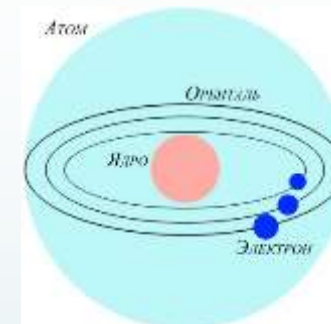


МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКА МЕДИЧНА СТОМАТОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ

Кафедра біологічної та біоорганічної хімії

к.мед.н. Микитенко А.О.



<https://www.calc.ru>

# КЛАСИФІКАЦІЯ, НОМЕНКЛАТУРА ТА ІЗОМЕРІЯ БІООРГАНІЧНИХ СПОЛУК. ПРИРОДА ХІМІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ



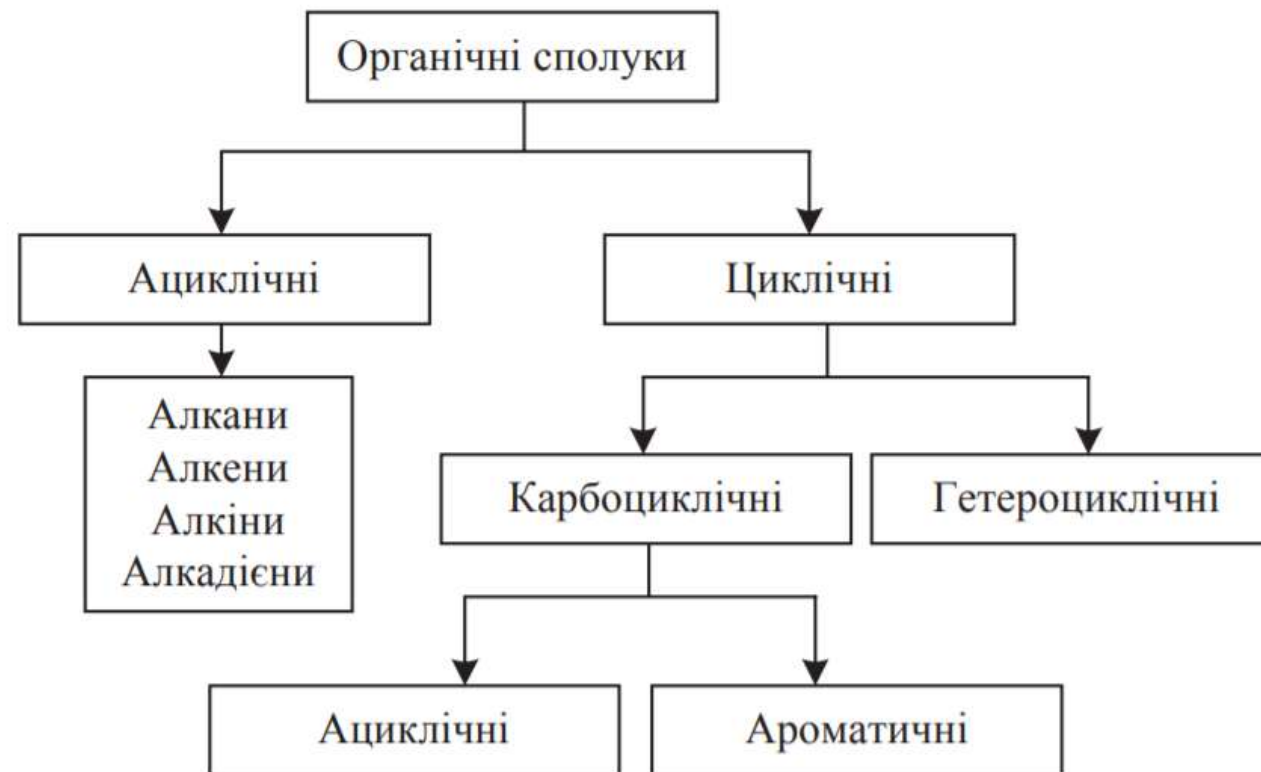
# План лекції

1. Класифікація органічних сполук
2. Номенклатура біоорганічних сполук
3. Ізомерія органічних сполук
4. Валентні стани атому вуглецю
5. Взаємний вплив атомів в органічних сполуках.

# Класифікація органічних сполук (за способом будови вуглецевого скелету)

- 1. Ациклічні (аліфатичні)** – сполуки з відкритим (незамкненим ланцюгом):
  - 1. Насичені** - містять лише прості зв'язки атомів карбону (алкани);
  - 2. Ненасичені** - мають кратні (подвійні та потрійні) зв'язки атомів карбону (алкени, алкадієни, алкіни).
- 2. Карбоциклічні** – сполуки, що мають циклічну (замкнену в кільце) будову молекули, причому цикли утворені тільки атомами вуглецю.
  - 1. Аліциклічні (аліфатичні циклічні)** – сполуки, що схожі за властивостями на молекули аліциклічного ряду, але замкнені цикл;
  - 2. Ароматичні (арени)** - такі, що мають особливий тип зв'язку.
- 3. Гетероциклічні** – речовини, до складу циклу яких, крім атомів вуглецю, входять атоми інших елементів (N,S,O):
  - 1. П'ятичленні з одним гетероатомом** (пірол, фуран, тіофен);
  - 2. П'ятичленні з двома гетероатомами** (імідазол, піразол, тiazол)
  - 3. Шестичленні з одним гетероатомом** (піридин, піран)
  - 4. Шестичленні з двома гетероатомами** (піримідин, піридазин, піразин)
  - 5. Конденсовані гетероциклічні системи** (індол, акридин, пурин)

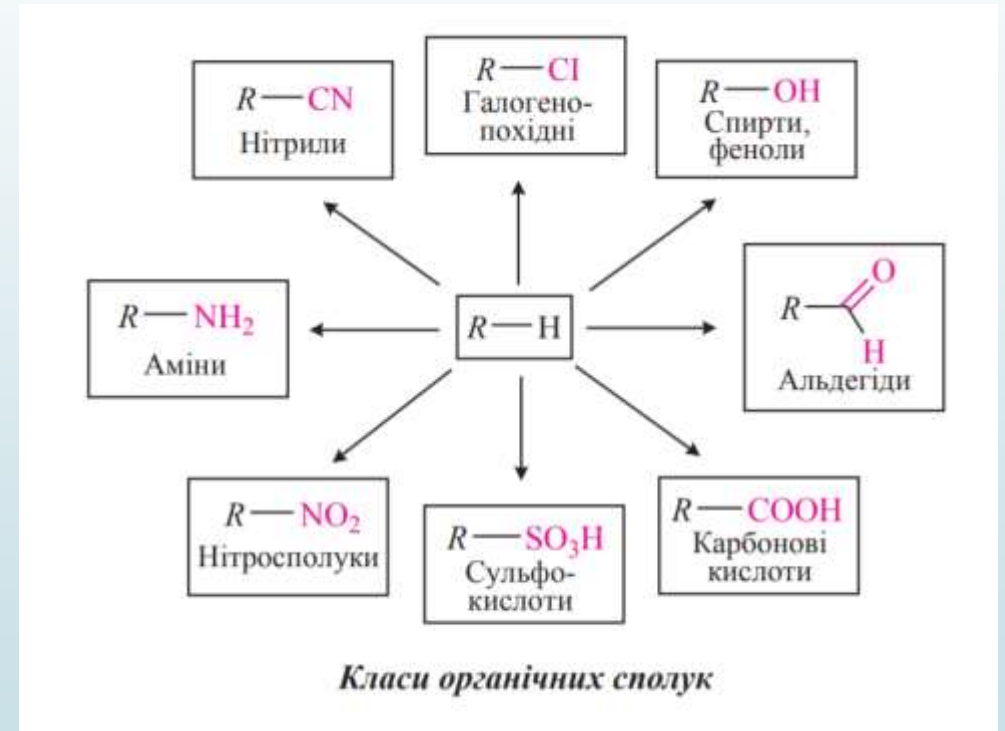
Поділ органічних сполук за будовою карбонового скелета подано на схемі.



*Класифікація органічних сполук*

# Класифікація за природою функціональної групи

- ▶ Функціональна група — структурний фрагмент молекули, що визначає її належність до певного класу органічних сполук і характеризує його хімічні властивості.
- ▶ За кількістю функціональних груп:
  - ▶ Монофункціональні (одна);
  - ▶ Поліфункціональні (кілька):
    - ▶ Гомофункціональні (однакові)
    - ▶ Гетерофункціональні (різні)



**Таблиця 1.1. Найважливіші функціональні групи і відповідні їм класи органічних сполук**

<b>Функціональна група</b>	<b>Назва групи</b>	<b>Клас речовин</b>
-Hal (-F, -Cl, -Br, -I)	Галогено-	Галогенопохідні вуглеводнів
-OH	Гідроксильна	Спирти, феноли
-SH	Тіольна, меркапто-	Тіоспирти
-OR	Алкокси-	Етери
>C=O	Карбонільна	Альдегіди, кетони
-COOH	Карбоксильна	Карбонові кислоти
-SO <sub>3</sub> H	Сульфо-	Сульфо кислоти
-COOR	Алкоксикарбонільна	Естери
-C(O)NH <sub>2</sub>	Амідна	Аміди кислот
-NO <sub>2</sub>	Нітро-	Нітросполуки
-NH <sub>2</sub>	Аміно-	Аміни

# Номенклатура біоорганічних сполук

(сукупність правил для побудови назви органічної сполуки)

- ▶ **Тривіальна (емпірична)** – має випадковий характер (назви речовин утворилися історично і не відображають, як правило, хімічної будови).  
Приклад: метан, етан, олеїнова кислота, яблучна кислота, атропін.
- ▶ **Систематична (міжнародна номенклатура IUPAC/International Union of Pure and Applied Chemie)** – використовує такі поняття як органічний радикал (вуглеводневий радикал), функціональна (характеристична) група, замісник, локант, родоначальна структура, головний ланцюг.
  - ▶ **Замісникова**
  - ▶ **Радикально-функціональна**
- ▶ **Раціональна**

## Послідовність операцій для формування назви органічної сполуки за замісничковою номенклатурою ІЮПАК:

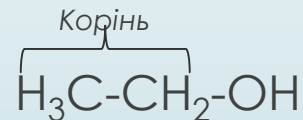
- 1) Обирають **родоначальну структуру** (головний ланцюг);
  - **Родоначальна структура** – хімічна структура, що є основою найменування даної органічної речовини. Родоначальною структурою для ациклічних сполук є їх **головний ланцюг**, для карбо- та гетероциклічних – відповідний **цикл**. Головним обирають найдовший ланцюг ациклічних вуглеводів, у разі наявності у вуглеводні декількох кратних зв'язків або **характеристичних (функціональних) груп** головним стає ланцюг, що містить найбільшу їх кількість.

## Послідовність операцій для формування назви органічної сполуки за замісничковою номенклатурою ІЮПАК:

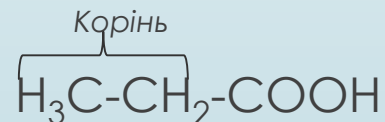
2) Формулюють назву родоначальної структури за такими правилами:

- За корінь слова беруть назву насиченого вуглеводню з такою кількістю вуглецевих атомів, яку має обраний головний ланцюг;
- Найменування старшої функціональної групи (якщо вона є) стає суфіксом або (закінченням) назви родоначальної структури, наприклад\*:

*Старша функціональна група*



*Етан-ол*



*Пропан-ова кислота*

- Наявність кратних зв'язків позначають суфіксами *-ен (-єн)* або *-ин (-ін)* – для подвійних або потрійних зв'язків відповідно;

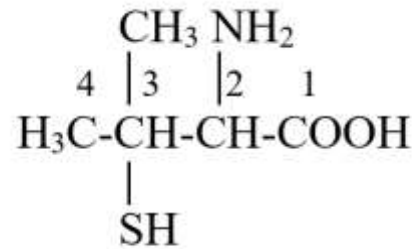


## Послідовність операцій для формування назви органічної сполуки за замісничковою номенклатурою ІЮПАК:

- 3) Проводять **нумерацію атомів вуглецю** головного ланцюга, використовуючи такі критерії:
  - a) найменший номер набуває старша функціональна група; в разі її відсутності враховують критерії за п.п. b та c;
  - b) найменший номер отримує той атом вуглецю головного ланцюга, до якого найближче розташований замісник або подвійний зв'язок;
  - c) При наявності декількох замісників їх нумерацію проводять з урахуванням алфавітного порядку їх назв;

## Послідовність операцій для формування назви органічної сполуки за замісничковою номенклатурою ІЮПАК:

4) **назви замісників** – вуглеводневих радикалів стають префіксами в назві сполуки; назви замісників – функціональних груп (крім старшої функціональної групи!) стають префіксами або суфіксами (чи закінченнями); номери (локанти) відповідних замісників позначаються перед їх назвами (префіксами), наприклад:

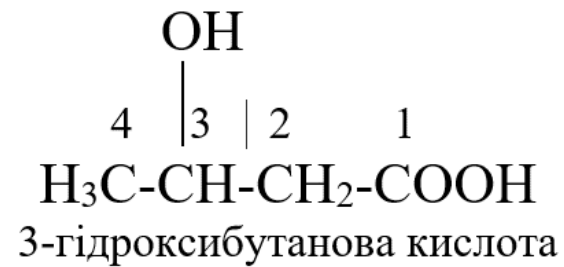


2-аміно-3-меркапто-3метилбутанова кислота

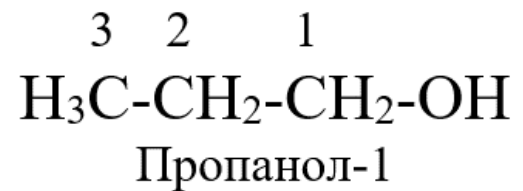
## Послідовність операцій для формування назви органічної сполуки за замісничковою номенклатурою ІЮПАК:

Використання функціональної групи в якості префікса або суфікса можна проілюструвати таким прикладом:

ОН-група як префікс (гідрокси-):

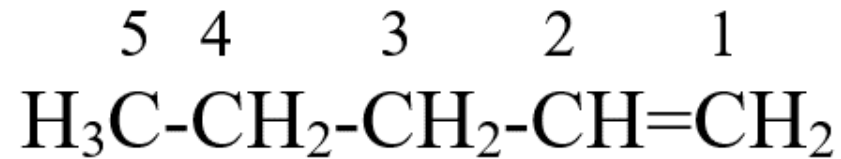


ОН-група як суфікс (-ол):

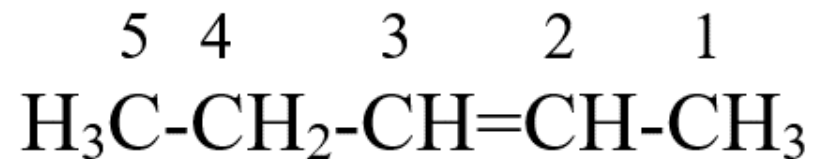


## Послідовність операцій для формування назви органічної сполуки за замісничковою номенклатурою ІЮПАК:

5) **положення кратного зв'язку** позначають таким чином: цифра, що ставиться після відповідного суфікса (-ен (-en) або -ин (-in)), вказує на номер першого з двох вуглецевих атомів, які утворюють кратний зв'язок, наприклад:



Пентен-1



Пентен-2

## Послідовність операцій для формування назви органічної сполуки за замісничковою номенклатурою ІЮПАК:

Наведемо приклад назви біоорганічної сполуки за систематичною (замісничковою) номенклатурою ІЮПАК:

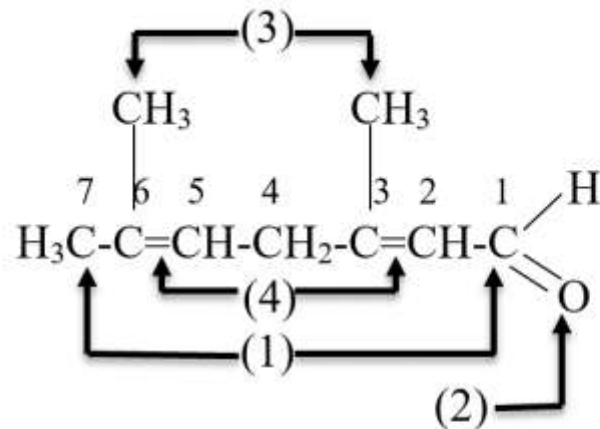


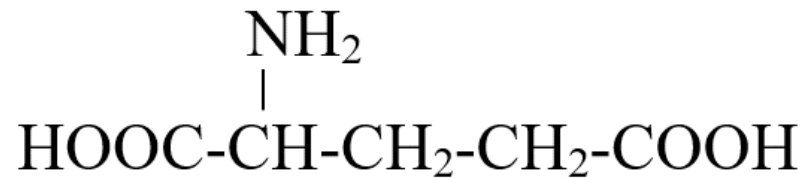
Схема побудови номенклатурної назви сполуки.

3,6-диметил-гептадієн-2,5-аль:

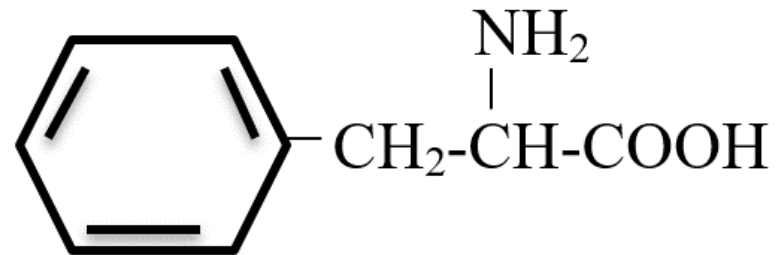
- (1) корінь (родоначальна структура) – гепта-;
- (2) закінчення (старша функціональна група) – аль;
- (3) префікс (замісники) – метил-;
- (4) суфікс (подвійні зв'язки) – дієн.

## Послідовність операцій для формування назви органічної сполуки за замісничовою номенклатурою ІЮПАК:

У зв'язку із складністю назв сполук за номенклатурою ІЮПАК у практиці найменувань природних речовин здебільшого використовують їх тривіальні назви, наприклад, при позначенні амінокислот:



2-амінопентандіова кислота (глутамінова кислота)



2-аміно-3-фенілпропанова кислота (фенілаланін)

# Радикально-функціональна номенклатура ІЮПАК

- Варіантом номенклатури ІЮПАК є радикало-функціональна номенклатура. При цьому в основу найменування речовини покладена назва класу органічних сполук, що визначається наявністю певної функціональної групи (таблиця) – спирт, ефір, альдегід, кетон тощо.
- Наприклад:
- $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$  **Етанол** (за замісничковою номенклатурою)
- **Етиловий спирт** (за радикало-функціональною номенклатурою)

Класи органічних сполук та функціональні групи, що їм відповідають

Клас	Функціональна група	Загальна формула класу
Карбонові кислоти	Карбоксильна (карбокси-) –COOH	R–COOH
Спирти, феноли	Гідроксильна (гідрокси-, окси-) –OH	R–OH
Альдегіди, кетони	Карбонільна (оксо-) >(C)=O	R(R')C=O
Прості ефіри	Алкоксильна –OR	R'–OR
Складні ефіри	Алкоксикарбонільна –CO–OR	R'–CO–OR
Аміни	Амінна (аміно-) –NH <sub>2</sub> (NHR <sub>2</sub> , NR <sub>3</sub> )	R–NH <sub>2</sub>
Аміди	Карбоксамідна (амідна) –CO–NH <sub>2</sub>	R–CO–NH <sub>2</sub>
Нітросполуки	Нітрогрупа –NO <sub>2</sub>	R–NO <sub>2</sub>
Нітрили	Нітрильна (ціано-) –C≡N	R–C≡N
Тіюли (тіоспирти, меркаптани)	Тіольна (меркапто-) –SH	R–SH
Тіоефіри (сульфіди)	Алкілтіольна (сульфідна) –SR	R'–SR
Сульфокислоти	Сульфонова (сульфо-) –SO <sub>3</sub> H	R–SO <sub>3</sub> H
Галогенопохідні вуглеводнів	Галогенова –Cl, –Br, –F, –I	R–Hal

## Радикально-функціональна номенклатура ІЮПАК

Для позначення розміщення замісників (радикалів та функціональних груп) припустимими локантами є літери грецького алфавіту ( **$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ ...**). При цьому літери  **$\alpha$**  набуває атом вуглецю, **найближчий до старшої функціональної групи**. Зокрема, наведені вище амінокислоти часто позначаються як: **глутамінова кислота –  $\alpha$ -амінопентандіова (або  $\alpha$ -аміноглутарова) кислота**. Дистальний (найбільш віддалений) від старшої функціональної групи атом вуглецю звичайно позначається буквою  $\omega$ .

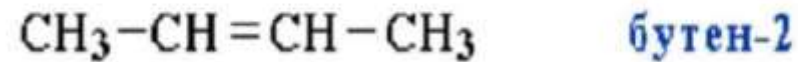
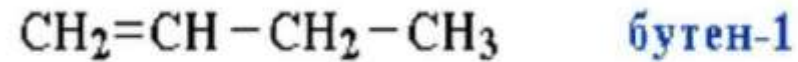
# Ізомерія в органічних сполуках

**Ізомерія** – явище, що полягає в наявності органічних сполук, молекули яких мають **однаковий якісний атомний склад** (та молекулярну формулу), але **розрізняються за своїми фізичними та хімічними властивостями**. Пояснення цього явища полягає в тому, що ізомери певної речовини відрізняються один від одного молекулярною структурою, тобто порядком зв'язування окремих атомів у складі молекули або просторовим розташуванням атомів та атомних груп.

# Розрізняють такі типи ізомерії:

- 1) Ізомерія будови.
- 2) Просторова ізомерія (стереоізомерія).

## Структурные изомеры $C_4H_8$



# Ізомерія будови

**Ізомерія будови** (структурна ізомерія)-такий тип ізомерії, при якому окремі молекули-структурні ізомери(ізомери будови) **відрізняються один від одного послідовністю зв'язування атомів у молекулі.**

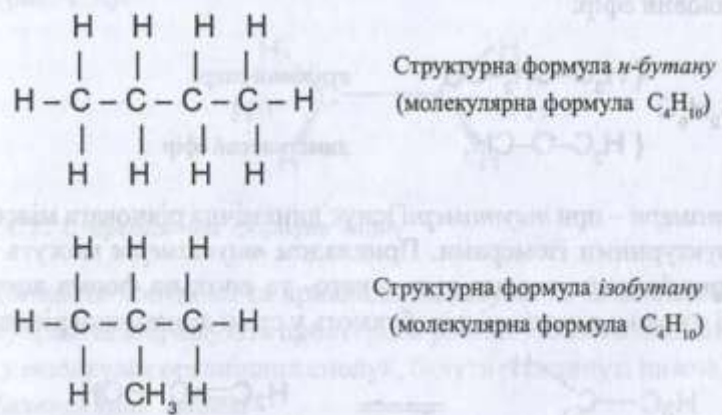


<https://obrazovaka.ru/himiya/mezhklassovaya-izomeriya-primery.html>

# Ізомери будови підрозділяються на такі різновиди:

1) **Ізомери ланцюга** – при цьому виді ізомерії окремі ізомери **відрізняються різним порядком (послідовністю) сполучення атомів у лінійному ланцюгу** або різними видами утворюваних циклів.

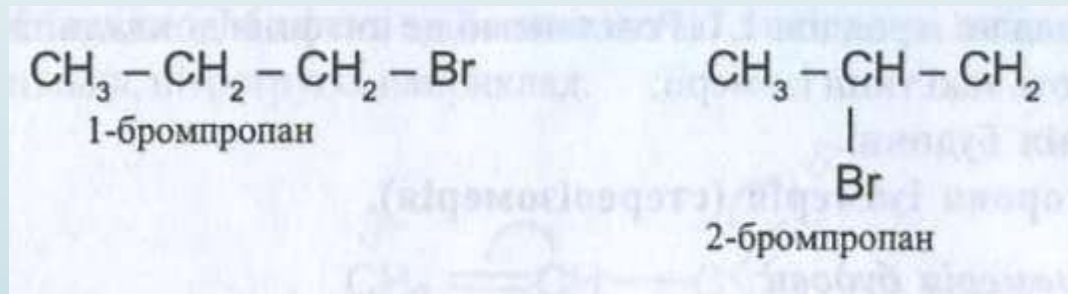
Наявність ізомерів ланцюга виникає вже у чотиривуглецевого вуглеводню бутану-одній молекулярній формулі  $C_4H_{10}$  відповідає дві різні структурні формули нормального бутану (н-бутану) та ізобутану. Ці два ізомери відображують існування двох реально існуючих речовин, що відрізняються як молекулярною будовою, так і хімічними властивостями.



## Ізомери будови підрозділяються на такі різновиди:

2) **Ізомери положення** – це вид ізомерії зумовлений **різним положенням у складі молекули однакових функціональних груп або подвійних зв'язків**, наприклад:

а) **ізомери положення функціональних груп** (молекулярна формула  $C_3H_7Br$ ):



У цьому типі ізомерів замісники можуть бути сполучені з первинним, вторинним або третинним атомами вуглецю. Первинним називають атом вуглецю, що зв'язаний тільки з одним сусіднім С-атомами відповідно, вторинним та третинним – з двома та трьома С-атомами відповідно.

**б) ізомери положення подвійного зв'язку** (молекулярна формула  $C_4H_8$ ).



Бутен-1



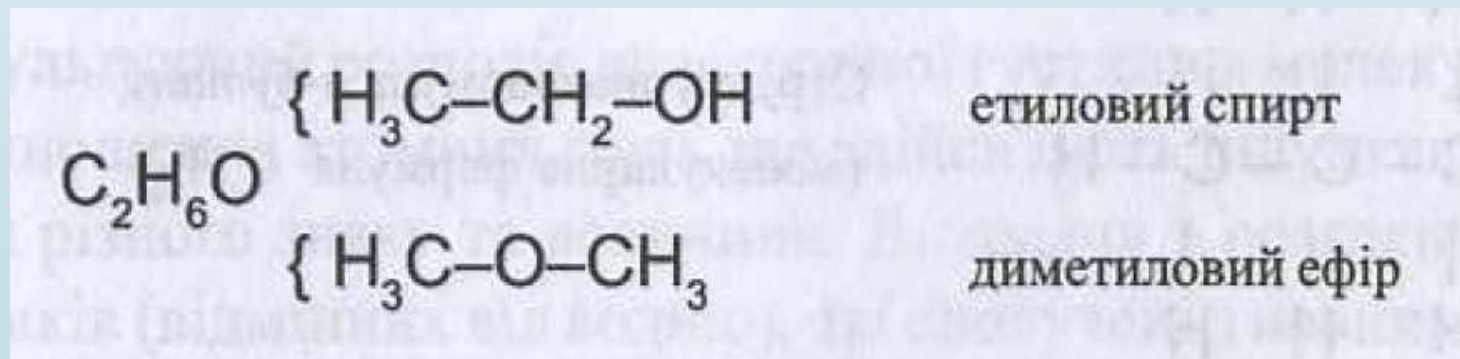
Бутен-2

## Ізомери будови підрозділяються на такі різновиди:

3) **Ізомери функціональних груп** – тип ізомерії, при якому молекули однакового атомного складу **мають різні функціональні групи , тобто належать до різних класів.**

Наприклад, молекулярній формулі  $C_2H_6O$  відповідають дві речовини з різних функціональних класів:

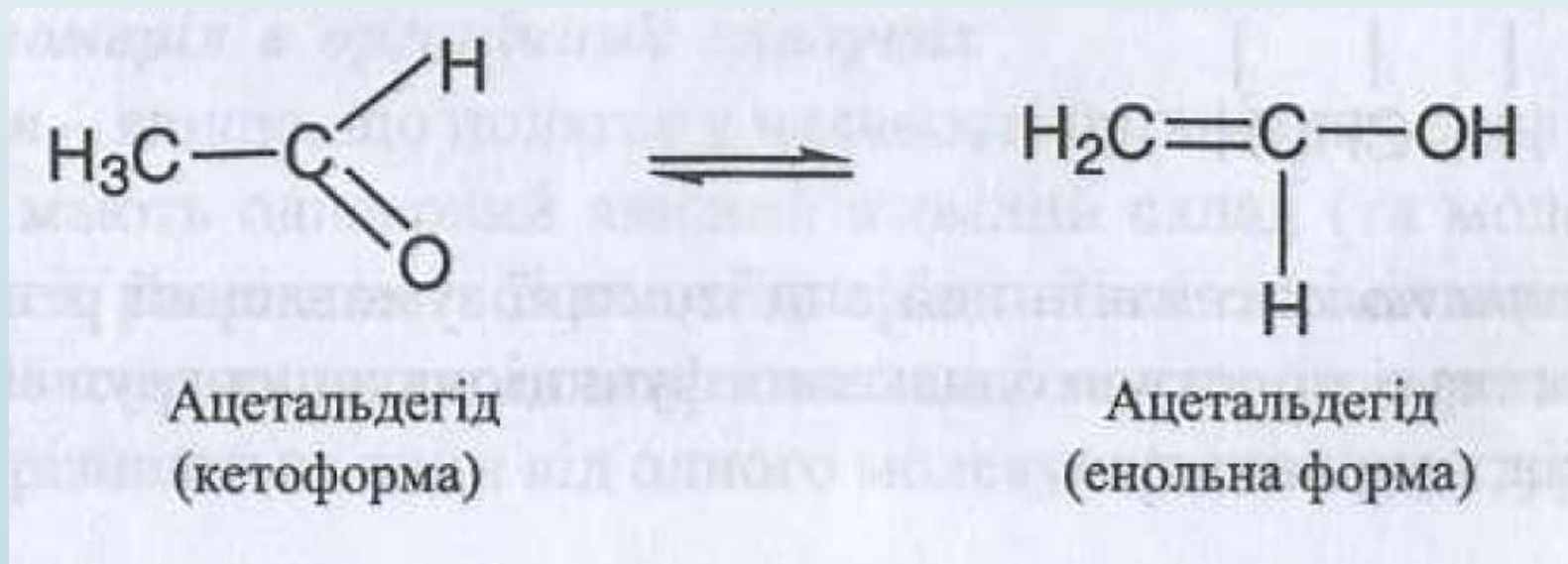
- етиловий спирт
- диметиловий ефір.



## Ізомери будови підрозділяються на такі різновиди:

4) **Таутомери** – при таутомерії існує **динамічна рівновага між окремими структурними ізомерами**.

Прикладом таутомерів можуть бути два ізомери функціональних груп – кето- та енольна форма ацетальдегіду, які у водному розчині перебувають у стані динамічної рівноваги.





# Просторова ізомерія

- ▶ **Просторова ізомерія** (стереоізомерія)-такий тип ізомерії, при якому окремі ізомери **мають однаковий склад** та порядок зв'язування атомів у молекулі, але **відрізняються один від одного розташуванням окремих атомів та груп атомів у просторі**.
- ▶ Перед тим як докладно розглянути види та типи стереоізомерів, **доцільно ознайомитися із способами зображення просторової будови органічних молекул**.

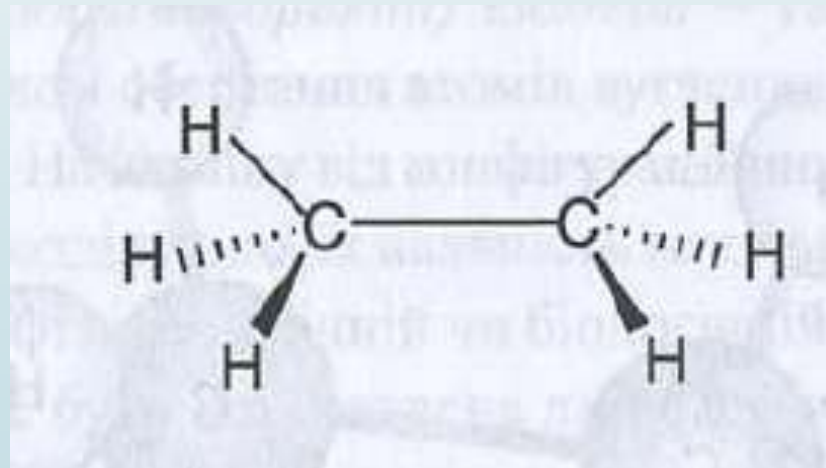


# Стереоформули

- Стереоформули застосовуються **для графічного зображення просторової будови органічних молекул на площині креслення** (паперу, дошки тощо). Існують такі різновиди стереоформул та їх проєкцій:
  - стереохімічні формули;
  - проєкційні формули Фішера;
  - перспективні формули;
  - проєкційні формули Ньюмена.

# Стереохімічні формули

- У стереохімічних формулах зв'язки, розташовані в площині паперу, подають **звичайною рисою**; зв'язки, розташовані **перед площиною** паперу (спрямовані до спостерігача), - **жирним клином**, а такі, що містяться **за площею креслення** (спрямовані від спостерігача), - **штриховим клином**.





# Конфігураційні та конформаційні ізомери

- Залежно від особливостей просторової організації окремих молекул, виділяють конфігураційні ізомери та конформаційні ізомери.
- А. **Конфігураційні ізомери** - такі просторові ізомери (стереоізомери), що відрізняються відносним розташуванням у просторі окремих атомів без врахування можливостей обертання вуглецевих атомів навколо  $\sigma$ -зв'язків. Конфігураційні ізомери не здатні взаємоперетворюватися без розриву хімічних зв'язків, тобто вони можуть існувати окремо, як індивідуальні молекули.

# Конфігураційні та конформаційні ізомери

- Б. **Конформаційні** (поворотні) ізомери - такі стереоізомери, що утворюються шляхом обертання атомів вуглецю навколо простих(одинарних)  $\sigma$ -зв'язків. На відміну від конфігураційних, конформаційні ізомери не піддаються розділенню, їх наявність та кількісне співвідношення у розчині або іншій фізико-хімічній чи біологічній системі (наприклад, у біомембрані) може бути встановлена лише фізичними, зокрема спектроскопічними методами.

# А. Конфігураційні ізомери

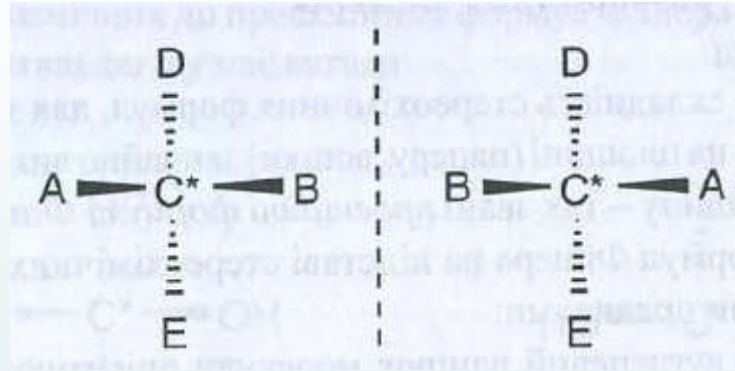
Залежно від особливостей просторової орієнтації окремих атомних груп у молекулі, **конфігураційні ізомери** підрозділяють на такі **типи**:

1. Оптичні ізомери.
2. Геометричні ізомери.

Залежно від просторового розташування окремих груп атомів, **оптичні ізомери**, у свою чергу, поділяються на **енантіомери** (або дзеркальні ізомери) та **діастереомери**.

**Хіральність** - це властивість певного геометричного **об'єкту** бути **несумісним із своїм дзеркальним відображенням**. Класичним прикладом хіральних об'єктів є **права і ліва руки людини**, які не можна сумістити між собою, але які є дзеркальним відображенням одно одної.

# Енантіомери



Загальна будова оптичних ізомерів (енантіомерів), що виникають внаслідок наявності в молекулі одного асиметричного атома вуглецю



Сtereoхімічні формули енантіомерів молочної кислоти

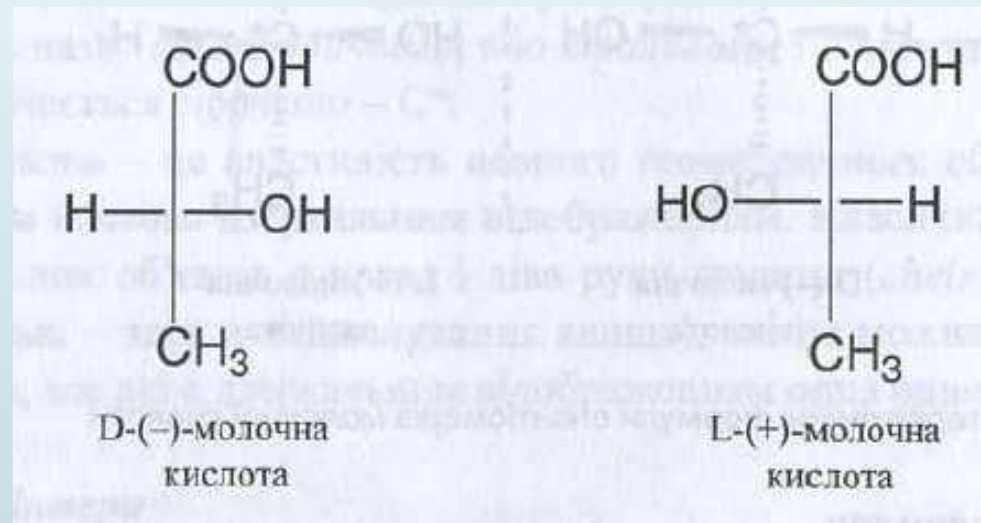


# Діастереомери

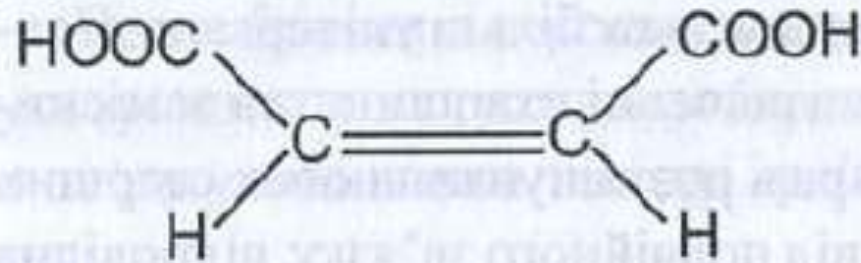
За рахунок можливості існування в органічній молекулі декількох асиметричних (хіральних) атомів вуглецю (наприклад, в молекулах моносахаридів) **виникає багато стереоізомерів, що не є дзеркальними антиподами**. Такі стереоізомери називають діастереомерами. Іншими словами, **діастереомери - це такі стереоізомери, що не є енантіомерами (дзеркальними антиподами) один відносно одного**.

# Номенклатура оптичних ізомерів

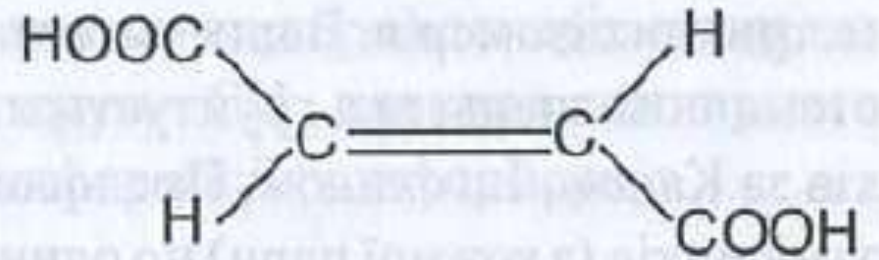
► D/L-система



# Геометричні ізомери



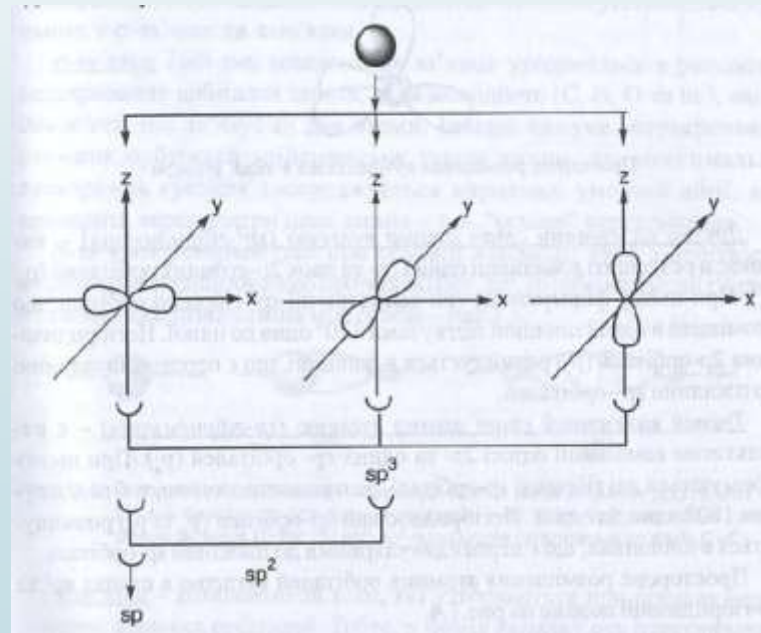
Малеїнова кислота  
(цис-ізомер)



Фумарова кислота  
(транс-ізомер)

# Валентні стани атома вуглецю

Під **гібридизацією** атомних орбіталей розуміють змішування (комбінацію) і вирівнювання за формою та енергією одного 2s-електрона та кількох (від одного до трьох) неспарених 2p-електронів, що відбувається при утворенні атомом вуглецю хімічних ковалентних зв'язків. Залежно від кількості 2p-електронів, які беруть участь у гібридизації орбіталей, розрізняють три типи гібридизації ( $sp^3$ -,  $sp^2$ -, та  $sp$ -) і відповідно три валентні стани атома вуглецю.



Типи гібридизації валентних орбіталей ( $n=2$ ) атома вуглецю

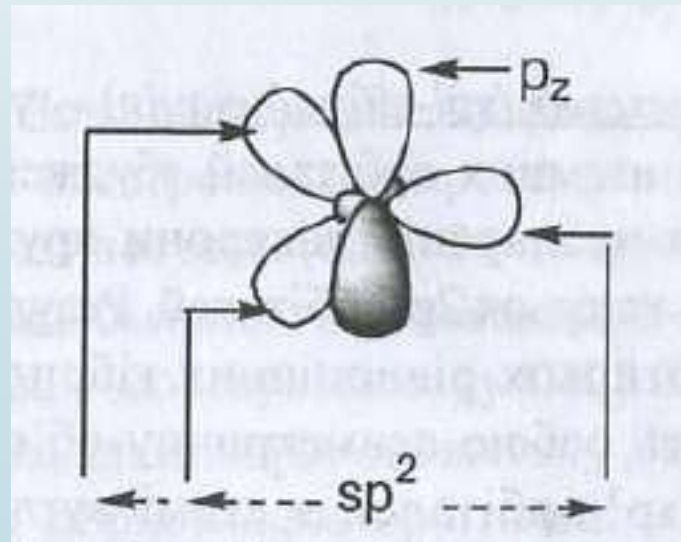
# Валентні стани атома вуглецю

- Перший валентний стан атома вуглецю ( $sp^3$ -гібридизація) – утворюється шляхом комбінації чотирьох атомних орбіталей збудженого атома вуглецю, на яких знаходяться неспарені електрони другого ( $n=2$ ) енергетичного рівня – однієї  $2s$ - та трьох  $2p$ -орбіталей. Результатом цього процесу є формування чотирьох рівноцінних гібридних  $sp^3$ -орбіталей, що структурно являють собою асиметричну об'ємну вісімку. Просторове розташування  $sp^3$ -орбіталей в атомі вуглецю відповідає осям правильного тетраедра, що спрямовані від його центра до вершини під кутами  $109,5^\circ$ :



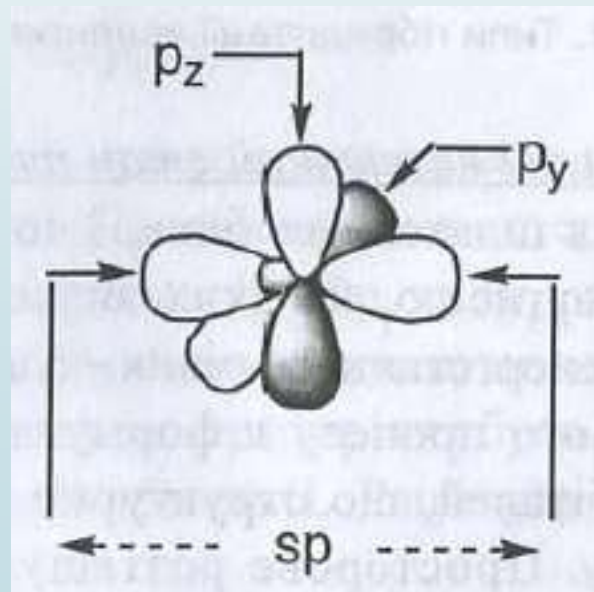
# Валентні стани атома вуглецю

- Другий валентний стан атома вуглецю ( $sp^2$ -гібридизація) – виникає в результаті комбінації однієї  $2s$ - та двох  $2p$ -атомних орбіталей ( $p_x, p_y$ ). При цьому формуються три асиметричні  $sp^2$ -гібридні орбіталі, що розміщені в одній площині під кутами  $120^\circ$  одна до одної. Не гібридизована  $2p$ -орбіталь ( $p_z$ ) розміщується в площині, що є перпендикулярною до площини  $sp^2$ -орбіталей.



# Валентні стани атома вуглецю

- ▶ Третій валентний стан атома вуглецю ( $sp$ -гібридизація) – є результатом комбінації однієї  $2s$ - та однієї  $2p$ -орбіталей ( $p_x$ ). При цьому формуються дві гібридні  $sp$ -орбіталі, розташовані лінійно, тобто під кутом  $180^\circ$  одна до одної. Негібридизовані  $2p$ -орбіталі ( $p_y$  та  $p_z$ ) розміщуються в площинах, що є перпендикулярними до площини  $sp$ -орбіталі.





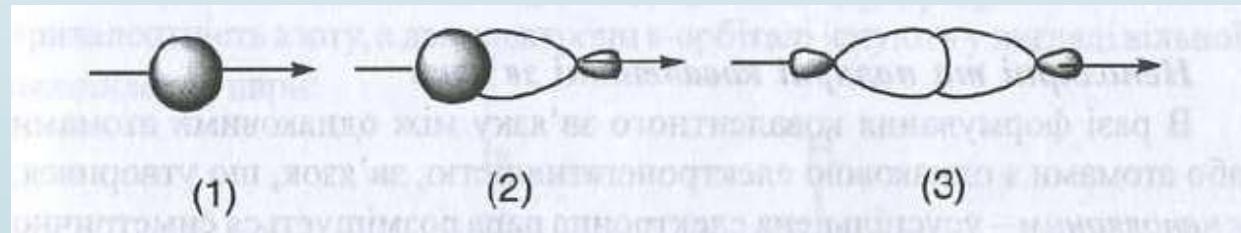
# Природа хімічних зав'язків в органічних сполуках

**Основні типи хімічних зав'язків**, що сполучають окремі атоми (вуглецю та інших елементів) в молекулах органічних сполук:

- Ковалентні
- Донорно-акцепторні
- Іонні
- Водневі

# Ковалентні $\sigma$ - та $p$ -зв'язки

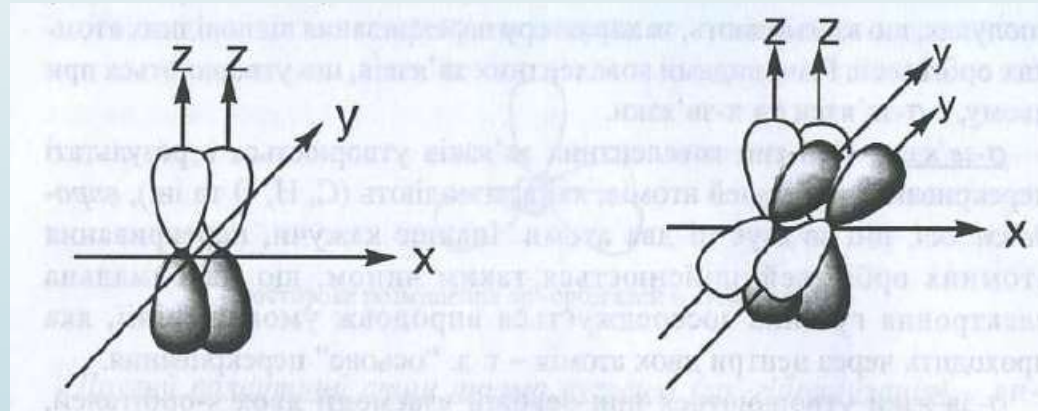
- $\sigma$ -зв'язки. Цей тип ковалентних зв'язків утворюється в результаті перекривання орбіталей атомів, які взаємодіють (C, H, O та ін.), *впродовж осі*, що зв'язує ці два атоми. Інакше кажучи, перекривання атомних орбіталей здійснюється таким чином, що максимальна електронна густина зосереджується впродовж умовної лінії, яка проходить через центри двох атомів – т. з. «осьове» перекривання.
- $\sigma$ -зв'язки утворюються при осьовій взаємодії двох  $s$ -орбіталей,  $s$ -орбіталі з гібридизованою орбіталлю ( $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$ ) або взаємодії гібридних орбіталей різних типів між собою:



Утворення  $\sigma$ - зв'язків при взаємодії різних видів атомних орбіталей: (1)  $s-s$ -взаємодія (утворення зв'язків H-H); (2)  $s-sp^3$  – взаємодія (утворення зв'язків C-H); (3)  $sp^3-sp^3$  – взаємодія (утворення зв'язків C-C)

# Ковалентні $\sigma$ - та $\pi$ -зв'язки

- $\pi$ -зв'язки – ковалентні зв'язки, які утворюються при бічному перекриванні атомних орбіталей. Тобто, в цьому випадку ось перекривання (і зосередження максимуму електронної густини) є перпендикулярною власним осям орбіталей, що усупільнюються.  $\pi$ -зв'язки виникають при бічній взаємодії не гібридизованих атомних орбіталей  $p$ -електронів –  $p_y$ ,  $p_z$ , які присутні в атомах вуглецю, що знаходиться в другому ( $sp^2$ ) та третьому ( $sp$ ) валентному станах. Із точки зору просторової форми  $\pi$ -зв'язок являю собою дві хмари максимальної електронної щільності, що локалізуються по обидва боки від осі  $\sigma$ -зв'язку.



$\pi$ -зв'язки при атомах вуглецю, що знаходяться в станах:

- (1)  $sp^2$ -гібридизації (один  $p$ -зв'язок, спрямований впродовж осі  $z$ ) та
- (2)  $sp$ -гібридизації (два  $p$ -зв'язки, спрямовані впродовж осей  $z$  та  $y$ )

# Неполярні та полярні ковалентні зв'язки

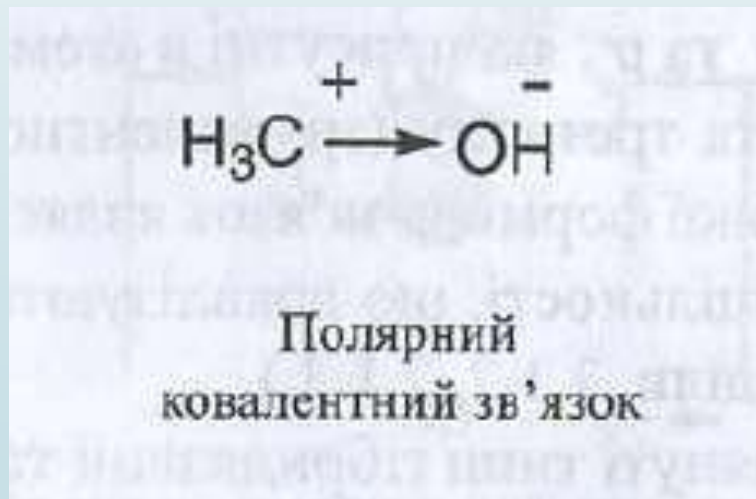
- В разі формування ковалентного зв'язку між однаковими атомами з однаковою електронегативністю, зв'язок, що утворився, є **неполярним** – усупільнена електронна пара розміщується симетрично стосовно ядер обох атомів. Неполарними є ковалентні зв'язки в молекулах вуглеводнів між атомами вуглецю, що, у свою чергу, сполучені з близькими за хімічною будовою радикалами.



Неполярний  
ковалентний зв'язок

# Неполярні та полярні ковалентні зв'язки

- **Полярні** ковалентні зв'язки утворюються між атомами з різною електронегативністю, в яких спільна електронна пара зсунута в бік більш електронегативного елемента. В результаті такого розподілу електронної щільності на відповідних атомах виникають часткові заряди ( $\delta^+$  та  $\delta^-$ ). Напрямок поляризації ковалентних зв'язків позначають стрілкою.





# Взаємний вплив атомів в органічних сполуках

- **Реакційна здатність органічних сполук залежить від особливостей розподілу електричного заряду** (електронної густини) впродовж атомного ланцюга (статична поляризація) та змін цього розподілу в умовах впливу електричного поля інших молекул – реагентів (динамічна поляризація).
- Нерівномірність електронних хмар, що притаманна молекулярній структурі, пов'язана з **різницею в електронегатичності атомів**, які складають молекулу.

# Взаємний вплив атомів в органічних сполуках

- **Електронегативність** – здатність окремих атомів в молекулі органічної речовини притягувати до себе електрони. Кількісне вираження електронегативності було запропоноване Л. Полінгом. Згідно із шкалою електронегативності за Л. Полінгом, елементи, які входять до складу органічних сполук, розміщуються за відносною величиною електронегативності в такий ряд:



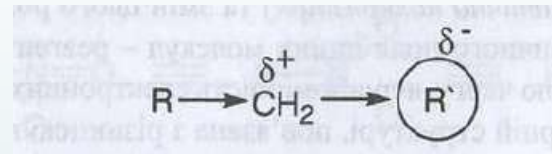
- Електронні ефекти, що лежать в основі статичної поляризації, за механізмом зміщення електронної густини впродовж ланцюга атомів, які утворюють органічну молекулу, поділяються на **ІНДУКТИВНИЙ** та **МЕЗОМЕРНИЙ** ефекти.

# Взаємний вплив атомів в органічних сполуках

- ▶ **Індуктивний ефект** (*I*-ефект) – перерозподіл електронної густини впродовж системи  $\sigma$ -зв'язків.
- ▶ Індуктивний ефект зумовлений здатністю окремого атома чи групи атомів (замісника) притягувати або відштовхувати електрони (електронні хмари) від сусіднього атома (та атомів) упродовж насиченого ланцюга атомів вуглецю, що сполучені  $\sigma$ -зв'язками. Напрямок зміщення електронів вздовж  $\sigma$ -зв'язків позначається прямою стрілкою. Внаслідок зміщення електронів між окремими атомами останні набувають часткового негативного ( $\delta^-$ ) або позитивного ( $\delta^+$ ) заряду.

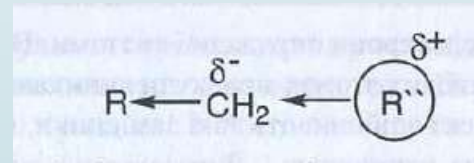
Залежно від електронегативності атома (замісника) та напрямку зсуву електронної хмари розрізняють негативний (-I) та позитивний (+I) індуктивні ефекти.

- **Негативний індуктивний ефект (-I-ефект)** – зсув електронів  $\sigma$ -зв'язку в бік (у напрямку) певної групи атомів:



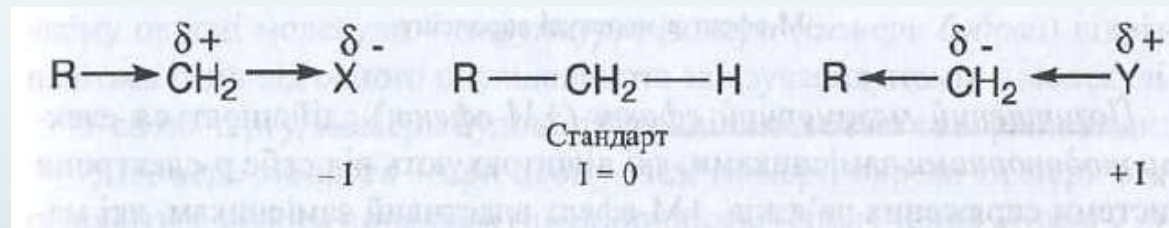
Максимальний -I - ефект мають замісники, що несуть на собі позитивний заряд. Електроноакцепторними замісниками, тобто такими, що дають -I -ефект, є галогени, амінна, гідроксильна, карбонільна, карбоксильна групи.

- **Позитивний індуктивний ефект (+I-ефект)** – зсув електронів  $\sigma$ -зв'язку в напрямку, протилежному розташуванню певної групи атомів:

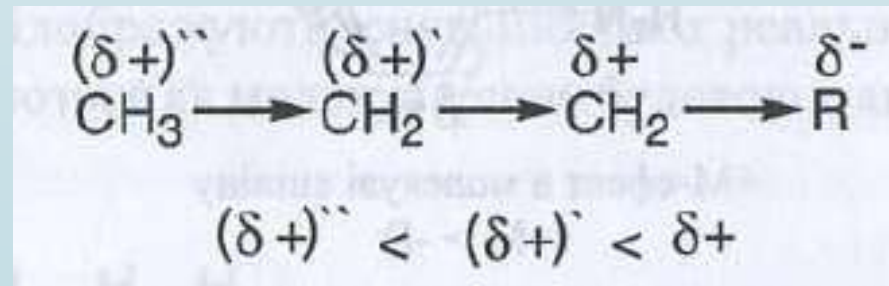


Максимальний +I-ефект мають замісники, що несуть на собі негативний заряд. Електродонорними замісниками, тобто такими, що дають +I - ефект, є алкільні радикали (Alk-) – метильний, етильний тощо.

- Індуктивний ефект атома водню у зв'язку С-Н вважають таким, що дорівнює нулю:



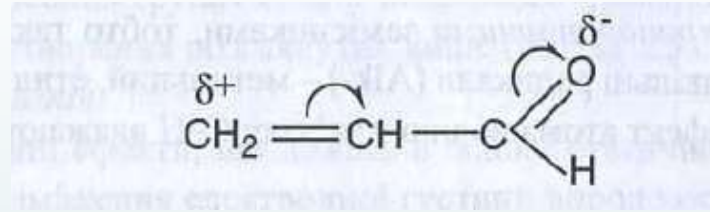
- Поляризація електричного заряду, спричинена індуктивним ефектом, не обмежується сусідніми атомами, а розповсюджується впродовж вуглецевого ланцюга на декілька атомів, що також призводить до виникнення на них додаткових часткових зарядів:



# Взаємний вплив атомів в органічних сполуках

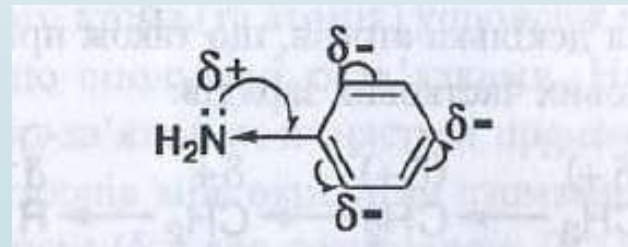
- **Мезомерний ефект (M-ефект)** – різновид електронного ефекту, що передається по системі π-зв'язків. Між замісником, що проявляє мезомерний ефект, та відповідним атомом чи групою атомів, відносно яких цей ефект проявляється, повинна бути розташована сукупність простих та кратних (звичайно подвійних) зв'язків. Така послідовність ковалентних зв'язків, що складається з чергуванням одинарних (σ-) та подвійних (σ-, π-зв'язків), дістала назву *спряженої системи*.
- Найчастіше спряжена система π-зв'язків (*спряження*) зустрічається у спряжених алкадієнах та ароматичних вуглеводнях (аренах). У разі сполучення такої системи із замісником, що проявляє ефект статичної поляризації, в молекулі виникає мезомерний ефект. Напрямок зсуву електронної густини в результаті M-ефекту позначають зігнутою стрілкою.

- **Негативний мезомерний ефект (-М-ефект)** виникає при взаємодії спряженої системи з електроакцепторними групами, що відтягують на себе рухомі р-електрони спряженої системи. В результаті мезомерного ефекту на кінцевих атомах молекули виникають часткові електричні заряди. -М-ефект здійснюють такі замісники, як карбоксильна, карбонільна, нітрогрупа, наприклад:



-М-ефект в молекулі акролеїну

- **Позитивний мезомерний ефект (+М-ефект)** здійснюється електродонорними замісниками, які відштовхують від себе р-електрони системи спряжених зв'язків. +М-ефект властивий замісникам, які мають неподілену електронну пару (наприклад, аміногрупа) або цілий негативний заряд:



+М-ефект в молекулі аніліну

(+M>-1)



# Література



1. Біологічна і біоорганічна хімія : базовий підручник : у 2 кн. / кол. авт. ; за ред. чл.-кор. НАМН України, проф. Б.С. Зіменковського, проф. І.В. Ніженковської. — Кн. 1 : Біоорганічна хімія / [Б.С. Зіменковський, В.А. Музиченко, І.В. Ніженковська, Г.О. Сирова] ; за ред. Б.С. Зіменковського, І.В. Ніженковської. — К. : ВСВ «Медицина», 2014. — 272 с.
2. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. / Видання 2-е, доопрацьоване і доповнене. — Київ – Вінниця, 2007. — 432с.