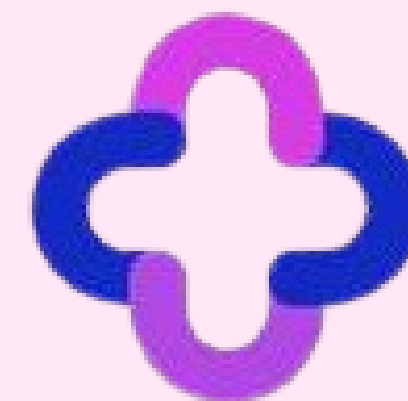




# **ПІДРОЗДІЛ: Оксигено- та сульфуровмісні органічні сполуки**

**ТЕМА:**

**Феноли**  
**Спирти**  
**Альдегіди,**  
**кетони**





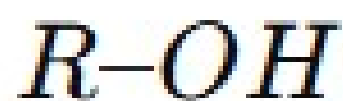


# СПИРТИ

## (alcohols)

Спирти — це органічні сполуки, що містять одну або кілька гідроксильних груп ( $-OH$ ), сполучених із насиченим ( $sp^3$ ) атомом Карбону.

Загальна формула:



де R — алкільний  
радикал.

### ◆ 2. Класифікація

Спирти класифікують за кількома ознаками.

1. Залежно від кількості гідроксильних груп вони поділяються на одноатомні ( $R-OH$ ) — такі, що мають одну гідроксильну групу, двоатомні ( $R-(OH)_2$ ) — мають дві гідроксильні групи, три-, чотири- та інші багатоатомні — мають відповідно три, чотири і більше гідроксигруп. Кількість гідроксильних груп у молекулі спирту називають атомністю.

2. Залежно від характеру вуглеводневого залишку розрізняють насичені, ненасичені, ароматичні та гетероциклічні спирти.

3. Залежно від характеру атома Карбону, з яким сполучена гідроксигрупа, спирти поділяються на первинні, якщо гідроксил розміщений біля первинного атома Карбону, вторинні — гідроксил біля вторинного атома Карбону і третинні —





## ◆ 2. Класифікація

- **За кількістю гідроксильних груп:**

Одноатомні: метанол, етанол, пропанол.

Багатоатомні (поліоли): етиленгліколь (2 -ОН), гліцерин (3 -ОН).

- **За типом карбону, до якого приєднана -ОН:**

**Первинні (1°):  $R-CH_2OH$**

→ при окисненні дають альдегіди → кислоти  
(наприклад, етанол → ацетальдегід → оцтова кислота)

**Вторинні (2°):  $R-CHOH-R$**

→ при окисненні дають кетони  
(наприклад, ізопропанол → ацетон)

**Третинні (3°):  $R_3C-OH$**

→ не окиснюються (немає гідрогену біля -ОН)

- **За природою радикалу:**

Аліфатичні (етанол, гліцерин)

Ароматичні (бензиловий спирт)

Ненасичені (алліловий спирт)





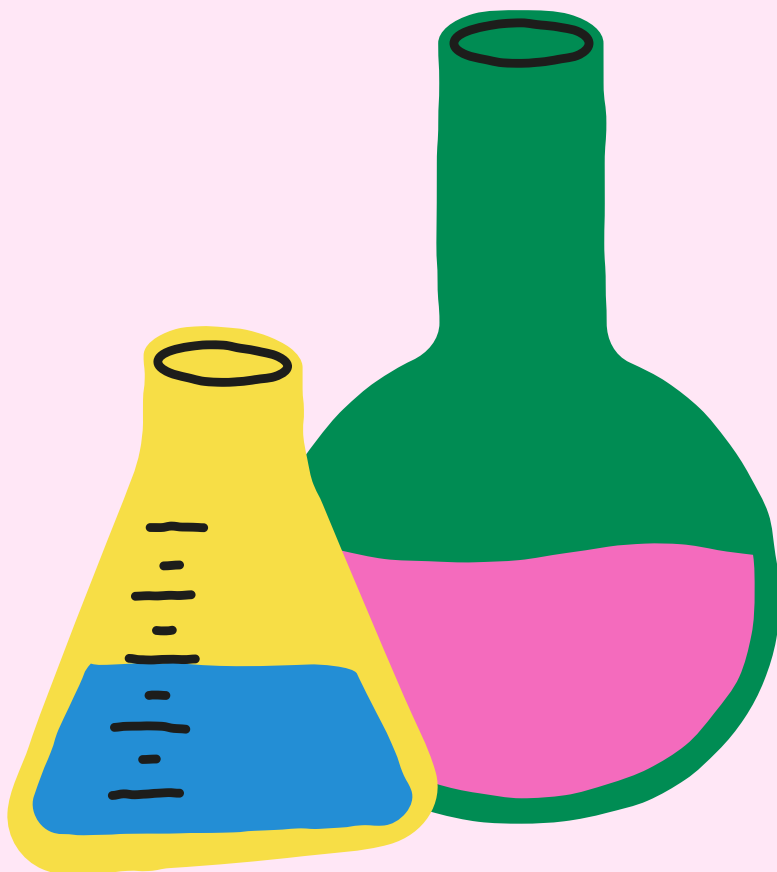
# Ізомерія.

В ряду насичених одноатомних спиртів можлива:

- а) ізомерія карбонового скелета вуглеводневого залишку;
- б) ізомерія положення гідроксильної групи в однакових ланцюгах;
- в) для ненасичених і циклічних спиртів існує цис-, транс-ізомерія;
- г) міжкласова ізомерія (одноатомні спирти-прості ефіри).

## ◆ 3. Фізичні властивості

1. Рідини або тверді речовини (залежно від маси).
2. Добре розчинні у воді (особливо коротколанцюгові).
3. Температура кипіння вище, ніж у вуглеводнів, через водневі зв'язки.
4. Запах характерний, для етанолу — приємний, для метанолу — різкий.





## ◆ 4. ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Тип спирту	Гликоз
Первинний	Альдегід
Вторинний	Кетон
Третинний	Не окис.

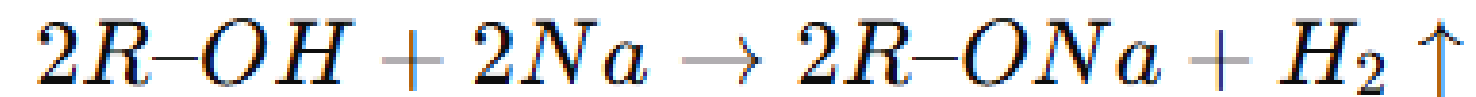


1) Кислотні властивості (слабкі кислоти):



2)

Окиснення:



Утворюються алкоголяти  
(алкоксиди).



3) Дегідратація (втрата води):

а) Внутрішня (утворення алкену):



Окисники:  $CuO$ ,  $K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$ ,  
 $KMnO_4$ .

б) Міжмолекулярна (утворення етерів):



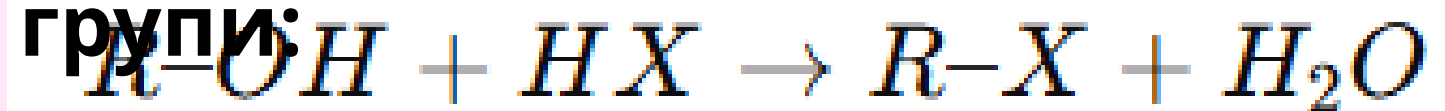
$(t^\circ < 140^\circ C)$





⚙ 4) Реакції заміщення гідроксильної

групи:



(утворення  
галогеналканів)

⚙ 5)

Етерифікація:



(утворення естерів;  
каталізатор —  $H_2SO_4$ )

◆ 5. Багатоатомні спирти (поліоли)

▪ Етиленгліколь ( $HO-CH_2-CH_2-OH$ )

Токсичний, використовується в антифризах.

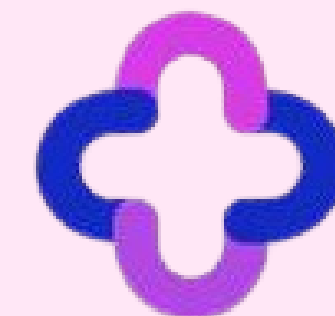
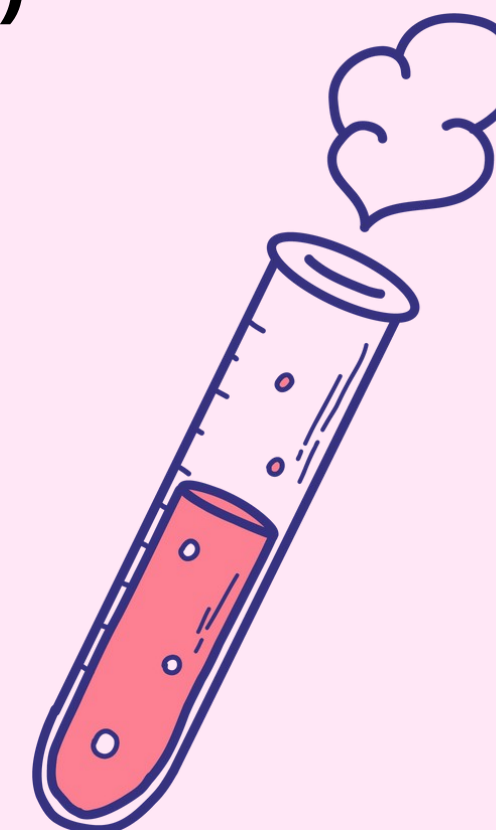
При окисненні → щавлева кислота ( $COOH-COOH$ ).

▪ Гліцерин ( $HO-CH_2-CH(OH)-CH_2-OH$ )

Безбарвна в'язка рідина, солодка на смак.

Важлива складова тригліцеридів (жирів).

Використовується у фармації, косметичці.





## ◆ 6. Біологічне та клінічне значення

### ■ Етанол:

Метаболізується у печінці:

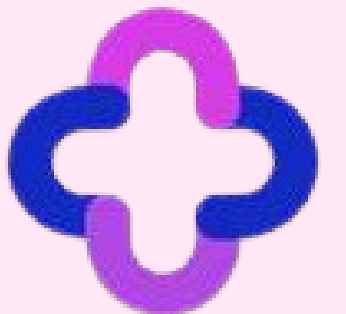
Надмірне вживання → токсичне ураження печінки, нейротоксичність.

Використовується як антисептик, розчинник, у лікарських формах. Окиснюється до формальдегіду і мурашиної кислоти → сильна токсичність, сліпота, смерть.

Лікування: етанол (конкурентне інгібування алкогольдегідрогенази).



## ◆ 7. Якісні реакції





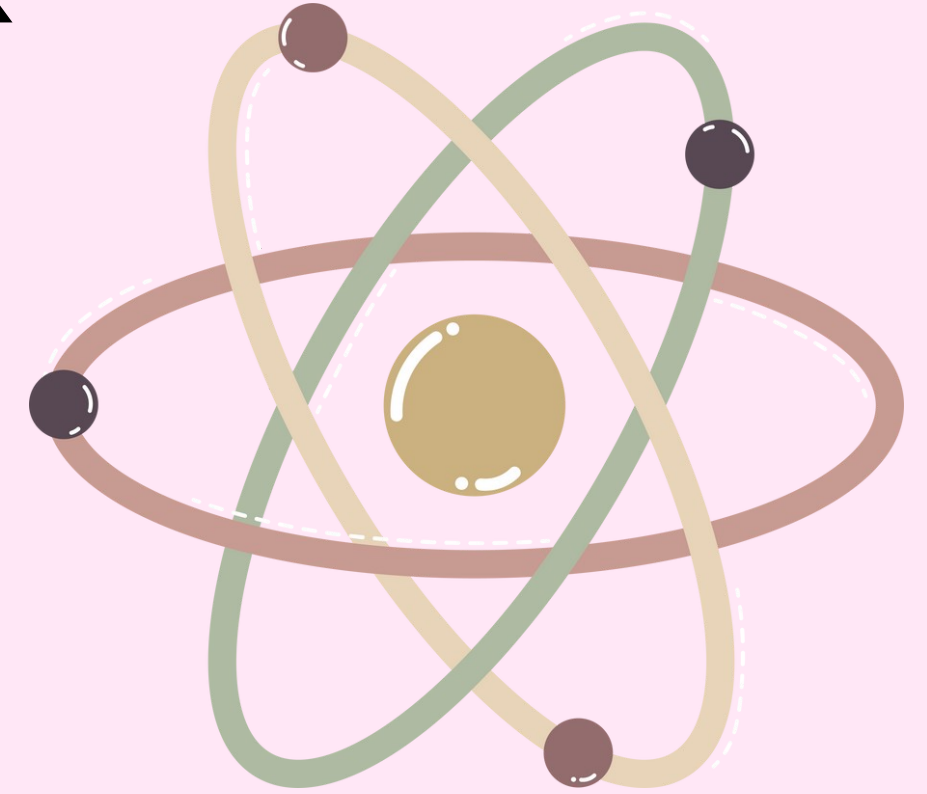
◆ 8. Типові тестові запитання КРОК

1. При окисненні якого спирту утворюється ацетон?

- A. Метанол
- B. Етанол
- C. Ізопропанол
- D. Гліцерин
- E. Етиленгліколь
- ☒ C. Ізопропанол

2. Яка сполука вступає в реакцію з металевим натрієм із виділенням водню?

- A. Етан
- B. Етаналь
- C. Етанол
- D. Ацетон
- E. Етилен
- ☒ C. Етанол





3. Отруєння метанолом призводить до сліпоти через утворення:

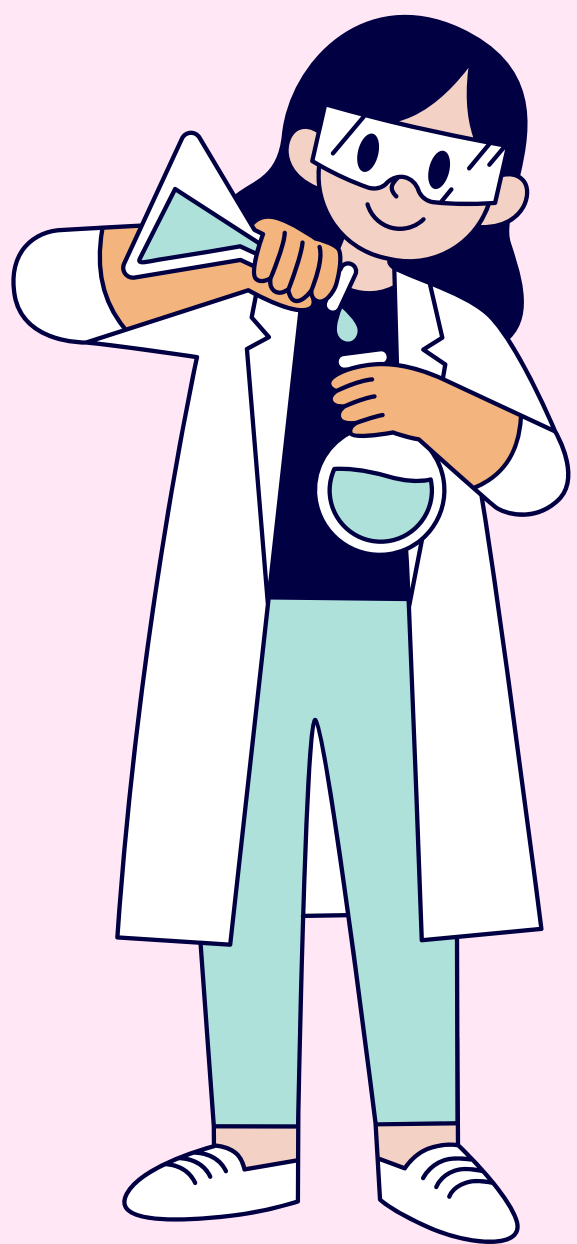
- A. Етаналю
- B. Мурашиної кислоти
- C. Ацетальдегіду
- D. Оцтової кислоти
- E. Ацетону

4. ☒ В. Мурашина кислота не реагує з  $\text{CuO}$  при нагріванні:

- A. Етанол
- B. Пропанол-2
- C. Трет-бутанол
- D. Метанол
- E. Бутанол
- ☒ C. Трет-бутанол







5. Який спирт утворює етер при нагріванні з  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при  $t^\circ < 140^\circ\text{C}$ ?

A. Метанол

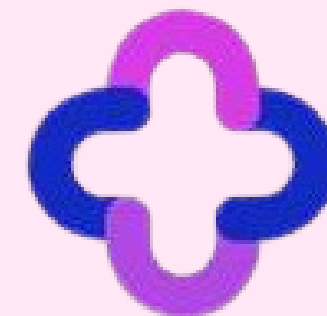
B. Етанол

C. Пропанол

D. Ізопропанол

E. Бутанол

☒ B. Етанол







# ФЕНОЛИ

(Phenols)

Феноли можна розглядати як продукти заміщення одного або кількох атомів Гідрогену ароматичного кільця на гідроксигрупи. Тобто на відміну від ароматичних спиртів у цих сполуках гідроксигрупи сполучені безпосередньо з атомами Карбону ароматичного кільця

## ◆ 1. Визначення

Феноли — це ароматичні гідроксипохідні, у яких гідроксильна група ( $-OH$ ) безпосередньо сполучена з атомом карбону бензенового кільця.

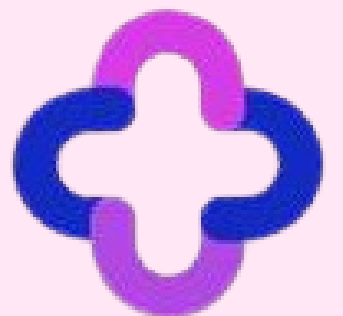
Загальна формула:



де  $Ar$  — ароматичний радикал.

Приклад:

Фенол —  $C_6H_5OH$   
(гідроксибензен)





## ◆ 2. Класифікація

- За кількістю гідроксильних груп:

Одноатомні — фенол, крезол.

Багатоатомні (поліфеноли) — резорцин (1,3), гідрохінон (1,4), пірокатехін (1,2).

- За кількістю бензенових кілець:

Прості феноли — фенол, крезол.

Складні (бі- та поліциклічні) — нафтоли (1-нафтол, 2-нафтол).

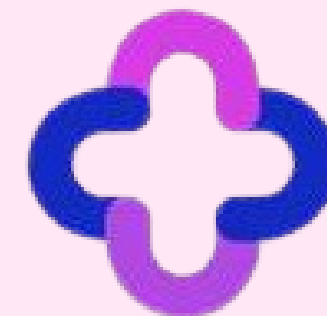
## ◆ 3. Фізичні властивості

Безбарвні кристали з характерним запахом (на повітрі рожевіють через окиснення).

Помірно розчинні у воді, добре розчинні в етанолі, ефірі.

Отруйні, мають бактерицидну дію.

Температура плавлення фенолу  $\approx 43^{\circ}\text{C}$ .





## ◆ 4. ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

### ⚙ 1) Кислотні властивості

Феноли — слабкі кислоти, сильніші за спирти, але слабші за карбонові кислоти.



Реакція з лугами:  
(утворюється фенолят  
натрію)

Не реагують із  $Na_2CO_3$  (бо слабші за  
 $H_2CO_3$ )

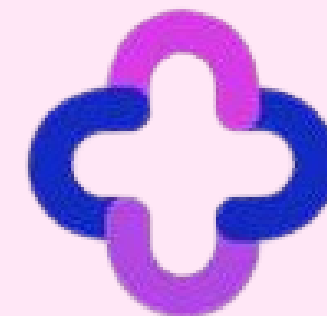
### ⚙ 2) Окиснення

Феноли легко окиснюються на повітрі → утворюються хінони (наприклад, гідрохінон → п-бензохінон).

Це обумовлює їх антиоксидантну та редукційну активність.

### ⚙ 3) Електрофільне заміщення в ароматичному кільці

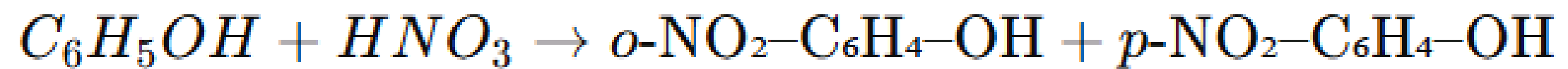
Група  $-OH$  активує кільце (орієтант I роду), реакції проходять переважно в орто- і пара-положення.





Нітрування

:



(нітрофеноли)

Бромовання

:



(утворюється 2,4,6-трибромфенол — білий осад)

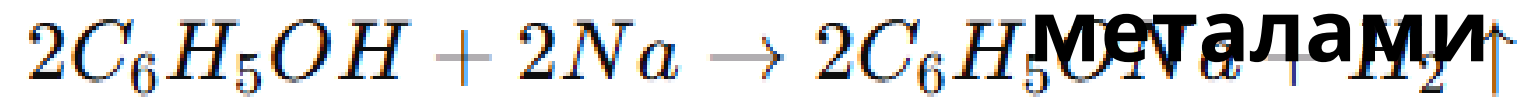
навіть без  
каталізатора:

👉 це якісна реакція на фенол.

Сульфування:

→ утворення фенолсульфокислот (залежно від  $t^\circ$  — орто чи пара).

⚙ 4) Реакції з



металами

(утворюються феноляти, як і зі спиртами)

⚙ 5) Реакція з хлоридом ацилу / ангідридами

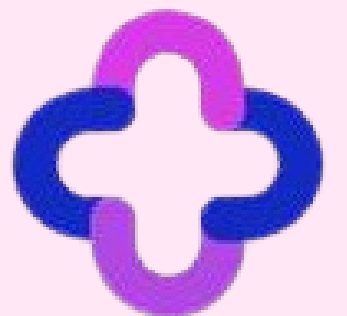


кислот (утворення ефірів — фенолових естерів)

⚙ 6) Конденсація з формальдегідом

→ фенолформальдегідні смоли (бакеліт, фенопласт)

важливі пластмаси.

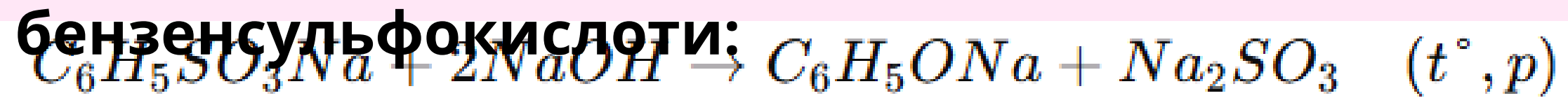




## ◆ 5. Отримання

1 3

бензенсульфо кислоти:



→ фенол (після  
нейтралізації)

2 3 хлорбензену (кумановий



(реакція при високій  $t^\circ$  і  
тиску)

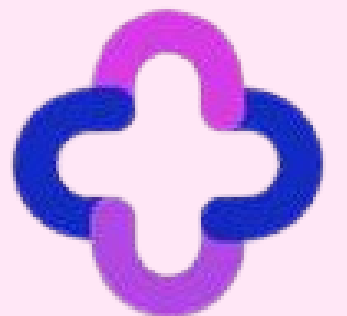
3 Окиснення



(основний промисловий  
спосіб)

## ◆ 6. Біологічне та медичне значення

- Фенол — антисептик (карболова кислота), проте токсичний.
- При потраплянні на шкіру — коагуляційний некроз.
- Пери фенолу — отруйні (ураження ЦНС, печінки, нирок).
- Крезолі — менш токсичні, використовуються у дезінфекційних засобах.
- Фенолформальдегідні смоли — пластмаси, клейові матеріали.
- Гідрохінон — антиоксидант, компонент фотопроцесів.





## ◆ 7. Якісні

### реакції

Реакція	Реагент	Ознака
3 FeCl <sub>3</sub>	залізо(III) хлорид	фіолетове забарвлення
3 Br <sub>2</sub>	бромна вода	білий осад 2,4,6-трибромфенолу
3 NaOH	луг	утворення феноляту, розчинення фенолу

## ◆ 8. Тестові завдання КРОК

1. До безбарвного розчину фенолу додали розчин FeCl<sub>3</sub>. Випав фіолетовий колір.

Реакція підтверджує наявність:

A. Альдегідної групи

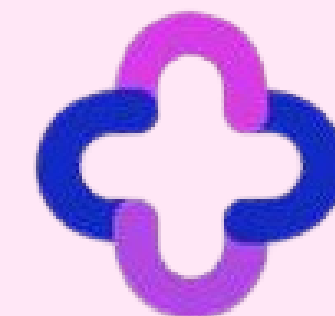
B. Карбонільної групи

C. Гідроксильної групи в ароматичному кільці

D. Карбоксильної групи

E. Аміно-групи

☒ C. Гідроксильної групи в ароматичному кільці





2. Фенол реагує з бромною водою. Утворюється білий осад. Вкажіть продукт реакції:

А. Бензол

В. Нітрофенол

С. 2,4,6-Трибромфенол

Д. Фенолят натрію

Е. Хлорфенол

☒ С. 2,4,6-Трибромфенол

3. Фенол є слабкою кислотою, тому реагує з:

А.  $\text{H}_2\text{SO}_4$

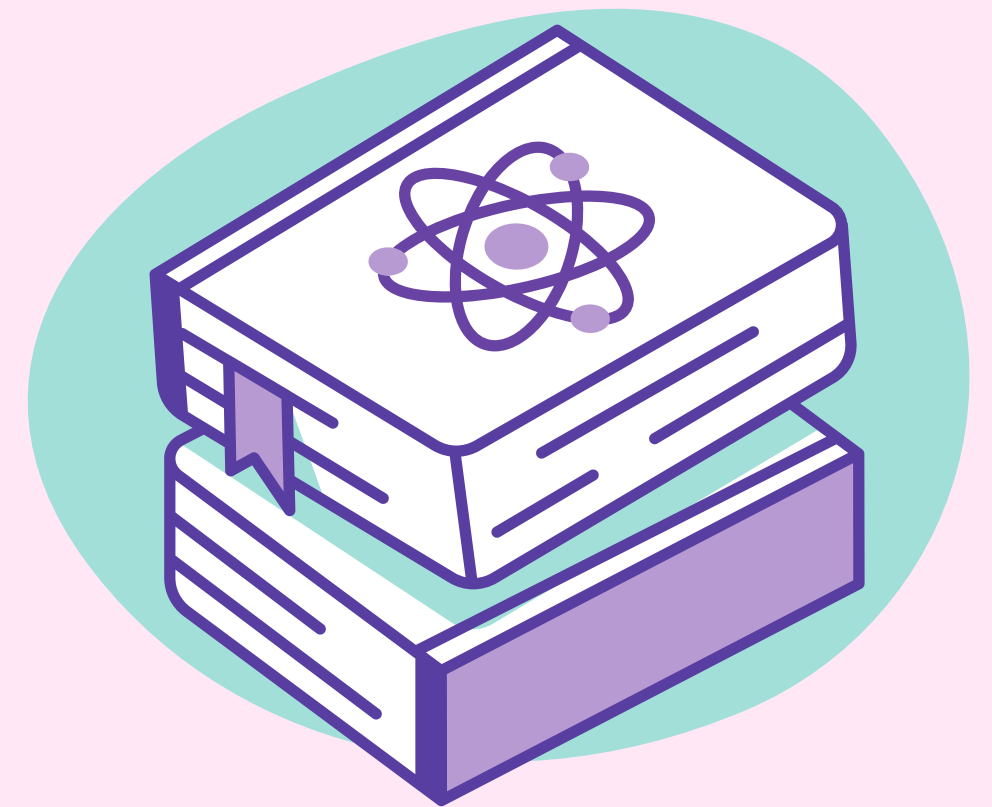
В.  $\text{NaOH}$

С.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Д.  $\text{HNO}_3$

Е.  $\text{FeCl}_3$

☒ В.  $\text{NaOH}$





4. При окисненні гідрохінону утворюється:

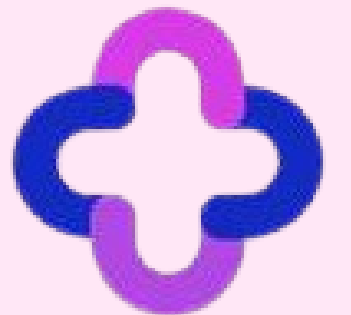
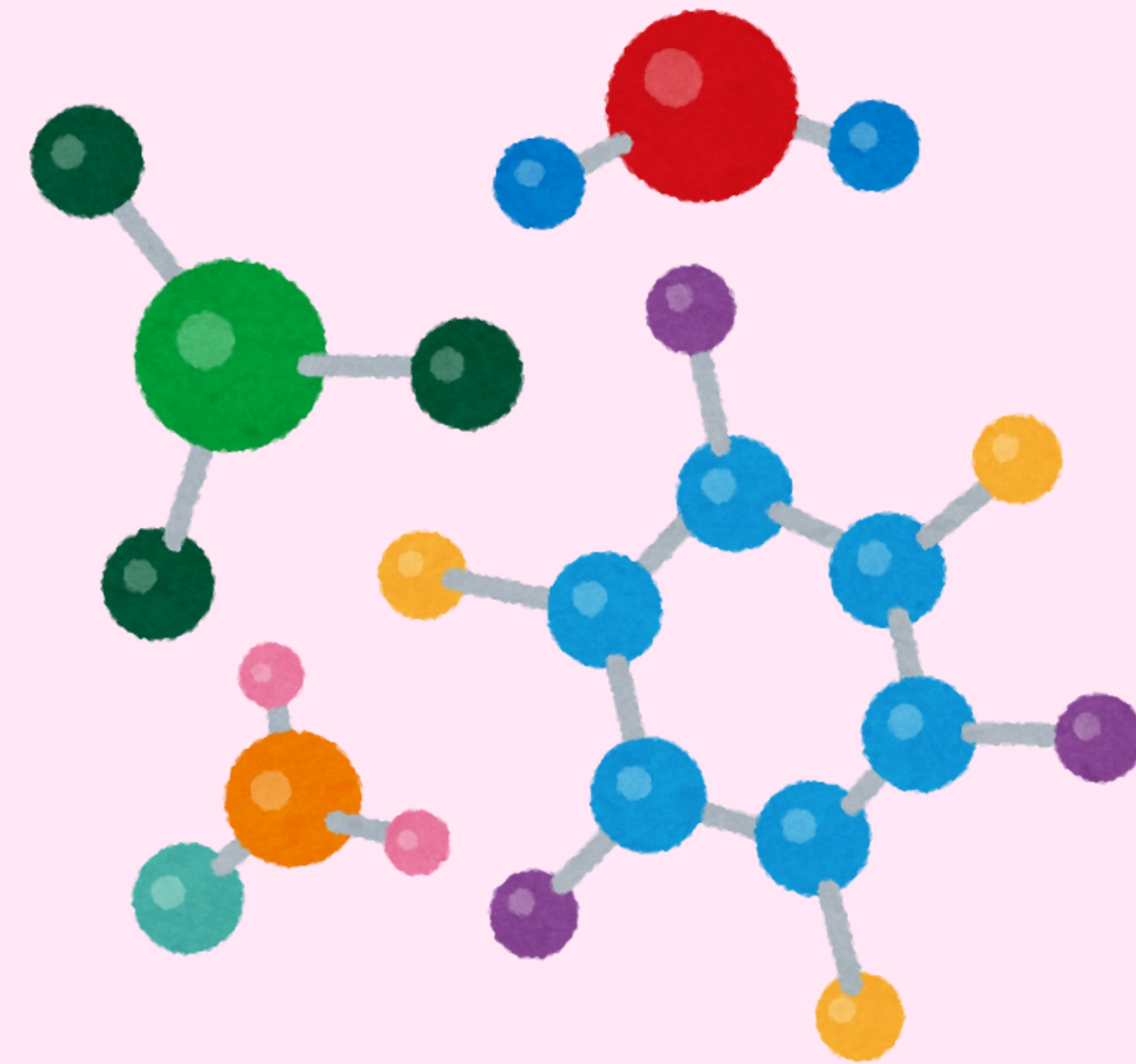
- А. Бензальдегід
- В. П-бензохінон
- С. Катехол
- Д. Резорцин
- Е. Фенол

☒ В. П-бензохінон

5. У лабораторії **фенол** можна виявити за допомогою:

- А.  $\text{Cu}(\text{OH})_2$
- В.  **$\text{FeCl}_3$**
- С.  $\text{KMnO}_4$
- Д.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- Е.  $\text{AgNO}_3$

☒ В.  $\text{FeCl}_3$

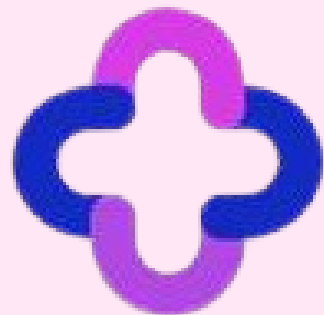






# 9. Стислий підсумок

Ознака	Фенол
Природа -ОН	при ароматично
Кислотність	більша
Реакція з NaOH	+
Реакція з FeCl <sub>3</sub>	фіолетовий колір
Отруйність	сильна







# АЛЬДЕГІДИ ТА КЕТОНИ

## ◆ 1. Визначення

Альдегіди й кетони — це карбонільні сполуки, які містять функціональну групу C=O (карбонільна група).

Вони належать до оксигеновмісних органічних сполук.

## ◆ 2. Загальна формула



Якщо  $R' = H \rightarrow$   
альдегід

Якщо  $R' \neq H \rightarrow$  кетон

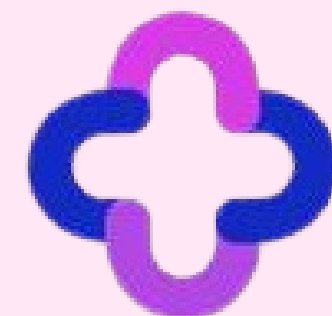
## ◆ 3. Номенклатура

**1** Назви утворюють від назв відповідних вуглеводнів із заміною суфікса -ан на -аль (для альдегідів) або -он (для кетонів):

- метан  $\rightarrow$  метаналь
- бутан  $\rightarrow$  бутаналь
- пропан  $\rightarrow$  пропанон

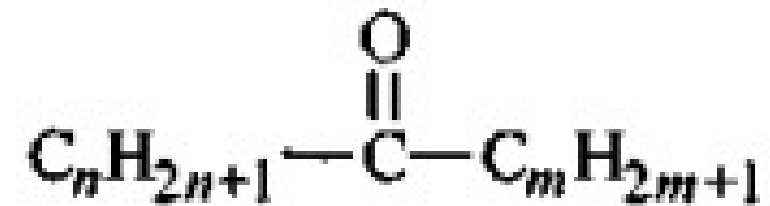
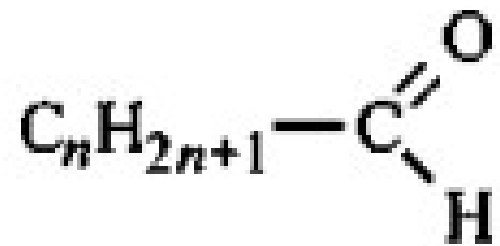
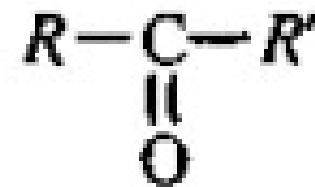
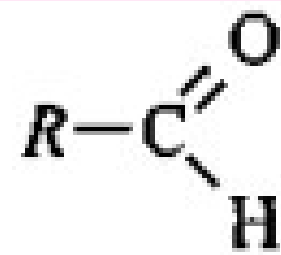
**2** У замісниковій номенклатурі:

- -CHO  $\rightarrow$  форміл-група
- -CO-  $\rightarrow$  оксо-група



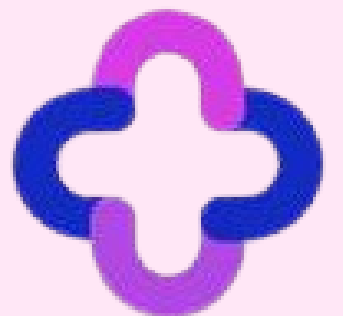


Альдегіди та кетони характеризуються тим, що містять однакову функціональну групу  $\text{-C=O}$ , яку називають карбонільною або оксогрупою. Тому ці сполуки називають оксосполуками або карбонільними сполуками. Альдегіди та кетони відрізняються за характером атомів, що оточують карбонільну групу: у альдегідів хоча б одна з валентностей Карбону карбонільної групи витрачається на зв'язок з Гідроґеном. У кетонів обидві валентності карбонільної групи витрачаються на зв'язок з вуглеводневими залишками:



Загальна формула  
альдегідів

Загальна формула  
кетонів





## ◆ 4. Класифікація

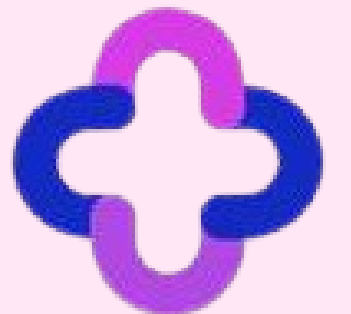
Тип	Загальна формула	n
Альдегід	R-CHO	0
Кетон	R-CO-R	0

## ◆ 5. Фізичні властивості

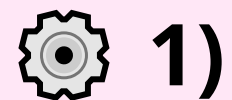
- Низькомолекулярні — леткі рідини з різким запахом.
- Добре розчинні у воді (завдяки утворенню водневих зв'язків).
- Більш полярні, ніж вуглеводні або ефіри.
- Не утворюють внутрішніх водневих зв'язків →  $t^{\circ}$  кипіння нижча, ніж у спиртів.

## ◆ 6. Хімічні властивості

Основою реакцій є **карбонільна група**, де атом С електрофільний, а атом О — нуклеофільний.







1)



Відновлення

Альдегіди → первинні  
спирти



Кетони → вторинні спирти

2) Окиснення

- Альдегіди легко окиснюються до карбонових
- **Кислоти** не окиснюються в м'яких умовах.



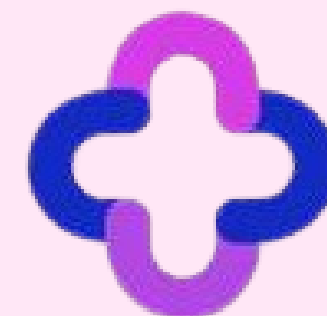
Це головна відмінність між альдегідами та кетонами



зміяккісні реакції на альдегідну  
групу



Кетони не дають цих  
реакцій.





⚙ 4) Приєднання гідроксиламінів, гіdraзинів, тощо  
→ утворення оксимів, гіdraзонів, фенілгіdraзонів.

Застосовується в ідентифікації карбонільних сполук.



⚙ 5) Реакція з HCN (ціангідринна



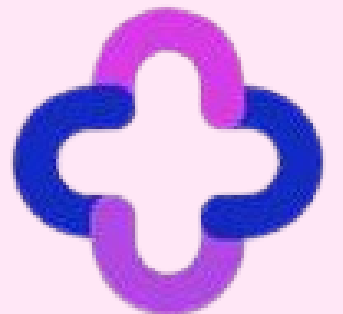
⚙ 6) Поліконденсація (альдольна реакція)

Два молекули альдегіду при наявності лугу утворюють β-гідроксиальдегід:



→ при нагріванні → α,β-ненасичений альдегід (кротоновий альдегід).

⚙ 7) Взаємодія з алкоголями (утворення





## ◆ 7.

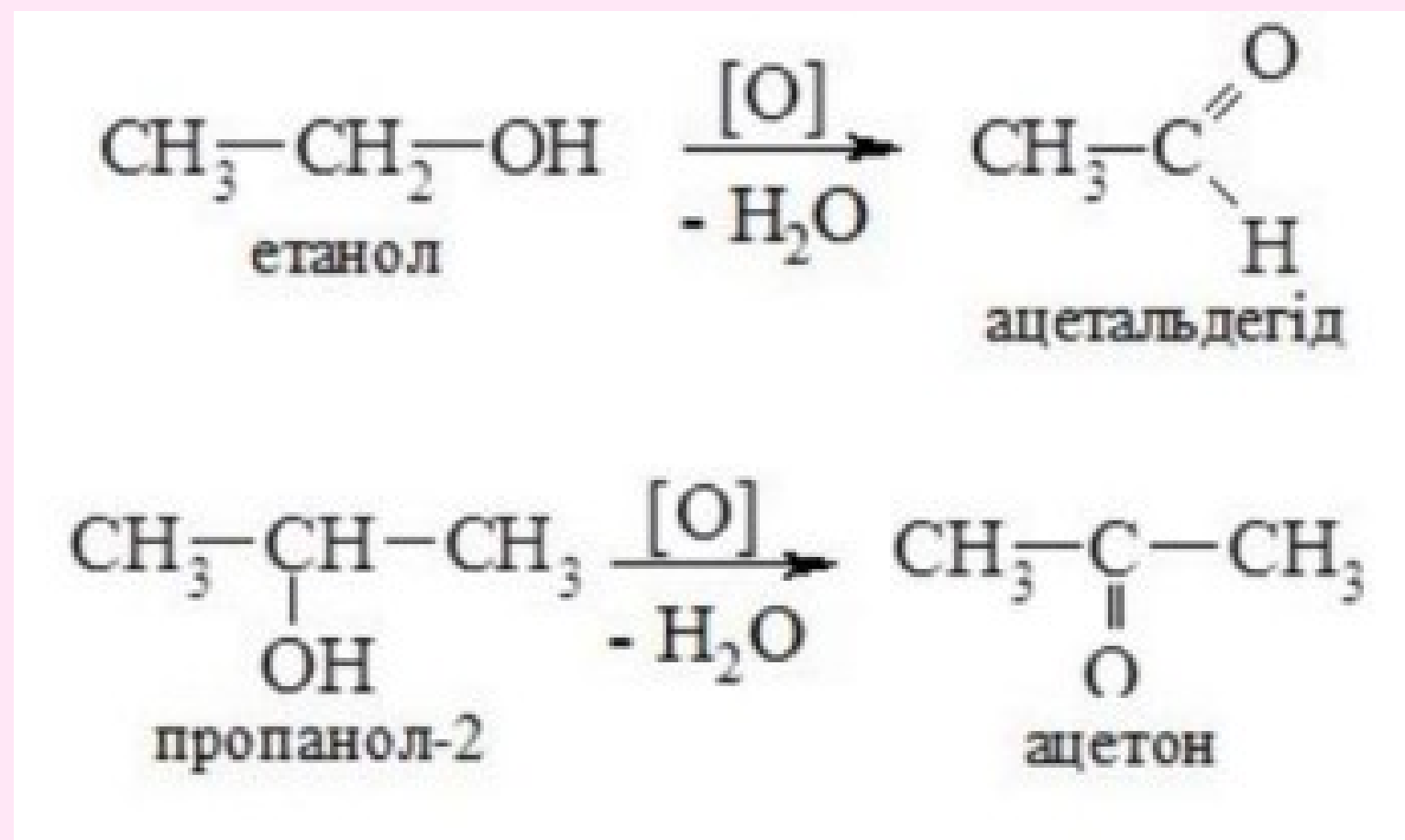
- 1 Окиснення первинних спиртів **Отримання**  
 $RCH_2OH + [O] \rightarrow RCHO + H_2O$  (каталітичне або хімічне)
- 2 Окиснення вторинних спиртів → кетони  
 $R_2CHOH + [O] \rightarrow R_2CO + H_2O$
- 3 Дегідрування спиртів  
 $CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3CHO + H_2 \quad (Cu, t^\circ)$
- 4 Гідратація алкінів  
 $CH \equiv CH + H_2O \rightarrow CH_3CHO$  (для ацетилену → етаналь)

## ◆ 8. Застосування

- Формальдегід — дезінфікуючий, антисептик, фіксуючий агент, у складі формаліну (розчин ~40%).
- Ацетальдегід — проміжний продукт синтезу оцтової кислоти, ацетону.
- Ацетон — розчинник, антисептик, засіб для знежирення.
- Бензальдегід — ароматизатор (мигдальний запах), лікарська сировина.







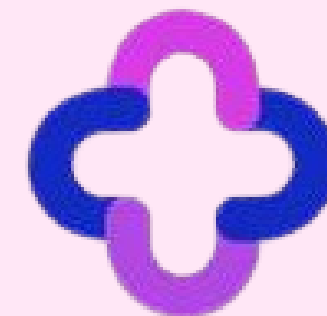
### ◆ 9. Медико-біологічне значення

Альдегідні групи присутні в вуглеводах (глюкоза, маноза).

Кетонна група — у фруктозі, ацетооцтовій кислоті.

Формальдегід у великих дозах токсичний (ураження ЦНС, печінки, нирок).

Ацетон — кетонне тіло, що з'являється при цукровому діабеті.





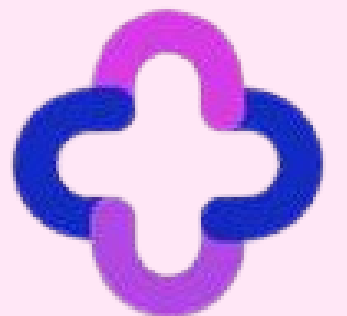
## ◆ 10. ТЕСТИ КРОК-1

1. Речовина реагує з  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  з утворенням срібного дзеркала. Яка це сполука?

- А. Ацетон
- В. Етаналь
- С. Етанол
- Д. Етиловий ефір
- Е. Пропанон
- ☒ В. Етаналь

2. При окисненні ацетальдегіду утворюється:

- А. Ацетон
- В. Етанол
- С. Оцтова кислота
- Д. Пропанова кислота
- Е. Етилен
- ☒ С. Оцтова кислота





3. Кетони не реагують з реактивом Толенса, тому що:

- A. Не містять карбонільної групи
- B. Не здатні окиснюватися в м'яких умовах
- C. Є сильними кислотами
- D. Є солями

☒ B. Не здатні окиснюватися в м'яких умовах

4. Формальдегід входить до складу:

- A. Глюкози
- B. Формаліну
- C. Оцтової кислоти

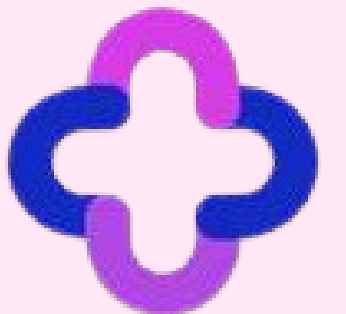
☒ B. Формаліну

5. Речовина дає реакцію «срібного дзеркала» і окиснюється до кислоти.

Це:

- A. Етаналь
- B. Етанол
- C. Пропанон

☒ A. Етаналь





6. Кетенова група міститься у  
сполуці:

А. Етаналь

В. Пропанон

С. Метаналь

☒ В. Пропанон

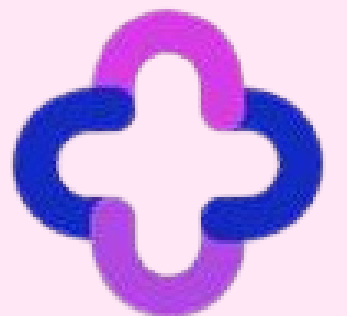
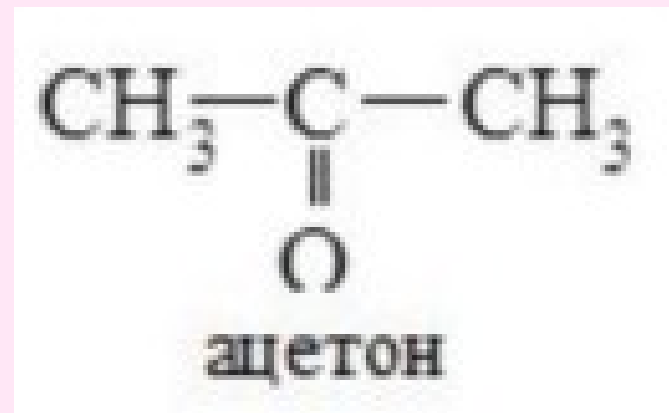
7. У пацієнта з діабетом у сечі виявлено кетенові тіла. Назвіть представника  
кетенових тіл:

А. Ацетон

В. Формальдегід

С. Оцтова кислота

☒ А. Ацетон





◆ 11. Коротке порівняння альдегідів і  
кетонів

Означ.	Альдегід
Група	-CHO
Означення	альдо - ок
Реакція Толленса / Фелінга	+
Гідратация алькіна	утворює ал

