

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

**Тема заняття:** розв'язування вправ з ізомерії, номенклатури та хімічних властивостей галогенопохідних вуглеводнів, нітросполук, амінів, діазо- та азосполук.

**Мета заняття:** навчитися розв'язувати вправи з ізомерії, номенклатури та хімічних властивостей галогенопохідних вуглеводнів, нітросполук, амінів, діазо- та азосполук.

### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### ГАЛОГЕНОПОХІДНІ ВУГЛЕВОДНІВ

Галогенопохідними вуглеводнів називають продукти заміщення у вуглеводнях одного або декількох атомів водню атомами галогенів.

- У залежності від **природи вуглеводневого радикала** галогенопохідні підрозділяють на аліфатичні, аліциклічні та ароматичні. Серед аліфатичних розрізняють насичені (галогеналкани) та ненасичені (галогеналкени, галогеналкіни). Ароматичні галогенопохідні поділяють на сполуки, у котрих атом галогену безпосередньо зв'язаний з ароматичним ядром (галогенарени), та речовини, що містять атом галогену в боковому ланцюзі (арилалкілгалогеніди).

- У відповідності з **природою атома галогену** галогенопохідні підрозділяють на фторо-, хлоро-, бромо- та йодопохідні. За числом атомів галогену в молекулі розрізняють моно-, ди-, три- та полігалогенопохідні вуглеводнів.

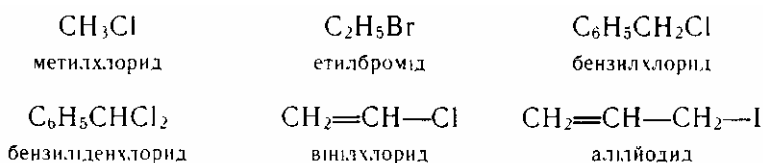
#### НОМЕНКЛАТУРА

- За замісничовою номенклатурою ІЮПАК назви галогенопохідних вуглеводнів складають аналогічно назвам відповідних вуглеводнів. Атоми галогенів, що входять до складу галогенопохідних, позначаються в назві у вигляді префікса, до котрого додають назву родоначальної структури. За родоначальну структуру в аліфатичних галогенопохідних береться головний ланцюг атомів Карбону, в аліциклічних і ароматичних – цикл.

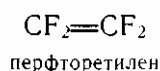
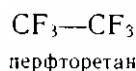
- Якщо є декілька замісників (галогени та вуглеводневі радикали), то у назві перелічують їх в алфавітному порядку. Атоми вуглецю родоначальної структури нумерують у цьому випадку таким чином, щоб замісник, який позначений у назві першим, дістав якомога менший номер.

- У галогеналкенах та галогеналкінах нумерацію атомів вуглецю головного ланцюга проводять так, щоб якомога менші номери дістали атоми Карбону кратного зв'язку.

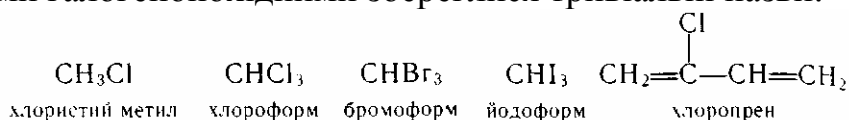
- Для найпростіших галогенопохідних продовжують використовувати радикало-функціональну номенклатуру, згідно з якою назву складають з назви вуглеводневого радикала, зв'язаного з галогеном, та суфікса -фторид, -хлорид, -бромід або -йодид:



- Для галогенопохідних, у яких усі наявні атоми Гідрогену у молекулі заміщені на галоген, у назвах використовують префікс **пер-**:



- За деякими галогенопохідними збереглися тривіальні назви:



### ІЗОМЕРІЯ

Для галогенопохідних вуглеводнів характерна структурна, геометрична та оптична ізомерія.

- *Структурна ізомерія* зумовлена різною структурою карбонового скелета молекули та різним положенням атомів галогенів у ланцюзі.

Дигалогенопохідні можуть бути представлені декількома структурними ізомерами, що відрізняються взаємним розміщенням атомів галогенів.

Дигалогенопохідні з атомами галогенів у одного і того самого атома Карбону називають **гемінальними** (скор. *гем-*), у сусідніх атомів Карбону — **віцинальними** (скор. *віц-*).

- Для галогеналкенів, що мають різні замісники при атомах Карбону, які утворюють подвійний зв'язок, поряд зі структурною ізомерією можлива *геометрична ізомерія*.

- Для галогеналканів, що містять у своїй структурі асиметричний атом Карбону, характерна *оптична ізомерія*.

### ГАЛОГЕНОАЛКАНИ

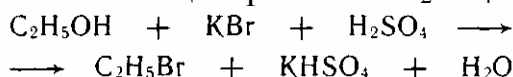
#### *Способи добування*

а) *галогенування алканів*. Метод дозволяє одержати хлоро- і бромалкани. Недоліком цього способу є утворення суміші моно-, ди- та полігалогеноалканів.

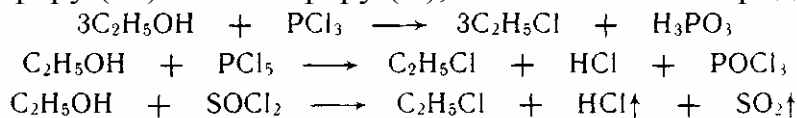
б) *приєднання галогеноводнів до алкенів*. За допомогою цього методу можна одержати фторо-, хлоро-, бромо- та йодоалкани.

в) *добування зі спиртів*.

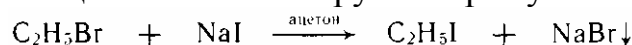
Звичайно галогеноводні виділяють безпосередньо у процесі реакції взаємодії солей галогеноводневих кислот з концентрованою  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :



За допомогою цієї реакції можна одержати хлоро-, бромо- та йодоалкани. З більш високими виходами галогеноалкани утворюються при взаємодії спиртів з галогенідами Фосфору (III) або Фосфору (V), а також тіонілхлоридом  $\text{SOCl}_2$ :



г) *взаємодія галогеноалканів з солями галогеноводневих кислот* (реакція Фінкельштейна). При дії на хлоро- або бромалкани натрій йодидом у середовищі ацетону відбувається заміщення атома Хлору або Брому на Йод:



Реакцію використовують для одержання йодоалканів з більш доступних хлоро- або бромпохідних.

#### *Фізичні властивості*

- За звичайних умов нижчі галогеноалкани — безбарвні гази або рідини зі своєрідним солодкуватим запахом, середні — рідини, вищі — тверді речовини.

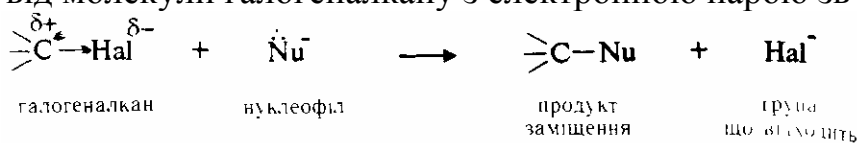
• Температура кипіння зростає зі збільшенням атомної маси галогену, числа атомів галогену (за виключенням фторопохідних) та довжини ланцюга атомів Карбону молекули. Нижчі галогеноалкани практично нерозчинні у воді, але легко розчиняються в органічних розчинниках. Деякі з них самі є ефективними розчинниками. Багато які галогеноалкани виявляють наркотичну дію.

### Хімічні властивості

Галогеноалкани є досить реакційноздатними речовинами. Найбільш характерні для них реакції нуклеофільного заміщення ( $S_N$ ) та відщеплення (E). Вступають вони також у реакції з металами (металування) та відновлення.

#### 1. Реакції нуклеофільного заміщення ( $S_N$ )

Галогеналкани є електрофільними реагентами, їх електрофільні властивості зумовлені полярністю зв'язку C—Hal. Оскільки атом галогену виявляє більшу електронегативність, ніж атом Карбону, електронна густина зв'язку C—Hal у галогеналканах зміщена до атому галогену. В результаті атом галогену набуває часткового негативного ( $\delta^-$ ), а атом Карбону — часткового позитивного ( $\delta^+$ ) заряду (C → Hal). Електронодефіцитний атом Карбону стає електрофільним центром молекули галогеноалкану та може бути атакований нуклеофільним реагентом. У процесі атаки нуклеофил надає пару електронів для утворення хімічного зв'язку з електронодефіцитним атомом Карбону, а атом галогену відщеплюється від молекули галогеналкану з електронною парою зв'язку C—Hal:



Таку реакцію називають **реакцією нуклеофільного заміщення** і позначають символом  $S_N$ .

Реакційна здатність галогеноалканів у реакціях  $S_N$  зменшується в ряді:

R—I>R—Br>R—Cl>R—F. Закономірність, яка спостерігається, пояснюється поляризованістю зв'язку C—Hal, тобто здатністю зв'язку збільшувати полярність при підході нуклеофільного реагенту (динамічний фактор).

Галогеноалкани вступають у численні реакції нуклеофільного заміщення. Важливе синтетичне значення мають:

• Гідроліз галогеноалканів. При гідролізі галогеноалкани утворюють спирти. Реакція з водою проходить повільно і є оборотною.

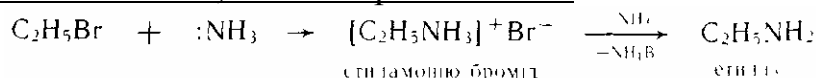
Тому звичайно гідроліз проводять у присутності водних розчинів лугів або карбонатів лужних металів:

• Взаємодія з алкоголями та фенолями (реакція Вільямсона).

При дії на галогеноалкани алкоголятів і фенолятів утворюються етери. Третинні галогеноалкани утворюють як побічні продукти алкени.

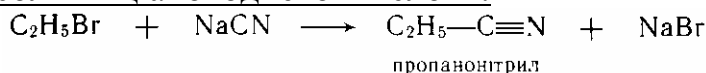
• Взаємодія з солями карбонових кислот (утворюються естери).

• Взаємодія з амоніаком, алкіл- і ариламинами:

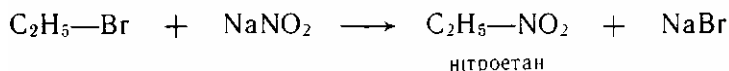


Аналогічно реагують галогеноалкани з алкіл- і ариламинами.

• Взаємодія з солями ціановодневої кислоти:



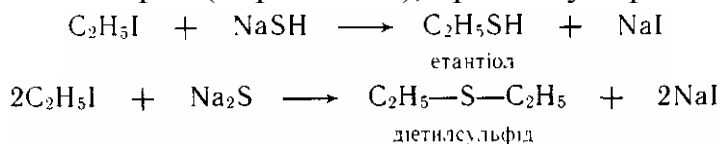
• Взаємодія з солями нітритної кислоти:



• Взаємодія з солями галогеноводневих кислот (реакція Фінкельштейна). Для добування йодидів реакцію проводять в ацетоні, тому що натрій йодид розчинний в ацетоні, а NaCl або NaBr, які утворюються у процесі взаємодії, випадають в осад.

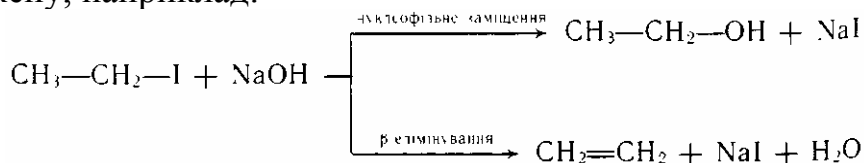
Взаємодія з гідросульфідами та сульфідами лужних металів.

При дії на первинні та вторинні галогеноалкани гідросульфідів лужних металів утворюються тіоспирти (меркаптани), при дії сульфідів — тіоефіри:



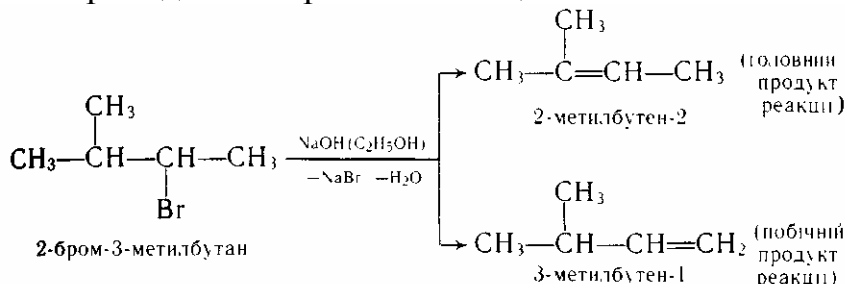
## 2. Реакції елімінування (E)

В більшості випадків паралельно з реакцією нуклеофільного заміщення атома галогену проходить реакція відщеплення галогеноводню ( $\beta$ -елімінування) з утворенням алкену, наприклад:



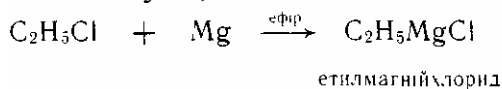
Реакції нуклеофільного заміщення та елімінування конкурують одні з одними і за певних умов кожна з них може стати домінуючою.

Відщеплення проходить за правилом Зайцева:

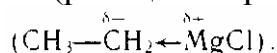


## 3. Взаємодія з металами

Галогеноалкани реагують з деякими металами, утворюючи металоорганічні сполуки. Найчастіше як метал використовують магній. При взаємодії галогеноалканів з металічним магнієм у середовищі безводного діетилового етеру утворюються магнійорганічні сполуки, відомі під назвою реактивів Грін'єра:

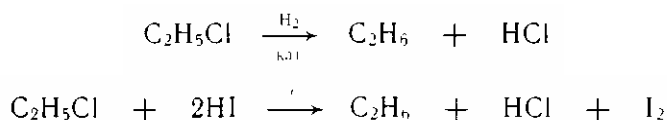


При взаємодії галогеноалканів з металічним натрієм металоорганічні сполуки утворюються як проміжні продукти (реакція Вюрца).



## 4. Відновлення галогеноалканів

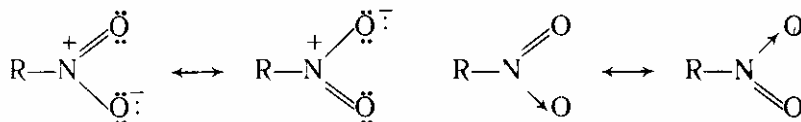
При відновленні галогеноалканів утворюються алкани. Як відновлювачі використовують водень у присутності каталізаторів гідрування або йодидну кислоту:



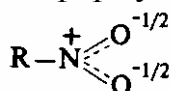
## НІТРОСПОЛУКИ

• Нітросполуками називають похідні вуглеводнів, які містять у своєму складі одну або декілька нітрогруп  $-\text{NO}_2$ .

• Нітрогрупа має планарну (плоску) будову; атоми Нітрогену та Оксигену знаходяться у стані  $sp^2$ -гібридизації. Електронну будову нітрогрупи можна подати за допомогою двох граничних структур, в яких один з атомів Оксигену утворює з атомом Нітрогену подвійний, а другий — семіполярний зв'язок:

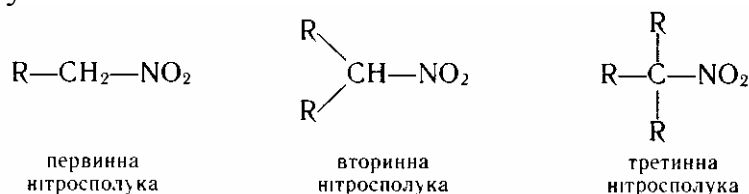


Проте в реальній молекулі хімічні зв'язки обох атомів Оксигену з атомом Нітрогену рівноцінні, що зображується формулою з дробними зарядами:



• У залежності від **природи вуглеводневого радикала**, з яким зв'язана нітрогрупа, розрізняють аліфатичні й ароматичні нітросполуки. Аліфатичні можуть бути насиченими (нітроалкани) та ненасиченими (нітроалкени, нітроалкіни). Ароматичні нітросполуки можуть вміщувати нітрогрупу, безпосередньо зв'язану з бензеновим ядром (нітроарени), та в боковому ланцюзі (нітроалкіларени).

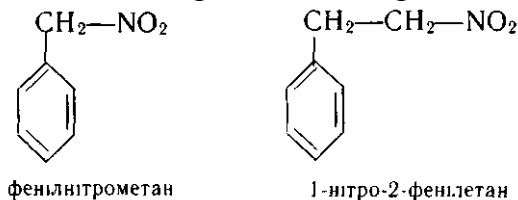
• За **розміщенням нітрогрупи у ланцюзі атомів Карбону** нітроалкани і нітроарени з нітрогрупою в боковому ланцюзі підрозділяють на первинні, вторинні і третинні нітросполуки:



### НОМЕНКЛАТУРА

• За замісничовою номенклатурою назви нітроалканів і нітросполук з нітрогрупою в бензеновому кільці утворюють додаванням префікса нітро- до назви родоначального вуглеводню з указанням положення нітрогрупи у ланцюзі атомів Карбону.

• Нітросполуки з нітрогрупою в боковому ланцюзі розглядають як похідні нітроалканів, що містять як замісник ароматичний радикал, наприклад:



### ІЗОМЕРІЯ

Ізомерія нітросполук може бути зумовлена різною структурою карбонового скелета (ізомерія ланцюга) та різним положенням нітрогрупи у ланцюзі атомів Карбону (ізомерія положення).

### НІТРОАЛКАНИ

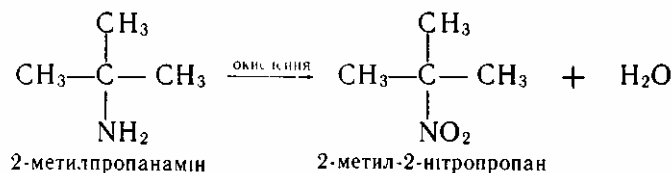
#### Способи добування

а) *нітрування алканів (реакція Коновалова)*. Реакція проходить при дії на алкани розведеної нітратної кислоти (10—25 %) при підвищених температурі та

тиску.

б) взаємодія галогеналканів з солями нітритної кислоти. Цей метод дозволяє добувати первинні та вторинні нітроалкани.

в) окиснення *трет*-алкіламінів. Цим способом добувають тільки третинні нітросполуки. Первинні аміни, що містять *трет*-алкільний вуглеводневий залишок, у присутності органічних пероксикислот окислюються, утворюючи нітроалкани:



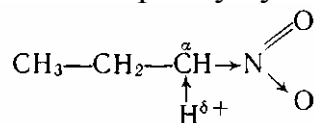
### Фізичні властивості

• Нітроалкани, як правило, являють собою безбарвні або злегка жовтуваті рідини з приємним запахом, отруйні. Вони мало розчинні у воді, але добре розчиняються у більшості органічних розчинників.

• Температури кипіння нітроалканів вищі, ніж у відповідних спиртів або карбонільних сполук.

### Хімічні властивості

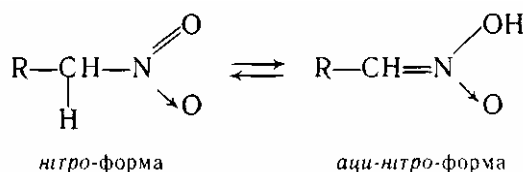
Реакційна здатність нітроалканів визначається наявністю у їх структурі нітрогрупи. Внаслідок сильних електроноакцепторних властивостей нітрогрупа активує атоми Гідрогену при  $\alpha$ -атомі Карбону вуглеводневого радикала:



Тому первинні та вторинні нітроалкани є СН-кислотами. Хімічні перетворення нітроалканів відбуваються за участю нітрогрупи і  $\alpha$ -атому Карбону.

### 1. Таутомерія та утворення солей

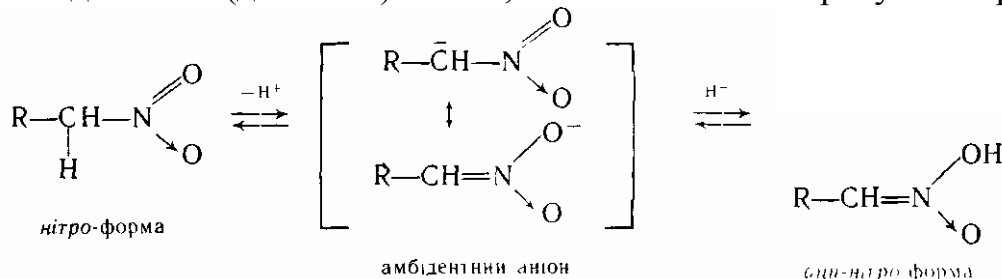
Первинні та вторинні нітроалкани є таутомерними речовинами, в яких *нітро*-форма (нітроалкан) знаходиться у рухомій рівновазі з *аци-нітро*-формою (нітроною кислотою):



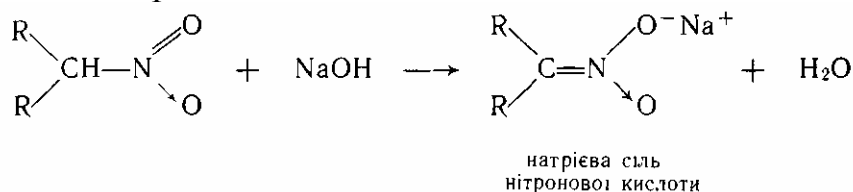
Така таутомерія дістала назву *аци-нітро*-таутомерії.

**В нейтральному середовищі рівновага звичайно майже повністю зміщена у бік *нітро*-форми.**

Перетворення *нітро*-форми на *аци-нітро*-форму проходить через стадію утворення амбідентного (двоякого) аніона, стабілізованого за рахунок спряження:

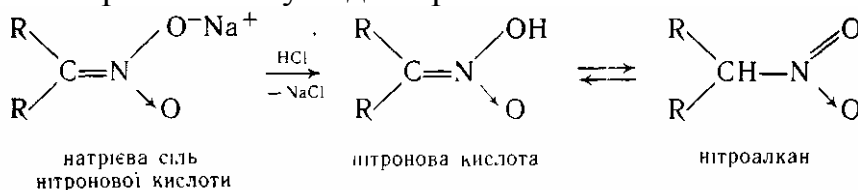


У лужному середовищі таутомерна рівновага зміщується у бік *аци-нітро-*форми. Так, первинні та вторинні нітроалкани розчиняються у водному розчині лугу, утворюючи солі нітронових кислот:



Солі нітронових кислот вибухонебезпечні.

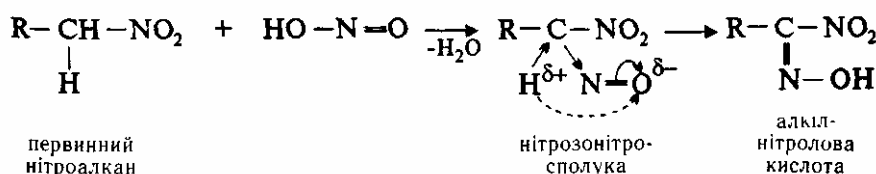
Якщо лужний розчин нітроалкану обробити мінеральною кислотою, то спочатку утворюється розчинна у воді, нестійка нітронова кислота, котра потім перетворюється на нерозчинний у воді нітроалкан:



Третинні нітроалкани не мають атомів водню при  $\alpha$ -атомі Карбону, а тому для них не характерна *аци-нітро-*таутомерія, і тому вони не розчиняються у водних розчинах лугів.

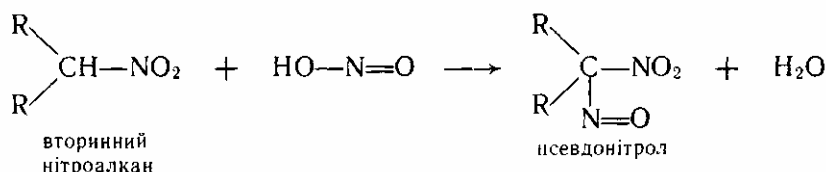
## 2. Реакція з нітритною кислотою

• Первинні нітроалкани реагують з нітритною кислотою з утворенням алкілнітролових кислот:



Алкілнітролові кислоти являють собою безбарвні кристалічні речовини. Солі нітролових кислот з лужними металами у розчині забарвлені на червоний колір.

• Вторинні нітроалкани дають з азотистою кислотою **псевдонітроли**:



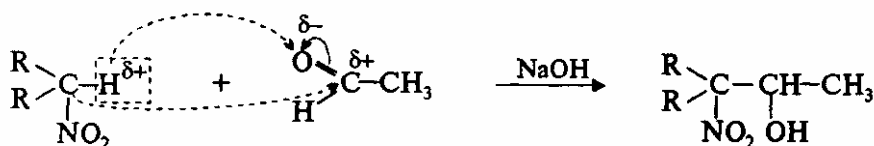
Розчини і розплави псевдонітролів забарвлені на синій колір.

• Третинні нітросполуки з азотистою кислотою не реагують.

**Реакцію з азотистою кислотою використовують, щоб відрізнити первинні, вторинні і третинні нітросполуки одні від одних.**

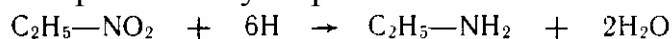
## 3. Реакція з альдегідами та кетонами

Первинні та вторинні нітроалкани в слаболужному середовищі вступають у реакцію конденсації з альдегідами і кетонами, утворюючи нітроалканоли. Ця реакція проходить по типу альдольної конденсації:



## 4. Відновлення нітроалканів

При відновленні нітроалканів утворюються алкіламіни:



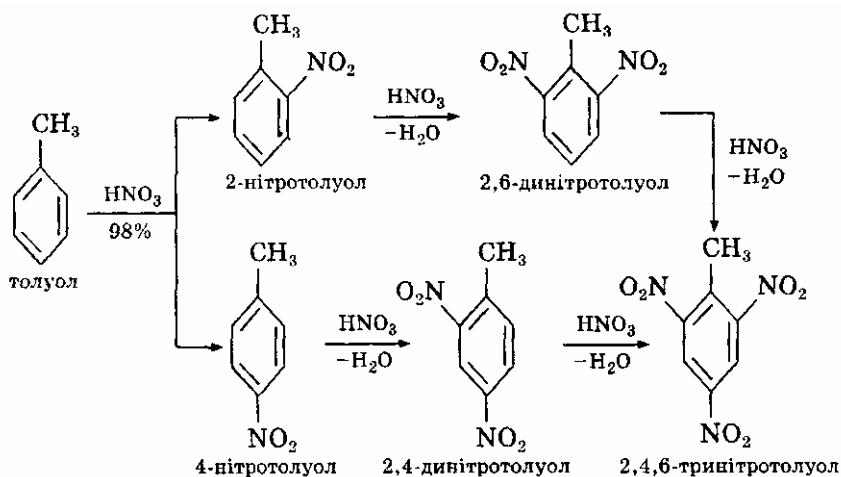
Як відновлювані застосовують станум (II) хлорид, залізо в присутності хлоридної кислоти, сульфіді лужних металів та ін.

## АРОМАТИЧНІ НІТРОСПОЛУКИ

### Способи добування

• **Нітросполуки, котрі містять нітрогрупу, сполучену з ароматичним радикалом**, добувають нітруванням аренив сумішшю концентрованих нітратної та сульфатної кислот. Для введення другої нітрогрупи потрібні жорсткіші умови: висока температура, концентровані кислоти, тривале нагрівання. Введення третьої нітрогрупи в молекулу бензену відбувається дуже важко при надлишку димлячих нітратної та сульфатної кислот.

При наявності в ядрі електродонорних замісників реакція нітрування значно полегшується. Так, при нітруванні толуену можна за звичайних умов ввести три нітрогрупи за схемою:



• Для одержання ароматичних **нітросполук, що містять нітрогрупу в боковому ланцюзі**, застосовують методи, аналогічні методам синтезу нітроалканів: нітрування гомологів бензену за умов реакції Коновалова; взаємодія арилалкілгалогенідів з солями нітритної кислоти та ін.

### Фізичні властивості

• Нітроарени, що містять у своєму складі одну нітрогрупу, являють собою рідини або кристалічні речовини, безбарвні або забарвлені на блідо-жовтий колір. Вони нерозчинні у воді, рідкі нітросполуки важчі за воду. Нітроарени мають запах гіркої мигдалю.

• Це полярні речовини з високими температурами плавлення. Нітроарени, котрі містять декілька нітрогруп (полінітросполуки), є кристалічними речовинами, забарвленими на жовтий колір. Вибухові.

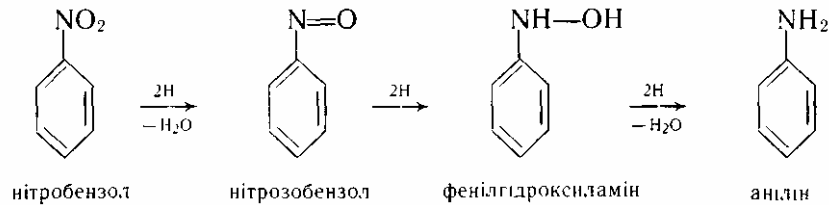
### Хімічні властивості

#### 1. Відновлення нітроаренів (реакція Зініна)

При відновленні ароматичних нітросполук утворюються ароматичні аміни. Вперше реакцію відновлення нітробензену в анілін здійснив у 1842 р. відомий російський вчений М.М. Зінін.

Як відновлювачі частіше використовують залізо, олово або цинк у хлоридній кислоті, амоній сульфід  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , натрій гідросульфід  $\text{NaHS}$ , гідразин у присутності нікелю Ренея  $\text{NH}_2\text{NH}_2/\text{Ni}$  Ренея.

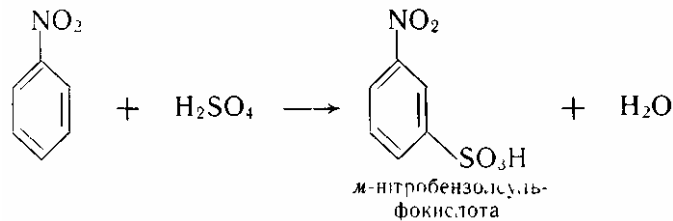




## 2. Реакції по ароматичному ядру

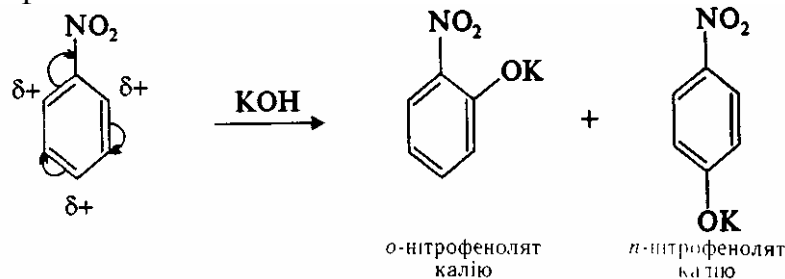
### • Реакції електрофільного заміщення ( $S_E$ )

Виявляючи електроніоакцепторні властивості ( $-I$ ,  $-M$ -ефект), нітрогрупа дезактивує бензенове ядро в реакціях, що ідуть за  $S_E$ -механізмом. Так, нітробензен не алкілується за умов реакції Фріделя — Крафтса. Проте він може вступати в реакції нітрування, галогенування, сульфування з утворенням відповідних *мета*-заміщених, наприклад:

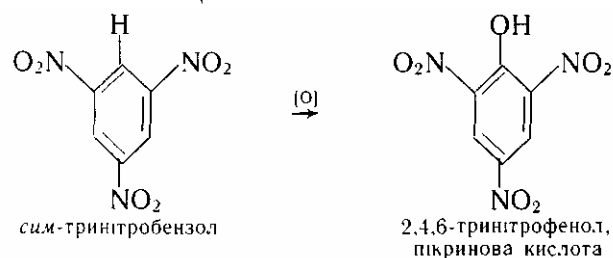


### • Реакції нуклеофільного заміщення ( $S_N$ )

При нагріванні нітробензену з твердим калій гідроксидом одержують суміш калій *о*- та *п*-нітрофенолятів:



При наявності в ядрі бензену трьох нітрогруп різко збільшується рухливість атомів Гідрогену бензенового кільця:



• Ароматичні нітросполуки, що містять нітрогрупу в боковому ланцюзі, в реакціях, які ідуть по групі -NO<sub>2</sub>, нагадують нітроалкани. Вони легко відновлюються до амінів, розчиняються в лугах з утворенням солей *аци*-нітроформи. Наявність ароматичного радикала дозволяє їм вступати в різні реакції заміщення по ароматичному ядру.

### Ідентифікація нітросполук

• Щоб відрізнити первинні, вторинні і третинні нітроалкани одні від одних хімічними методами, можна використовувати реакції їх взаємодії з лугом і нітритною кислотою. Ці ж реакції дозволяють відрізнити нітроалкани від нітроаренів, а також нітроарени від ароматичних нітросполук з нітрогрупою в боковому ланцюзі.

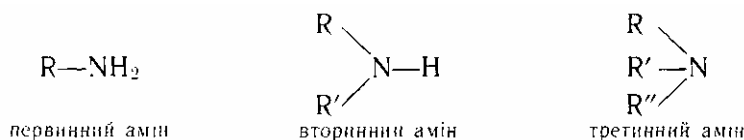
• Для ідентифікації ароматичних нітросполук, що містять нітрогрупу в ядрі,

застосовується реакція відновлення до амінів з наступними діазотуванням і азосполученням.

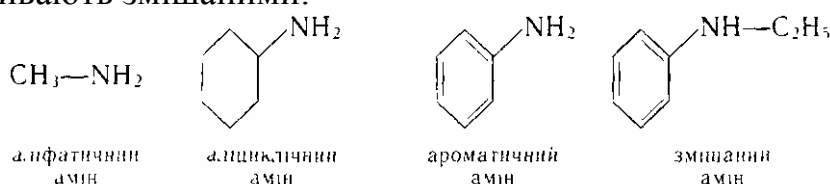
## АМІНИ

Амінами називають похідні амоніаку, в молекулі котрого один, два або три атоми Гідрогену заміщені вуглеводневими радикалами.

• В залежності від **числа вуглеводневих залишків** розрізняють первинні, вторинні та третинні аміни:



• В залежності від **природи вуглеводневих радикалів** при атомі Нітрогену аміни підрозділяють на аліфатичні, аlicиклічні й ароматичні (аренаміни). Аміни, у котрих атом Нітрогену зв'язаний з аліфатичним і ароматичним вуглеводневими радикалами, називають змішаними:



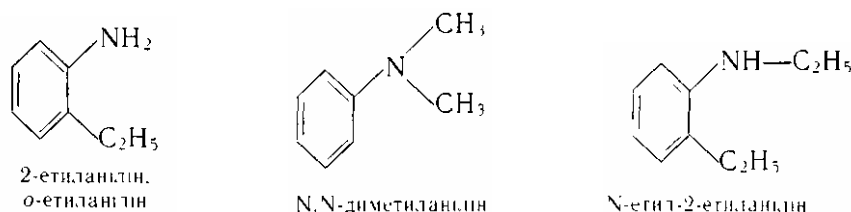
## НОМЕНКЛАТУРА

• За **замісничовою номенклатурою ІUPAC** назви первинних амінів утворюють шляхом додавання до назви вуглеводню суфікса **-амін**, з позначенням положення аміногрупи у ланцюзі атомів Карбону. При складанні назв вторинних і третинних амінів їх розглядають як похідні первинного аміну з замісниками при атомі Нітрогену. За вихідний первинний амін в цьому випадку береться зв'язаний з атомом Нітрогену найскладніший за структурою радикал. Решту вуглеводневих замісників при атомі Нітрогену перелічують в алфавітному порядку з указанням локанта N-.

Якщо сполука містить дві або три аміногрупи, то у назві їх позначають множними префіксами **-ди-** або **-три-**, які ставляться перед суфіксом **-амін**.

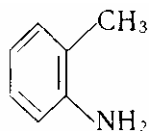
• Згідно з **радикало-функціональною номенклатурою** назви амінів утворюють з назв вуглеводневих радикалів в алфавітному порядку, та суфікса **-амін**.

• Назви первинних ароматичних амінів, а також змішаних амінів звичайно утворюють на основі назви родоначального представника - аніліну. У випадку змішаних амінів положення замісників при атомі Нітрогену позначають локантом N-:

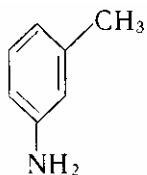


Вторинні та третинні ароматичні аміни, як правило, називають за радикало-функціональною номенклатурою.

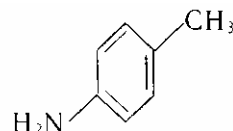
• Похідні толуолу, що містять аміногрупу в бензеновому ядрі, називають **толуїдинами**:



o-толуїдин

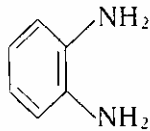


m-толуїдин

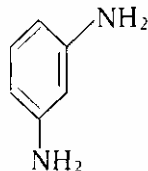


p-толуїдин

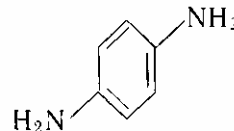
- Ароматичні діаміни звичайно називають **фенілендіамінами**:



o-фенілендіамін



m-фенілендіамін

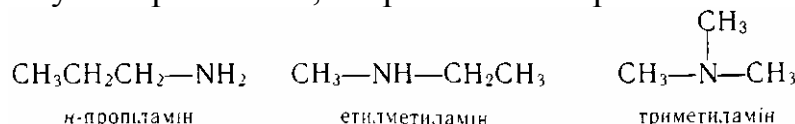


p-фенілендіамін

### ІЗОМЕРІЯ

• Ізомерія амінів зумовлена різною структурою вуглеводневих радикалів, різним положенням аміногрупи та метамерією.

• Суть метамерії полягає в тому, що аміни з одною і тою самою бруто-формулою можуть бути первинними, вторинними та третинними. Так, метамери:



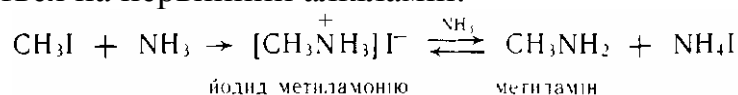
### АЛКІЛАМІНИ

Алкіламінами називають продукти заміщення одного, двох або трьох атомів Гідрогену в амоніаку алкільними групами.

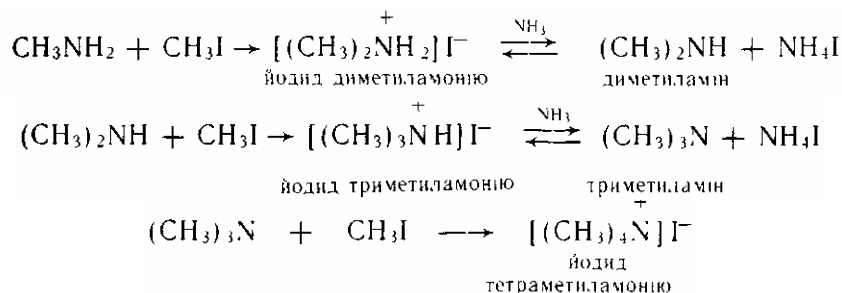
#### *Способи добування*

a) *Взаємодія галогеналканів з амоніаком (реакція Гофмана)*. При нагріванні спиртового розчину аміаку з галогеналканами утворюється суміш первинного, вторинного та третинного амінів і сіль четвертинної амонієвої основи. Цю реакцію відкрито в 1850 р. німецьким хіміком А.В. Гофманом.

Спочатку аміак з галогеналканом утворює сіль алкіламонію, котра в надлишку аміаку перетворюється на первинний алкіламін:



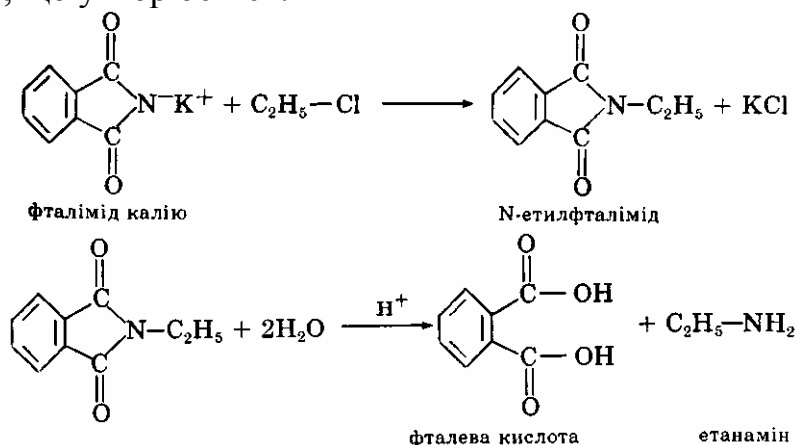
Первинний амін, який утворюється, реагує з ще одною молекулою галогеналкану і т. д. У результаті утворюється вторинний амін, потім третинний та сіль четвертинної амонієвої основи:



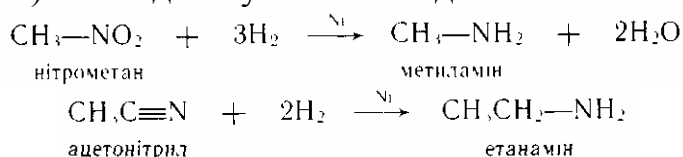
У разі великого надлишку аміаку збільшується вихід первинного аміну, при великому надлишку галогеналкану в суміші переважає сіль четвертинної амонієвої основи. Суміш первинних, вторинних і третинних амінів, яка утворюється, розділяють фракційною перегонкою.

2) *Синтез Габріеля*. Цей метод дозволяє добути первинні алкіламіни. Він ґрунтується на взаємодії фталіміду калію з галогеналканами та наступному гідролізі

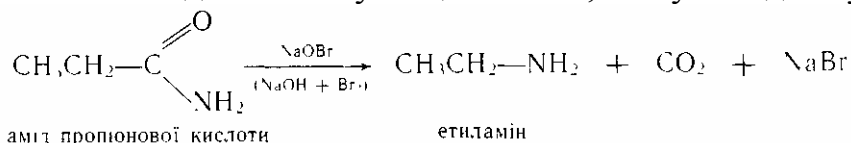
N-алкілфталіміду, що утворюється:



3) *Відновлення нітроалканів і нітрилів.* При відновленні нітроалканів і нітрилів утворюються первинні аміни. Відновлення проводять воднем у присутності каталізатора (Ni, Pd, Pt) або воднем у момент виділення:



4) *Розщеплення незаміщених амідів карбонових кислот гіпобромітом натрію (перегрупування Гофмана).* При обробці незаміщених амідів карбонових кислот гіпобромітом натрію (або сумішшю броду та гідроксиду натрію) утворюються первинні аміни, в яких на один атом вуглецю менше, ніж у вихідному аміді:

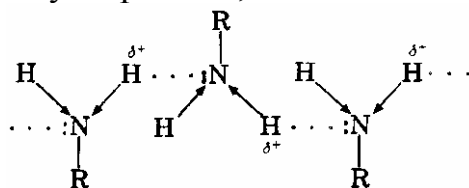


### Фізичні властивості

- За звичайних умов метиламін, диметиламін і триметиламін є безбарвними газами, алкіламіни з 4 - 15 атомами Карбону - рідини, вищі аміни - тверді речовини. Нижчі аміни добре розчинні у воді, зі збільшенням молекулярної маси розчинність знижується, а вищі аміни нерозчинні у воді.

- Газоподібні аміни мають запах амоніаку, рідкі аміни мають різкий неприємний запах, який дещо нагадує запах оселедцевого розсолу, тверді - не мають запаху.

- Температури кипіння третинних амінів значно нижчі, ніж у первинних і вторинних з тим самим числом атомів вуглецю. Це пов'язане зі здатністю первинних і вторинних амінів утворювати, подібно до спиртів, водневі зв'язки:



Проте у зв'язку з тим, що електронегативність атома Нітрогену менша, ніж атома Оксигену, аміни утворюють менш міцні асоціати, ніж відповідні спирти. Третинні аміни не мають атома Гідрогену при Нітрогені, тому вони не здатні до асоціації.

### Хімічні властивості

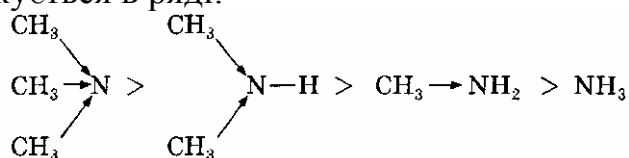
Реакційна здатність алкіламінів визначається головним чином наявністю при атомі Нітрогену неподіленої пари електронів. За рахунок пари електронів атома Нітрогену аміни, з одного боку, здатні приєднувати протон від кислоти, виявляючи при цьому основні властивості, а з іншого - можуть атакувати в молекулі реагенту електрофільний центр (частіше атом Карбону, що несе частковий або повний позитивний заряд) та утворювати хімічний зв'язок з ним, виявляючи нуклеофільні властивості.

Через порівняно низьку електронегативність атома азоту та + /-ефекту з боку алкільних груп зв'язок N—H в алкіламінах поляризований незначно. Тому первинні та вторинні алкіламіни є дуже слабкими NH-кислотами.

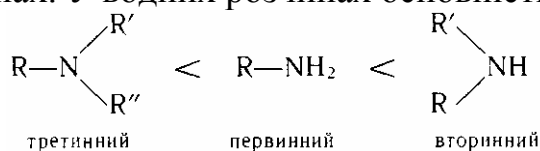
#### 1. Основність

Будучи похідними амоніаку, алкіламіни, подібно до амоніаку, виявляють яскраво виявлені основні властивості, котрі зумовлені наявністю на атомі Нітрогену неподіленої пари електронів. Причому алкіламіни є сильнішими основами, ніж амоніак.

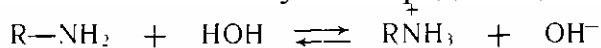
Третинні алкіламіни, котрі мають три донорні замісники, є сильнішими основами, ніж вторинні, а вторинні, в свою чергу, сильнішими, ніж первинні та аміак. Основність знижується в ряді:



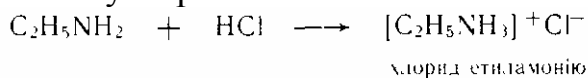
Така закономірність зміни основності алкіламінів спостерігається в газовій фазі та в неводних розчинах. У водних розчинах основність зростає в ряді:



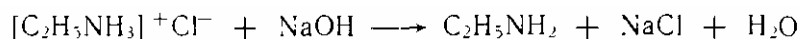
Водні розчини алкіламінів мають лужне середовище:



З кислотами алкіламіни утворюють солі алкіламонію:



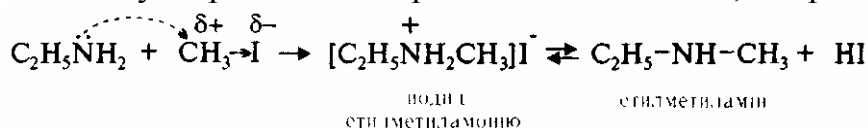
При дії на амонієву сіль сильної основи, наприклад натрій гідроксиду, вивільняється вихідний амін:



Реакцію солеутворення з наступним виділенням вільного аміну часто використовують для очистки амінів.

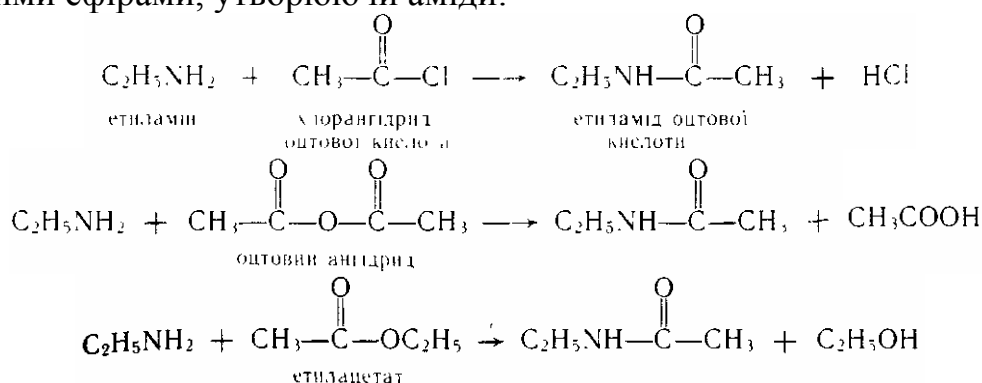
#### 2. Реакції з електрофільними реагентами

• Взаємодія з галогеноалканами. За допомогою цієї реакції в структуру аміну вводять алкільний замісник і тому вона дістала назву **реакції алкілування**. При взаємодії з галогеноалканами первинні аміни перетворюються на вторинні, вторинні - в третинні, а третинні - утворюють четвертинні амонієві солі, наприклад:



Аналогічно вторинний амін алкілується з утворенням третинного, а третинний - з утворенням четвертинної амонієвої солі.

• Ацилування. Первинні та вторинні алкіламіни вступають в реакцію з функціональними похідними карбонових кислот - галогенангідрідами, ангідридами або складними ефірами, утворюючи амід:



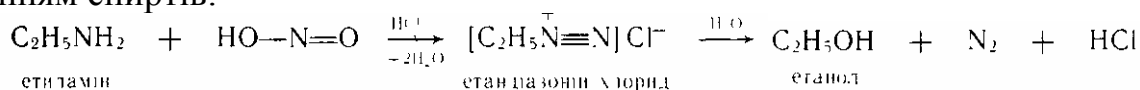
У процесі реакції атом Гідрогену при Нітрогені у молекулі аміну заміщується

на залишок карбонової кислоти  $\text{R—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—}$ , званий **ацильною групою**. Реакції, за допомогою котрих у молекулу органічної речовини вводиться ацильна група, називають **реакціями ацилування**.

Третинні аміни не містять при атомі Нітрогену атома Гідрогену і через це в реакцію ацилування не вступають.

• Взаємодія з азотистою кислотою. З азотистою кислотою реагують первинні та вторинні алканаміни. Оскільки азотиста кислота дуже нестійка, звичайно її добувають безпосередньо в процесі реакції взаємодією солей азотистої кислоти ( $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{KNO}_2$ ) з будь-якою сильною мінеральною кислотою, частіше хлороводневою або сірчаною.

При дії азотистої кислоти на первинні алканаміни виділяється вільний азот і утворюються спирти. Реакція проходить через стадію утворення нестійких солей алкїлдіазонію, котрі у водному середовищі розкладаються з виділенням азоту та утворенням спиртів:

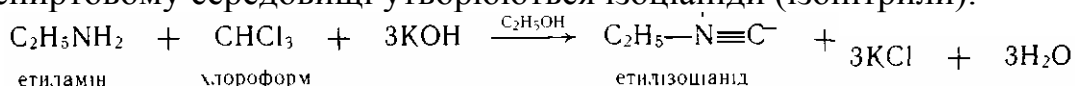


Вторинні алканаміни в реакції з азотистою кислотою утворюють N-нітросоаміни:



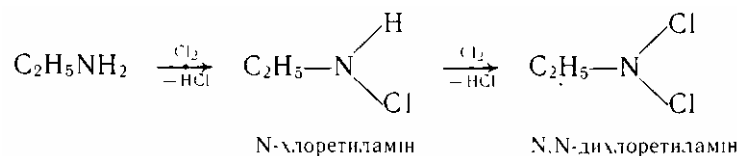
Третинні алканаміни за звичайних умов з азотистою кислотою не реагують. Реакція взаємодії алкіламінів з азотистою кислотою може бути використана для відрізняння первинних, вторинних і третинних амінів одне від одного.

• Ізонітрильна реакція. Ця реакція характерна тільки для первинних амінів. При нагріванні первинних алкіламінів з хлороформом в присутності лугів ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ) в спиртовому середовищі утворюються ізоціаніди (ізонітрили):



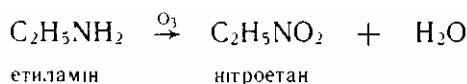
• N-галогенування. При взаємодії первинних і вторинних алкіламінів з галогенами ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ) або гіпогалогенітами ( $\text{NaOCl}$ ,  $\text{NaOBr}$ ) атоми водню при азоті заміщуються на атоми галогену та утворюються N-галогено- або N,N-

дигалогеноаміни:

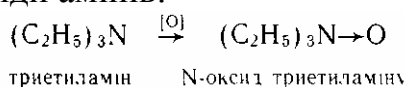
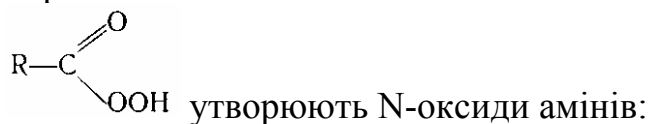


### 3. Окиснення алкіламінів

Первинні алкіламіни при окисненні озonom утворюють з високим виходом нітроалкани:



Третинні алкіламіни при окисненні гідроген пероксидом або пероксикислотами



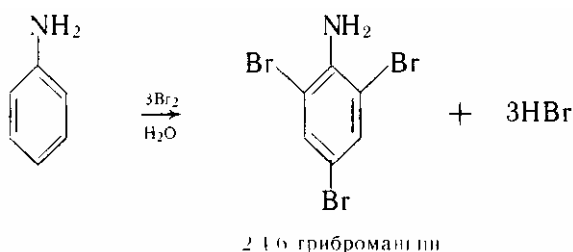
При окисненні за більш жорстких умов первинні, вторинні та третинні алкіламіни утворюють альдегіди, кетони або карбонові кислоти.

### АРИЛАМІНИ

**Арилами́нами називають похідні амоніаку, в молекулі котрого один або три атоми Гідрогену заміщені залишками ароматичних вуглеводнів.**

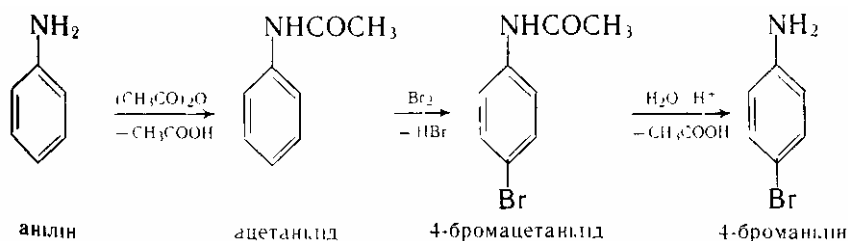
Для ариламінів характерні реакції за участю атому Нітрогену та реакції електрофільного заміщення по ароматичному ядру, властиві ароматичним вуглеводням. Аміногрупа в молекулі ариламіну за рахунок виявлення +M-ефекту виступає як сильний електронодонор у відношенні до бензенового кільця та тим самим активізує його реакційну здатність в реакціях електрофільного заміщення. Через це арилами́ни вступають у реакції електрофільного заміщення значно легше, ніж бензол. Будучи орієнтантом I роду, аміногрупа спрямовує електрофільне заміщення в *орто*- і *пара*-положення.

• Галогенування. Анілін легко реагує з галогенами (Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>) у відсутності каталізатора, утворюючи 2,4,6-тригалогенопохідні. Так, при обробці аніліну бромною водою практично з кількісним виходом утворюється осад 2,4,6-триброманіліну:

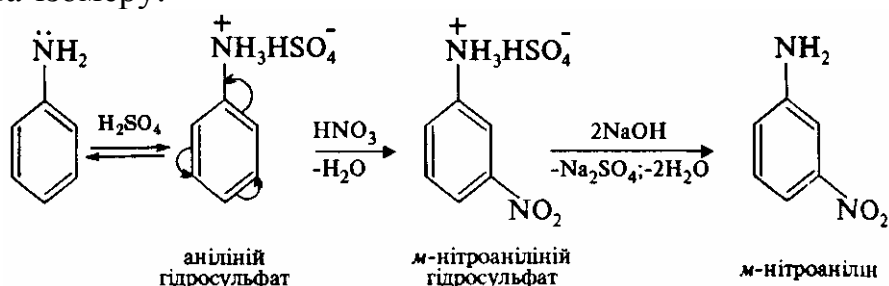


Хлор у водних розчинах окиснює анілін, тому хлорування з утворенням 2,4,6-трихлораніліну здійснюють дією хлору в неводних розчинниках, наприклад в чотирьохлористому вуглеці.

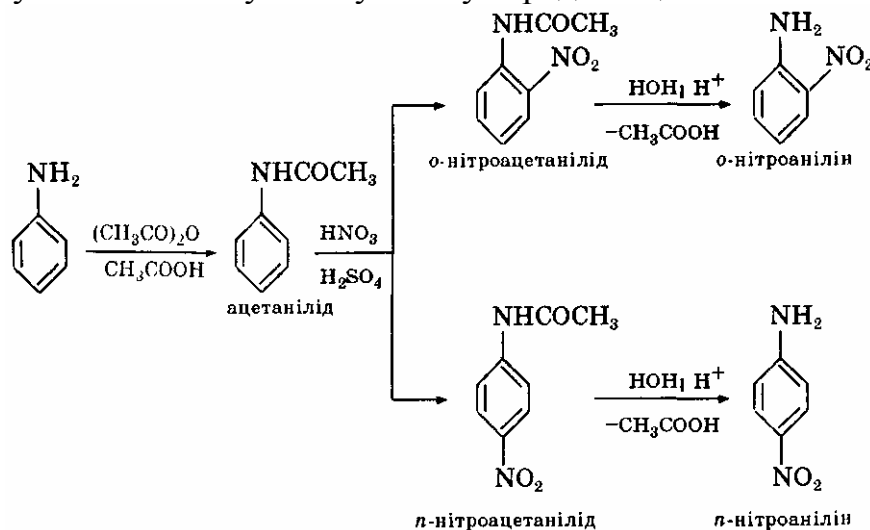
Для добування моногалогенозаміщених ариламінів спочатку переводять в N-ацильні похідні, частіше в N-ацетильні, котрі потім галогенують і гідролізують. N-Ацетиламіногрупа є орієнтантом I роду, але її активуючий вплив на бензенове кільце значно менший, ніж аміногрупи:



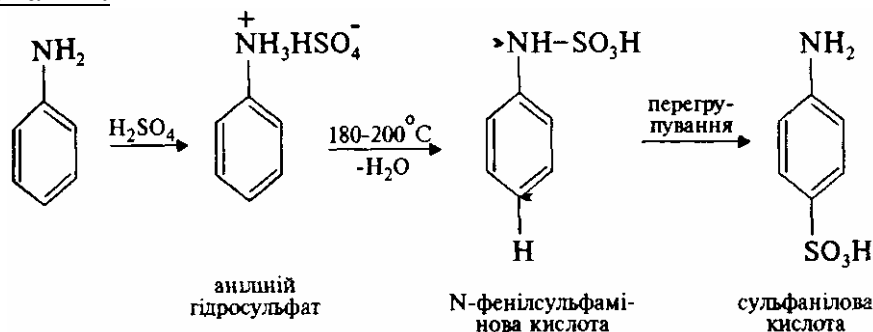
• **Нітрування.** У порівнянні з нітруванням ароматичних вуглеводнів нітрування ариламінів має ряд особливостей. Враховуючи, що ароматичні аміни легко окиснюються концентрованою азотною кислотою, пряме нітрування їх азотною кислотою здійснити неможливо. При використанні як нітруючого реагенту нітруючої суміші арилами́ни, поряд з окисними процесами, які частково відбуваються, перетворюються на ариламонійні солі. Амонійна група, будучи електроноакцепторним замісником, утруднює нітрування та сприяє утворенню переважно мета-ізомеру:



З метою захисту аміногрупи від процесів окиснення та протонування по атому Нітрогену ароматичні аміни спочатку ацетилують. Після нітрування N-ацильні похідні гідролізують в кислому або лужному середовищі:



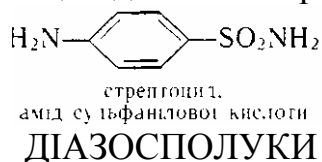
• **Сульфування:**



Сульфанілова кислота широко застосовується у виробництві барвників і лікарських засобів. Вона є структурним фрагментом великої групи лікарських препаратів антибактеріальної дії, відомих під назвою сульфанілами́ди.



Родоначальником сульфаніламідних препаратів є амід сульфанілової кислоти, застосовуваний у медичній практиці під назвою стрептоцид:



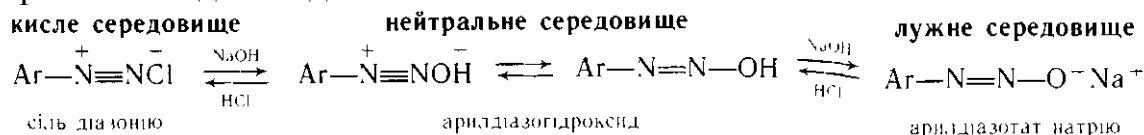
### ДІАЗОСПОЛУКИ

**Діазосполуками називають органічні речовини, що містять у своїй структурі угруповання з двох атомів Нітрогену, сполучене з вуглеводневим радикалом і залишком мінеральної кислоти.**

Загальна формула діазосполук  $\text{RN}_2\text{X}$ , де R — вуглеводневий радикал, X — залишок мінеральної кислоти ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4\text{H}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{SO}_3\text{H}^-$ ,  $\text{SH}^-$ ). В залежності від природи вуглеводневого радикала розрізняють аліфатичні й ароматичні діазосполуки. Ароматичні діазосполуки мають велике значення в синтезі барвників, лікарських препаратів, у фармацевтичному аналізі та ін.

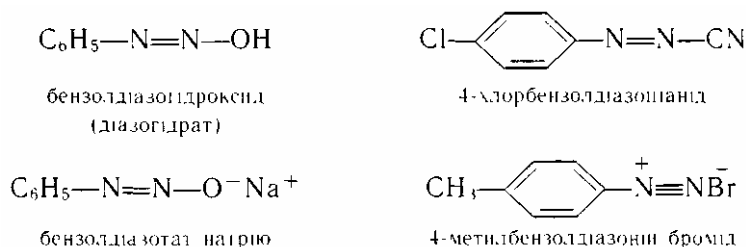
#### **Ароматичні діазосполуки**

Загальна формула ароматичних діазосполук  $\text{ArN}_2\text{X}$ . В залежності від природи кислотного залишку (аніона) зв'язок між  $\text{ArN}_2$  та X може бути іонним або ковалентним. Якщо X — залишок сильної мінеральної кислоти ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4\text{H}^-$ ), то діазосполуки мають іонну будову і їх називають **солі діазонію** —  $\text{Ar}-\text{N}=\text{N}^+\text{X}^-$ . Якщо ж X — залишок слабкої мінеральної кислоти ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{SO}_3\text{H}^-$ ,  $\text{SH}^-$ ), діазосполуки мають ковалентну будову —  $\text{Ar}-\text{N}=\text{N}-\text{X}$ . Діазосполуки загальної формули  $\text{Ar}-\text{N}=\text{N}-\text{O}^-\text{M}^+$ , де M — метал, дістали назву **діазотати**. У розчині указані форми діазосполук, у залежності від pH середовища, можуть перетворюватись одне в одне:

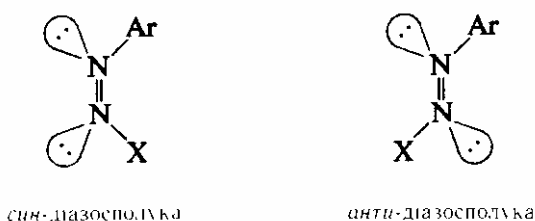


### НОМЕНКЛАТУРА ТА ІЗОМЕРІЯ

Згідно з номенклатурними правилами ІЮПАК, назви ароматичних діазосполук утворюють шляхом додавання до назви вихідного вуглеводню суфікса — **діазо-**, а у випадку солей діазонію — суфікса **-діазоній-** з подальшим указанням аніона:



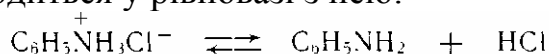
Ковалентно побудовані діазосполуки можуть існувати у вигляді двох геометричних ізомерів — *син-* (*цис-*) і *анти-* (*транс-*), з яких стійкішою є *анти-*форма:



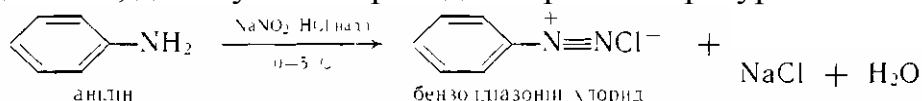
### СОЛІ АРЕНДІАЗОНІЮ

### Способи добування

**Реакція діазотування.** Ця реакція була відкрита у 1858 р. німецьким хіміком П. Гриссом. Реакція діазотування основана на взаємодії **первинних ароматичних амінів** з азотистою кислотою в середовищі сильної мінеральної кислоти, частіше хлороводневої або сірчаної. Оскільки сама азотиста кислота дуже нестійка, на практиці звичайно ароматичний амін обробляють розчином солі азотистої кислоти ( $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{KNO}_2$ ) у присутності сильної мінеральної кислоти, причому на один моль аміну використовують це менше 2,5 моля мінеральної кислоти. Один моль мінеральної кислоти витрачається на добування азотистої кислоти, один — на утворення солі діазонію, а надлишок кислоти необхідний для утворення кислого середовища. Мінеральна кислота бере також участь у розчиненні ароматичного аміну, однак у реакції діазотування вступає не сіль аміну, а вільний амін, який у невеликій кількості знаходиться у рівновазі з нею:



Реакція діазотування екзотермічна та оскільки солі діазонію при нагріванні легко розкладаються, діазотування проводять при температурі  $0\text{—}5\text{ }^\circ\text{C}$ :

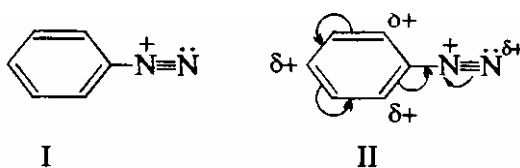


### Фізичні властивості

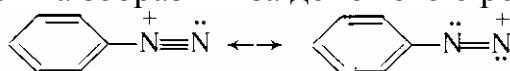
Солі діазонію — безбарвні кристалічні речовини, легко розчинні у воді. Вони нестабільні, при нагріванні і механічних діях розкладаються з вибухом. Тому в реакціях звичайно використовують їх свіжоприготовані водні розчини.

### Хімічні властивості

Реакційна здатність солей діазонію зумовлена наявністю в їх структурі діазокатіона. Обидва атоми Нітрогену знаходяться у стані *sp*-гібридизації. При цьому один з них містить позитивний заряд, а другий — має неподілену пару електронів (формула I). Позитивний заряд катіона делокалізований в основному між атомами Нітрогену та лише частково за рахунок  $\pi$ -електронної системи бензенowego кільця (формула II):



В результаті делокалізації кожний з атомів Нітрогену набуває часткового позитивного заряду, що можна зобразити за допомогою резонансних структур:



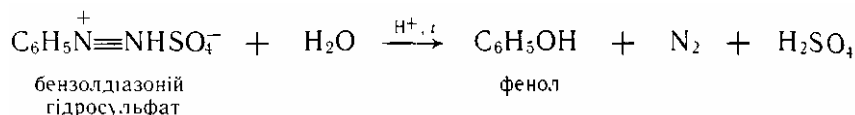
Реакції за участю солей діазонію можна умовно розділити на дві групи: реакції, які проходять з виділенням азоту; реакції, котрі ідуть без виділення азоту.

#### 1. Реакції з виділенням азоту

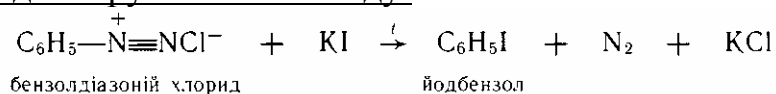
Реакції солей діазонію з виділенням азоту супроводжуються розривом зв'язку  $\text{C—N}$  у діазокатіоні та заміщенням діазогрупи на інші атоми або групи атомів.

Реакції солей діазонію з виділенням азоту дозволяють ввести в ароматичне ядро різні замісники, такі, як  $-\text{OH}$ ,  $-\text{F}$ ,  $-\text{Cl}$ ,  $-\text{Br}$ ,  $-\text{I}$ ,  $-\text{CN}$ ,  $-\text{NO}_2$ ,  $-\text{OR}$  та ін.

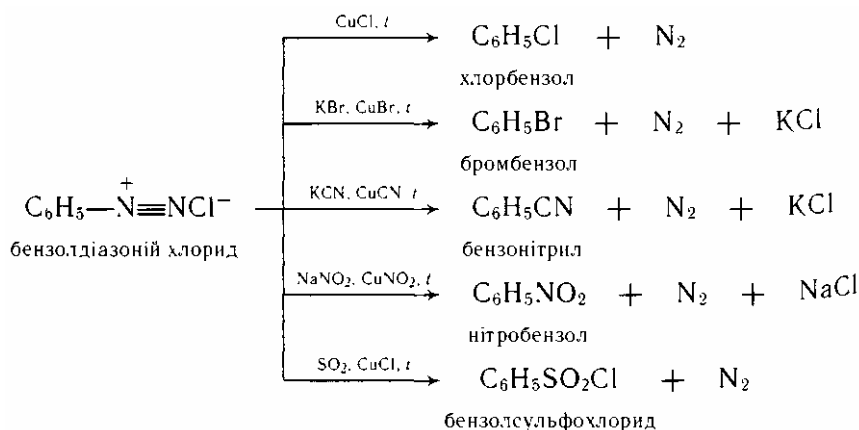
- Заміщення діазогрупи на гідроксильну групу:



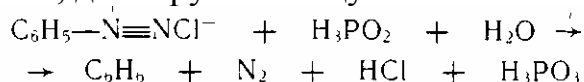
- Заміщення діазогрупи на атом йоду:



- Заміщення діазогрупи, що каталізується солями одновалентної міді (реакція Зандмейера):

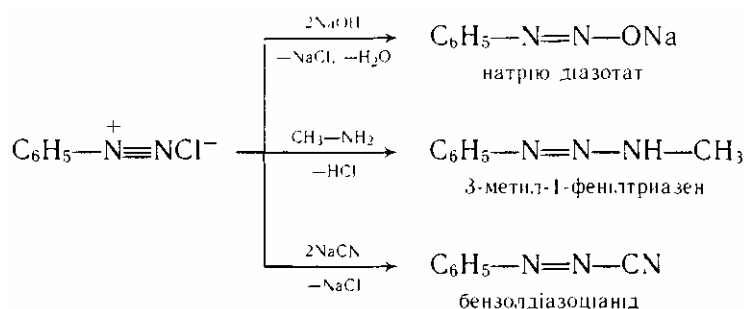


- Заміщення діазогрупи на атом Гідрогену. При нагріванні солей діазонію з відновлюючими агентами, такими, як фосфорноватиста кислота  $\text{H}_3\text{PO}_2$ , формальдегід, спирти та ін., діазогрупа заміщується на атом водню:

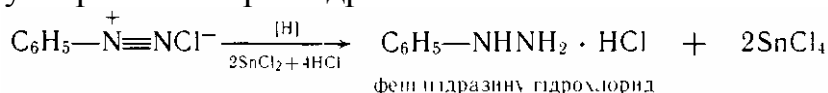


## 2. Реакції без виділення азоту

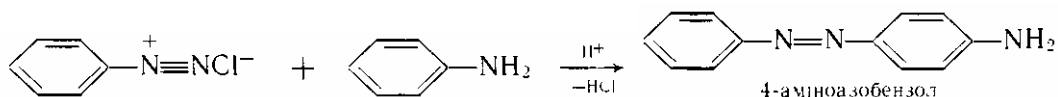
- Утворення діазопохідних. Будучи електрофільними реагентами, солі діазонію вступають у реакції з різними нуклеофільними реагентами, утворюючи діазопохідні:

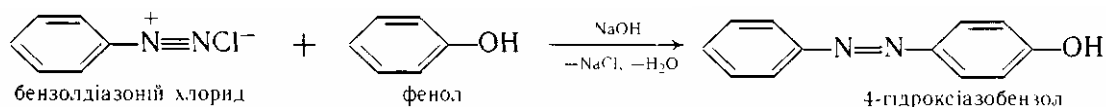


- Відновлення солей діазонію. При відновленні солей діазонію за м'яких умов, наприклад, дією станум (II) хлориду у хлороводневій й кислоті або цинкового пилу в оцтовій кислоті, утворюються арилгідазини:



- Реакція азосполучення. Солі діазонію реагують з фенолами у слабколужному середовищі та ароматичними амінами у слабкокислому середовищі, утворюючи азосполуки  $\text{Ar}-\text{N}=\text{N}-\text{Ar}$ . Ця реакція дістала назву реакції азосполучення:





У випадку первинних і вторинних ароматичних амінів поряд з атакою бензенового кільця діазокатіон конкурентно атакує атом Нітрогену аміногрупи. В результаті цієї атаки утворюються діазоаміносполуки (триазени), які при нагріванні у кислому середовищі піддаються перегрупуванню з утворенням азосполук:



Використовуючи у реакції азосполучення різні діазо- і азоскладові, можна добути велику кількість азосполук. З огляду на те що всі азосполуки є забарвленими речовинами, реакція азосполучення широко застосовується у фармацевтичному аналізі для підтвердження справжності лікарських препаратів, що містять у своєму складі первинну ароматичну аміногрупу.

### АЗОСПОЛУКИ

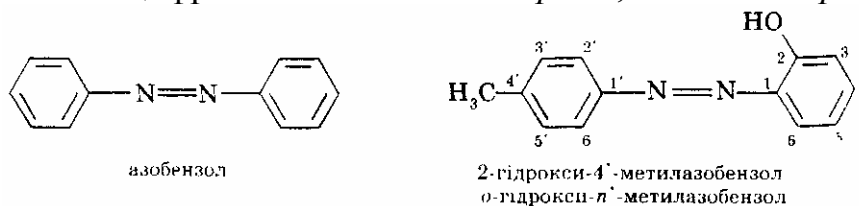
Азосполуками називають органічні речовини, які містять у своєму складі угруповання  $\text{—N=N—}$  (азогрупа), зв'язане з двома вуглеводневими радикалами.

В залежності від природи вуглеводневого радикала, розрізняють аліфатичні й ароматичні азосполуки.

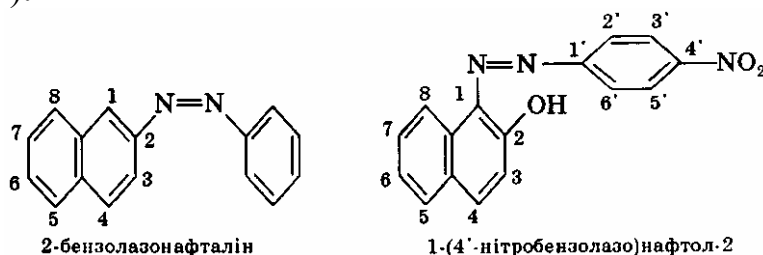
### АРОМАТИЧНІ АЗОСПОЛУКИ

Ароматичні азосполуки мають загальну формулу  $\text{Ar—N=N—Ar}'$ .

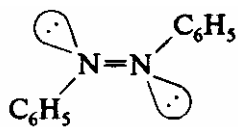
Назви азосполук з однаковими вуглеводневими радикалами складають з префікса **азо-** та назви вуглеводню. Положення замісників у вуглеводневих радикалах позначають цифрами або локантами *орто-*, *мета-* та *пара-*:



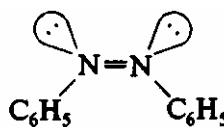
Азосполуки з різними вуглеводневими радикалами при азогрупі розглядають як похідні вуглеводню зі складнішою структурою, що містять як замісники ареназо-групу ( $\text{Ar—N=N—}$ ):



Як і інші сполуки, що містять угруповання  $\text{—N=N—}$ , азосполуки існують у вигляді двох геометричних ізомерів — *син-* (*цис-*) і *анти-* (*транс-*). Так, азобензол (т. пл. 68 °С) являє собою *анти-* ізомер. При опромінюванні його УФ-світлом він переходить у *син-* ізомер (т. пл. 71 °С):



анти-азобензол



син-азобензол

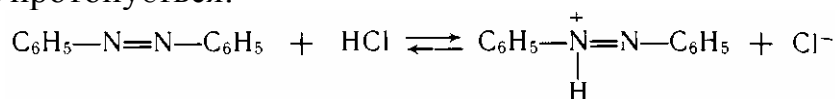
Син-ізомер нестабільний та швидко перетворюється на анти-ізомер.

### Способи добування

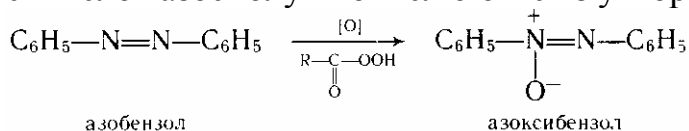
**Реакція азосполучення.** Це найважливіший спосіб добування азосполук, який широко використовується в промисловості.

### Хімічні властивості

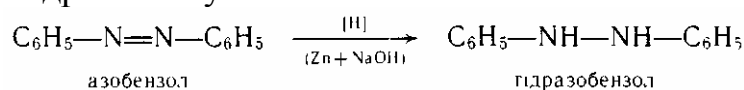
Реакційна здатність азосполук зумовлена наявністю в їх структурі азогрупи — N=N—. За рахунок неподілених пар електронів на атомах Нітрогену азогрупи азосполуки виявляють слабкі основні властивості. У присутності мінеральних кислот азогрупа протонується:



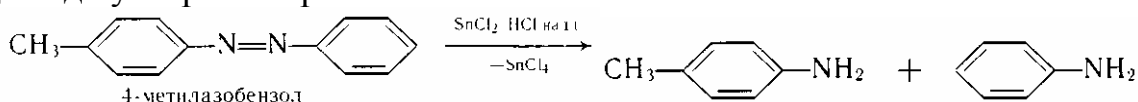
За участю азогрупи азосполуки вступають у реакції окислення та відновлення. Під дією пероксикислот азосполуки окислюються з утворенням азоксисполук:



При відновленні азосполук за м'яких умов, наприклад, дією цинку в розчинах лугів, утворюються гідразосполуки:



Відновлення хлоридом олова (II) в середовищі хлороводневої кислоти приводить до утворення ариламінів:

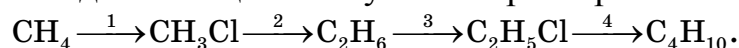


## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

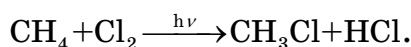
### Приклади розв'язання

**Приклад 1.** Наведіть рівняння реакцій добування бутану з метану та неорганічних речовин.

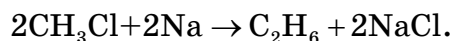
Розв'язання: Складемо ланцюг наступних перетворень:



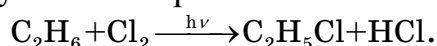
1. Реакція хлорування метану проходить при УФ-випромінюванні або нагріванні (300°C) за ланцюговим вільнорадикальним механізмом. Хлоруванням метану добуємо хлорометан:



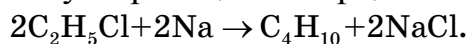
2. Під час нагрівання хлорометану з металічним натрієм утворюється етан (реакція Вюрца):



3. При хлоруванні етану добуємо хлороетан:

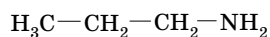


4. Бутан добуваємо з хлороетану за реакцією Вюрца:

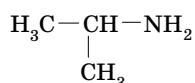


**Приклад 2.** Складіть структурні формули всіх ізомерних амінів складу  $C_3H_9N$  та дайте їм назви.

Розв'язання: Складу  $C_3H_9N$  відповідають два первинних, вторинний та третинний аміни. В первинних амінах тільки один атом Гідрогену в амоніаку заміщений на радикал:

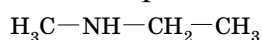


1) *n*-пропіламін ;



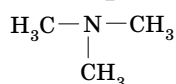
2) ізопропіламін .

У вторинному аміні два атоми Гідрогену в амоніаку заміщені на радикали:



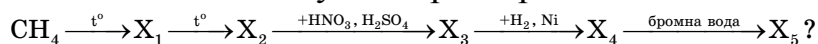
3) етилметиламін .

У третинному аміні три атоми Гідрогену в амоніаку заміщені на радикали:



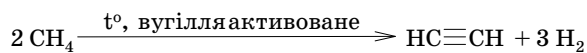
4) триметиламін .

**Приклад 3.** Як здійснити наступні перетворення:

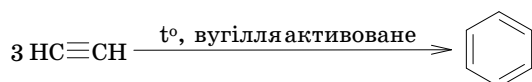


**Напишіть рівняння відповідних реакцій. Визначте кінцевий продукт  $X_5$ .**

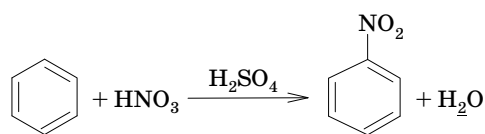
Розв'язання:



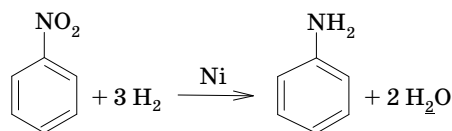
1)  $X_1$  ;



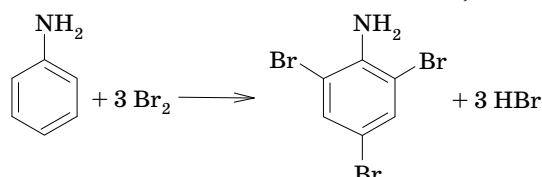
2)  $X_2$  ;



3)  $X_3$  ;



4)  $X_4$  ;



5)  $X_5$  .

Остання реакція (5) є якісною реакцією на анілін. Внаслідок його бромовання утворюється білий осад 2,4,6-триброманіліну ( $x_5$ ).

**Приклад 4.** Суміш етану та етилену об'ємом 200 мл (нормальні умови) знебарвила бромну воду масою 25 г. Розрахуйте об'ємну частку етилену в суміші, якщо масова частка бромну в бромній воді дорівнює 3,2%.

Дано:  $V(\text{суміші})=200$  мл (н.у.);  $m(\text{бромної води})=25$  г;  $\omega(\text{Br}_2) = 3,2\%$  або 0,032

$\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) - ?$

Розв'язання: 1. Визначаємо масу бромну, що міститься в бромній воді:

$$m(\text{Br}_2) = \frac{m(\text{бромної води}) \cdot \omega(\text{Br}_2)}{100\%};$$

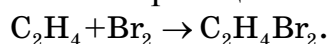
$$m(\text{Br}_2) = \frac{25 \text{ г} \cdot 3,2\%}{100\%} = 0,8 \text{ г}.$$

2. Визначаємо кількість речовини бромну:

$$\nu(\text{Br}_2) = \frac{m(\text{Br}_2)}{M(\text{Br}_2)};$$

$$\nu(\text{Br}_2) = \frac{0,8 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,005 \text{ моль}.$$

3. З бромною водою легко взаємодіє тільки етилен з утворенням 1,2-дибромоетану. Складаємо рівняння відповідної хімічної реакції:



Згідно рівнянню реакції:

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_4) = \nu(\text{Br}_2) = 0,005 \text{ моль}.$$

4. Визначаємо об'єм етилену за нормальних умов:

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = \nu(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot V_m;$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,005 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,112 \text{ л}; 112 \text{ мл}.$$

5. Визначаємо об'ємну частку етилену у вихідній газовій суміші:

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{V(\text{C}_2\text{H}_4)}{V(\text{суміші})};$$

$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{112 \text{ мл}}{200 \text{ мл}} = 0,56 \text{ або } 56\%.$$

Відповідь: об'ємна частка етилену в суміші дорівнює 56%.

**Приклад 5.** Під час взаємодії метану об'ємом 2,24 л (нормальні умови) з нітратною кислотою добуто нітрометан масою 5,2 г. Визначте масову частку виходу продукту.

Дано:  $V(\text{CH}_4)=2,24$  л (н.у.);  $m_p(\text{CH}_3\text{NO}_2)=5,2$  г

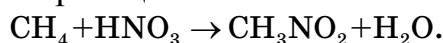
$\eta(\text{CH}_3\text{NO}_2) - ?$

Розв'язання: 1. Визначаємо кількість речовини вихідного метану:

$$\nu(\text{CH}_4) = \frac{V(\text{CH}_4)}{V_m};$$

$$\nu(\text{CH}_4) = \frac{2,24 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,1 \text{ моль}.$$

2. Складаємо рівняння хімічної реакції:



Згідно рівнянню реакції

$$\nu(\text{CH}_3\text{NO}_2) = \nu(\text{CH}_4) = 0,1 \text{ моль}.$$

3. Визначаємо практичну масу нітродметану, що міг би утворитись при кількісному виході:

$$m(\text{CH}_3\text{NO}_2) = \nu(\text{CH}_3\text{NO}_2) \cdot M(\text{CH}_3\text{NO}_2);$$
$$m(\text{CH}_3\text{NO}_2) = 0,1 \text{ моль} \cdot 61 \text{ г/моль} = 6,1 \text{ г}.$$

4. Визначаємо масову частку виходу нітродметану за формулою:

$$\eta(\text{CH}_3\text{NO}_2) = \frac{m_p(\text{CH}_3\text{NO}_2) \cdot 100\%}{m(\text{CH}_3\text{NO}_2)};$$
$$\eta(\text{CH}_3\text{NO}_2) = \frac{5,2 \text{ г} \cdot 100\%}{6,1 \text{ г}} = 85\%.$$

Відповідь: масова частка виходу продукту нітродметану дорівнює 85%.