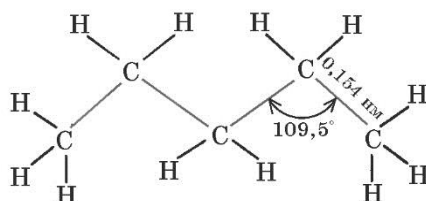


Схема утворення σ -зв'язків у молекулі етану



Геометрія молекули етану

Завдяки обертанню атомів Карбону навколо σ -зв'язків молекула алкану може набути різних просторових форм (конформацій), з яких енергетично найвигіднішою є зигзагоподібна, оскільки в цьому разі атоми максимально віддалені один від одного.



Зигзагоподібна будова карбонового ланцюга

Завдання

1. Які електронні орбіталі атома Карбону беруть участь у sp^3 -гібридизації? Як змінюється їхня форма?
2. Пояснить, як гіпотеза гібридизації пояснює рівноцінність хімічних зв'язків у молекулі метану і її тетраедричну будову.
3. Пояснить, чому карбоновий ланцюг має зигзагоподібну будову.
4. Назвіть ознаки будови молекул алканів за такою схемою: тип гібридизації електронних орбіталей атома Карбону; довжина зв'язку C—C; енергія зв'язку C—C; валентний кут; вид ізомерії.

Утворення подвійного зв'язку

Знову звернемося до електронної будови атома Карбону в збудженому стані. Згідно з гіпотезою гібридизації у момент утворення молекули етену s -електронна орбіталь гібридується з двома p -електронними орбіталями, внаслідок чого утворюються три нові sp^2 -гібридні електронні орбіталі.

Якщо уявити ядро атома Карбону в центрі трикутника, то sp^2 -гібридні орбіталі напрямлені до його вершин, кут між ними становить 120° .

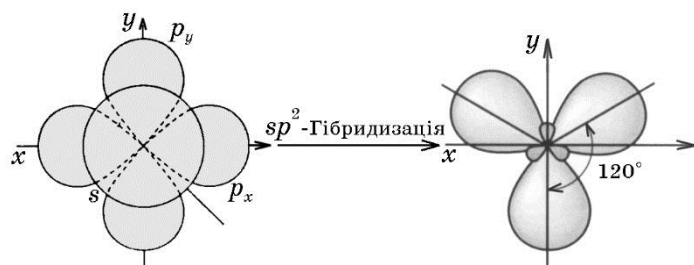


Схема утворення трьох sp^2 -гібридних електронних орбіталей атома Карбону

Гібридні електронні орбіталі двох атомів Карбону, перекриваючись, утворюють σ -зв'язок.

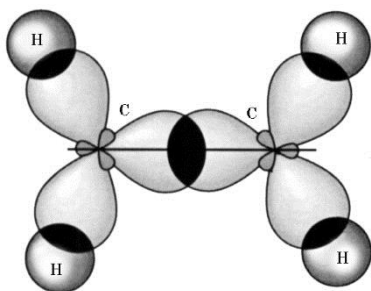


Схема утворення σ -зв'язків у молекулі етену

Негібридні p -електронні орбіталі двох атомів Карбону, перекриваючись, утворюють т. зв. π -зв'язок. Оскільки p -електронні орбіталі мають форму об'ємних вісімок, то перекривання відбувається над і під віссю σ -зв'язку. Отже, між атомами Карбону в молекулі етену утворюється подвійний зв'язок: один σ -, другий — π -зв'язок.

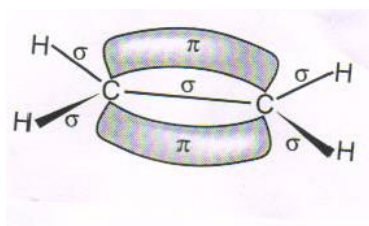
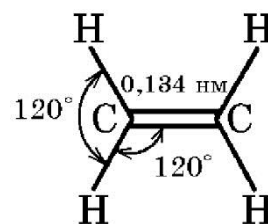


Схема утворення π -зв'язку в молекулі етену



Геометрія молекули етену

Енергія подвійного зв'язку (614 кДж/моль) більша за енергію ординарного зв'язку (348 кДж/моль), але менша за його подвоєну енергію. Очевидно, що енергія π -зв'язку менша за енергію σ -зв'язку і становить $614 - 348 = 266$ (кДж/моль). π -Зв'язок є менш міцним, оскільки його електронна густина зосереджена не між атомними ядрами, а вище і нижче від них. Просторово π -

зв'язок доступніший для реагентів, під їх впливом він поляризується та розривається.

Довжина подвійного C—C-зв'язку в молекулі етену — 0,134 нм — менша, ніж у молекулі етану, оскільки в утворенні подвійного зв'язку беруть участь чотири електрони (по два від кожного атома Карбону), а простого — лише два електрони. Позитивно заряджені ядра атомів Карбону в молекулі етену зв'язуються сильніше, ніж у молекулі етану, оскільки між ними містяться електрони, які мають більший сумарний негативний заряд.

Завдання

1. Поясніть за малюнком, які електронні орбіталі атома Карбону беруть участь у sp^2 -гібридизації.

2. Як утворюється подвійний зв'язок у молекулі етену?

3. Як позначається спосіб утворення карбон-карбонного зв'язку в молекулі етену на її геометрії порівняно з молекулою етану?

4. Запишіть ознаки будови молекул алкенів за такою схемою: тип гібридизації електронних орбіталей атома Карбону; довжина подвійного зв'язку C—C; енергія подвійного зв'язку C—C; валентний кут; вид ізомерії.

5. Чи можливе вільне обертання атомів навколо подвійного зв'язку? Як це позначається на ізомерії молекул алкенів?

Утворення потрійного зв'язку

Згідно з гіпотезою гібридизації атоми Карбону в молекулі етину перебувають у стані sp -гібридизації. Це означає, що s -електронна орбіталь «змішується» з однією з трьох p -електронних орбіталей з утворенням двох sp -гібридних електронних орбіталей, а дві інші p -електронні орбіталі залишаються негібридними.

sp -Гібридні електронні орбіталі двох атомів Карбону, перекриваючись, утворюють σ -зв'язок між собою та з атомами Гідрогену. Валентний кут у цьому разі становить 180° .

Унаслідок перекривання негібридних p -електронів утворюються два π -зв'язки. Ділянки перекривання p -електронів розміщуються поза віссю σ -зв'язку.

Електронна густина двох π -зв'язків об'єднується, набуваючи циліндричної форми, всередині якої зосереджується σ -зв'язок.

Отже, в молекулі етину між атомами Карбону існує потрійний зв'язок, що є поєднанням одного σ - і двох π -зв'язків.

Довжина потрійного зв'язку (0,120 нм) менша порівняно з подвійним, а його енергія більша (839 кДж/моль).

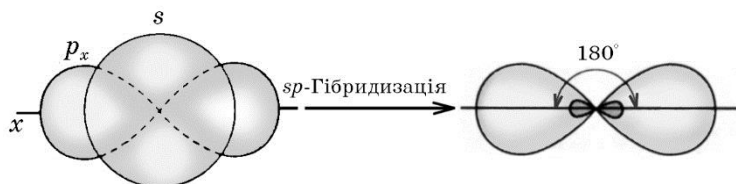


Схема утворення sp -гібридних електронних орбіталей атома Карбону

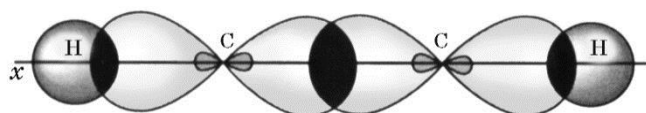


Схема утворення σ -зв'язків у молекулі етину

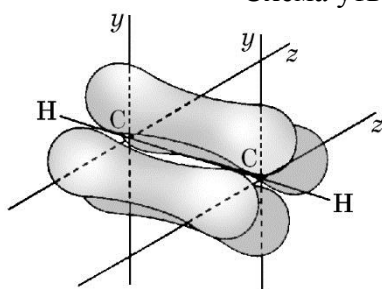
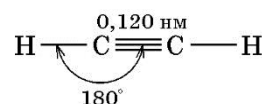


Схема утворення π -зв'язків у молекулі етину



Геометрія молекули етину

Завдання

1. Схарактеризуйте атом Карбону в стані sp -гібридизації.
2. Поясніть, як утворюється потрійний зв'язок між атомами Карбону.
3. Запишіть ознаки будови молекул алкінів за такою схемою: вид гібридизації електронних орбіталей атома Карбону; довжина потрійного зв'язку $C-C$; енергія потрійного зв'язку $C-C$; валентний кут; вид ізомерії.
4. Порівняйте будову алканів, алкенів і алкінів.
5. Пригадайте, як електронна теорія пояснює зменшення довжини подвійного зв'язку в молекулі етену порівняно з ординарним зв'язком у молекулі етану. Дайте аналогічне пояснення щодо потрійного зв'язку в молекулі етину.

Утворення ароматичного зв'язку

Згідно із сучасними уявленнями молекула бензену є плоским правильним шестикутником, у вершинах якого розміщуються атоми Карбону, що перебувають у стані sp^2 -гібридизації. Кожен атом утворює по три σ -зв'язки (два — із сусідніми атомами Карбону й один — з атомом Гідрогену) завдяки гібридним електронним орбіталям.

Негібридні p -електронні орбіталі сусідніх атомів Карбону, перекриваючись між собою з обох боків, утворюють спільну π -електронну хмару, густина якої локалізована над і під площиною молекули. У цьому разі кажуть про *спряжену π -електронну систему*, в якій електронна густина рівномірно розподілена (делокалізована) між усіма атомами Карбону. Завдяки цьому C—C — зв'язки вирівняні, їхня довжина є проміжною між довжинами простих і подвійних зв'язків і становить 0,140 нм (їх називають *полоторними* і позначають C—C). Енергія зв'язків — 412 кДж/моль. Валентний кут у молекулі бензену становить 120° .

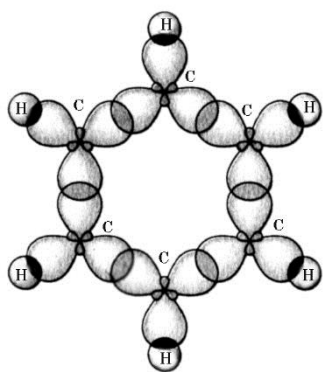


Схема утворення σ -зв'язків у молекулі бензену

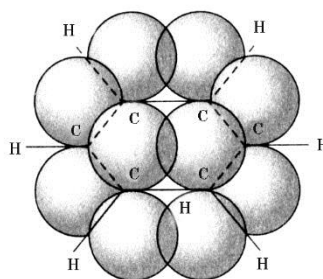


Схема перекривання p -електронних орбіталей у молекулі бензену

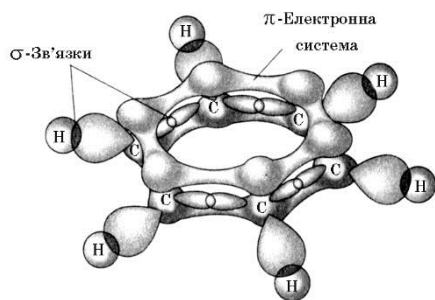
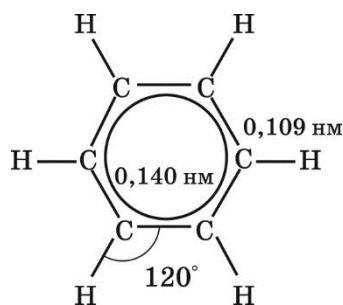


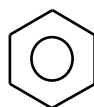
Схема утворення π -електронної системи в молекулі бензену



Геометрія молекули бензену

π -Електронна система стабілізує плоску молекулу бензену, що підтверджують наведені нижче міркування. Припустимо, що молекула бензену згідно з формулою Кекуле справді містить три подвійні зв'язки, тобто бензен є циклогексатрієном. Унаслідок згоряння такої сполуки мало б виділитися 3453 кДж/моль теплоти. Насправді ж виділяється лише 3303 кДж/моль, тобто молекула бензену містить енергії менше на 150 кДж/моль. Цю різницю називають *енергією спряження*, завдяки їй молекула бензену набуває більшої стабільності.

Щоб показати, що в молекулі бензену немає простих і кратних зв'язків у чистому вигляді, було запропоновано зображувати структурну формулу як правильний шестикутник з кільцем усередині, що символізує рівномірний розподіл густини π -зв'язків між усіма атомами Карбону:



На практиці хіміки найчастіше користуються формулою Кекуле як найзручнішою, однак пам'ятають про її недосконалість.

Завдання

1. *Яка з відомих вам структурних формул бензену найточніше відображає його хімічну суть?*
2. *Запишіть ознаки будови молекули бензену за відомою вам схемою.*
3. *Схарактеризуйте ароматичний зв'язок порівняно з простим і подвійним.*

4. Складіть формули можливих ізомерів пропілбензену.

Електронна будова функціональних груп

Утворення хімічних зв'язків у гідроксильній групі

Між атомами в молекулах спиртів встановлюються ковалентні зв'язки. Щоб з'ясувати, як вони утворюються, порівняємо будову молекул метану, води й метанолу. Валентні кути в цих молекулах близькі й становлять відповідно $109,5^\circ$, 105° і 108° . Можна припустити, що атом Оксигену, так само, як і атом Карбону, перебуває у стані sp^3 -гібридизації.

Дві з чотирьох гібридних електронних орбіталей атома Оксигену зайнято електронними парами, а дві інші — одноелектронні й можуть утворювати σ -зв'язки з іншими атомами. Унаслідок відштовхування електронних пар відбувається зменшення тетраедричного валентного кута порівняно з метаном, у молекулі якого всі гібридні орбіталі — одноелектронні.

У молекулі метанолу Оксиген утворює σ -зв'язки внаслідок перекривання sp^3 -гібридних електронних орбіталей із s -електронною орбіталлю атома Гідрогену та sp^3 -гібридною електронною орбіталлю атома Карбону.

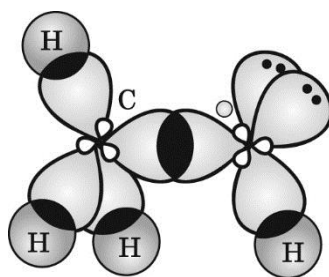
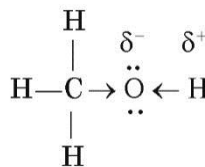
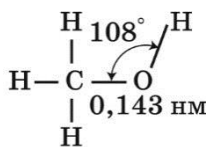


Схема утворення σ -зв'язків у молекулі метанолу



Геометрія молекули метанолу Зміщення електронної густини в молекулі метанолу

Зв'язок O—H поляризований, оскільки атом більш електронегативного Оксигену відтягує до себе електронну густину зв'язку. Внаслідок поляризації на

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

Завдання

1. Поясніть вплив атома Оксигену на розподіл електронної густини в молекулі спирту.

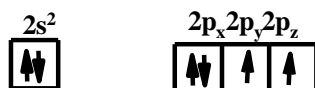
2. Які види ізомерії властиві насиченим одноатомним спиртам?

Наведіть приклади.

Утворення хімічних зв'язків у карбонільній групі

У карбонільній групі атом Карбону утворює три σ -зв'язки, розміщені під кутом 120° один до одного. Виходячи з цього, цілком імовірно, що атоми Карбону й Оксигену перебувають у стані sp^2 -гібридизації, і σ -зв'язок між ними утворюється завдяки перекриванню гібридних електронних орбіталей.

Як саме відбувається sp^2 -гібридизація електронних орбіталей в атома Оксигену? Його електронна формула $1s^2 2s^2 2p^4$



У момент утворення молекули внаслідок «змішування» двох s - і трьох p -електронних орбіталей (разом п'ять) утворюються три гібридні електронні орбіталі, з яких дві мають по два електрони, а одна — один електрон. Одноелектронна орбіталь перекривається з такою атома Карбону з утворенням σ -зв'язку.

Негібридні p -електронні орбіталі атомів Карбону й Оксигену перекриваються з утворенням π -зв'язку. Так між атомами Карбону й Оксигену встановлюється подвійний зв'язок. Із подібною схемою утворення зв'язку ви ознайомилися під час вивчення будови етену.

Слід зазначити, що гібридизація електронних орбіталей атомів Оксигену — це також наукова гіпотеза.

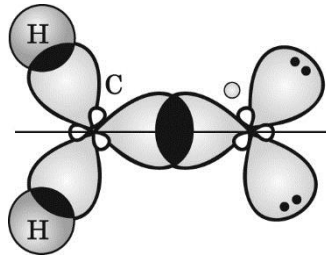


Схема утворення σ -зв'язків у молекулі метанолу

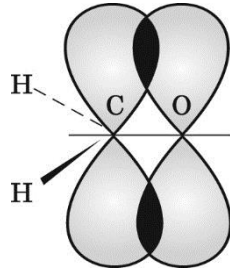
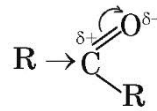


Схема утворення π -зв'язку в молекулі метанолу



Зміщення електронної густини в карбонільній групі

Завдання

1. Що є спільного в будові молекул алкенів і альдегідів?

Утворення хімічних зв'язків у карбоксильній групі

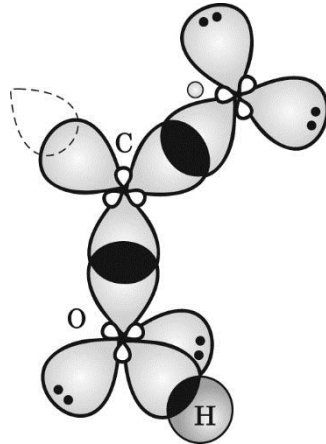


Схема утворення σ -зв'язків у карбоксильній групі

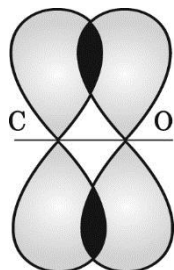
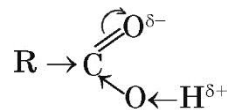


Схема утворення π -зв'язку в карбонільній групі



Зміщення електронної густини в молекулі карбонової кислоти

Завдання

1. Поясніть розподіл електронної густини в молекулі етанової кислоти.

Як це позначається на її фізичних і хімічних властивостях?

Утворення хімічних зв'язків у аміногрупі

Оскільки аміни розглядають як похідні амоніаку, пригадаємо будову його молекули. Експериментально встановлено, що молекула амоніаку має форму піраміди, кути між зв'язками становлять 107° , тобто близькі до тетраедричного ($109,5^\circ$). Близькі до нього й валентні кути в молекулі триметанаміну — 108° . Звідси можна припустити, що атом Нітрогену перебуває у стані sp^3 -гібридизації.

Унаслідок «змішування» $2s$ - і $2p$ -електронних орбіталей утворюються чотири sp^3 -гібридні електронні орбіталі, що належать п'яти електронам зовнішнього електронного шару атома Нітрогену. Неподілена електронна пара займає одну із sp^3 -гібридних орбіталей, це впливає на розмір валентного кута, що стискується порівняно з тетраедричним до 108° .

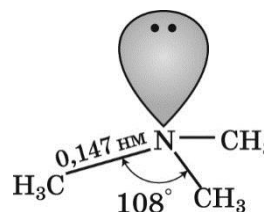
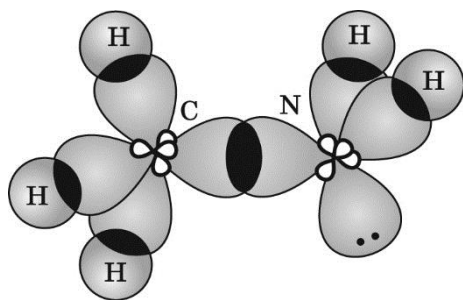


Схема утворення σ -зв'язків у молекулі метанаміну

Геометрія молекули триметанаміну

Завдання

1. Порівняйте будову молекул метану й триметанаміну.

2. Укажіть, які властивості амінів зумовлює неподілена електронна пара в атома Нітрогену.

А кислот

Б основ

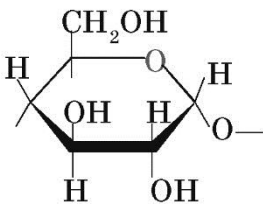
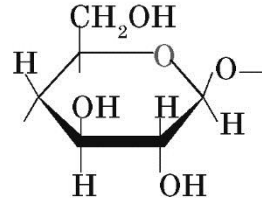
В амфотерних сполук

Г солей

Будова вуглеводів

Порівняння будови крохмалю й целюлози

Характеристика	Крохмаль	Целюлоза
----------------	----------	----------

Склад макромолекул	$(C_6H_{10}O_5)_n$	$(C_6H_{10}O_5)_n$
Ступінь полімеризації	У целюлози вищий	
Середня відносна молекулярна маса	Від кількох сотень до кількох тисяч	Кілька мільйонів
Форма макромолекули	Лінійна, розгалужена	Лінійна
Мономерна ланка макромолекули	Залишок α -глюкози 	Залишок β -глюкози 

Завдання

1. Поясніть, що спільного й відмінного є в будові крохмалю й целюлози.
2. Що таке амілопектин? Амілоза? У чому полягає відмінність їхньої будови?

Будова білків

За хімічним характером білки є полімерами, хоча, на відміну від поліетилену чи целюлози, білки мають сталий склад і певне значення відносної молекулярної маси. Для білків, склад яких вивчено, можна скласти брутто-формулу, наприклад для білка гемоглобіну це — $C_{3032}H_{4816}Fe_4N_{780}O_{872}S_8$. Заміна хоча б однієї амінокислоти в полімерному ланцюзі на іншу амінокислоту має значні наслідки для його функціонування в організмі.

Мономерну ланку білка виділити неможливо, оскільки послідовність амінокислот у кожного білка своя, унікальна, регулярно повторювані фрагменти у відомих білках не виявлено. Через це поняття ступеня полімеризації втрачає первісний зміст. Може йтися лише про число пептидних зв'язків у полімерному ланцюзі.

Розрізняють чотири рівні структурної організації білків — *первинну*, *вторинну*, *третинну* і *четвертинну*.

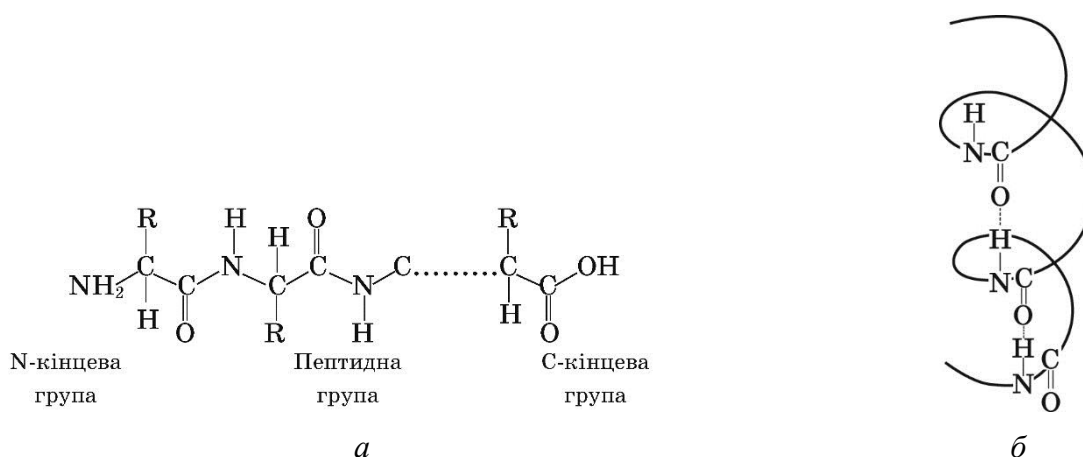
Первинну структуру зумовлює послідовність сполучення амінокислотних залишків у молекулі білка.

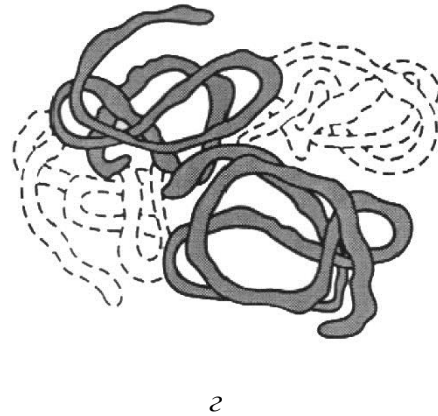
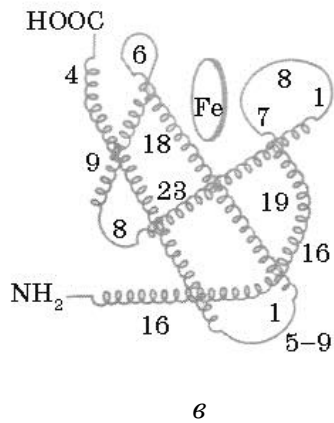
Самі амінокислоти дуже різняться за складом, містять різні за електронегативністю атоми Гідрогену, Оксигену, Нітрогену, Сульфуру. Ці атоми взаємодіють між собою, «змушуючи» поліпептидний ланцюг вигинатися і набувати просторової будови. Завдяки утворенню водневих зв'язків між пептидними групами певні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

Між ділянками полімерного ланцюга, де є залишки сульфуровмісних амінокислот, можуть утворюватися дисульфідні містки, а між карбоксильними й аміногрупами — сольові містки. Як наслідок — відбувається специфічна просторова орієнтація полімерного ланцюга, що й зумовлює **третинну** структуру білка.

Установлено, наприклад, що молекула міоглобіну містить 153 амінокислотних залишки, відносна молекулярна маса його становить 16700. Полімерний ланцюг має вісім відносно прямолінійних відрізків, кожен із яких — це спіраль, що містить від 7 до 23 амінокислотних залишків (мал.139, в).

Деякі білки характеризуються **четвертинною** структурою. У білку гемоглобіну цю структуру створюють чотири макромолекули, певним чином зорієнтовані одна відносно одної. У складі кожної макромолекули міститься йон Fe^{2+} . Отже, утворюється білковий комплекс, що виконує певну функцію в організмі.



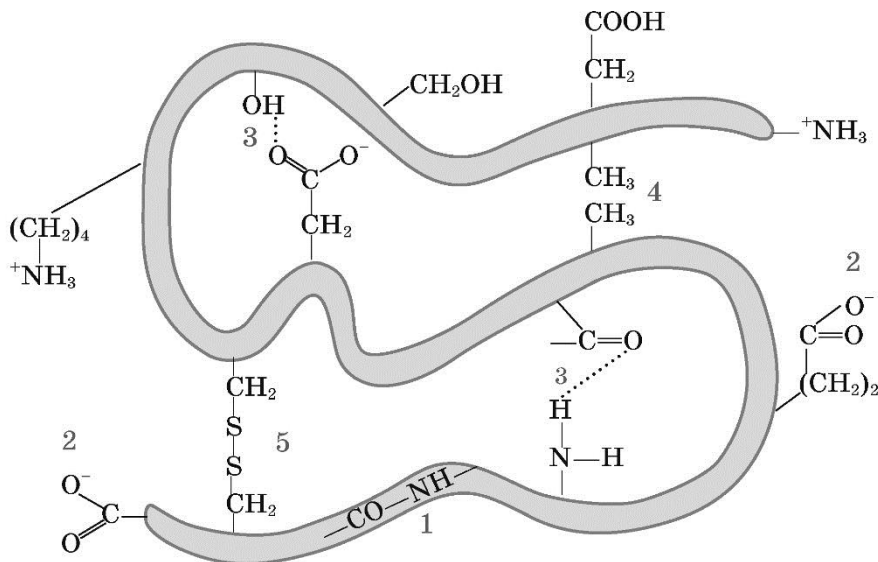


Рівні структурної організації білків:

a – первинна; *б* – вторинна; *в* – третинна; *г* – четвертинна структури

Завдання

1. Схарактеризуйте рівні структурної організації білків за наведеними схемами.
2. Поясніть, чому вивчення складу й будови білків є складним завданням.
3. Поясніть за малюнком утворення хімічних зв'язків у макромолекулі білка.



Хімічні зв'язки в макромолекулах білків:

1 – пептидні; 2 – йонні;
3 – водневі; 4 – неполярні; 5 – дисульфідні

4. Яку загальну тезу щодо особливостей білків підтверджують дані таблиці?

Характеристики деяких білків

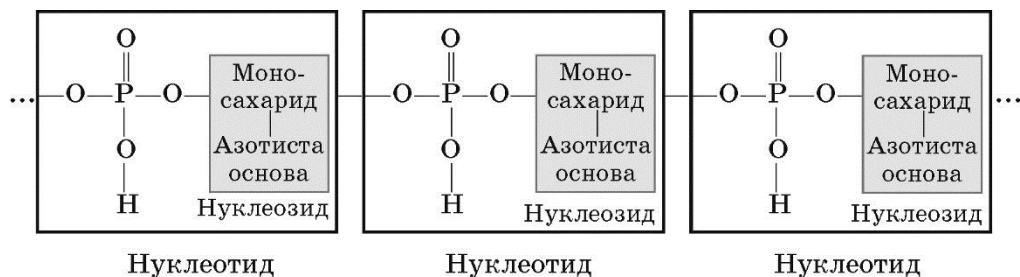
Назва	Відносна молекулярна маса	Поширення в природі
Інсулін	6 000	У підшлунковій залозі
Альбумін	45 000	У пташиних яйцях
Глобін гемоглобіну	667 000	У червоних кров'яних тільцях
Вірус тютюнової мозаїки	41 000 000	У хворих рослин тютюну

Будова нуклеїнових кислот

Існують два типи нуклеїнових кислот (НК): до складу одних входить моносахарид рибоза, а до складу інших — дезоксирибоза. Відповідно кислоти було названо *рибонуклеїною* (РНК) і *дезоксирибонуклеїною* (ДНК).

У складі НК поєднуються нітрогеновмісні гетероцикли (азотисті основи), моносахариди і залишок ортофосфатної кислоти. До того ж НК є полімерними сполуками. У молекулі НК азотиста основа сполучена з моносахаридом — цей фрагмент називають *нуклеозидом*. Нуклеозид, сполучений із залишком ортофосфатної кислоти, утворює *нуклеотид*.

Нуклеотиди є мономерними ланками полімерного ланцюга НК.



ДНК і РНК містять різні азотисті основи. До складу ДНК входять аденін, гуанін, тимін, цитозин, до складу РНК — аденін, гуанін, цитозин, урацил.

Склад РНК і ДНК

Складові частини нуклеїнових кислот	РНК	ДНК
Залишок кислоти	Фосфатної	Фосфатної
Залишок моносахариду	Рибози	Дезоксирибози
Залишок азотистих основ	Аденіну, гуаніну цитозину, урацилу	Аденіну, гуаніну цитозину, тиміну

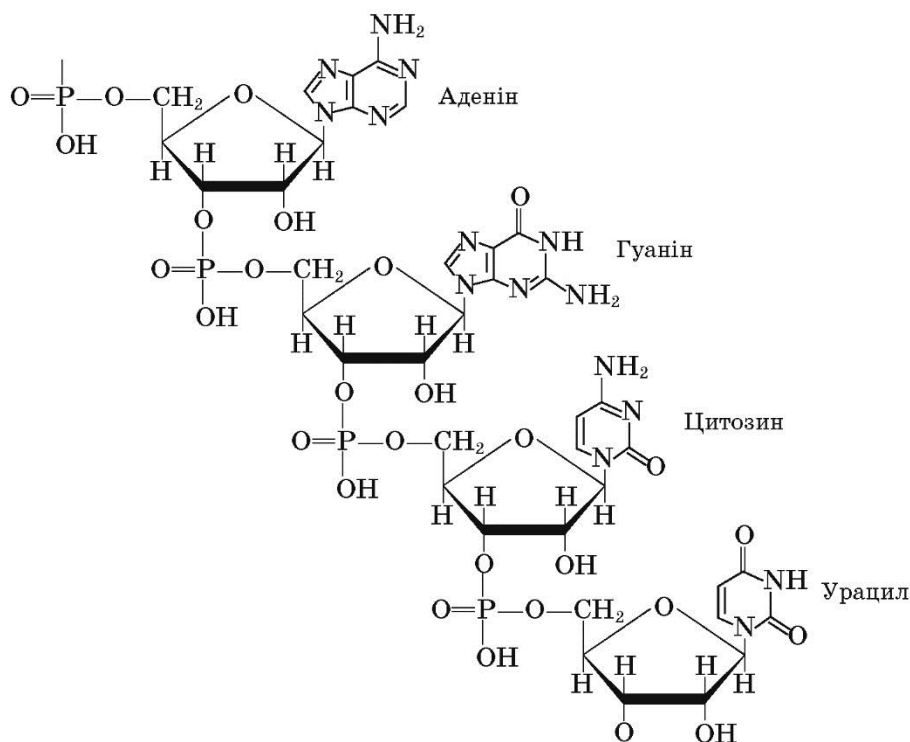
У макромолекулах ДНК і РНК з'єднуються тисячі нуклеотидів. Молекулярна маса НК становить від декількох сотень тисяч до декількох мільярдів.

Послідовність розміщення нуклеотидів зумовлює *первинну структуру* НК.

Подвійна спіраль ДНК. Вторинна структура краще вивчена для ДНК. Це два полінуклеотидні ланцюги, що закручені в подвійну спіраль. Кожна азотиста основа одного ланцюга спрямована вглиб спіралі й сполучена водневим зв'язком з азотистою основою другого ланцюга. Важливим є те, що аденін завжди розміщується в парі з тиміном, а цитозин — з гуаніном.

Отже, азотисті основи ніби доповнюють одна одну. Інакше кажучи, вони розміщуються згідно з *принципом комплементарності* (від лат. *complementum* — доповнення).

Подвійну спіраль ДНК порівнюють із гвинтовими сходами. «Стояки» сходів — це ланцюги з вуглеводних і фосфатних груп, а азотисті основи утворюють власне «східці».



Фрагмент полімерного ланцюга нуклеїнової кислоти

Завдання

1. Якій молекулі належить наведений фрагмент: РНК чи ДНК?
2. Яке відкриття, що стосується структури ДНК, було удостоєно Нобелівської премії? Хто автор цього відкриття?

Спектральні методи встановлення будови органічних речовин

Для встановлення структури речовин використовують різноманітні хімічні та фізичні методи, найважливіші з останніх — спектральні.

Методи спектроскопії ґрунтуються на явищі взаємодії речовини з електромагнітним випромінюванням.

Електромагнітні хвилі, «зустрічаючись» з речовиною, проходять крізь неї або поглинаються. У разі поглинання енергія хвилі витрачається на зміну внутрішньої енергії речовини: відбувається збудження окремих структурних фрагментів молекул.

На шкалі електромагнітних хвиль ультрафіолетове (УФ-) випромінювання займає діапазон від $0,4 \cdot 10^{-6}$ до $0,5 \cdot 10^{-8}$ м, інфрачервоне (ІЧ-) — від $0,76 \cdot 10^{-6}$ до $3,5 \cdot 10^{-8}$ м.

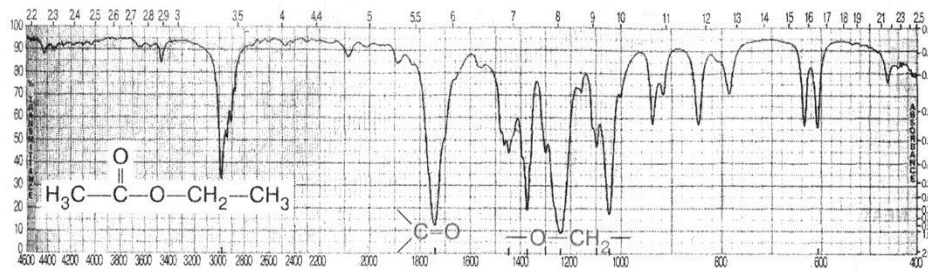
Поглинання в УФ-ділянці спектра пов'язано з тим, що валентні електрони переходять на вищі енергетичні рівні; поглинання в ІЧ-ділянці спричиняє зміни коливальних рухів атомів і груп атомів у молекулі.

Графік, що показує, яка ділянка електромагнітного випромінювання поглинається, називають *спектром речовини*, а ділянку найінтенсивнішого поглинання — *смугою поглинання*.

Інфрачервона спектроскопія

Складено спеціальні каталоги спектрів, за якими можна порівнювати відомі й невідомі сполуки. Аналізуючи смуги поглинання, можна виявити наявність різних груп атомів у молекулі й отримати інформацію про структуру невідомої речовини.

Розгляньте ІЧ-спектр етилового естеру етанової кислоти $\text{CH}_3\text{—COO—CH}_2\text{—CH}_3$.

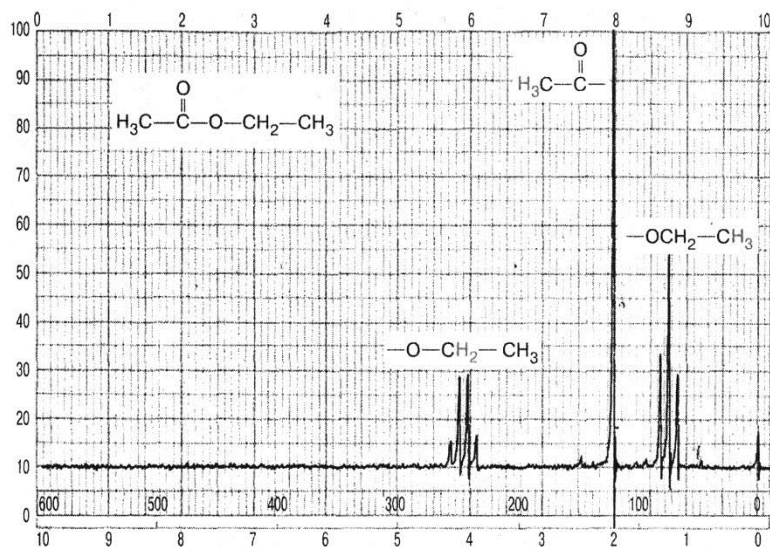


Інфрачервоний спектр етилового естеру етанової кислоти (етилетаноату)

Наявність смуги поглинання в ділянці 1742 см^{-1} свідчить про валентні коливання групи $\text{C}=\text{O}$, а у ділянці 1240 см^{-1} — про валентні коливання зв'язку $\text{—O—CH}_2\text{—}$.

Спектроскопія ядерного магнітного резонансу (ЯМР) ґрунтується на тому, що речовина, вміщена в сильне магнітне поле, поглинає випромінювання в ділянці радіохвиль. Але це стосується лише речовин, які містять атоми з ядрами, що мають власний магнітний момент і поведуться, як маленькі магніти. Магнетизм властивий ядрам атомів ^1H , ^{13}C , ^{19}F та деяким іншим. Під час поглинання випромінювання власне магнітне поле ядер входить у резонанс із зовнішнім радіочастотним випромінюванням. У стані резонансу ядра переорієнтовуються в магнітному полі. На це витрачається певна енергія, яка фіксується спектрометром і відтворюється у вигляді графіка — спектра ЯМР.

Для органічної хімії важливо, що у складі всіх органічних сполук містяться атоми Гідрогену. Вони поглинають радіохвилі різної довжини (частоти) не лише залежно від атомів, з якими безпосередньо сполучені, а й від атомів та груп, не зв'язаних із ними, тому спектр ЯМР має кілька піків різної інтенсивності. За таким спектром можна робити висновок про розподіл та кількість атомів Гідрогену в молекулі речовини, тобто про її структуру. ЯМР-Спектр етилового естеру етанової кислоти, зображений на малюнку, засвідчує резонанс атомів Гідрогену груп —CH_3 і $\text{—CH}_2\text{—}$ у фрагменті $\text{—O—CH}_2\text{—CH}_3$, і групи —CH_3 у фрагменті $\text{CH}_3\text{—CO—}$.



Спектр ЯМР етилового естеру етанової кислоти (етилетаноату)

Завдання

1. Які типи електромагнітного випромінювання відомі вам із курсу фізики?
2. Назвіть у порядку зменшення довжини хвилі: радіохвилі, інфрачервоні, видимі, ультрафіолетові, рентгенівські, гамма-промені.
3. Поясніть фізичну суть спектральних методів дослідження речовин.
4. Підготуйте повідомлення про застосування методу ЯМР у медицині.
5. Будова молекул органічних речовин розглядається у трьох аспектах: хімічна, просторова й електронна будова. Установіть відповідність між характеристикою органічної сполуки й аспектом будови, який вона виражає.

А хімічна будова	1 органічні речовини горючі
Б просторова будова	2 алканам властива структурна ізомерія
В електронна будова	3 олеїнова й елаїдинова кислоти – ізомери
	4 електронні орбіталі можуть гібридизуватися

Тема 3. Реакції органічних речовин

Взаємний вплив атомів у молекулі

Явище взаємного впливу атомів у молекулах властиве всім речовинам -- і неорганічним, і органічним.

Взаємний вплив атомів має електронну природу.

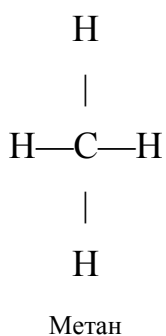
Взаємний вплив атомів у молекулі позначається на хімічній активності речовин.

Завдання

1. Пригадайте, що таке електронегативність атомів, полярність хімічного зв'язку.

2. Наведіть приклади взаємного впливу атомів у молекулах неорганічних речовин.

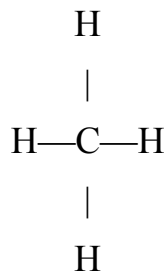
Індукційний ефект.



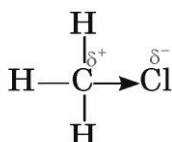
Завдання

3. У молекулі метану зв'язки C—H слабо полярні, а молекула в цілому неполярна. Поясніть, за рахунок чого це відбувається.

4. Порівняйте будову молекул метану й хлорметану.



Метан



Хлорометан

Як змінюється розподіл електронної густини в молекулі внаслідок заміщення атома Гідрогену на атом Хлору?

Під впливом атома Хлору на сусідньому атомі Карбону створюється дефіцит електронної густини, яку він компенсує за рахунок відтягування електронної густини від атомів Гідрогену. Отже, Хлор впливає і на атоми, що не зв'язані з ним безпосередньо.

Завдання

5. Покажіть це зміщення у наведеній формулі хлорометану.

6. Як вам відомо, молекула метану досить інертна і вступає в реакції в особливих умовах. Як змінюється хімічна активність хлорометану порівняно з метаном?

7. Яка сполука легше вступає в реакцію заміщення з хлором: метан чи хлорометан?

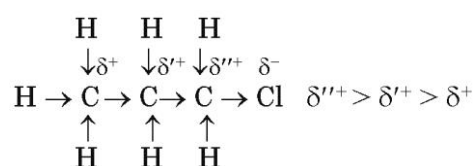
Метильна група —CH₃ своєю чергою впливає на атом Хлору. Порівняємо властивості HCl і CH₄Cl. Сухий гідроген хлорид не взаємодіє з металами, а Хлор у хлорометані заміщується на активний метал.

Завдання

8. Наведіть рівняння реакції, про яку йдеться вище.

9. Зважаючи на електронегативність атомів галогенів, порівняйте зміщення електронної густини (часткові заряди на атомах Карбону й галогену) в молекулах хлорометану й бромометану. У якій сполуці зв'язок C—Hal більш поляризований?

У молекулах вуглеводнів зміщення електронної густини C—C-зв'язків під впливом атомів галогенів поширюється на весь ланцюг атомів Карбону:

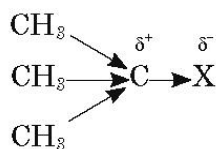


Завдання

10. Поясніть за схемою згасання часткового позитивного заряду на атомах Карбону вздовж ланцюга.

Зміщення електронної густини вздовж ланцюга σ -зв'язків, що відбувається в напрямку більш електронегативного атома, називають індукційним ефектом (від лат. *inductio* — наведення, збудження).

Замісники, що притягують до себе електрони, виявляють *негативний індукційний ефект* (позначають $-I$), а ті, що відштовхують від себе електрони, — *позитивний індукційний ефект* (позначають $+I$). Галогени виявляють негативний індукційний ефект, а вуглеводневі групи (алкільні замісники) — позитивний:



Завдання

11. Чи можна стверджувати, що метильна група є донором електронів?

Механізм реакції.

Алкани. Механізм реакції заміщення.

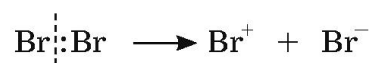
Завдання

1. Пригадайте, що таке механізм реакції.

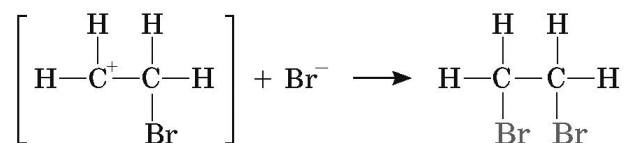
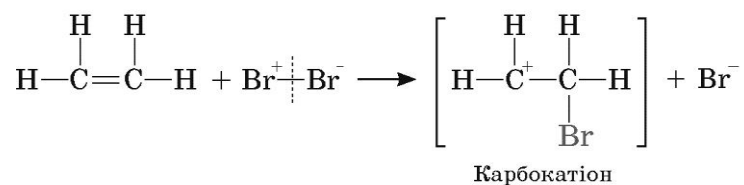
2. Реакція заміщення Гідрогену на галоген відбувається за радикальним механізмом. Поясніть його на прикладі реакції метану з хлором. Опишіть стадії реакції. Наведіть схеми реакцій.

Алкени. Механізм реакції приєднання.

Реакція приєднання галогену до етену відбувається за йонним механізмом, через утворення *карбокатиону*. Передусім між молекулами етену й галогену відбувається електростатична взаємодія, що спричинює розривання молекули галогену з утворенням йонів:



За подвійним зв'язком приєднується катіон Броду і відтягує на себе електронну густину С=С-зв'язку. Внаслідок зміщення електронної густини сусідній атом Карбону набуває позитивного заряду, перетворюючись на *карбокатион*, далі карбокатион взаємодіє з аніоном Броду:

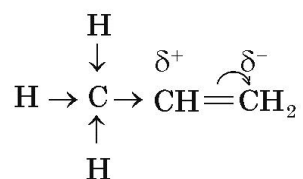


1,2-Дибромоетан

3. Поясніть механізм приєднання полярної молекули гідроген галогеніду до етену. Складіть схему реакції.

Правило Марковникова.

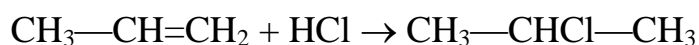
Подвійний зв'язок є скупченням підвищеного негативного заряду порівняно з одинарним С—С-зв'язком. У симетричній молекулі (етин) цей заряд розподіляється рівномірно, а в несиметричній (пропен) відбувається зміщення електронної густини від метильної групи, подвійний зв'язок поляризується.



Під час реакції приєднання гідроген хлориду позитивно заряджений атом Гідрогену спрямовується до негативно зарядженого атома Карбону, а негативно заряджений атом Хлору — до позитивно зарядженого атома Карбону.

Завдання

4. Покажіть це стрілками на схемі реакції:



Згідно з правилом Марковникова у разі приєднання гідроген галогенідів до несиметричних алкенів атом Гідрогену приєднується за місцем подвійного зв'язку до того атома Карбону, що сполучений із більшою кількістю атомів Гідрогену.

За цим правилом відбувається і приєднання води до алкенів.

Завдання

5. Складіть схему цієї реакції для пропену.

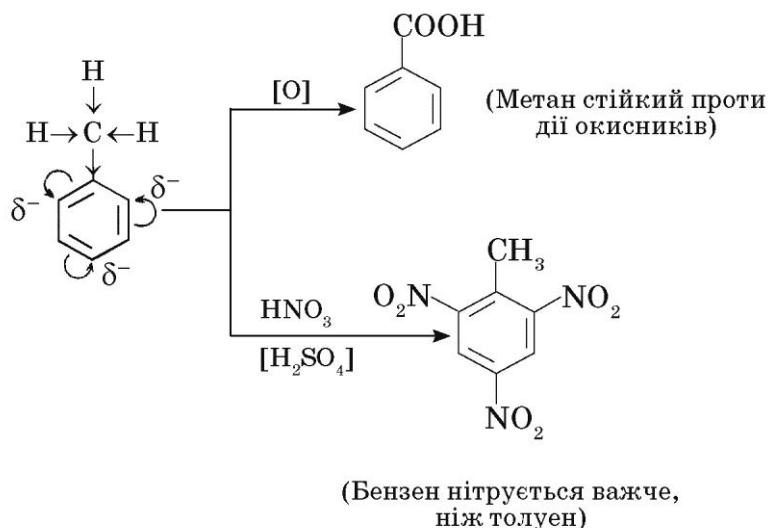
Арени. Взаємний вплив атомів у молекулі толуену.

У молекулі толуену $C_6H_5-CH_3$ метильна група $-CH_3$ впливає на фенільну групу $-C_6H_5$ (бензенове ядро), а остатня чинить вплив на метильну групу. Щоб з'ясувати характер цього взаємного впливу, уявімо, що молекула толуену утворилася в результаті заміщення атома Гідрогену в метані на феніл або в результаті заміщення атома Гідрогену в бензені на метильну групу. Отже, порівняємо толуен з метаном і бенzenом.

Розглянемо реакції окиснення толуену і метану. Вам відомо, що метан є досить стійкою сполукою, не окиснюється типовими окисниками, зокрема, не знебарвлює розчин калій перманганату. Якщо ж провести цю реакцію з толуеном, то фіолетовий розчин калій перманганату знебарвлюється. Це свідчить, що реакція окиснення відбувається. Метильна група окиснюється до карбоксильної, утворюється бензойна кислота. Отже, фенільна група впливає на метильну.

Тепер порівняємо реакції нітрування толуену і бензену. Бензен вступає в реакцію нітрування при нагріванні з нітрувальною сумішшю (*пригадайте її склад*), тобто реакція відбувається в досить жорстких умовах. У толуені під впливом метильної групи, яка є донором електронів, зростає електронна густина на бензеновому ядрі, яке активізується в певних положеннях, а реакція нітрування відбувається з розбавленою нітратною кислотою. Отже, метильна група впливає на фенільну.

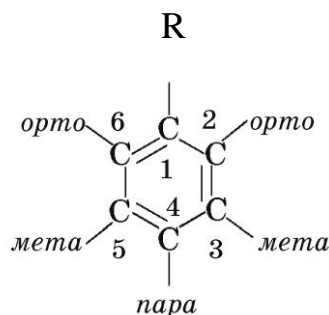
Завдяки взаємному впливу атомів у молекулі толуену ця сполука виявляє більшу хімічну активність порівняно з метаном і бенzenом.



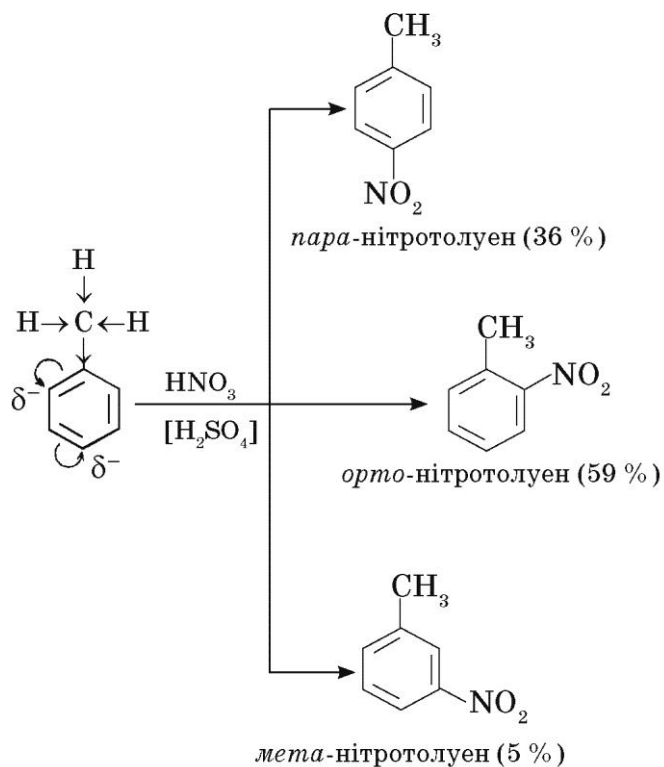
Орієнтація замісників у бензеновому ядрі.

Якщо в бензеновому ядрі вже є один замісник (у толуені це метильна група), то введення ще одного залежить від впливу першого.

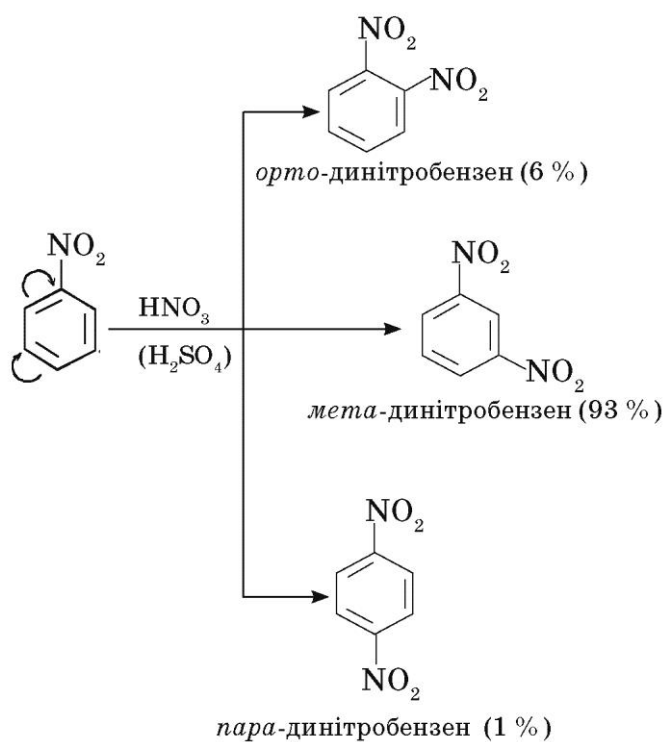
На попередньому прикладі ви переконалися, що метильна група активує атоми Карбону бензенового ядра в певних положеннях. Пригадайте, як вони позначаються:



Під впливом метильної групи, що є донором електронів, найбільша електронегативність спостерігається у атомів Карбону в *орто*- і *пара*-положеннях. Отже, електрофільні (ті, що люблять електрони) реагенти атакуватимуть бензенове ядро переважно в цих положеннях. Унаслідок нітрування толуену утворюється 59% *орто*-нітротолуену, 36% *пара*-нітротолуену, решта — *мета*-нітротолуен.



У нітробензені нітрогрупа відтягує на себе електронну густину бензенового ядра. Подальше нітрування бензену відбувається переважно в *мета*-положення:

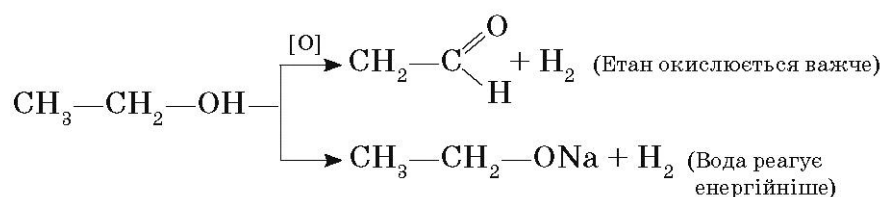


1. Пригадайте, що таке замісники першого і другого роду. До яких груп належать метильна і нітрогрупа?

2. Складіть схему реакції нітрування хлоробензену. Поясніть взаємний вплив замісників у молекулі.

Спирти. Взаємний вплив атомів у молекулі спирту

Щоб з'ясувати взаємний вплив атомів у молекулах спиртів, порівняємо реакційну здатність етанолу з етаном і водою:



Етан, як і інші алкани, окиснюється в жорстких умовах. А етанол під впливом гідроксильної групи окиснюється до етаналю у значно м'якших умовах — під впливом калій дихромату або калій перманганату.

З іншого боку, вода енергійно реагує з натрієм, а етанол — значно повільніше. Отже, під впливом етильної групи атоми Гідрогену відщеплюються значно важче.

Цікаво, що зі зростанням довжини карбонового ланцюга реакція спиртів з натрієм уповільнюється.

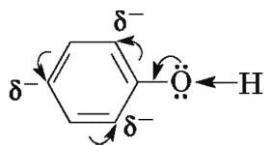
Завдання

1. Поясніть це явище, зважаючи на електронну природу взаємного впливу атомів у молекулі.

Фенол. Взаємний вплив атомів у молекулі фенолу

У молекулі фенолу неподілена пара електронів атома Оксигену взаємодіє з π -електронною системою бензенового ядра. У результаті — зв'язок Н—О

послаблюється, а в бензеновому ядрі підвищується електронна густина в *орто*- і *пара*-положеннях:

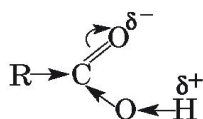


1. Враховуючи електронну природу взаємного впливу атомів у молекулі, порівняйте хімічну активність фенолу й етанолу в реакції з натрій гідроксидом та фенолу й бензену в реакції нітрування. Складіть схему, подібну до тієї, яку розглядали для толуену.

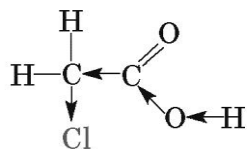
Карбонові кислоти. Взаємний вплив атомів у молекулі карбонової кислоти

Завдання

1. Поясніть за схемою розподіл електронної густини в молекулі одноосновної карбонової кислоти:



2. Поясніть за схемою, як впливає на розподіл електронної густини заміщення атома Гідрогену на атом Хлору в метильній групі етанової кислоти:



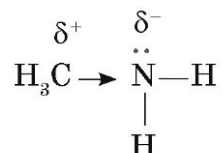
Хлороетанова кислота

3. Порівняйте етанову й хлороетанову кислоти. Яка з них сильніша? Поясніть.

4. Розмістіть у ряд за зростанням кислотних властивостей етанову, трихлоретанову, хлоретанову кислоти. Поясніть.

Аміни. Взаємний вплив атомів у молекулах амінів

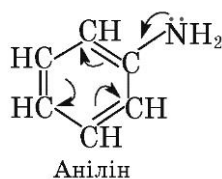
Вам відомо, що амоніак виявляє основні властивості завдяки наявності неподіленої електронної пари у атома Нітрогену. Така сама пара електронів є і в молекулі метанаміну, але розподіл електронної густини в молекулі метанаміну змінюється під впливом метильної групи.



Завдання

1. Поясніть, посилюються чи послаблюються основні властивості метанаміну порівняно з амоніаком.

2. Поясніть за схемою, як змінюється розподіл електронної густини в молекулі аніліну під впливом бензенового ядра:

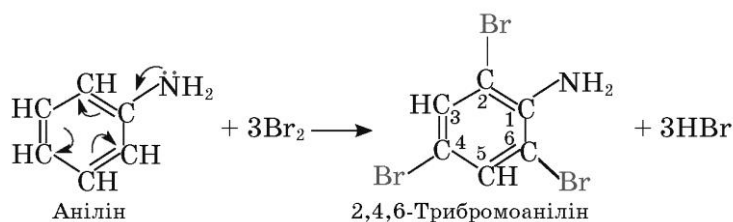


3. У чому полягає відмінність впливу метильної групи в метанаміні й фенільної групи в аніліні?

4. Поясніть посилення (послаблення) основних властивостей метанаміну й аніліну порівняно з амоніаком.

Попереднє порівняння амоніаку, метанаміну й аніліну свідчить про вплив метильної та фенільної груп на здатність атома Гідрогену аміногрупи відщеплюватись. У метанаміні він утримується сильніше, основні властивості посилюються. В аніліні зв'язок N-H послаблюється, в результаті чого основні властивості теж послаблюються.

Порівняємо анілін і бензен щодо здатності вступати в реакцію заміщення з бромом. Вам відомо, що бензен не знебарвлює бромну воду, тобто не реагує з бромом. Подібна реакція з аніліном приводить до утворення трибromoаніліну:



Завдання

5. Поясніть за схемою реакції, чому заміщення атомів Гідрогену на атоми Броду відбувається саме в цих положеннях.

6. Зробіть загальний висновок про природу взаємного впливу атомів у молекулі.

Реакції органічних речовин різних класів

Хімічні реакції супроводжуються розриванням одних зв'язків і утворенням інших. Вам відомо, що перебіг реакцій залежить від природи речовин, що взаємодіють, їхньої концентрації, температури, наявності каталізатора.

Хімічні реакції органічних речовин мають низку особливостей порівняно з реакціями неорганічних речовин. Органічні речовини реагують повільніше; реакції можуть відбуватися в кількох напрямках; крім основної реакції, можуть відбуватись побічні процеси з утворенням побічних продуктів; деякі реакції мають кілька стадій.

З теорії будови органічних сполук ви знаєте, що властивості речовин, крім складу молекул, визначаються їхньою будовою. Хімічна будова виявляється в наявності карбонових ланцюгів різної довжини й розгалуженості, циклів; електронна будова — простих і кратних зв'язків у одній молекулі, тобто одночасно σ - і π -зв'язків. Ковалентні зв'язки, які переважають у молекулах

органічних сполук, мають значну міцність. Усе це позначається на хімічній активності органічних сполук.

Завдання

1. Пригадайте шляхи розривання хімічних зв'язків: з утворенням йонів – гетеролітично або радикалів – гомолітично. Поясніть значення цих термінів.

Відповідно, реакції відбуваються за радикальним або йонним механізмом, про що йшлося на початку цієї теми.

Реакції органічних сполук класифікують за характером змін у будові молекул вихідних речовин за такими типами: окиснення і відновлення, заміщення, приєднання, відщеплення (розкладу), ізомеризації. Є ще й інші типи реакцій, які ви не вивчали.

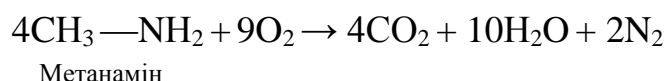
Реакції окиснення

Повне окиснення. Вам відома горючість органічних речовин, внаслідок чого утворюються вуглекислий газ і вода й виділяється велика кількість тепла. З хімічного погляду відбувається реакція повного окиснення.

Завдання

2. Складіть схеми реакцій повного окиснення алкану, арену, спирту, вуглеводу, тобто сполук, що містять у своєму складі атоми Карбону, Оксигену, Гідрогену.

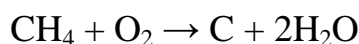
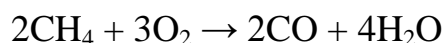
3. Пригадайте реакцію повного окиснення метанаміну:



Поясніть, як змінюється склад продуктів повного окиснення органічної речовини, у складі якої є Нітроген.

Часткове окиснення органічних речовин може відбуватись за значно більш різноманітними схемами. Розглянемо деякі приклади.

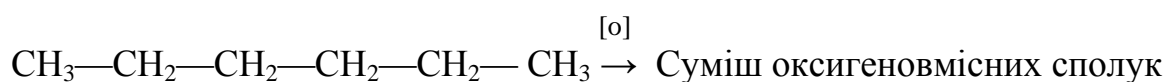
У разі нестачі кисню метан може окиснюватись не до вуглекислого газу, а до вуглецю (сажі) або карбон(II) оксиду:



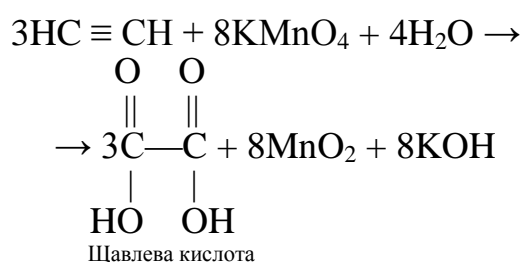
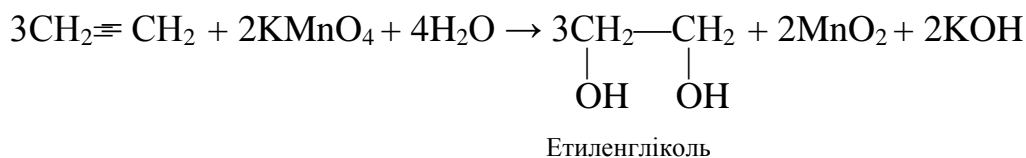
Завдання

4. Поясніть, у чому полягає потенційна небезпека цієї реакції.

Часткове окиснення вищих алканів відбувається за наявності каталізатора, при цьому утворюється суміш кисневмісних сполук:



Хімічно стійкі алкани не окиснюються калій перманганатом, а алкени й алкіни вступають у реакцію з цим окисником:



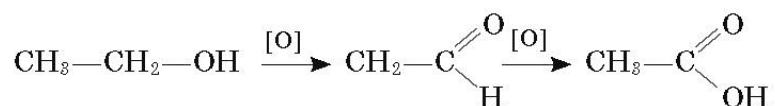
Бензен окиснюється лише за наявності каталізатора, а його алкільні похідні легко окиснюються до ароматичних кислот.

Завдання

5. Складіть схему реакції окиснення толуену до бензойної кислоти.

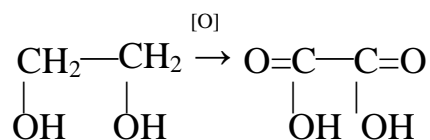
6. Поясніть причину різної активності в реакціях окиснення алканів і бензену; алкенів, алкінів і гомологів бензену.

У результаті реакції часткового окиснення відбуваються генетичні переходи від одного до іншого класу сполук. Наприклад, поступовим окисненням спирту можна добути альдегід, а далі — карбонову кислоту:



Завдання

7. Часткове окиснення етиленгліколю відбувається за схемою:



8. Яка сполука утворюється? До якого класу вона належить?

9. Як відбуваються процеси часткового окиснення та відновлення глюкози?

Складіть схеми реакцій.

10. Зробіть загальний висновок про значення реакцій окиснення органічних речовин.

11. Складіть рівняння реакції окиснення толуену та вкажіть назву продукту.

А бензен

Б фенол

В бензойна кислота

Г саліцилова кислота

Відновлення органічних речовин полягає у приєднанні атомів Гідрогену (гідрогенізація), тому розглянемо їх пізніше, серед реакцій приєднання.

Реакції заміщення

У таблиці наведено узагальнені відомості про найважливіші реакції заміщення.

Сполука	Приклад реакції	Продукт реакції
Алкан	Заміщення атома Гідрогену на атом Хлору	Хлоропохідна алкану
Алкен, алкадієн	Реакції заміщення при кратному зв'язку нехарактерні	
Алкін	Заміщення атома Гідрогену на атом Аргентуму	Аргентум ацетиленід
Бензен	Заміщення атома Гідрогену на нітрогрупу	Нітробензен
Спирт	1. Заміщення атома Гідрогену гідроксильної групи на атом Натрію 2. Заміщення гідроксильної групи на атом бромю	Натрій алканолят Бromoалкан
Фенол	1. Заміщення атома Гідрогену гідроксильної групи на атом Натрію 2. Заміщення атомів Гідрогену бензенового ядра на атоми Бромю	Натрій фенолят Трибромфенол

Альдегід	Заміщення атома Гідрогену в α -положенні до альдегідної групи на атом Хлору	Хлоропохідна альдегіду
Карбонова кислота	1.Заміщення атома Гідрогену карбоксильної групи на атом Магнію. 2.Заміщення гідроксильної групи на атом Хлору 3. Заміщення атома Гідрогену в α -положенні до карбоксильної групи на атом Хлору	Магній алканоат Хлорангідрид карбонової кислоти α -Хлорозаміщена карбонова кислота
Анілін	Заміщення атомів Гідрогену бензенового ядра на атоми Бром	Триброманілін

Завдання

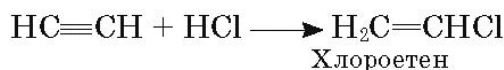
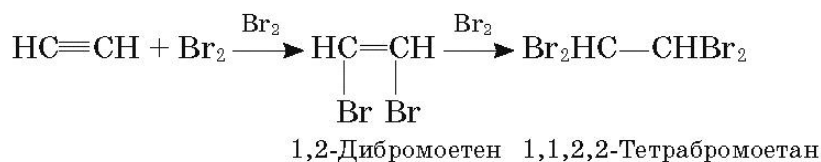
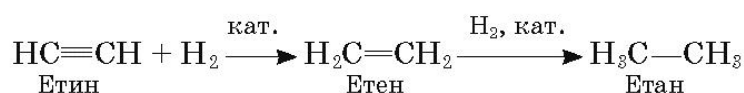
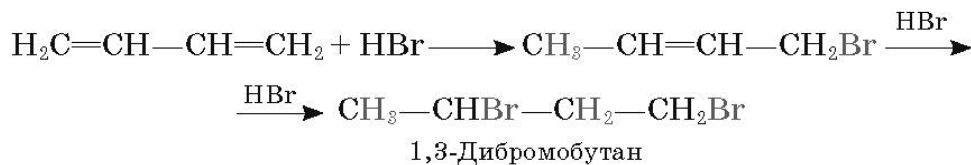
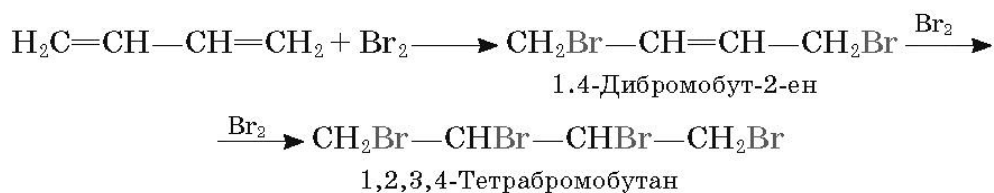
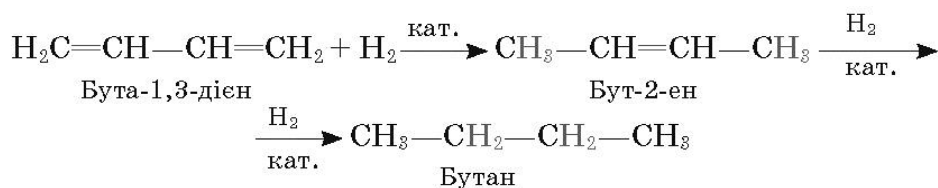
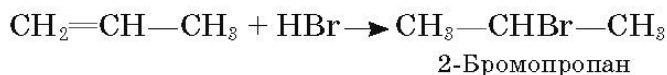
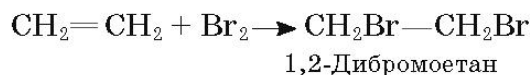
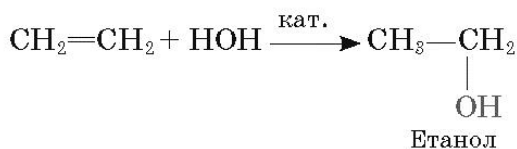
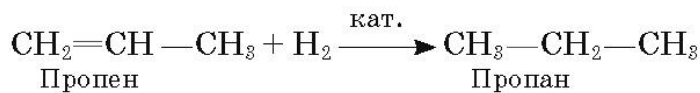
1.Складіть для конкретних речовин схеми реакцій, що їх згадано в таблиці. Уточніть назви продуктів реакцій.

2.Поясніть радикальний механізм реакції нітрування алканів.

3.Який продукт утворюється внаслідок повного заміщення атомів Гідрогену на атоми Хлору в бензені?

Реакції приєднання

Реакції приєднання властиві сполукам, що містять кратні зв'язки. Передусім це алкени, алкадієни, алкіни:

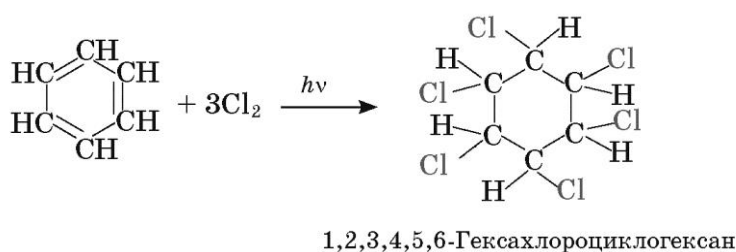
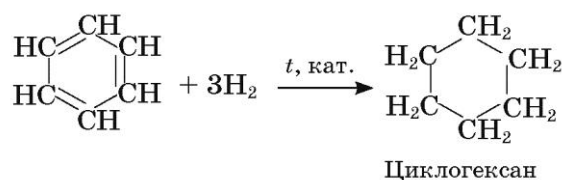


Реакцію приєднання атомів Гідрогену називають *реакцією гідрування*, а реакцію приєднання води — *реакцією гідратації*.

Завдання

1. Поясніть, спираючись на електронну будову молекул, чому реакції приєднання є типовими для ненасичених вуглеводнів.

Вам відомо, що бензен легше вступає в реакції заміщення порівняно з алканами і важче — в реакції приєднання порівняно з ненасиченими вуглеводнями.

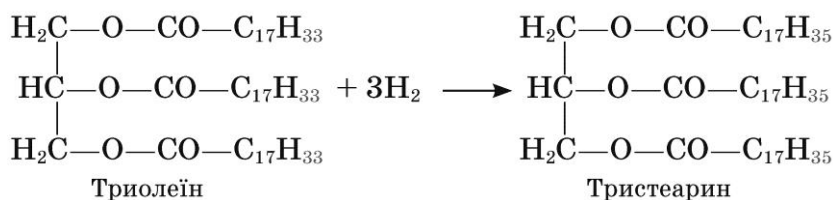


Завдання

2. Поясніть ці факти на основі електронної будови молекули бензену.

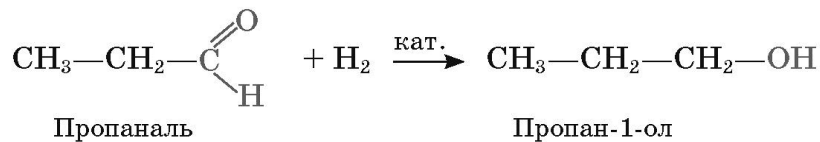
3. За наведеними вище схемами реакцій поясніть, які генетичні переходи відбуваються внаслідок цих реакцій ненасичених вуглеводнів і бензену. До яких класів сполук належать продукти реакцій? Назвіть їх.

4. Пригадайте реакцію гідрування жирів:



Які жири піддаються гідруванню? Схарактеризуйте значення цієї реакції.

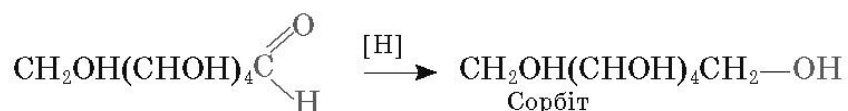
Сполуки, що містять карбонільну групу, а отже подвійний зв'язок C=O, також вступають у реакції приєднання з воднем, при цьому карбонільні сполуки перетворюються на гідроксильні, тобто відбувається реакція відновлення:



Завдання

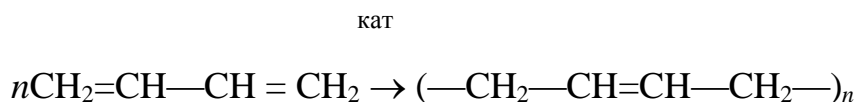
5. Пригадайте, які функціональні групи містить молекула глюкози і як відбувається часткове окиснення цієї сполуки, складіть схему реакції.

6. Реакція відновлення глюкози відбувається за схемою:



Порівняйте реакції окиснення й відновлення глюкози. Які функціональні групи беруть участь у цих реакціях?

Реакції полімеризації та поліконденсації. Окремим випадком реакції приєднання є полімеризація:



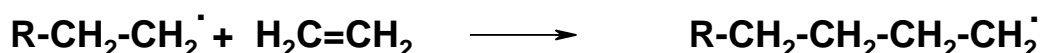
Є два основних способи утворення полімерів: реакція полімеризації та реакція поліконденсації. Обидві реакції вам знайомі в загальному вигляді. Розглянемо їх докладніше.

Реакція **полімеризації** властива ненасиченим речовинам, які здатні до сполучення одна з одною. Власне реакція полімеризації є різновидом реакції приєднання.

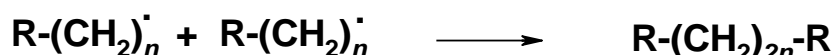
З'ясовано, що полімеризація етену відбувається за радикальним механізмом. Ви можете пригадати радикальну реакцію хлорування метану. У цій реакції радикали, що є надзвичайно активними частинками, утворювалися під дією світла. Полімеризація етену розпочинається завдяки спеціальним

речовинам — *ініціаторам реакції*, які розщеплюються з утворенням радикалів, тобто активних частинок з неспареним електроном ($R\cdot$)

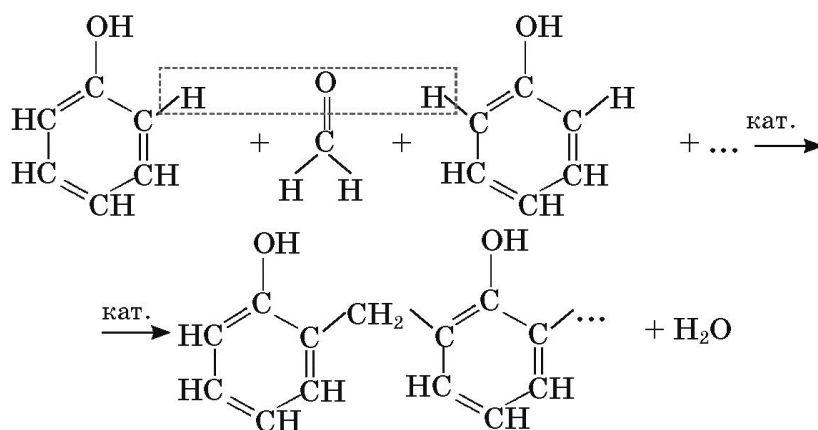
Радикал взаємодіє з π -електронною системою подвійного зв'язку і приєднується до молекули етену — в результаті утворюється новий радикал, який так само діє на іншу молекулу етену:



З кожною стадією довжина радикала зростає, аж доки не зустрінуться два радикали і не відбудеться обривання ланцюга:



Реакція **поліконденсації**, на відміну від реакції полімеризації, відбувається з утворенням побічного продукту, яким найчастіше буває вода або інша низькомолекулярна сполука. У цьому разі молекули сполучаються не за рахунок розривання кратних зв'язків, а в результаті взаємодії функціональних груп, як це має місце у відомій вам реакції між фенолом і формальдегідом:



Отже, в результаті цих реакцій утворюються *полімери*.

Завдання

1. Пригадайте, як називають вихідні низькомолекулярні речовини в реакції полімеризації.

2. Як називають групи атомів, які повторюються і становлять основу хімічної будови полімерного ланцюга?

3. Що таке ступінь полімеризації?

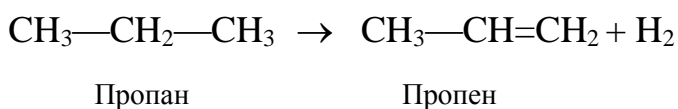
4. Реакція полімеризації відбувається за радикальним механізмом. Які інші відомі вам реакції відбуваються так само?

5. За наведеною вище схемою реакції поліконденсації фенолу й формальдегіду поясніть відмінність між реакцією полімеризації і поліконденсації.

Специфічні реакції сполук

Вуглеводні. Реакції розщеплення.

Алкани здатні до розщеплення по зв'язках C—H або C—C при підвищеній температурі (450°—1000°C). У першому разі відбувається реакція дегідрування (відщеплення водню) з утворенням ненасичених вуглеводнів:

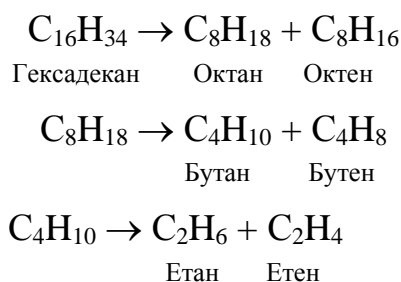


Деструкція карбонового ланцюга за другою схемою відбувається складніше, до дегідрування додаються процеси ізомеризації і циклізації (ароматизації).

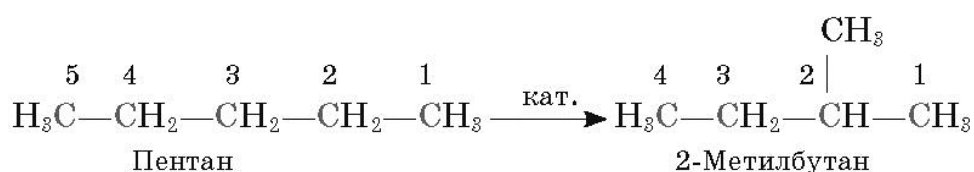
Ці реакції лежать в основі процеси крекінгу й риформінгу нафти.

Розщеплення алканів відбувається за високої температури (термічний крекінг) або за наявності каталізатора (каталітичний крекінг). Температура

крекінгу сягає понад 500°C. У результаті термічного крекінгу вуглеводнів нафти утворюються переважно ненасичені вуглеводні:



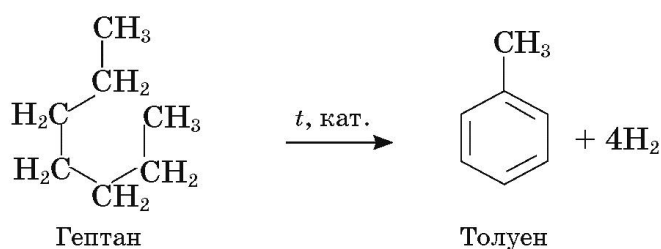
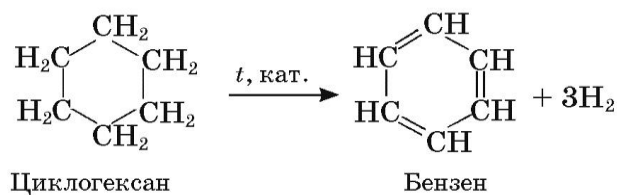
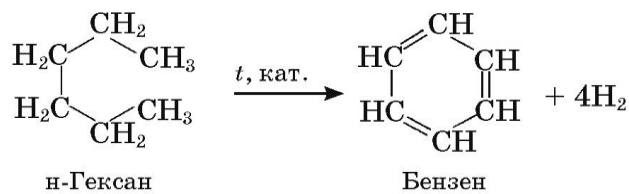
У процесі каталітичного крекінгу відбувається **ізомеризація** вуглеводнів:



Завдання

1. У чому полягає значення цієї реакції для поліпшення якості пального?
2. Пригадайте, що таке октанове число пального. Який сорт пального кращий: бензин-95 чи бензин-76?
3. Що таке цетанове число? У чому принципова відмінність у складі пального для бензинових і дизельних двигунів?

Перетворення неароматичних сполук на ароматичні також відбувається під час крекінгу нафти. Наприклад, циклогексан і гексан перетворюються на бензен, гептан – на толуен:

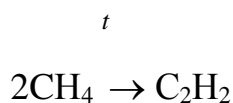


Завдання

4. Поясніть хімічну суть наведених реакцій. Які з них належать до реакцій дегідроциклізації?

Процес розщеплення, що відбувається при температурі 700 - 1000 °C і вище має назву *піроліз*.

Пригадайте піроліз метану:



Завдання

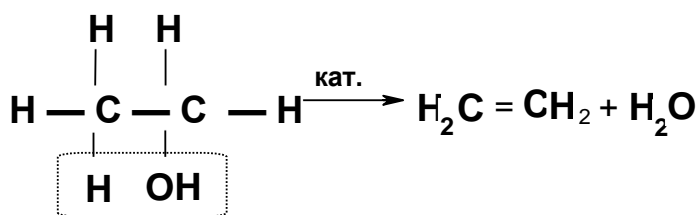
5. Яка сполука утворюється?

6. Схарактеризуйте значення цієї реакції для промисловості.

Спирти. Реакції внутрішньо- і міжмолекулярної дегідратації

Спирти вступають у реакцію *дегідратації*. Перебіг цієї реакції визначається зовнішніми умовами. Якщо етанол нагрівати до температури понад 170°C із сильною кислотою, наприклад, концентрованою сульфатною, або

пропускати пару спирту над каталізатором (Al_2O_3), то відбувається реакція *внутрішньомолекулярної дегідратації* з утворенням етену:



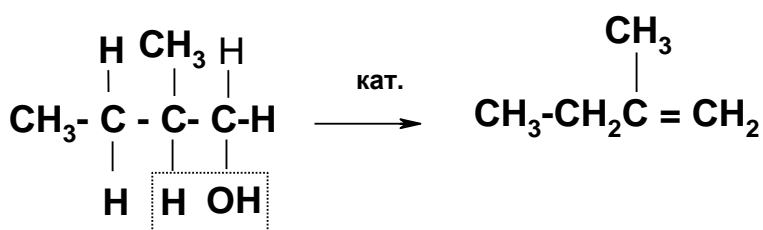
Етанол

Етен

Завдання

1. Складіть рівняння реакції дегідратації пропанолу. Назвіть речовину, що уворюється.

Відщеплення води від молекули спирту розгалуженої будови відбувається переважно в такий спосіб, що атом Гідрогену відщеплюється від найменш гідрогенізованого атома Карбону:

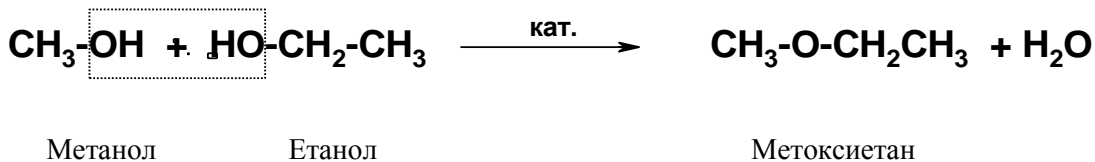


2-Метилбутан-1-ол

2-Метилбут-1-ен

Якщо ж температура нагрівання не перевищує 140°C і спирт у надлишку, то відбувається *міжмолекулярна дегідратація* з утворенням сполуки, що належить до класу **етерів** загальної формули $\text{R}^1 - \text{O} - \text{R}^2$ (тривіальна назва – *прости ефіри*).

Із етанолу утворюється *етоксиетан* (тривіальна назва — *діетиловий етер*). Якщо ж реагує суміш спиртів, наприклад, метанол та етанол, то утворюється несиметричний етер – *метоксиетан*):

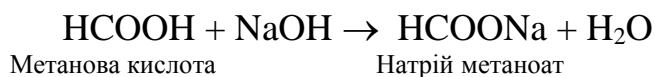


Завдання

2. У результаті цієї реакції утворюються також два симетричні етери. Складіть відповідні рівняння реакцій.

Карбонові кислоти. Утворення солей. Реакція естерифікації. Утворення ангідридів

Карбонові кислоти, хоч і належать до слабких електролітів (крім якої?), проте вступають у типові реакції кислот:



Завдання

1. Наведіть схеми інших реакцій карбонових кислот, типових і для неорганічних кислот.

Карбонові кислоти і спирти взаємодіють з утворенням **естерів**:



Завдання

2. Наведіть рівняння реакції між конкретними речовинами за цією схемою.

3. Пригадайте, що таке хімічна рівновага. За яких умов вона встановлюється? Як можна змістити її в бік утворення потрібного продукту?

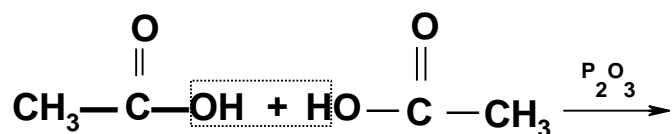
Реакція естерифікації відбувається в кислому середовищі і є оборотною — одночасно з естерифікацією відбувається **гідроліз** естеру до спирту й кислоти. Після встановлення рівноваги в суміші містяться: кислота, спирт, естер і вода.

Завдання

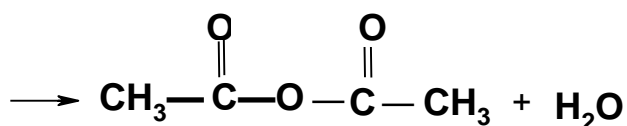
4. Що вам відомо про умови реакції естерифікації? У якому разі вона відбувається до кінця?

Своєрідними реакціями карбонових кислот є їх здатність утворювати ангідриди і хлорангідриди.

Утворення **ангідридів** (від *ан...* і грец. *гідро* — зневоднений) — це реакція міжмолекулярної дегідратації, що відбувається за наявності водовбирних засобів, наприклад фосфор(V) оксиду.



Етанова кислота



Ангідрид етанової кислоти

(оцтовий ангідрид)

Інакше діє на карбонові кислоти фосфор(V) хлорид — у результаті утворюються **хлорангідриди** карбонових кислот. У цій реакції гідроксильна група кислоти заміщується на атом Хлору.

Завдання

5. Складіть рівняння реакції утворення хлорангідриду етанової кислоти.

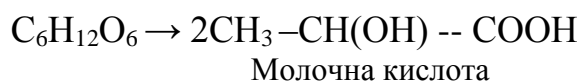
Ангідриди і хлорангідриди належать до хімічно активних речовин. Це зумовлює їх застосування в органічному синтезі.

Глюкоза. Реакції бродіння

Важливою реакцією глюкози є реакція **бродіння**. Під впливом ферментів (природних каталізаторів), що виробляються мікроорганізмами, відбувається розщеплення молекули глюкози. Зокрема, під дією ферментів дріжджів і без доступу повітря глюкоза перетворюється на етиловий спирт — відбувається *спиртове бродіння*.



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



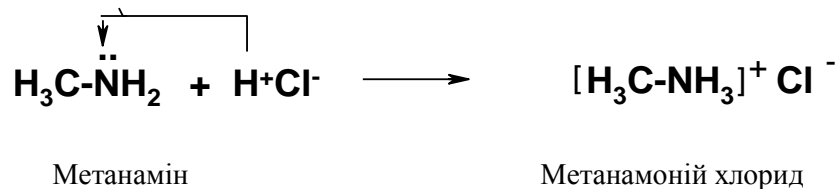
Аміни

Якщо карбонові кислоти, подібно до неорганічних кислот, взаємодіють із лугами, то аміни, володіючи основними властивостями, вступають у реакції з кислотами. У цьому вони подібні до амоніаку.

Завдання

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

Реакція аміну з кислотою відбувається за донорно-акцепторним механізмом. При цьому до електронної пари атома Нітрогену приєднується протон:



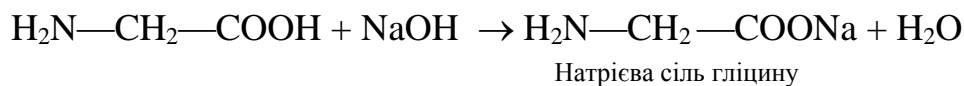
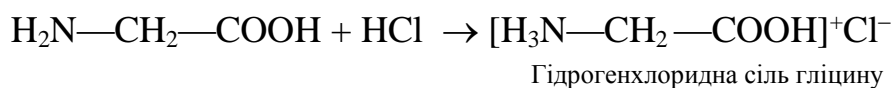
Амінокислоти

Амінокислоти належать до амфотерних сполук, із такою будовою пов'язана низка специфічних реакцій.

Завдання

1. Що таке біполярний йон? Поясніть на прикладі найпростішої амінокислоти.

2. Поясніть амфотерність амінокислот на прикладах таких реакцій:



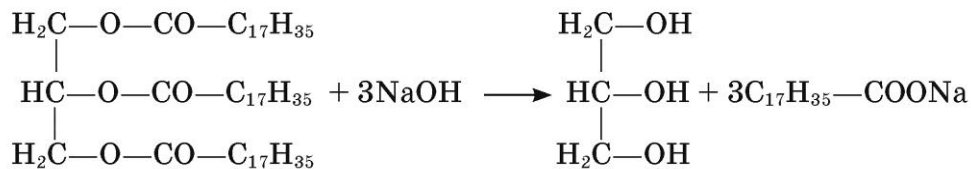
3. Наведіть схему утворення дипептиду. Який новий зв'язок при цьому утворюється?

Жири, вуглеводи (оліго- й полісахариди), білки

Сполукам цих класів властиві реакції гідролізу.

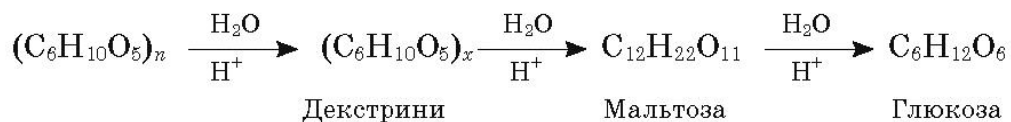
Завдання

1. Назвіть сполуки, що утворюються в результаті лужного гідролізу жиру:



Сахароза, крохмаль, целюлоза гідролізують з утворенням глюкози.

Реакція гідролізу крохмалю відбувається послідовно:



Завдання

2. Пригадайте, що таке патока. Укажіть тип хімічної реакції, яку здійснюють під час виробництва патоки, що використовується в харчовій промисловості.

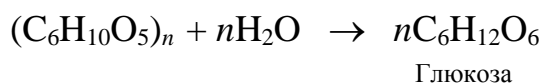
А частковий гідроліз

Б дегідратація

В естерифікація

Г часткове окиснення

3. Чи можна однозначно стверджувати, яка сполука гідролізує за такою схемою:



Білки гідролізують до амінокислот.

Завдання

4. Які зв'язки при цьому розщеплюються? Складіть схему гідролізу дипептиду.

5. Поясніть значення гідролізу жирів, вуглеводів, білків для функціонування організму людини.

6. Укажіть, наявність яких груп (зв'язків) можна виявити при взаємодії білків з концентрованою нітратною кислотою.

А кратних зв'язків

Б аміногруп

В гідроксильних груп

Г фенільних груп

7. Установіть відповідність між назвами сполук та хімічними реакціями, в які ці сполуки вступають.

Назва сполуки	Хімічна реакція, в яку вступає сполука
А поліпептид	1 гідроліз
Б метанамін	2 утворення солі з кислотою
В нітробензен	3 з розчином натрій гідроксиду
Г фенол	4 циклізація
	5 відновлення

8. Укажіть тип хімічної реакції, що її здійснюють під час виробництва етилбензоату, який має запах м'яти і використовується в харчовій промисловості як запашина речовина.

А нітрування

Б дегідратація

В естерифікація

Г повне окиснення

9. Складіть рівняння реакції етену з бромною водою та вкажіть ознаку реакції.

А виділення вуглекислого газу;

Б знебарвлення розчину;

В утворення осаду;

Г забарвлення розчину в фіалковий колір.

10. Складіть рівняння внутрішньомолекулярної дегідратації насиченої одноосновної карбонової кислоти. Позначте сполуку, що утворюється в результаті реакції.

А естер

Б ангідрид

В спирт

Г вуглекислий газ і вода

11. Позначте речовини, з якими взаємодіє етанамін.

А калій перманганат, кисень

Б вода, водень

В вода, хлоридна кислота

Г луг, кисень

12. Укажіть наявність яких груп (зв'язків) можна виявити при взаємодії білків з купрум(II) гідроксидом.

А пептидних зв'язків;

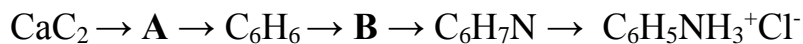
Б аміногруп;

В сульфідних груп;

Г карбоксильних груп.

13. Установіть відповідність між літерами та назвами сполук, позначених цими літерами, у наведеній схемі хімічних перетворень.

Б Г



Літера у схемі перетворень	Відповідна сполука
A	1 суміш HNO_3 і H_2SO_4
Б	2 нітробензен
B	3 хлоробензен
Г	4 етин
	5 хлоридна кислота

14. Установіть послідовність утворення проміжних продуктів під час перетворення метану на натрій етаноат.

A етанол

Б етанова кислота

B етин

Г етаналь

15. Установіть послідовність утворення проміжних продуктів під час перетворення метану на натрій етаноат.

A етанол

Б етен

B етин

Г етилетаноат

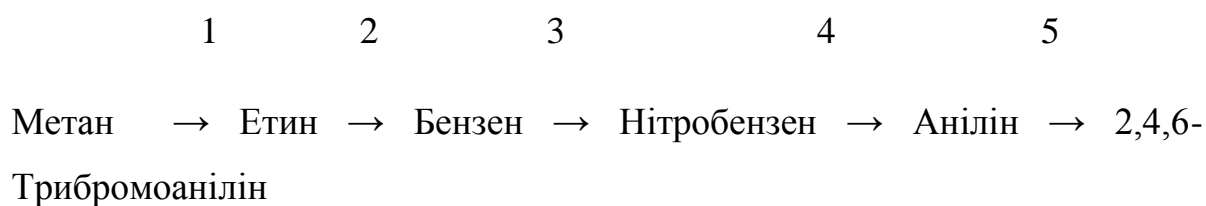
16. Установіть відповідність між реагентами та продуктами реакцій.

Реагент

Продукт реакції



17. Відбулися послідовні реакції:



Установіть відповідність між стадіями перетворень і характеристиками реакцій

- | | |
|--|----------|
| А реакція Зініна | 1 |
| Б дія бромної води | 2 |
| В піроліз | 3 |
| Г реакція Зелінського | 4 |
| Д утворення рідини із запахом гіркого мигдалю | 5 |

18. Укажіть характерну ознаку реакції окиснення етаналю купрум(II) гідроксидом

- А** виділення металічної міді
- Б** утворення розчину синього кольору

В утворення осаду червоно-коричневого кольору

Г виділення газу

19. Укажіть реакцію, за допомогою якої можна перетворити гексан на бензен

А окиснення **В** дегідроциклізація

Б відновлення **Г** дегідрування

20. Укажіть реакцію, за допомогою якої можна перетворити етанол на метоксиетан

А повне окиснення **В** міжмолекулярна дегідратація

Б відновлення **Г** часткове окиснення

21. Установіть відповідність між явищами і їхньою хімічною суттю

А силосування кормів **1** утворення нітробензену

Б утворення «срібного дзеркала» **2** часткове окиснення етену

В утворення рідини із запахом гіркого **3** гідрування жиру

мигдалю **4** молочнокисле бродіння

Г знебарвлення розчину глюкози

калій перманганату **5** взаємодія альдегіду

з аргентум(I) оксидом

21. Складіть рівняння реакцій між конкретними речовинами за схемами, що відбивають перетворення по колу.

Мале коло:

Алкен → Алкан → Хлороалкан → Алкен

Алкін → Алкен → Алкан → Алкін

Алкен → Хлороалкан → Спирт → Алкен

Алкін → Алкен → Дибромоалкан → Алкін

Вуглекислий газ → Моносахарид → Полісахарид → Вуглекислий газ

Розширене коло:

1. Алкан → Хлороалкан → Спирт → Алкен → Алкан

2. Спирт – Альдегід – Карбонова кислота – Естер – Спирт

3. Алкан → Хлороалкан → Спирт → Естер → Спирт → Алкен → Алкан

4. Алкан → Хлороалкан → Спирт → Альдегід – Карбонова кислота → Естер → Спирт → Алкен → Алкан

5. Алкан → Хлороалкан → Спирт → Альдегід – Карбонова кислота → Естер → Спирт → Алкен → Хлороалкан → Алкан

Розгалужене коло:

6. Арен → Нітросполука → Амін

↑

Алкен → Дибромоалкан → Алкін → Алкен

7. Алкен → Дибромоалкан → Алкін → Алкен

↓

Гліколь

↑↓

Хлорангідрид → Амінокислота → Пептид

↑

Спирт → Альдегід → Карбонова кислота → Естер → Спирт

8. Гідрування (алкін--алкен) → Галогенування (алкен—дибромоалкан)
→ Дегідрогалогенування (дибромоалкан—алкін);

9. Окиснення (спирт – альдегід) → Окиснення (альдегід – карбонова кислота) → Естерифікація (карбонова кислота – естер) → Гідроліз (естер – спирт)

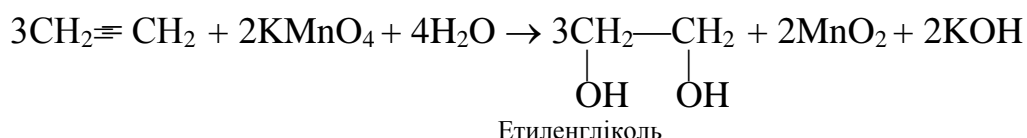
10. Гідроліз (галогеноалкан – → спирт) → Дегідратація (спирт-алкен) → Гідрогалогенування (алкен – галогеноалкан)

11. Фотосинтез → Поліконденсація → Повне окиснення → Фотосинтез

Іменні реакції органічних речовин

Реакція Є. Вагнера (1888 р.).

Окиснення алкенів розбавленим розчином калій перманганату в слабколужному середовищі; утворюються гліколі.

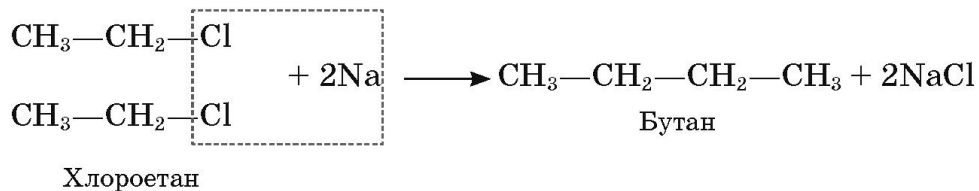


Завдання

1. Пригадайте, з якою метою використовують цю реакцію.

Реакція Ш. Вюрца (1855 р.).

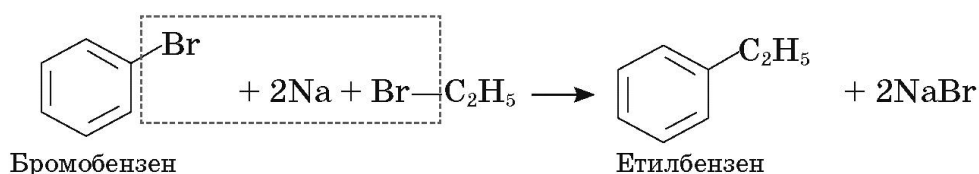
Взаємодія металічного натрію або інших лужних металів з галогеноалканом; утворюється алкан.



2.Цю реакцію застосовують для синтезу симетричних алканів, тобто вихідною речовиною є один галогеноалкан. Які сполуки можуть утворитися, якщо в реакцію вступають два різні галогеноакани? Складіть схеми реакцій.

Реакція Ш. Вюрца—Р. Фіттіга (1864 р.)

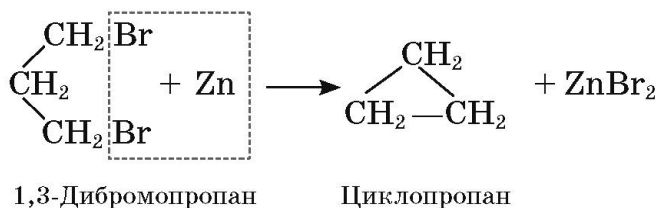
Аналогічно реакції Ш.Вюрца, під дією металічного натрію на суміш галогенопохідних алкана та бензена утворюються ароматичні вуглеводні.



3. Чи можна назвати цю реакцію загальним методом добування гомологів бензену?

Реакція Г. Густавсона (1887 р.).

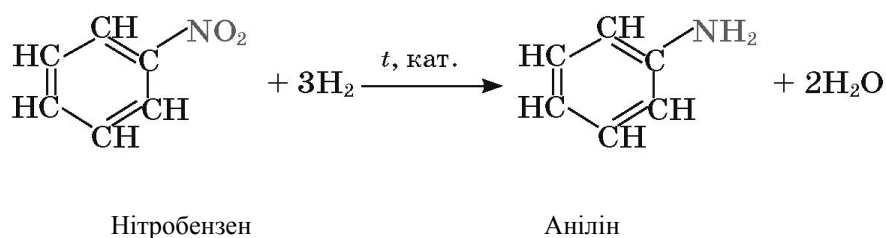
Добування циклоалканів (переважно циклопропану і циклобутану) відщепленням галогенів від дигалогенопохідних алканів при дії активних металів.



4. Порівняйте цю реакцію з реакцією Ш.Вюрца. Чи можна назвати цю реакцією внутрішньомолекулярною реакцією Вюрца? Відповідь обґрунтуйте.

Реакція М. Зініна (1842 р.).

М. Зінін вперше добув анілін відновленням нітробензену амоній сульфідом $(\text{NH}_4)_2\text{S}$. Нині використовують інші відновники, наприклад, чавунні ошурки в середовищі хлоридної кислоти. У загальному вигляді схема реакції:

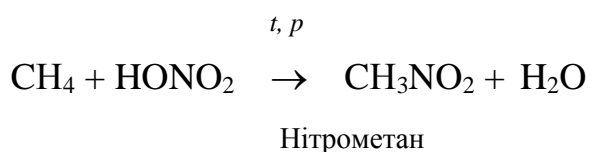


Завдання

5. Схарактеризуйте значення реакції М. Зініна в історії промислового органічного синтезу.

Реакція М. Коновалова (1888 р.).

Нітрування алканів розбавленою нітратною кислотою.

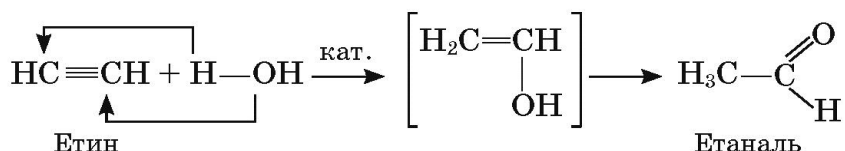


Завдання

6. Пригадайте, за яким механізмом відбувається ця реакція. Складіть схеми стадій реакції.

Реакція М. Кучерова (1881 р.).

Добування етаналю гідратацією етину.



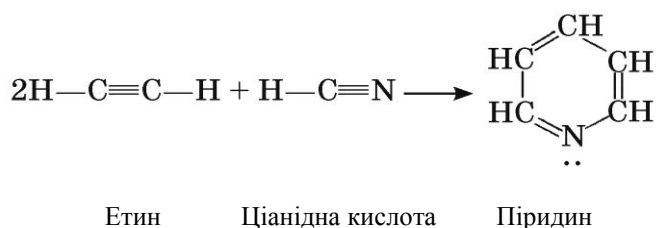
Завдання

7. Чому формулу вінілового спирту взято в дужки?

8. З якою властивістю каталізатора цієї реакції (назвіть його) пов'язано пошук інших способів добування етаналю?

Реакція В. Рамзая (1877 р.).

Піридин утворюється в результаті взаємодії парів етину й ціанідної кислоти.

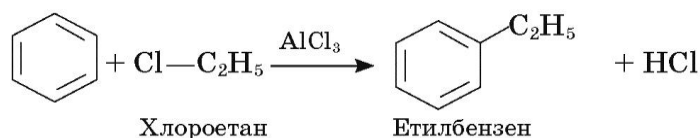


Завдання

9. Цей метод не набув широкого використання з двох причин: незначний вихід кінцевого продукту та (назвіть другу причину).

Реакція Ш. Фріделя — Дж. Крафтса (1877 р.).

Взаємодія галогеноалканів з бенzenом за наявності каталізатора; утворюються гомологи бензену.



Завдання

10. Складіть схему добування толуену за цим методом.

11. Зверніть увагу на дати відкриття іменних реакцій. На який період припадають ці відкриття? Як це пов'язано з розвитком органічної хімії?

12. За висловлюванням М. Берто, синтетична органічна хімія сама створює власний об'єкт дослідження. Розтлумачте смисл цього висловлювання.

13. Установіть відповідність між прізвищем ученого і його внеском у науку.

Прізвище вченого

Науковий внесок ученого

А І. Я. Горбачевський

1 запровадив термін *органічна хімія*

Б І. Я. Берцеліус

2 запровадив поняття про хімічну будову речовин

В Е. Франкланд

3 розробив теорію кольоровості органічних сполук

Г А. І. Кіпріанов

4 синтезував сечову кислоту

5 створив учення про валентність

13. Установіть відповідність між назвою сполуки і іменною реакцією, в результаті якої утворюється ця сполука

А етаналь

1 реакція Коновалова

Б етиленгліколь

2 реакція Кучерова

В нітрометан

3 реакція Бутлерова

Г анілін

4 реакція Вагнера

5 реакція Зініна

Якісні реакції на деякі органічні речовини

Речовина	Реактив та ознака реакції	Рівняння реакції
Насичені вуглеводні	За стандартних умов не вступають у хімічні реакції	—
Етен	Знебарвлення розчину калій перманганату	$3\text{CH}_2=\text{CH}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\rightarrow 3\underset{\text{OH}}{\text{CH}_2}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}_2} + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}$ <p style="text-align: center;">Етиленгліколь</p>
	Знебарвлення бромної води	$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2\text{Br}$ <p style="text-align: center;">1,2-Дибромоетан</p>
Етин	Знебарвлення розчину калій перманганату (повільніше порівняно з аналогічною реакцією етену)	$\text{CH} \equiv \text{CH} + 8\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\rightarrow 3 \begin{array}{c} \text{O} & & \text{O} \\ \parallel & & \parallel \\ \text{HO}-\text{C} & - & \text{C}-\text{OH} \end{array} + 8\text{MnO}_2 + 8\text{KOH}$ <p style="text-align: center;">Щавлева кислота</p>
	Знебарвлення бромної води (повільніше порівняно з аналогічною реакцією етену)	$\text{CH} \equiv \text{CH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CHBr}_2-\text{CHBr}_2$ <p style="text-align: center;">1,1,2,2-Тетрабромоетан</p>
	Утворення білого осаду з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду	$\text{CH} \equiv \text{CH} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow$ $\rightarrow \text{Ag}-\text{C} \equiv \text{C}-\text{Ag} \downarrow + 4\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">Аргентум ацетиленід</p>
	Утворення червоно-коричневого осаду з амоніачним розчином купрум(I) хлориду	$\text{CH} \equiv \text{CH} + 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} \rightarrow$ $\rightarrow \text{Cu}-\text{C} \equiv \text{C}-\text{Cu} \downarrow + 4\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{HCl}$ <p style="text-align: center;">Купрум(I) ацетиленід</p>
Бензен	Утворення важкої жовтуватої рідини із запахом гіркої мигдалю в результаті дії суміші нітратної і сульфатної кислоти	$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HO}-\text{NO}_2 \xrightarrow[\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}), t^\circ]{}$ $\rightarrow \text{C}_6\text{H}_5-\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">Нітробензен</p>
Етанол	Утворення жовтого осаду з йодом у лужному середовищі	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH} + 4\text{I}_2 + 6\text{NaOH} \rightarrow$ $\rightarrow \text{CHI}_3 + \text{HCOONa} + 5\text{NaI} + 5\text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">Йодоформ</p>
Гліцерол	Утворення яскраво-синього розчину з купрум(II) гідроксидом	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ 2\text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow$

		$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\text{Cu}-\text{O}-\text{CH}_2 \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{H} \\ \rightarrow \text{HC}-\text{O}-\text{O}-\text{CH} + 2\text{H}_2\text{O} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{HO}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array} $ <p>Купрум(II) гліцерат</p>
Фенол	Утворення білого осаду з бромною водою	$ \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \\ + 3\text{Br}_2 \rightarrow \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_2 \\ \quad \quad \\ \text{Br} \quad \text{Br} \quad \text{Br} \end{array} + 3\text{HBr} \end{array} $ <p>2,4,6-Трибромфенол</p>
	Утворення фіолетового розчину з ферум(III) хлоридом	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{FeCl}_3 \rightarrow$ Комплексна сполука
Альдегіди	Утворення червоного осаду з купрум(II) гідроксидом під час нагрівання	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \\ \text{H} \end{array} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t^\circ} $ $ \xrightarrow{t^\circ} \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array} + \text{Cu}_2\text{O}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O} $
	Утворення “срібного дзеркала” з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \\ \text{H} \end{array} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow $ $ \rightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R}-\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array} + 2\text{Ag}\downarrow + 4\text{NH}_3\uparrow + 2\text{H}_2\text{O} $
Карбонові кислоти	Зміна забарвлення індикаторів лакмусу і метилового оранжевого на червоний колір	$\text{R}-\text{COOH} \rightarrow \text{R}-\text{COO}^- + \text{H}^+$
Етанова кислота	Утворення темно-червоного осаду з ферум(III) хлоридом	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{FeCl}_3 \rightarrow$ Комплексна сполука
Метанова кислота	Утворення “срібного дзеркала” з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду	$\text{HCOOH} + \text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow[\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]{t^\circ} \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O} + 2\text{Ag}\downarrow$
Глюкоза	Проба на альдегідну групу	$ \text{CH}_2\text{OH}-(\text{CHOH})_4-\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t^\circ} $
	Утворення червоного осаду з купрум(II) гідроксидом під час нагрівання	$ \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_2\text{OH}-(\text{CHOH})_4-\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array} + $ <p>Глюконова кислота</p> $ + \text{Cu}_2\text{O}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O} $

	<p>Проба на гідроксильні групи</p> <p>Утворення синього розчину з купрум(II) гідроксидом</p>	$ \begin{array}{c} \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H} \\ \\ (\text{CHOH})_2 \\ \\ 2\text{H}-\text{C}-\text{OH} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array} $ $ \begin{array}{c} \text{C}=\text{O} \qquad \qquad \text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{H} \qquad \qquad \qquad \text{H} \\ \qquad \qquad \qquad \\ (\text{CHOH})_2 \qquad (\text{CHOH})_2 \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{H}-\text{C}-\text{O} \qquad \text{O}-\text{C}-\text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \quad \diagdown \quad \diagup \\ \qquad \qquad \text{Cu} \qquad \qquad \qquad \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \quad \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}-\text{C}-\text{O} \qquad \text{O}-\text{C}-\text{H} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{CH}_2-\text{OH} \qquad \text{CH}_2-\text{OH} \end{array} + 2\text{H}_2\text{O} $ <p style="text-align: center;">Купрум(II) глюконат</p>
	<p>Утворення “срібного дзеркала” з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду</p>	$ \text{CH}_2\text{OH}-(\text{CHOH})_4-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{array} + \text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow[\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]{t^\circ} $ $ \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}-(\text{CHOH})_4-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + 2\text{Ag}\downarrow $
<p>Крохмаль</p>	<p>Поява синього забарвлення внаслідок взаємодії з йодом</p>	<p style="text-align: center;">—</p>
<p>Анілін</p>	<p>Утворення білого осаду з бромною водою</p>	$ \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 3\text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{NH}_2 + 3\text{HBr} $ <p style="text-align: center;">2,4,6-Трибromoанілін</p>
<p>Білок</p>	<p>Поява фіолетового забарвлення внаслідок взаємодії з купрум(II) гідроксидом</p>	<p>Біуретова реакція виявляє наявність пептидних зв'язків</p>
	<p>Поява жовтого забарвлення внаслідок взаємодії з концентрованою нітратною кислотою</p>	<p>Ксантопротеїнова реакція виявляє наявність бензенових ядер у складі білка</p>

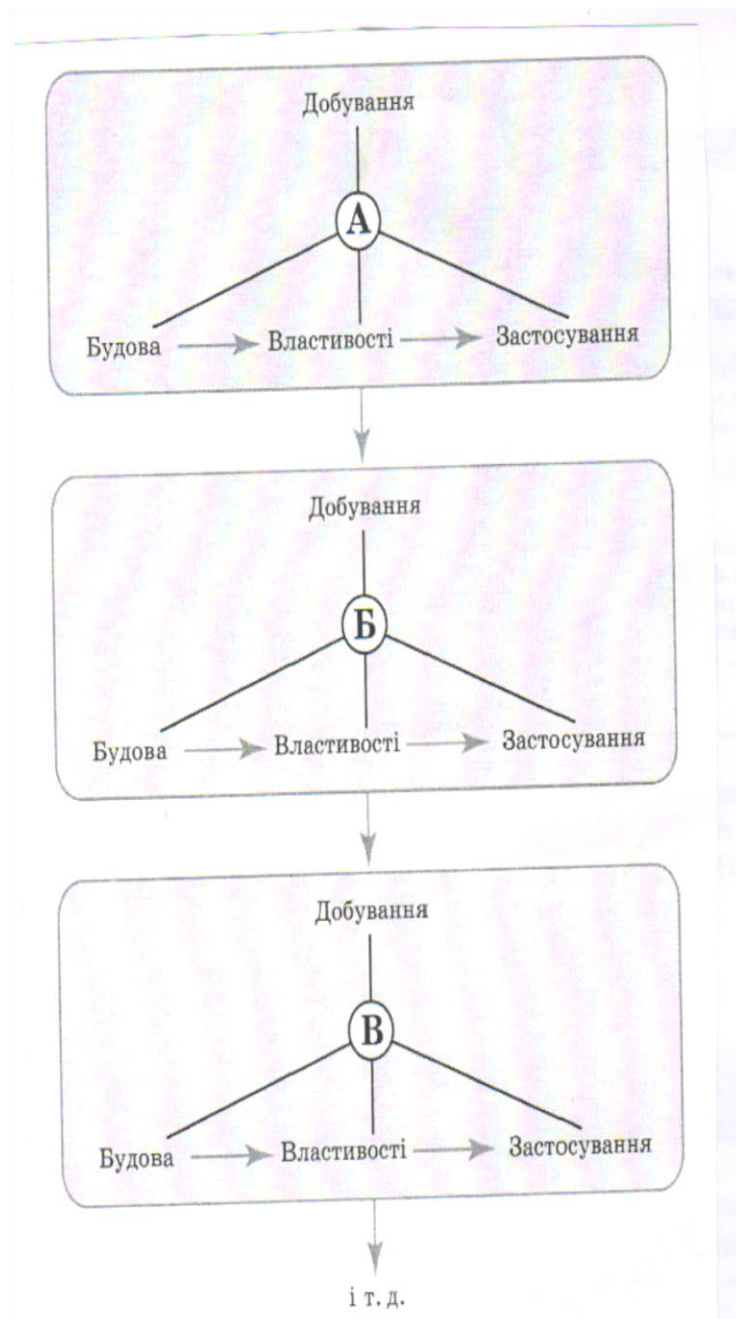
Тема 4. Добування органічних речовин

Взаємозв'язок і взаємоперетворення органічних речовин

Склад, будова, властивості, застосування речовини є взаємозалежними характеристиками: хімічний склад і будова зумовлюють властивості речовин, на яких ґрунтуються галузі застосування і від яких залежить вплив на здоров'я і довкілля. Ці характеристики можна представити у вигляді такого ланцюга:

склад — будова — властивості — застосування — вплив на здоров'я і довкілля.

Так само важливою характеристикою речовини є її добування. У наведеному ланцюзі ніби немає місця для методів добування, хоча насправді це не так, оскільки методи добування одних речовин ґрунтуються на властивостях інших речовин. Розгляньте схему:



Властивості речовини **A** залежать від будови (хімічної, електронної, просторової) її молекули; галузі застосування **A** зумовлені її властивостями; останні зумовлюють застосування. У результаті хімічних реакцій **A** утворюється речовина **B**, тобто метод добування **B** ґрунтується на властивостях **A**. Так само добування **V** ґрунтується на властивостях **B**.

Наприклад, розглянемо таку схему перетворень:

метан **A** → етин **B** → етаналь **V**.

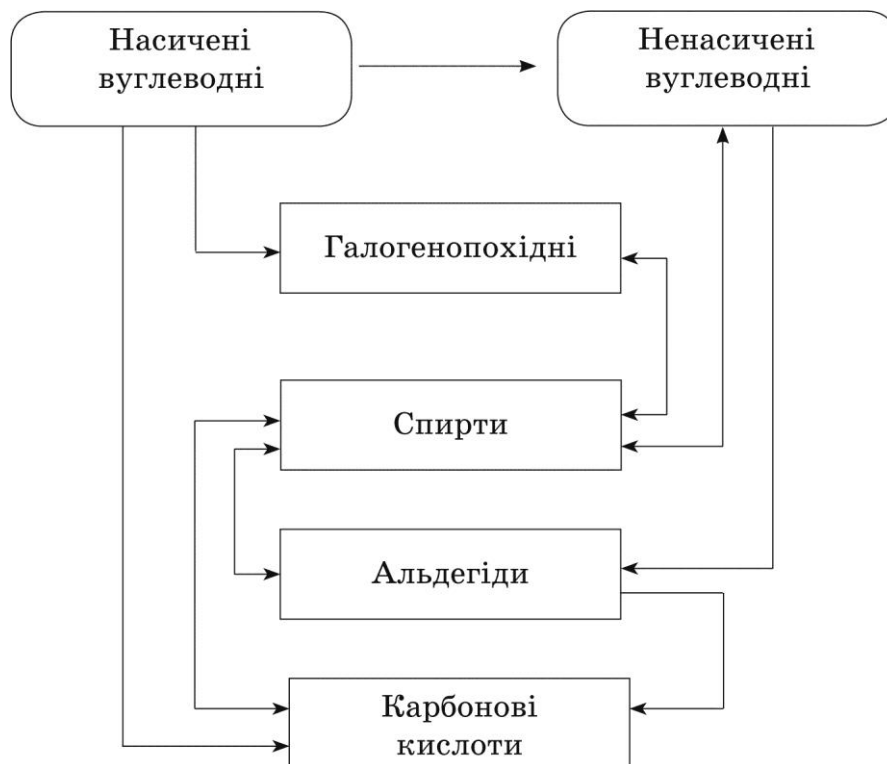
Метан (А), у молекулі якого зв'язки С—Н мають високу енергію, зумовлену електронною будовою, має властивість розкладатись лише за високої температури з утворенням водню й етину (Б). Останній, маючи високу реакційну здатність завдяки кратним зв'язкам у молекулі (будова), приєднує воду (властивість) і утворює етаналь (В). Отже, така хімічна властивість метану (А), як піроліз, є методом добування етину (Б), а гідратація етину, як його хімічна властивість, є методом добування етаналю (В). Ланцюг можна продовжити: на здатності етаналю окиснюватись ґрунтується добування етанової кислоти (Г).

Завдання

1. Речовина X під дією хлору за наявності каталізатора перетворюється на речовину Y. Остання зазнає гідролізу й перетворюється на речовину Z, що виявляє активність у реакціях як з натрієм, так і з натрій гідроксидом. До якого класу належить речовина Z? Складіть рівняння згаданих реакцій.

Генетичні ланцюги

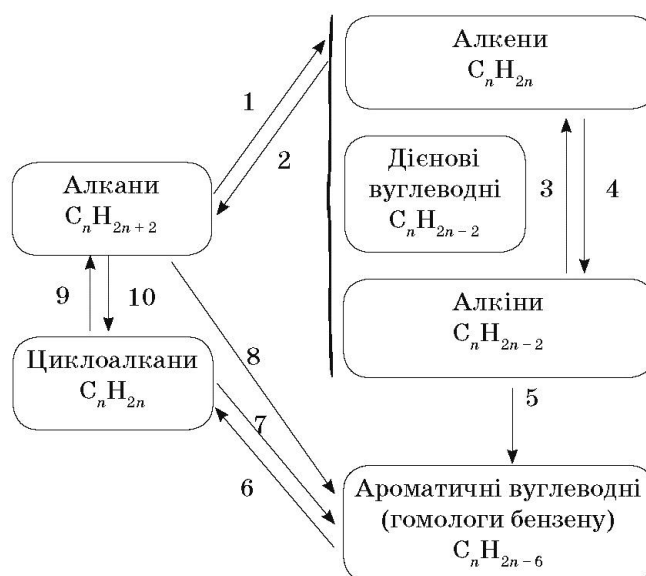
Усі органічні речовини зв'язані між собою генетичними зв'язками, завдяки яким з вуглеводнів, добутих із природних джерел, можна поступово синтезувати силу-силенну корисних речовин різних класів.



Завдання

2. Складіть генетичний ланцюг речовин за наведеною схемою.

3. Генетичні зв'язки ґрунтуються на хімічних властивостях речовин. Які хімічні реакції лежать в основі взаємних перетворень вуглеводнів, що їх наведено у такій схемі:

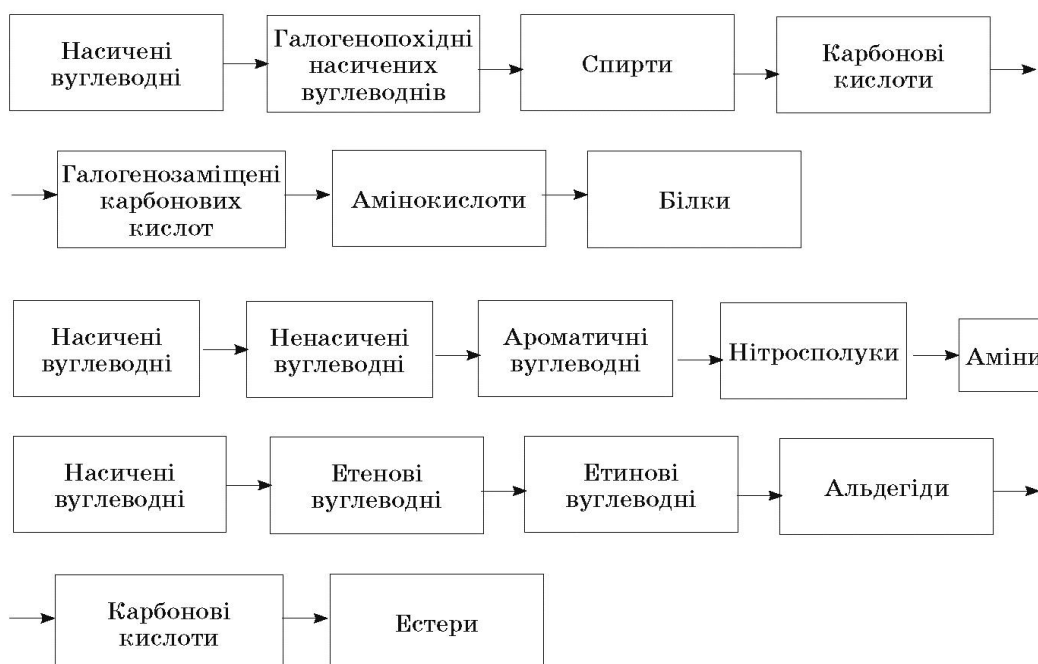


Генетичні зв'язки об'єднують органічні й неорганічні речовини, що свідчить про єдність речовин у природі.

Завдання

4. Складіть генетичний ланцюг речовин з участю органічних і неорганічних речовин.

5. Які реакції покладено в основу перетворень речовин за наведеною нижче схемою? Складіть хімічні рівняння.



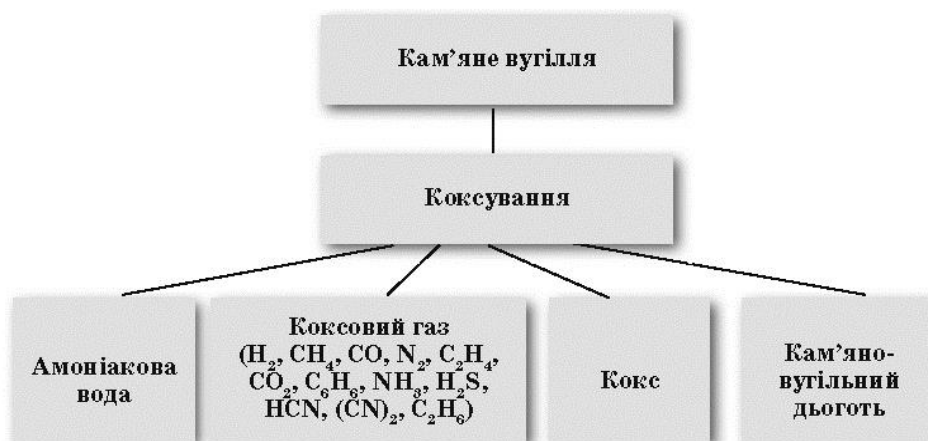
Переробка природної сировини й синтетичні методи

Основна природна сировина для добування органічних речовин — це нафта, природний газ і кам'яне вугілля. Багато продуктів виділяють переробкою сировини фізичними методами або застосовують у готовому вигляді. Наприклад, природний газ із свердловин напряму надходить до споживачів; перегонкою нафти добувають суміші вуглеводнів різного складу, до яких належать гас, бензин, мазут тощо.

Застосування нафтопродуктів



Продукти коксування кам'яного вугілля



Глибша переробка вуглеводневої сировини, під час якої відбуваються хімічні реакції, дає змогу добути ще більше корисних продуктів, що, своєю чергою, є сировиною для хімічної промисловості. Так із нафти врешті-решт

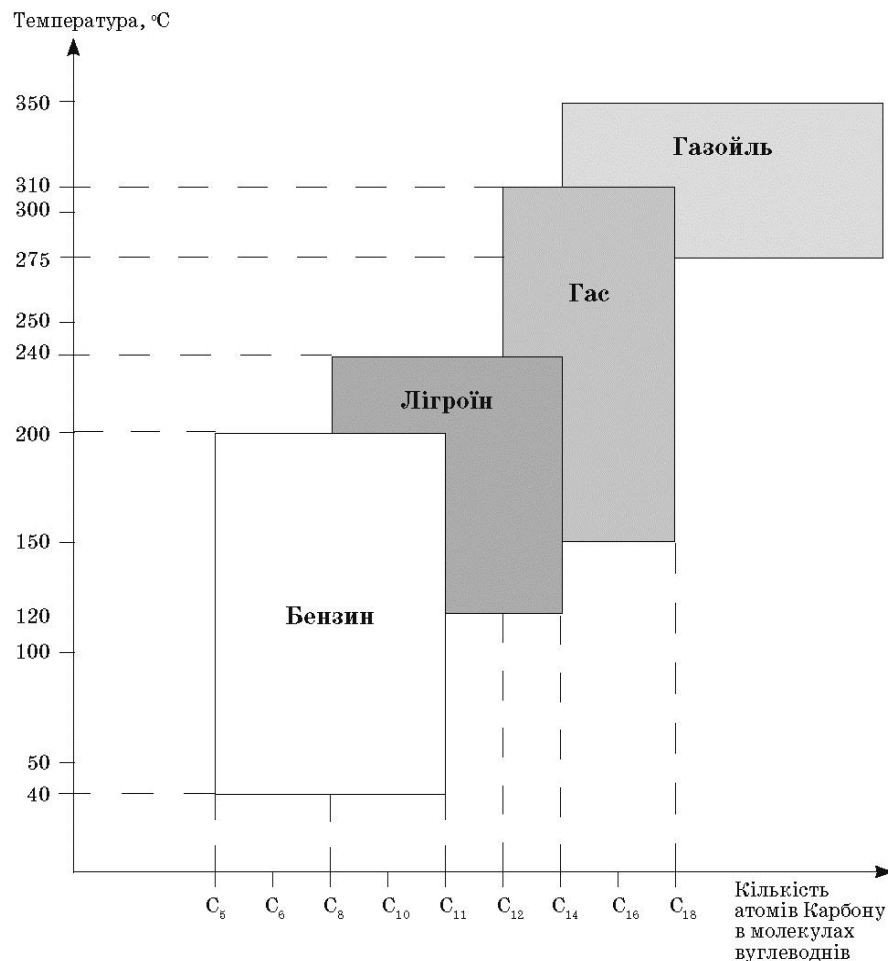
можна добути пластичні маси, мийні засоби, вибухові речовини і навіть кормовий білок (останній — у разі використання біотехнології).

Завдання

1. У результаті яких процесів переробки нафти утворюється сполука, що її далі можна перетворити на відому пластичну масу?

2. Підготуйте повідомлення про історичне значення відкриття процесів переробки кам'яновугільного дьогтю для розвитку хімічної промисловості.

3. Розгляньте залежність складу продуктів перегонки нафти від їхніх температур кипіння за схемою:



4. Складіть формули і назви вуглеводнів, які можуть входити до складу окремих фракцій нафти. Поясніть відносність поділу нафти на фракції за температурами кипіння.

5. До якої фракції може належати сполука складу $C_{13}H_{28}$?

Промислові й лабораторні методи синтезу

Перші синтези органічних речовин

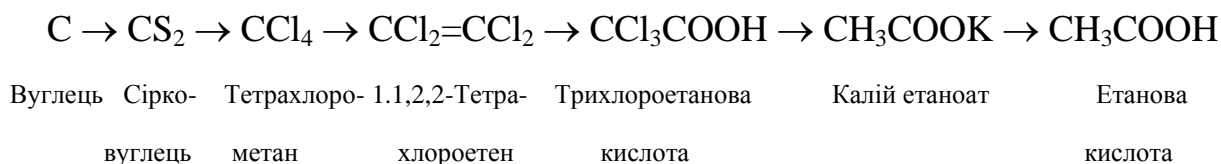
У наш час, коли продукти синтетичної органічної хімії домінують у різних сферах життя, навіть важко уявити, що ще 200 років тому хіміки не вбачали особливої користі в добуванні органічних речовин, зокрема тих, яких не було в живій природі. Ф. Велер повідомив про синтез сечовини в 1828 р., до наступного синтезу мало минути майже 20 років (у 1845 р. А. Кольбе синтезував етанову кислоту). Ще через 10 років М. Бертло синтезував жироподібну речовину.

Разом із розвитком теоретичної органічної хімії, наукових поглядів на структуру органічних речовин активізувалися пошуки методів синтезу. Нижче наведено перші в історії науки синтези, з яких розпочався розвиток синтетичної органічної хімії.

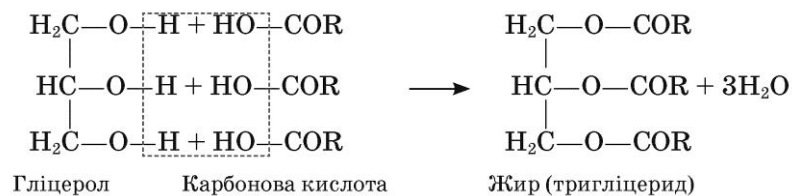
Сечовина (Ф. Велер, 1828 р.)



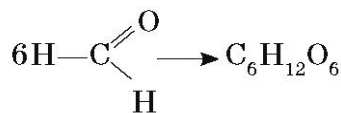
Оцтова (етанова) кислота (А. Кольбе, 1845 р.)



Жироподібна речовина (М. Бертло, 1854 р.)

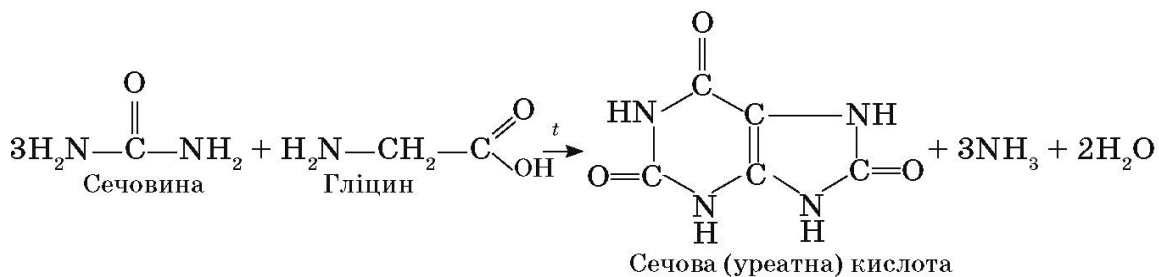


Цукриста речовина (О. Бутлеров, 1861 р.)



Формальдегід Суміш цукрів

Сечова (уреатна) кислота (І. Горбачевський, 1882 р.)



Завдання

1. Схарактеризуйте значення перших синтезів органічних речовин.

2. Серед авторів перших синтезів органічних речовин є видатний український учений Іван Горбачевський. Підготуйте доповідь про його наукову діяльність.

Під час демонстраційних і лабораторних дослідів ви спостерігали, як утворюються, або самі добували різні речовини. Ці методи добування належать до лабораторних, часто становлять лише теоретичний інтерес і не можуть використовуватись у промисловості, тобто коли йдеться про великі обсяги виробництва. Розроблення промислових методів потребує врахування багатьох чинників: доступність сировини, наявність побічних продуктів і відходів, умови проведення реакцій, надійність апаратури, безпечність і багато іншого.

Пригадайте основні лабораторні й промислові методи добування деяких органічних речовин різних класів за наведеними нижче схемами.

Добування алкенів

Промислові методи	<p>1. Крекінг нафтопродуктів:</p> $\text{CH}_3\text{---}(\text{CH}_2)_6\text{---CH}_3 \xrightarrow{t} \text{CH}_3\text{---}(\text{CH}_2)_6\text{---CH}_3 + \text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH=CH}_2$ <p>2. Виділення з коксових газів</p> <p>3. Дегідрування насичених вуглеводнів:</p> $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_3 \xrightarrow[\text{-H}_2]{\text{кат}} \text{CH}_3\text{---CH=CH}_2$
Лабораторні методи	<p>1. З галогенопохідних насичених вуглеводнів</p> $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{Cl} \xrightarrow{\text{KOH (спирт)}} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ <p>2. Дегідратація спиртів:</p> $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---OH} \xrightarrow[\text{H}_2\text{SO}_4]{t} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <p>3. Гідрування алкінів:</p> $\text{HC} \equiv \text{CH} \xrightarrow[\text{кат}]{\text{H}_2} \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$

Добування алкінів

Промислові методи	<p>1. Піроліз нафтопродуктів (як побічний продукт)</p> <p>2. З кальцій карбїду:</p> $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca(OH)}_2$ <p>3. Піроліз метану:</p> $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ 2\text{H---C---H} \\ \end{array} \xrightarrow{t} \text{H---C} \equiv \text{C---H} + 3\text{H}_2$
-------------------	---

	Н
Лабораторні методи	<p>1. З галогенопохідних насичених вуглеводнів</p> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{Br} \quad \text{Br} \end{array} \xrightarrow{2 \text{ KOH (спирт)}} \rightarrow \text{CH}_3-\text{C} \equiv \text{CH} + 2\text{KBr} + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>2. З кальцій карбіду</p>

Добування бензену

Промислові методи	<p>1. Виділення з продуктів переробки кам'яного вугілля</p> <p>2. Ароматизація вуглеводнів нафти</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \end{array} \xrightarrow{t, \text{кат}} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{HC}=\text{C} \\ \quad \\ \text{HC}=\text{CH} \end{array} + 4\text{H}_2$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \end{array} \xrightarrow[-3\text{H}_2]{t, \text{кат}} \begin{array}{c} \text{CH} \\ \\ \text{HC}=\text{CH} \\ \quad \\ \text{HC}=\text{CH} \end{array}$
Лабораторний метод	$3\text{HC} \equiv \text{CH} \xrightarrow{t, \text{кат}} \begin{array}{c} \text{CH} \\ \\ \text{HC}=\text{CH} \\ \quad \\ \text{HC}=\text{CH} \end{array}$

Добування спиртів

Загальні методи	<p>1. Гідроліз галогенопохідних вуглеводнів:</p> $\text{R}-\text{CH}_2-\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{OH}^-} \text{R}-\text{CH}_2-\text{OH} + \text{HCl}$ <p>2. Відновлення альдегідів:</p> $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} + \text{H}_2 \rightarrow \text{R}-\text{CH}_2-\text{OH}$
Менатол	Етанол
<p>1. Суха перегонка деревини</p> <p>2. Із синтез-газу:</p> $\text{CO} + 2\text{H}_2 \xrightarrow[\text{кат}]{t, p} \text{CH}_3\text{OH}$	<p>1. Спиртове бродіння глюкози:</p> $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$ <p>2. Гідратація етилену:</p> $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{кат}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

Промислові методи	<p>Двохатомні спирти добувають окисненням етенових вуглеводнів:</p> $\text{CH}_2=\text{CH}_2 \xrightarrow{[\text{O}]} \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{O} \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$ <p>Гліцерол добувають омиленням жирів:</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OCOR} \\ \\ \text{CHOCOR} \\ \\ \text{CH}_2\text{OCOR} \end{array} + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{NaOH}} \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CHOH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} + 3\text{RCOOH}$
Лабораторний метод	<p>Гідроліз галогенопохідних:</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{Cl} \\ \\ \text{CH}_2\text{Cl} \end{array} + 2\text{HOH} \xrightarrow{\text{NaOH}} \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} + 2\text{HCl}$

Добування карбонових кислот

З природної сировини	<p>1. Окиснення етанолу (оцтовокисле бродіння):</p> $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\overset{\text{O}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}} + \text{H}_2\text{O}$ <p>2. Виділення з продуктів термічного розкладання деревини</p>
Синтетичні методи	<p>1. Окиснення етанолу</p> $2\text{CH}_3\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}$ <p>2. Окиснення бутану:</p> $2\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CH}_3\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}} + \text{H}_2\text{O}$

Завдання

1. Назвіть реакції, на яких ґрунтуються методи добування, наведені на схемах.

2. Складіть власні схеми взаємозв'язку властивостей речовин і методів добування речовин, що ґрунтуються на цих властивостях.

3. Наведіть схеми іменних хімічних реакцій, що лежать в основі методів добування етанолу й аніліну.

4. Установіть відповідність між назвами речовин і способами їх добування.

Назва сполуки	Спосіб добування
А метанол	1 дегідріциклізація гептану
Б бензен	2 піроліз метану
В етин	3 бродіння глюкози
Г толуен	4 суха перегонка деревини

5 виділення з кам'яновугільної смоли

5. Установіть відповідність між назвами речовин і сировиною для їх добування

Назва сполуки	Сировина для добування сполуки
А анілін	1 фенол
Б хлороформ	2 метан
В етанол	3 етен
Г натуральний каучук	4 нітробензен
	5 ізопрен

6. Укажіть дію, яку треба виконати, щоб добути з гомолога бензену сполуку, що її використовують як вибухівку

- А подіяти хлором під дією світла
- Б нагріти без доступу кисню
- В подіяти розчином калій перманганату
- Г подіяти розбавленою нітратною кислотою

Добування полімерних матеріалів

Поштовхом до розвитку виробництва синтетичних полімерних матеріалів став дефіцит природних матеріалів з відповідними властивостями. Тривалий час полімери вважалися їхніми заміниками. Однак у наш час ці сполуки стали основою для створення принципово нових матеріалів з невідомим раніше комплексом властивостей, зокрема, наповнених, або композиційних, полімерних матеріалів.

Використання наповнювачів дає змогу економити 20-25% чистих пластмас (звичайні пластмаси, що їх вважають чистими, не є такими, оскільки містять стабілізатори, барвники та інші добавки). Як наповнювачі використовують речовини відносно інертні, що поліпшують властивості полімеру, спрощують

його обробку, здешевлюють виробу. Це різні мінеральні речовини, гази. Роль зв'язувального виконують органічні полімери. Прикладом наповненого полімеру є гума. Добавка сажі дає змогу підвищити міцність матеріалу, пружність, зносостійкість.

Змінюючи концентрацію наповнювачів, комбінуючи їхні види, можна значно змінювати властивості полімерних композитів. Наприклад, звичайному поліетилену бракує конструкційної жорсткості і формостійкості, а наповнений використовується у виробках конструкційного призначення: сантехнічних деталях, гофрованих трубах тощо. Полістирол – крихкий матеріал, добавка 6-12% каучуку підвищує його еластичність, удароміцність. Більшість пластмас – горючі. Це обмежує їх використання у будівництві, на транспорті. Застосування алюміній гідроксиду як наповнювача дає змогу позбутися такого недоліку (при нагріванні він розкладається, виділяючи водяну пару).

Найпоширенішим наповнювачем є кальцій карбонат (у вигляді крейди, вапняку, кальциту). Як наповнювачі використовують також каолін, вулканічні породи, тальк, слюду, вугілля кокс, тирсу, відходи паперової промисловості, сільськогосподарського виробництва. Наприклад, крейда є наповнювачем для лінолеуму, кабельного пластику з поліхлорвінілу.

Окрему групу наповнених пластмас становлять склопластики, де наповнювачем є скловолокно, а зв'язувальним - в основному термореактивні пластмаси. Такі композити стійкі проти корозії, термо- і хімічно стійкі, протиударні, легкі, діелектричні. Вироби з них широко використовують у малому судно- й автомобілебудуванні, у будівництві трубопроводів.

Традиційним матеріалом для виготовлення труб вважається сталь. Проте виробництво і транспортування таких труб потребують великих затрат енергії, значними є і втрати від корозії. Цих недоліків позбавлені труби з пластмас. Термін їх експлуатації - 50 років, а на їх виробництво витрачається значно менше енергії, вони гнучкі, мають низьку теплопровідність. Виробляють їх із термопластів -- полівінілхлориду, поліетилену, наповнених на 40-50% (маси) мінеральними наповнювачами.

Наповнені пластмаси використовують як тепло- і звукоізоляційні матеріали. Високу якість мають пінопласти на основі полістиролу, поліуретану, фенолоформальдегідних смол. Дешевшим наповнювачем є повітря. Його використовують для виробництва так званих інтегральних пін, або конструкційних пінопластів. Вироби з них мають неоднорідну структуру: зовні суцільні (з монолітного полімеру), всередині – зі спіненого матеріалу. Це зумовлює підвищену жорсткість при малій густині. Найпоширеніші пінопласти виробляють на основі полістиролу. Використовуються вони в будівництві як змінники деревини, теплоізолятори й вирізняються водостійкістю, не вражаються грибами. Інтегральні пінопласти на основі полівінілхлориду використовуються для виготовлення труб і будівельних конструкцій, облицювальних плиток.

Широке використання пластмасових виробів висунуло проблему їх утилізації, а отже, й охорони навколишнього середовища. Раніше вважали за доцільне спалювати їх або виробляти біоруйнівні пластмаси. Тепер ідеться про повторне використання відходів. Певну складність становлять термореактивні смоли, що не розчиняються і не відновлюються до мономерів. Такі пластмаси можна використовувати як наповнювачі полімерних композитів.

Наноматеріали

На думку дослідників, головним полігоном діяльності науки в ХХІ ст. стане наносфера. Виникли нові галузі – нанонаука, наноінженерія, нанотехнологія, наноелектроніка, нанохімія. Нанотехнологія є способом створення наноструктур з необхідними характеристиками. Ви знаєте, що префікс *нано-* позначає одну мільярдну частину метра (10^{-9}), отже, розмір наночастинки сумірний з розміром атомів і молекул. Довжини ковалентних зв'язків в органічних сполуках вимірюються в частках нанометрів.

Наноструктури складаються з десятків чи сотень атомів, а матеріали, побудовані з них, мають виняткові властивості, небачені у природі. Зменшення розміру структурних частинок спричиняє зміну кристалічної структури, а отже, передусім фізичних властивостей речовин: температур плавлення, кипіння,

тепло- й електропровідності, оптичних і магнітних властивостей. Змінюється й реакційна здатність речовин. Отже, за певного критичного розміру частинок з'являються властивості, відмінні від властивостей речовини в об'ємній фазі. При цьому виявляються квантово-механічні ефекти, і класичні фізичні закони поступаються законам квантової механіки.

Відомо багато речовин у нанокристалічному стані та матеріалів на їхній основі: металів, сплавів, карбонівих сполук. На уроках органічної хімії ви розглядали, наприклад, карбоніві нанотрубки – найтонші й найміцніші трубки у світі. Поперечний переріз нанотрубок становить від 0,7 до 25-30 нм. Стінки трубок сітчасті, побудовані з шестигранних комірок, утворених атомами Карбону, як у графіті. Можна припустити, що атоми Карбону перебувають у нанотрубках, як і в графіті, у стані sp^2 -гібридизації.

Крім унікальних напівпровідникових властивостей нанотрубки мають велику гнучкість і міцність (завдяки міцним міжатомним зв'язкам і водночас ажурній структурі, отже, низькій густині), а також хімічну інертність. Вироби з них будуть надміцними й надлегкими.

Практичне значення наноматеріалів важко переоцінити, особливо в галузі інформаційних технологій і лазерної техніки, як носіїв інформації з надвисокою щільністю запису.

Нанотехнології не лише дають змогу отримати унікальні матеріали, вони змінюють наукові уявлення про навколишній світ на атомному і субатомному рівнях. Наносполуки є виявом залежності властивостей речовин від розмірів (масштабу) структурних частинок, між якими діють як ковалентні, так і нековалентні сили.

Вивчення механізмів поведінки наносполук слугує розкриттю процесів функціонування живих організмів на молекулярному рівні, а це дасть змогу піднести на новий якісний рівень діагностику й лікування від хвороб.

Біотехнологічні методи добування органічних речовин.

Для добування органічних речовин крім синтезу й виділення з природної сировини існують і методи біотехнології, що полягають у використанні живих організмів і біологічних процесів та ґрунтуються на досягненнях біологічних, хімічних і технічних наук. Подібні методи відомі людству здавна: це виготовлення кисломолочних продуктів, вина, пива, оцту, дріжджового тіста.

У наш час добування таких цінних продуктів, як вакцини, антибіотики, вітаміни, гормони, ферменти, кормовий білок, спирти, кислоти, й такі важливі процеси, як переробка сільськогосподарських, промислових і побутових відходів, очищення і використання стічних вод, стали можливими завдяки методам біотехнології.

Наприклад, етанол (так званий біоетанол) можна виробляти з целюлозовмісних відходів — бадилля рослин, тирси, мулу. Такий продукт використовують як добавку до пального. З дешевих жирів, наприклад, олії ріпаку, добувають біодизельне пальне, що за хімічною природою є сумішшю естерів. Біогаз утворюється внаслідок переробки відходів певними видами бактерій і складається на 60 % з метану. Такий продукт можна використовувати для опалення, і до того ж утилізувати відходи сільського господарства, переробки риби і м'яса, молока, побутові відходи, що в іншому разі перегнивають, забруднюючи атмосферу.

Нині біотехнологія дає змогу швидко й ефективно впроваджувати досягнення науки в матеріальне виробництво. Вже налагоджено виробництво фізіологічно активних речовин білкової та іншої природи для медичних і сільськогосподарських потреб (генна індустрія ДНК). Найближчим часом можна буде частину органічної сировини добувати за допомогою біотехнологічних процесів. Створення нових мікроорганізмів дасть змогу виробляти пластмаси з природних цукрів, збагачувати руди цінних металів, зв'язувати азот повітря у сполуки, що засвоюються рослинами.

Біохімічне виробництво має значні переваги:

- синтез складних продуктів відбувається у порівняно м'яких умовах (не потребує високих температур, тиску, вакууму);
- вихідна сировина - це доступні й дешеві технічні речовини: вуглеводні нафти, природний газ, спирти, відходи лісової, деревообробної, харчової промисловості й сільськогосподарського виробництва ;
- біохімічний процес не залежить від ґрунтів, кліматичних умов, погоди і може бути реалізований у будь-якому географічному регіоні ;
- можна добувати речовини, синтез яких сьогодні неможливий або надто складний і дорогий (вітамін В₁₂, ферменти, антибіотики);
- технологічний процес безперервний, легко механізується й автоматизується, не дає шкідливих викидів.

Розглянемо приклад біохімічного синтезу кормового білка з вуглеводнів нафти. Сировиною є очищені рідкі парафіни, що їх виокремлено з нафтових фракцій (230-265⁰С). Основні стадії біохімічного виробництва такі:

- а) підготовка поживного середовища і мікроорганізмів;
- б) вирощування біомаси;
- в) виділення і промивання добутої біомаси від культуральної рідини;
- г) концентрування і сушіння біомаси.

За подальшої переробки біомаси одержують високопоживний кормовий продукт - білкововітамінний концентрат. Включення його до раціону сільськогосподарських тварин дає змогу заощадити значну кількість урожаю зернових і бобових культур, значно збільшити вихід тваринницької продукції.

Завдання

1. Поясніть значення розвитку біотехнології для розв'язування такої глобальної проблеми, як нестача продовольства.

2. Чим завдячує охорона здоров'я методам біотехнології?

3. Скористайтесь додатковою літературою і поясніть переваги і ризики виробництва біодизеля.

Охорона навколишнього середовища від забруднень при переробці й транспортуванні вуглеводневої сировини та використанні продуктів переробки й органічного синтезу.

Завдання

1. Наведіть приклади забруднення довкілля в результаті транспортування продуктів переробки нафти.

2. Що таке стійкі органічні забруднювачі?

3. Які екологічні проблеми пов'язані із застосуванням хімічних засобів захисту рослин? Як уникнути цих проблем?

4. Поясніть, як ви розумієте смисл гасла “Думати глобально, діяти локально” стосовно хімічних забруднювачів довкілля?

5. До яких дій ви вдаєтеся, щоб уникнути забруднення довкілля виробами з поліетилену?

6. Підготуйте повідомлення про альтернативні джерела енергії.

7. Під час роботи двигунів внутрішнього згорання в атмосферу потрапляє велика кількість карбон(IV) оксиду та інших газів. Укажіть, які можуть бути наслідки постійного зростання кількості автомобілів для навколишнього середовища.

А утворення смогу

Б випадіння надлишкових опадів

В руйнування озонового шару

Г виникнення парникового ефекту

«Біографії» органічних сполук

Кожна хімічна сполука має історію відкриття, синтезу, застосування, тобто власну «біографію». Хоча люди здавна застосовували органічні сполуки у практичній діяльності, їх почали розрізняти з мінеральними лише із середини XVII ст., а з першої чверті XIX ст. органічна хімія виокремилася в галузь хімічної науки.

В історії хімії походження органічних сполук пов'язують передусім із рослинними і тваринними організмами, з яких ці речовини добували. Від виділення їх із природної сировини до сучасного хімічного синтезу минули віки, що вмістили зміни теоретичних уявлень у хімії, розробки хімічних методів дослідження речовин, пошук сировинних джерел, розвиток техніки і технологій тощо.

Потреби практики стимулювали хіміків до розробки способів добування речовин із певними властивостями. Наприклад, синтез барвників зумовлений потребами текстильної промисловості, синтез лікарських засобів — необхідністю боротьби з хворобами, розвиток автомобілебудування пов'язаний із потребами в якісному пальному і надійній гумі для коліс.

Ви можете самі продовжити приклади, знайшовши для цього потрібну інформацію, якщо візьметесь за виконання навчального проекту з історії органічної хімії. Ви переконаєтеся, що «біографії» органічних сполук — це захоплюючі, повчальні, несподівані й цікаві історії, що відкриють для вас нові сторінки становлення і розвитку органічної хімії.

Алкани

Горючі гази, що виділяються з розколин у земній поверхні, були відомі ще стародавнім римлянам. Нині досліджено, що у складі природних горючих газів переважають насичені вуглеводні, вони ж становлять значну частину складу нафти. З цих природних джерел добуто численні гомологи – від метану CH_4 до тритриаконтану $\text{C}_{33}\text{H}_{68}$.

Виділення болотного газу спостерігали також давно, рудниковий став відомим із XV ст., коли траплялися вибухи його в рудниках. Але лише 1785 р. було встановлено, що до складу болотного газу входять Карбон і Гідроген; ще через 20 років визначили кількісний склад газу, а ще через 40 років здійснили синтез метану в хімічній лабораторії.

Перші десять гомологів метану було синтезовано або виділено з природної сировини вже в середині XIX ст.

Етен

Етен вперше добули в XVII ст., однак упродовж деякого часу його, як і інші горючі гази, ототожнювали з воднем, що був описаний Г. Кавендішем як «горюче повітря». Правильну емпіричну хімічну формулу етену запропонував А. Авогадро в 1821 р.

Етену немає у природі, за винятком незначної домішки, що міститься в природному газі. Через те промислові потреби в цьому газі задовольняються шляхом виділення його із суміші газів, що утворюються внаслідок переробки нафти. Під час нагрівання мазуту високомолекулярні вуглеводні розщеплюються на вуглеводні з низькими відносними молекулярними масами, серед яких і газ етен.

Етин

Етин відкривали двічі: у 1836 р. його було добуто з кальцій карбїду CaC_2 , виявлено склад і вибухові властивості газу. Але про це забули на 25 років, поки не з'ясували природу вихідної речовини, а також відкрили інші способи добування етину. Широке застосування етину стало можливим після розроблення дешевого способу виробництва карбїду.

Наприкінці XIX ст. етин почали використовувати для освітлення (ацетиленові лампи). Проте ця галузь застосування не набула розвитку через нещасні випадки, спричинювані вибухами етину.

Наприкінці XIX ст. виявили, що в суміші з киснем він дає найгарячіше полум'я з відомих на той час і за його допомогою можна зварювати сталь.

Нині відкрито й інші способи добування етину, зокрема з метану.

Поліетилен

Поліетилен у вигляді смолистої речовини був уперше випадково синтезований наприкінці XIX ст. і, як часто траплялося, про нього забули, бо ніде не застосовували. Парафіноподібна речовина, що утворилася в результаті експериментування з етеном під високим тиском ще 1933 р., лише з 50-х років стала продуктом масового вжитку.

Нині екологи б'ють на сполох: використані вироби з поліетилену та інших пластмас катастрофічно забруднюють довкілля. Однак на проблему можна подивитися й з іншого боку. Хіба причиною є пластмасові вироби, що їх можна збирати й переробляти? А, може, низька культура споживання, зневага людини до природи і недобра звичка будь-де залишати після себе сміття? Вирішуйте для себе самі!

Бензен

Цю сполуку вперше виділили з кам'яновугільного дьогтю в ХУІІ ст., елементний склад визначив М. Фарадей у 1825 році, хімічну формулу запропонував А. Кекуле 1865 року. Наступного року М. Бертло синтезував бензен з етину, вам відома ця реакція, коли при високій температурі сполучаються три молекули етину C_2H_2 і утворюється молекула C_6H_6 .

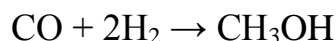
Крім кам'яного вугілля, нафта теж є джерелом добування бензену. Під час каталітичного крекінгу відбуваються процеси дегідроциклізації алканів з утворенням бензену та його похідних.

Метанол

Загальну назву спиртів – акоголі—запропонував І.Я.Берцеліус (перша третина XIX століття). Метанол відомий з ХУІ століття, відтоді, як Р.Бойль виділив цей спирт із продуктів сухої перегонки деревини; звідси і його назва – «деревний спирт».

Сучасна промисловість потребує значної кількості метанолу, зокрема для виробництва пластмас (з метанолу добувають метаналь, а з нього – фенолоформальдегідні пластмаси), біодизеля тощо. Відомі численні способи

синтезу метанолу, сучасний метод добування його у промисловості з синтез-газу ґрунтується на каталітичній реакції :



За фізичними властивостями метанол дуже подібний до етанолу, і в цьому криється його небезпечність, оскільки він є смертельною отрутою.

Етанол

Етанол як горюча рідина, що її добували перегонкою вина, був відомий під багатьма назвами: «горюча вода» (*aqua ardens*), «вода життя» (*aqua vitae*), «дух вина» (*spiritus vini*). А ще — «етиловий спирт», «етанол», «винний спирт», «алкоголь» — назви-синоніми однієї сполуки, що є основою алкогольних напоїв і найвідомішою із класу спиртів. Археологічні розкопки засвідчують, що в епоху найдавніших цивілізацій уміли виробляти вино й пиво.

Скидається на те, що алкоголь був найпершою сполукою, яку добували шляхом синтезу. Перша літературна згадка про власне етиловий спирт як «горючу воду», добуту перегонкою вина, належить до VIII ст., а хімічний склад цієї речовини залишався таємницею для вчених аж до початку XIX ст.

Застосування етанолу як розчинника і знезаражувального засобу, а також у харчовій промисловості відомо зі стародавніх часів.

Етоксидетан (діетиловий етер)

Сполука була відома ще алхімікам, які добували її перегонкою винного спирту з сульфатною (сірчаною) кислотою, звідси назва «сірчаний етер», оскільки етерами називали всі леткі речовини. У медицині ця речовина відома з часів Парацельса, тому й має ще одну назву – медичний етер.

Діетиловий етер має слабку анестезуючу дію, яку було використано для перших в історії медицини операцій зі знеболенням. Видатний вітчизняний хірург М. Пирогов застосував його для операцій у польових умовах. Нині використання етеру в медицині дуже обмежено, а в хімічній галузі сполука використовується як розчинник.

Гліцерол

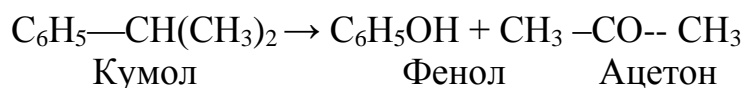
Свою назву гліцерол отримав від власного смаку. Біографія цієї сполуки тісно пов'язана з дослідженням жирів, оскільки гліцерол є продуктом, що утворюється внаслідок омилення останніх. Процес названо омиленням через те, що в результаті обробки жиру лугом утворюється мило, а гліцерол виділяється як побічний продукт. Цей спосіб добування гліцеролу чинний і нині, хоча існують і синтетичні методи.

Сполуки, що є похідними гліцеролу, містяться в усіх рослинних і тваринних організмах.

Фенол

Серед величезної кількості сполук що містяться у кам'яновугільному дьогті, 1834 року було виділено фенол, а склад його встановлено у 1842 році. Фенол дістав свою початкову назву «карболова кислота» за здатність взаємодіяти з лугами.

Потреби промисловості у фенолі не задовольняються сухою перегонкою кам'яного вугілля, на практиці використовують кілька синтетичних методів. Проривом у технології органічних речовин стало свого часу відкриття «кумольного» методу добування фенолу, що й нині вважається одним із найекономічніших, оскільки побічним продуктом є така важлива сполука, як ацетон:



Етанова кислота

Етанова кислота у вигляді винного оцту відома людям здавна, оскільки утворюється в результаті оцтовокислого бродіння (скисання) вина. Проте виділили її у чистому вигляді лише у VIII ст. На початку XIX ст. було визначено склад етанової кислоти, а її структурну формулу було запропоновано в середині XIX ст.

Утворення оцтової кислоти в результаті бродіння пояснювали різними фантастичними причинами, аж поки А. Лавуазьє не припустив, що відбувається реакція спирту з киснем повітря. Гіпотеза вченого була підтверджена

лабораторним синтезом етанової кислоти з етилового спирту в 1831 р. Нині відомо, що ферментативні процеси бродіння відбуваються під дією бактерій певного виду.

Мило

Миловаріння — один із хімічних процесів, що дійшов до нас зі стародавніх часів. Шумери, вавилоняни, римляни добували мило, обробляючи жир лугом природного походження, що міститься в попелі рослин. Пізніше попіл замінили природною содою.

Спершу мило використовували лише для прання, а як засіб гігієни — лише з II ст. У середні віки мило почали виробляти в Італії, хоча й не для масового вжитку.

Сировиною для виробництва мила в наш час є тваринні й рослинні жири, а також синтетичні вищі карбонові кислоти.

Естери

Естери відомі хімікам з ХУІІІ ст., відтоді як було добуто етилетаноат (етиловий естер етанової (оцтової) кислоти) — взаємодією етанової кислоти з етиловим спиртом. Цей естер і нині використовується як розчинник у виробництві лаків.

Переважну більшість естерів використовують у харчовій і парфумерній промисловості завдяки різноманітним запахам, якими володіють ці сполуки.

Естери, молекули яких містять понад 15 атомів Карбону, належать до восків.

Жири

Хімічну природу жирів було з'ясовано завдяки працям французького вченого М. Шевреля. На початку ХІХ ст. він почав вивчати склад жирів різних видів і дійшов висновку, що внаслідок омилення жиру виділяються солі кислот і гліцерол. Учений відкрив вісім таких кислот, названих «жирними», у тому числі відомі вам стеаринову й олеїнову.

М. Шеврель відомий також своїм внеском у теорію колірності й сприймання кольору. Він є автором знаменитої праці «Про закон одночасного

контрасту кольорів», що прислужилася розробленню системи передавання кольору в живопису, що її використовували імпресіоністи й постімпресіоністи.

Цікаво, що сам учений не вважав можливим зворотний синтез жирів із гліцеролу й жирних кислот. Цей процес успішно здійснив інший французький учений —М. Бертло в середині XIX ст., добувши тристеарин.

Глюкоза

Про наявність особливої цукристої речовини в плодах і меді було відомо вже у ХУІІ ст. Наявність її у винограді зумовила й назву – виноградний цукор. На початку XIX ст. було виявлено, що він утворюється в результаті гідролізу крохмалю й целюлози.

Синтез цукристої речовини вперше здійснив О.Бутлеров, назвавши її метиленітаном.

Сахароза

Сахароза у вигляді тростинного цукру була відома у стародавні часи і використовувалася як лікувальний засіб. Батьківщиною цукру вважають Індію, де його добували випарюванням соку цукрової тростини. У Європі цукор-сирець із цукрової тростини з'явився в ХVІ ст., звідси рослина була вивезена на острови Карибського моря, а далі почався зворотний шлях цукру.

Наявність цукру в кормовому буряку вперше виявив А. Маргграф у 1747 р., а цукрове виробництво розпочалося в Європі 1802 р.

Значний внесок у розвиток вітчизняної цукрової промисловості зробив М. А. Бунге (1842-1915), професор Київського політехнічного інституту.

Анілін

«Біографія» аніліну тісно пов'язана з історією синтезу анілінових барвників, та й назва його походить від назви синього барвника індиго – *anil*.

Промисловий синтез анілінових барвників потребував значної кількості аніліну, найдешевшим способом добування якого є переробка кам'яновугільної

смоли. Із продуктів, які вона містить, виділяють бензен, з нього нітруванням добувають нітробензен, який відновлюють до аніліну.

Історично перший спосіб відновлення нітрогрупи до аміногрупи розробив М.Зінін 1942 року, реакцію названо його іменем. Як відновник було використано амоній сульфід, хоча пізніше його замінено на водень у момент виділення або інші відновники.

Спосіб добування аніліну з нітробензену переробкою доступної і дешевої сировини відкрив шлях до промислового виробництва анілінових барвників.

Амінокислоти. Поліпептиди

Відкриття низки амінокислот припадає на ХІХ ст., коли їх виділяли в результаті гідролізу білків, деякі було синтезовано. Вивчення амінокислот передусім має вагу для розшифрування структури білків.

Думку про амінокислотний склад білків вперше висловив український учений І. Горбачевський (1854-1942). Е.Фішер висунув теорію поліпептидної будови білків і в 1907 р. отримав поліпептид, що складався з 3 молекул лейцину і 15 молекул гліцину. Синтез поліпептидів набув розвитку в середині ХХ ст. завдяки вивченню біологічно активних речовин, зокрема гормонів білкової природи. Упродовж 1945-1954 років тривало дослідження природного білка інсуліну. Виявилось, що він складається з двох поліпептидних ланцюгів, відповідно, з 21-го і 30-ти залишків амінокислот. Лише через 10 років було здійснено повний синтез інсуліну.

Нуклеїнові кислоти

Перші дослідження нуклеїнових кислот сягають 1869 року, коли Ф. Мішер виділив з ядер клітин речовину, названу нуклеїном. Насправді це був нуклеопротейд, сполука нуклеїнової кислоти з білком, а в чистому вигляді нуклеїнову кислоту (НК) вчений добув 1872 року. Через 20 років було повідомлено, що у продуктах гідролізу НК є фосфатна кислота, пуринові й піримідинові основи і вуглевод. Упродовж кількох десятиліть вчені з'ясовували склад нуклеозидів і нуклеотидів, а 1943 року було доведено, що ДНК є носієм інформації в живих клітинах.

Механізм збереження й передачі інформації було розкрито лише в 50-х роках ХХст. Ф.Крік і Д.Вотсон запропонували модель ДНК як спіралі, що її утворюють два нуклеотидні ланцюги (подвійна спіраль ДНК). Це відкриття було відзначено Нобелівською премією 1962 р.

-

Словник термінів

Аліциклічні сполуки -- насичені циклічні сполуки

Алкани (парафіни) – група **вуглеводнів** загального складу C_nH_{2n+2}

Алкени (етеніві вуглеводні) -- група **вуглеводнів** загального складу C_nH_{2n}

Алкіни (етиніві вуглеводні) -- група **вуглеводнів** загального складу C_nH_{2n-2}

Альдегіди – сполуки, що містять **функціональну альдегідну групу**

Альдегідна група – **функціональна група** –CHO

Амілоза – полімер лінійної будови, що входить до складу крохмалю

Амілопектин -- полімер розгалуженої будови, що входить до складу **крохмалю**

Аміни – сполуки, що містять **функціональну аміногрупу**

Аміногрупа – **функціональна група** --NH₂

Амінокислоти – сполуки, що містять дві **функціональні групи** – карбоксильну й аміногрупу

Анілін – **амін**, похідна **бензену** складу $C_6H_5NH_2$

Атифриз – охолоджувальна рідина для двигунів внутрішнього згорання на основі **етиленгліколю**

Арени (ароматичні вуглеводні)– вуглеводні, похідні бензену загального складу C_nH_{2n-6}

Ацетатний шовк – штучний шовк на основі **естеру целюлози**

Ациклічні сполуки -- сполуки з відкритим, тобто незамкнутим, ланцюгом

Білок – біополімер, побудований із залишків **амінокислот**

Біполярний йон – структура **амінокислот** у формі "внутрішньої солі"

Віскозний шовк – штучний шовк на основі **естеру целюлози**

Вуглеводи – клас органічних сполук, до складу яких входять атоми Карбону, Гідрогену й Оксигену

Вуглеводні – клас органічних сполук, до складу яких входять атоми Карбону (колишня назва – вуглець) та Гідрогену (колишня назва – водень)

Вуглеводні ароматичні див. ацени

Вуглеводні насичені див. алкани

Вуглеводні ненасичені див. алкени, алкіни

Галогенопохідні вуглеводнів – сполуки, похідні **вуглеводнів**, у яких атоми (атом) Гідрогену заміщені на атоми Флуору, Хлору, Броду чи Йоду

Галогенування – реакція органічної сполуки з галогеном

Гетеролітичне розривання ковалентного зв'язку – розривання електронної пари з утворенням йонів

Гетероциклічні сполуки – сполуки, цикли яких містять, крім атомів Карбону, атоми інших елементів

Гібридизація електронних орбіталей – "змішування" електронних орбіталей атома в момент утворення молекули, в результаті чого утворюються гібридизовані електронні орбіталі іншої форми

Етаноати (ацетати) – загальна назва солей етанової (**оцтової**) **кислоти**

Етин (ацетилен) – ненасичений **вуглеводень** складу C_2H_2

sp-Гібридизація --"змішування" однієї s- і однієї p-електронних орбіталей атома

sp^2 -Гібридизація -- "змішування" однієї s- і двох p-електронних орбіталей атома

sp^3 -Гібридизація -- "змішування" однієї s- і трьох p-електронних орбіталей атома

Гідратація – реакція приєднання води

Гідроліз -- реакція обміну за участю води

Гідрування – реакція приєднання атомів Гідрогену

Гліцерол – трьохатомний спирт складу $\text{CH}_2(\text{OH})\text{--CH}_2(\text{OH})\text{--CH}_2(\text{OH})$

Глюкоза – вуглевод складу $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

Гомолітичне розривання ковалентного зв'язку – розривання електронної пари з утворенням радикалів

Гомологи – речовини, що мають подібну будову молекул і подібні хімічні властивості й різняться між собою на одну чи декілька груп CH_2

Гомологічна різниця складу -- група CH_2 у складі гомологів

Дегідратація – відщеплення води від молекули речовини

Декстрини – продукти часткового гідролізу крохмалю

Довжина ковалентного зв'язку – відстань між ядрами атомів, що відповідає мінімуму енергії молекули

Денатурація (втрата природних якостей) – руйнування структури білка

Енергія ковалентного зв'язку – енергія, що виділяється під час утворення хімічного зв'язку між атомами

Естери -- клас сполук складу RCOOR'

Естерифікація – реакція утворення естеру зі спирту і карбонової кислоти

Етери — клас полук складу $\text{R-O-R}'$

Етен – ненасичений **вуглеводень** складу C_2H_4

Етиленгліколь – двохатомний спирт складу $CH_2(OH)-CH_2(OH)$

Жир – естер трьохатомного спирту **гліцеролу** і вищої **карбонової кислоти**

Зв'язок подвійний – хімічний зв'язок, в утворенні якого беруть участь дві пари електронів

Зв'язок потрійний --хімічний зв'язок, в утворенні якого беруть участь три пари електронів

Ізомерія – явище існування хімічних сполук однакового складу, але різної хімічної (або просторової) будови, внаслідок чого вони мають різні властивості

Ізомери -- сполуки, що мають однакові молекулярні формули, але різну будову молекул

Йодокрохмальна реакція – реакція крохмалю з йодом

Капрон – синтетичне волокно на основі полімеру амінокапронової кислоти

Карбоксильна група --**функціональна група** -- $COOH$

Карболова кислота – технічна назва **фенолу**

Карбонові кислоти – сполуки, що містять **функціональну карбоксильну групу** -- $COOH$

Карбоциклічні сполуки – сполуки, цикли яких побудовані з атомів лише Карбону

Кольорові реакції білків – реакції, які використовують для визначення білків

Крохмаль – **вуглевод** загальної формули $(C_6H_{10}O_5)_n$

Механізм реакції — сукупність елементарних процесів, з яких складається реакція

Мило – натрієва або калійна сіль вищої карбонової кислоти

Нафта – горюча корисна копалина, суміш вуглеводнів

Нафтени – загальна назва п'яти- і шестичленних циклопарафінів

Нітрогеновмісні сполуки – ті, до складу яких входять атоми Нітрогену

Нітросполуки – сполуки, що містять **функціональну нітрогрупу** $-\text{NO}_2$, сполучену з вуглеводневою групою

Номенклатура – система назв органічних сполук, що складаються за певними правилами

Оксигеновмісні сполуки -- ті, до складу яких входять атоми Оксигену

Олія – рідкий рослинний жир

Омилення – реакція утворення спирту і карбонової кислоти з естеру, зворотна реакції естерифікації

Парафіни – див. алкани

Патока – продукт часткового гідролізу **крохмалю**, суміш **декстринів** і **глюкози**

Пептидна група -- група $-\text{CONH}-$, що утворюється між залишками амінокислот у білках

Пептидний зв'язок – зв'язок між залишками амінокислот у білках

Пестициди – хімічні засоби для знищення шкідників сільськогосподарських культур

Пластмаси – матеріали на основі **полімерів**

Поліконденсація – реакція утворення полімеру, в результаті якої виділяється також низькомолекулярний продукт

Полімер – високомолекулярна речовина, що складається з послідовно сполучених мономерних ланок

Полімеризація – процес послідовного сполучення молекул низькомолекулярної речовини з утворенням високомолекулярної

Поліпептид – продукт полімеризації амінокислот

Правило Марковникова – визначає напрямок приєднання гідроген галогенідів до несиметричних алкенів

Природний газ – горюча корисна копалина, суміш газуватих вуглеводнів, у якій переважає метан

Радикал – частинка, що має неспарений електрон

Реакція "срібного дзеркала" – реакція між альдегідом і амоніаковим розчином аргентум(I) оксиду, якісна реакція на альдегідну групу

Сахароза -- вуглевод складу $C_{12}H_{22}O_{11}$

Синтетичне волокно – волокно, вироблене із синтетичного полімеру

Спирти – сполуки, що містять **функціональну гідроксильну групу**

Спиртове бродіння – реакція перетворення глюкози на спирт під дією ферментів

Структурна формула (формула будови) – показує послідовність зв'язків між атомами в молекулі

Теорія хімічної будови – встановлює залежність між складом, хімічною будовою та властивостями речовин

Тригліцерид – хімічна назва естеру гліцеролу та вищої карбонової кислоти (жир)

Феноли – сполуки, що містять **функціональну гідроксильну групу**, сполучену з бензеновим кільцем

Фенолоформальдегідна смола – полімер, продукт поліконденсації фенолу та формальдегіду

Формальдегід – найпростіший **альдегід** складу HCHO

Фруктоза – вуглевод складу $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, **ізомер глюкози**

Функціональна (характеристична) група -- група атомів, характерна для певного класу речовин, яка визначає їхні властивості

Хімічна будова – порядок (послідовність) сполучення атомів у молекулі

Целюлоза – вуглеводень складу $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$

Циклічні сполуки -- сполуки із замкнутим ланцюгом атомів

Циклоалкани (циклопарафіни) – насичені вуглеводні циклічної будови

Циклопарафіни див. **циклоалкани**

Цис-, транс- ізомерія – просторова **ізомерія**, зумовлена наявністю різних замісників у атомів Карбону, сполучених **подвійним зв'язком**

Штучне волокно – волокно, вироблене із природного полімеру **целюлози**

Якісна реакція – реакція, що використовується в аналітичній хімії для визначення речовини