

**Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет агрономії та захисту рослин  
Кафедра агрохімії**

# **ХІМІЯ**

## **НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

**для самостійного вивчення дисципліни  
здобувачами першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти денної та заочної форм навчання  
здобувачів галузей знань: G «Інженерія, виробництво та будівництво»,  
H «Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина», а  
також для спеціальностей: E2 «Екологія», E4 «Науки про Землю»  
(Друге видання, перероблене і доповнене)**

**Харків – 2025**

**Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет агрономії та захисту рослин  
Кафедра агрохімії**

# **ХІМІЯ**

## **НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

**для самостійного вивчення дисципліни  
здобувачами першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти денної та заочної форм навчання  
здобувачів галузей знань: G «Інженерія, виробництво та будівництво»,  
H «Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина», а  
також для спеціальностей: E2 «Екологія», E4 «Науки про Землю»  
(Друге видання, перероблене і доповнене)**

**Затверджено  
рішенням вченої ради ДБТУ  
(протокол № 11 від 26.06.2025)**

**Харків – 2025**

УДК 54.01  
С 24

Схвалено  
на засіданні кафедри агрохімії  
Протокол № 10 від 30.04.2025 р.

**Рецензенти:**

**О.В. Циганков**, д-р хім. наук, професор, завідувач кафедри органічної хімії, біохімії, лакофарбових матеріалів та покриттів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

**О.І. Юрченко**, д-р хім. наук, професор, завідувач кафедри хімічної метрології ХНУ ім. В.Н. Каразіна;

**М.В. Шевченко**, д-р с.-г.наук, професор, завідувач кафедри землеробства та гербології ім. О.М. Можейка ДБТУ.

**С24** Хімія : навчальний посібник для **самостійного вивчення** дисципліни здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання здобувачів галузей знань: **Г** «Інженерія, виробництво та будівництво», **Н** «Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина», а також для спеціальностей: **Е2** «Екологія», **Е4** «Науки про Землю» / Держ. біотехн. ун-т ; Уклад. Я.О. Свіцова, Н.Л. Хименко. 2-ге вид., переробл. і допов. Харків : ДБТУ, 2025. – 340 с.

*У навчальному посібнику наведено теоретичний та практичний із загальної, неорганічної, органічної, аналітичної, фізичної та колоїдної хімії, що необхідні для засвоєння спеціальних дисциплін, розуміння процесів росту й розвитку рослин, фізіології мінерального живлення, процесів біогенної міграції елементів, розглянуто основні механізми та закони хімічних перетворень у природі, можливість прогнозування перебігу процесів у системі «тунт – рослина–тварина– людина», взаємозв'язок між будовою та функціями біологічно важливих сполук, сполуки біологічно важливих елементів у живій та неживій природі, розуміти механіку ґрунтів, розраховувати опір будівельних матеріалів. Навчальний посібник призначено для здобувачів галузей знань: **Г** «Інженерія, виробництво та будівництво», **Н** «Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина», а також для спеціальностей: **Е2** «Екологія», **Е4** «Науки про Землю».*

УДК 54.01

**Відповідальний за випуск:** Свіцова Я.О., канд. хім. наук, доцент кафедри агрохімії

© Свіцова Я.О., Хименко Н.Л., 2025

© Державний біотехнологічний університет, 2025

## Зміст

Вступ .....	6
Тема 1. Класи неорганічних сполук.....	7
1.1. Оксиди .....	7
1.2. Кислоти .....	9
1.3. Основи .....	11
1.4. Солі .....	13
Тема 2. Будова атома. Хімічний зв'язок .....	20
2.1. Розподіл електронів в атомі .....	20
2.2. Періодичний закон. Періодична система хімічних елементів	23
2.3. Хімічний зв'язок .....	26
Тема 3. Хімічні закони .....	32
Тема 4. Окисно-відновні реакції .....	43
Тема 5. Комплексні сполуки .....	50
Тема 6. Лужні та лужно-земельні метали.....	59
6.1. Хімічні властивості лужних металів .....	59
6.2. Хімічні властивості лужно-земельних металів .....	60
6.3. Хімічні властивості сполук берилію.....	60
Тема 7. Метали побічних підгруп .....	64
7.1. Елементи I В підгрупи .....	64
7.2. Елементи II В підгрупи .....	65
7.3. Елементи III В підгрупи .....	66
7.4. Елементи IV В підгрупи .....	66
7.5. Елементи V В підгрупи .....	68
7.6. Елементи VI В підгрупи .....	69
7.7. Елементи VII В підгрупи .....	70
7.8. Елементи VIII В підгрупи .....	71
Тема 8. Елементи III–IV .....	75
8.1. Елементи III А підгрупи .....	75
8.2. Елементи IV А підгрупи .....	77
Тема 9. Елементи V–VI груп .....	84
Тема 10. Елементи VII–VIII груп. ....	95
Тема 11. Розчини. Концентрації розчинів .....	103
Тема 12. Колоїдні розчини .....	110
Тема 13. Хімічна термодинаміка і термохімія .....	115
Тема 14. Швидкість хімічної реакції. Хімічна рівновага .....	123
Тема 15. Розчини електролітів. Електролітична дисоціація .....	134
Тема 16. Розчини неелектролітів .....	145
Тема 17. Поверхневі явища. Адсорбція .....	150
Тема 18. Алкани .....	159
18.1. Циклоалкани .....	164
Тема 19. Алкени .....	169

19.1. Алкадієни .....	174
Тема 20. Алкіни .....	178
Тема 21. Арени .....	186
Тема 22. Галогенпохідні вуглеводнів .....	193
Тема 23. Спирти, феноли, етери .....	196
23.1. Феноли.....	204
23.2. Етери .....	208
Тема 24. Аміни .....	212
Тема 25. Карбонільні сполуки (альдегіди і кетони) .....	220
25.1. Ароматичні карбонільні сполуки .....	225
Тема 26. Карбонові кислоти. Естери .....	230
26.1. Монокарбонові насичені кислоти .....	232
26.2. Дикарбонові насичені кислоти .....	234
26.3. Ненасичені карбонові кислоти .....	234
26.4. Ароматичні кислоти .....	235
26.5. Гідроксикислоти .....	236
26.6. Оксокислоти .....	240
26.7. Методи отримання карбонових кислот .....	241
26.8. Естери .....	242
Тема 27. Амінокислоти .....	247
Тема 28. Вуглеводи .....	251
Рекомендована література .....	261
Словник термінів .....	262
Предметний покажчик .....	336

## Вступ

Мета викладання навчальної дисципліни “Хімія” – дати здобувачам основні знання із загальної, неорганічної, органічної, фізичної та колоїдної хімії, що необхідні для засвоєння спеціальних дисциплін, розуміння процесів росту й розвитку рослин, фізіології мінерального живлення, процесів біогенної міграції елементів, а також вивчення основних класів біологічно важливих органічних та неорганічних сполук, характеристик хімічних процесів.

Основними завданнями вивчення дисципліни “Хімія” є вивчення основних механізмів та законів хімічних перетворень у природі, можливість прогнозування перебігу процесів, взаємозв’язок між будовою та функціями біологічно важливих сполук. Необхідно вивчити сполуки біологічно важливих елементів у живій та неживій природі, навчитись моделювати процеси, що відбуваються в системі «грунт – рослина – людина», сформувати у здобувачів систему знань з раціонального ведення сільського, лісового та садово-паркового господарства, розуміння функцій не лише корисних елементів живлення, а й негативної ролі елементів-токсикантів. За умовами вивчення курсу «Хімія» здобувачі повинні:

### **знати:**

- сучасні теоретичні положення про будову атома, хімічний зв’язок;
- основні закони хімічної кінетики і термодинаміки;
- властивості електролітів і неелектролітів;
- властивості елементів та їх найважливіших сполук;
- номенклатуру, будову та властивості органічних речовин;
- природу хімічного зв’язку в координаційних сполуках та координаційні можливості біометалів;
- методи якісного та кількісного аналізу;
- характеристики окисно-відновного процесу;
- будову та властивості координаційних сполук;
- причини токсичної дії важких металів та механізм адаптації рослин до них.

### **вміти:**

- користуватися навчальною, науковою та методичною літературою із загальної, неорганічної, фізичної та органічної хімії;
- користуватися лабораторним обладнанням, посудом, реактивами;
- самостійно розбиратися в хімічних процесах, отримувати додаткову до лекційного матеріалу інформацію;
- самостійно проводити хімічний експеримент, проводити статистичну обробку результатів дослідження;
- висловлювати свою професійну думку, передавати відповідну інформацію колегам і аудиторії.

# Тема 1. КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

*Неорганічні сполуки* – хімічні сполуки, які не містять атомів Карбону, ковалентно зв'язаних із атомами Гідрогену. Усі неорганічні сполуки за подібністю їхнього складу та хімічних властивостей об'єднують в окремі групи, або класи. Проте жоден з використовуваних принципів поділу не є вичерпним. Усі неорганічні речовини можна поділити на дві групи: прості та складні. Прості речовини: метали та неметали. Найважливіші класи складних неорганічних речовин – оксиди, кислоти, основи і солі.

## 1.1. Оксиди

*Оксиди* – це складні сполуки, до складу яких входять два хімічні елементи, один з яких Оксиген зі ступенем окиснення –2. Класифікацію оксидів наведено на рис.1.

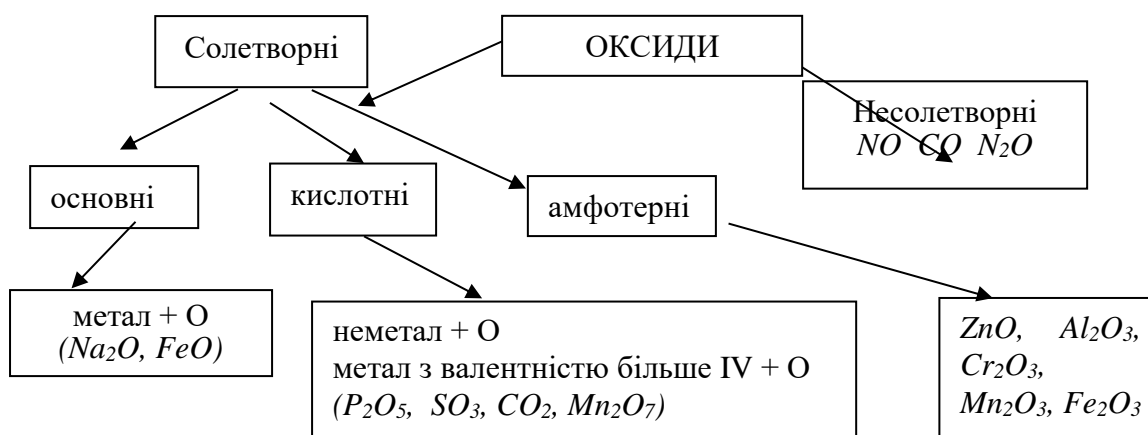
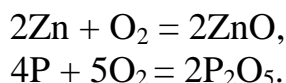


Рис. 1. Оксиди

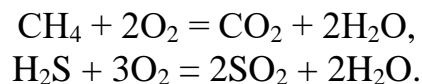
Назва оксидів складається з латинської назви елемента, який утворив оксид (у називному відмінку) та слова «оксид». Якщо елемент утворює декілька оксидів, то ступінь окиснення елемента вказують у дужках римськими цифрами або вказують кількість атомів Оксигену (давньогрецькими числівниками), які припадають на один атом іншого елемента (метод кількісних приставок): CO – карбон (II) оксид або карбон оксид, CO<sub>2</sub> – карбон (IV) оксид або карбон діоксид.

### *Отримання оксидів*

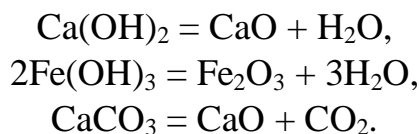
1. Безпосереднє сполучення елементів з киснем:



2. Окиснення складних сполук:



3. Розпад гідроксидів та солей оксигеновмісних кислот при нагріванні:



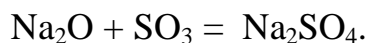
### ***Хімічні властивості оксидів***

*Основні оксиди взаємодіють:*

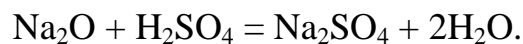
1. З водою з утворенням відповідних основ (лугів):



2. З кислотними оксидами з утворенням солей:

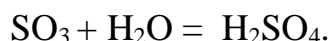


3. З кислотами з утворенням солей:



*Кислотні оксиди взаємодіють:*

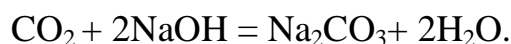
1. З водою з утворенням відповідних кислот (виняток – сіліцій (IV) оксид):



2. З основними оксидами з утворенням солей:



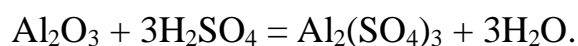
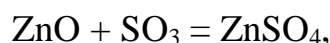
3. З основами (лугами) з утворенням солі та води:



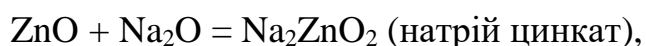
### ***Хімічні властивості амфотерних оксидів:***

Амфотерні оксиди мають властивості основних і кислотних оксидів, але не реагують з водою. *Амфотерні оксиди реагують:*

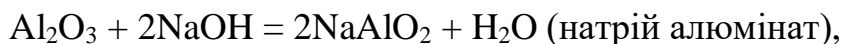
1. З кислотними оксидами і кислотами:



2. З основними оксидами при сплавлінні:



3. З основами (лугами). При сплавлінні:



в розчині:



## 1.2. Кислоти

*Кислоти* – це складні хімічні сполуки, що складаються з одного або декількох атомів Гідрогену та кислотного залишку.

Кислоти можуть бути рідинами ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), твердими ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) і газоподібними речовинами ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Кислоти добре розчиняються у воді, за виключенням силікатної кислоти  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ . Розчини кислот мають кислий смак, змінюють колір індикаторів метилового оранжевого і лакмусу в червоний.

Кислоти бувають безоксигенові та оксигеновмісні.

До безоксигенових кислот належать кислоти, які у своєму складі не містять атомів Оксигену, наприклад,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

До оксигеновмісних кислот належать кислоти, які у своєму складі містять атоми Оксигену, наприклад,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

*Основність кислоти* означається кількістю атомів Гідрогену, здатних заміщуватися на атом металу:

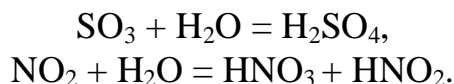
- одноосновні кислоти –  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HNO}_3$ ;
- двоосновні кислоти –  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ;
- трьохосновні кислоти –  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

### *Номенклатура кислот*

Для безоксигенових кислот систематична назва складається з латинської назви кислотоутворюючого елемента із закінченням -ідна (-идна) та слова кислота:  $\text{HF}$  – фторидна (флуоридна) кислота,  $\text{H}_2\text{S}$  – сульфідна кислота,  $\text{HCN}$  – ціанідна кислота. Номенклатура для оксигеновмісних кислот складається з латинської назви кислотного залишку та слова «кислота». Якщо кислотоутворювальний елемент утворює дві оксигеновмісних кислоти і має вищий ступінь окиснення, то назва кислотного залишку закінчується на -атна:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – сульфатна кислота,  $\text{HNO}_3$  – нітратна кислота; а якщо елемент у кислоті має не вищий ступінь окиснення, то -ітна (-итна):  $\text{HNO}_2$  – нітритна кислота,  $\text{H}_2\text{SO}_3$  – сульфитна кислота. Якщо елемент утворює більш ніж дві оксигеновмісних кислоти, то для найнижчого ступеня окиснення у назві ставиться префікс гіпо-, а для найвищого – пер-:  $\text{HClO}$  – гіпохлоритна кислота,  $\text{HClO}_2$  – хлоритна кислота,  $\text{HClO}_3$  – хлоратна кислота,  $\text{HClO}_4$  – перхлоратна кислота. Якщо одному ступеню окиснення елемента відповідають дві кислоти з різними основностями, то назва кислоти з вищою основністю має префікс орто-, а з нижчою – мета-.  $\text{H}_3\text{BO}_3$  – ортоборатна кислота,  $\text{HBO}_2$  – метаборатна кислота,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  – ортофосфатна кислота,  $\text{HPO}_3$  – метафосфатна кислота.

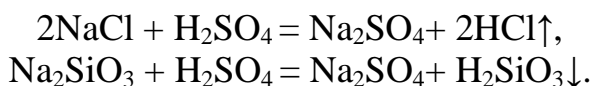
## Отримання кислот

1. Безпосередня взаємодія кислотних оксидів (ангідридів кислот) з водою:

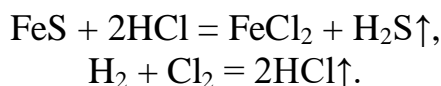


Таким способом можна одержувати кислоти тільки в тому випадку, коли ангідрид безпосередньо взаємодіє з водою. При цьому слід мати на увазі, що при одержанні деяких кислот залежно від умов одна молекула ангідриду може реагувати з одною, двома і більше молекулами води. Унаслідок цього молекула кислоти, що утворюється, може містити різну кількість атомів Гідрогену і Оксигену при незмінній валентності кислотоутворювального елемента.

1. Взаємодія кислот з солями – спосіб отримання летких та нерозчинних кислот:



2. Безоксигенні кислоти можна одержати як їх витісненням з солей іншими кислотами, так і безпосереднім сполученням елементів з наступним розчиненням отриманих кислот у воді:



## Хімічні властивості кислот

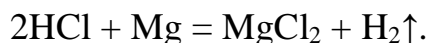
*Кислоти взаємодіють:*

1. З металами, які розташовані в ряді напруг металів до водню. Ряд напруг металів наступний:



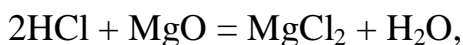
Активність металів зменшується 

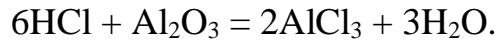
При цьому утворюється сіль та виділяється водень:



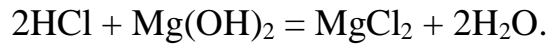
При взаємодії металів з нітратною (концентрованою або розведеною) та концентрованою сульфатною кислотою водень ніколи не виділяється. Отримання продуктів реакції залежить від активності металів.

1. Взаємодіють з основними та амфотерними оксидами з утворенням солі і води:



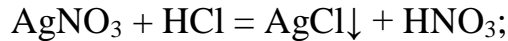


2. Взаємодіють з основами з утворенням солі і води. Реакція між кислотою та основою називається реакцією нейтралізації:



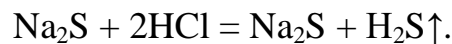
3. Реакція між кислотою та сіллю з утворенням солі і кислоти відбувається, якщо:

а) утворюється осад, нерозчинний у кислотах:



б) кислота сильніша, ніж та, яка входить до складу солі. Ряд активності кислот наступний:

сила кислот збільшується



4. При нагріванні деякі кислоти розпадаються:



### 1.3. Основи

*Основи (або гідроксиди)* – це складні хімічні сполуки, до складу яких входять атоми металу і одна або декілька гідроксидних груп ( $\text{OH}^-$ ). Загальна формула основ  $\text{Me}(\text{OH})_n$ . Основи поділяються на розчинні (луги), наприклад,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{KOH}$  і нерозчинні, наприклад,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ .

Кількістю груп  $\text{OH}$  у молекулі основи визначають її кислотність:

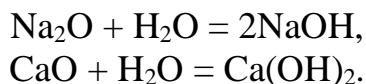
- однокислотні основи –  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ;
- двокислотні основи –  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ;
- трикислотні основи –  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

#### *Номенклатура основ*

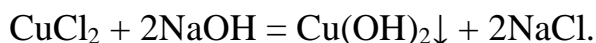
Назва основ складається з латинської назви металу, який утворив основу (у називному відмінку), та слова «гідроксид». Якщо метал утворює декілька основ, то після назви металу в дужках римськими цифрами вказують ступінь його окиснення або кількість гідроксильних груп грецьким числівником:  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  – ферум (II) гідроксид або ферум дигідроксид,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  – ферум (III) гідроксид або ферум тригідроксид. Назви основ за традиційною та систематичною номенклатурами збігаються.

## Отримання основ

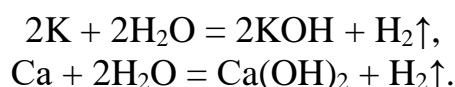
1. Сполучення основних оксидів з водою з утворенням лугів:



2. Взаємодія лугів з розчинами солей. Цим способом користуються в лабораторіях, коли відповідний оксид з водою безпосередньо не взаємодіє, а гідроксид, що утворюється, – нерозчинний.

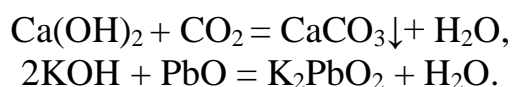


3. При безпосередній взаємодії лужних та лужноземельних металів з водою утворюються луги:

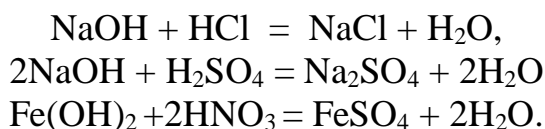


## Хімічні властивості основ

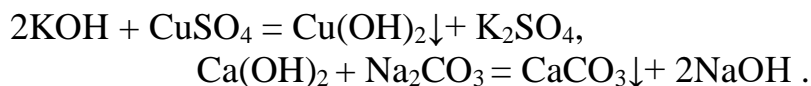
1. Основи (луги) взаємодіють з кислотними оксидами з утворенням солі та води:



2. Основи взаємодіють з кислотами з утворенням солі та води – реакція нейтралізації:



3. Луги взаємодіють з розчинними солями з утворенням нерозчинної сполуки (солі або основи):



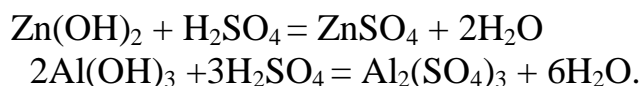
4. У промисловості гідроксиди натрію і калію отримують електролізом водних розчинів хлоридів цих металів:



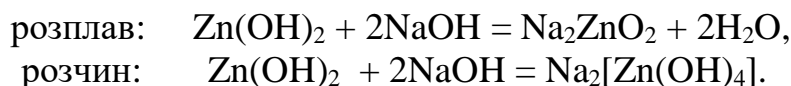
*Амфотерні основи* – це основи, які мають властивості кислоти або основи залежно від природи речовини, з якою вони взаємодіють.

## *Хімічні властивості амфотерних основ*

1. Взаємодіють з кислотами з утворенням солі і води (прояв основних властивостей):



2. Взаємодіють з основами (лугами) з утворенням солі і води (прояв кислотних властивостей), наприклад, для цинк гідроксиду:



### **1.4. Солі**

Солі – це хімічні сполуки, які складаються з атомів металу і кислотного залишку. Солі поділяються на:

- середні ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{BaSO}_4$ );
- кислі ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ );
- основні ( $\text{Cu(OH)Cl}$ ,  $\text{Al(OH)}_2\text{Cl}$ );
- подвійні солі ( $\text{NaKCO}_3$ ,  $\text{KAl(SO}_4)_2$ );
- змішані солі ( $\text{Ca(ClO)Cl}$ );
- комплексні солі ( $\text{K}_3[\text{Fe(CN)}_6]$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe(CN)}_6]$ ,  $[\text{Ag(NH}_3)_2]\text{Cl}$ ).

#### *Номенклатура солей*

Назви середніх солей складаються із латинської назви катіона у називному відмінку. Якщо катіон може мати різну валентність, то її вказують у дужках римськими цифрами після назви катіона. Наприкінці додають назву кислотного залишку з урахуванням префіксів і суфікси, які були у відповідних кислотах:  $\text{KClO}$  – калій гіпохлорит,  $\text{KClO}_2$  – калій хлорит,  $\text{KClO}_3$  – калій хлорат,  $\text{KClO}_4$  – калій перхлорат,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  – натрій ортофосфат,  $\text{NaPO}_3$  – натрій метафосфат.

Назви кислих солей утворюються з латинської назви катіона, за необхідності зазначають його ступінь окиснення. Далі додають слово «Гідроген». Якщо атомів Гідрогену декілька, то їх чисельність зазначають грецьким числівником. Наприкінці наводять назву кислотного залишку, таким же чином, як і для середніх солей:  $\text{Cu}_2\text{HPO}_4$  – купрум (II) Гідроген-ортофосфат,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  – натрій дигідрогенортофосфат.

Назви основних солей починаються з латинської назви катіона у називному відмінку (якщо необхідно, вказують ступінь його окиснення римськими цифрами в дужках). Потім додається слово «гідроксид», якщо гідроксогруп декілька, то вказують їх кількість грецьким числівником. Наприкінці додають назву кислотного залишку (таким же чином, як і для

середніх солей):  $Zn(OH)_2Cl$  – цинк гідроксидхлорид,  $Al(OH)_2Cl$  – алюміній дигідроксидхлорид,  $Bi(OH)_2NO_3$  — бісмут (III) дигідроксиднітрат.

Назви подвійних солей складаються з латинських назв та переліку катіонів в алфавітному порядку і назви кислотного залишку за традиційною номенклатурою:  $MgNH_4PO_4$  – амоній магній фосфат.

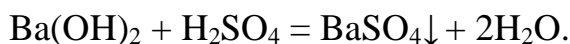
Назви змішаних солей будують з латинської назви катіона та переліку назв кислотних залишків:  $Ca(ClO)Cl$  – кальцій хлоридгіпохлорид.

Якщо сіль у своєму складі містить кристалізаційну воду, то кількість молекул кристалізаційної води вказують грецькими числівниками: одна – моногідрат; дві – дигідрат; три – тригідрат; чотири – тетрагідрат; п'ять – пентагідрат; шість – гексагідрат; сім – гептагідрат; вісім – октагідрат; дев'ять – нонагідрат; десять – декагідрат; дванадцять – декагідрат.

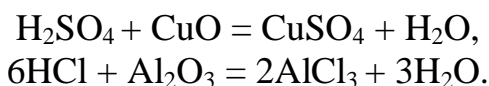
Наприклад:  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  – купрум (II) сульфат пентагідрат.

### *Отримання солей*

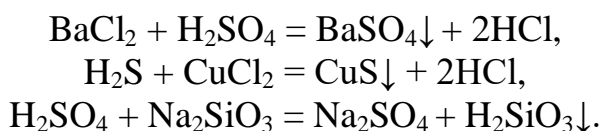
1. Реакцією нейтралізації – при взаємодії кислоти з основою:



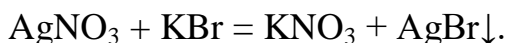
2. Взаємодією кислот з основними і амфотерними оксидами:



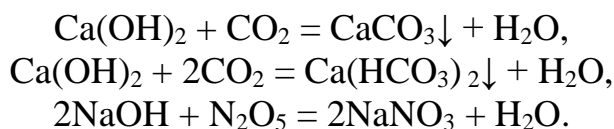
3. Взаємодією кислот з солями:



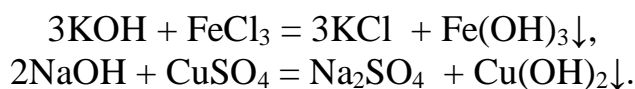
4. Взаємодією двох розчинних солей з утворенням однієї нерозчинної:



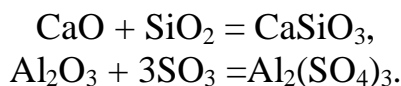
5. Взаємодією основ (лугів) з кислотними оксидами:



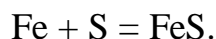
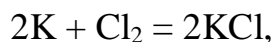
6. Взаємодією лугів з солями:



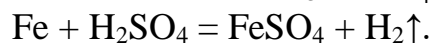
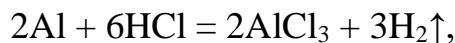
7. Взаємодією основних та амфотерних оксидів з кислотними оксидами:



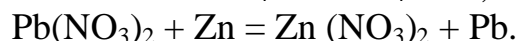
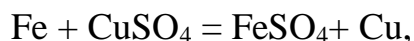
8. При безпосередній взаємодії металів з неметалами VI і VII груп:



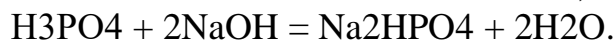
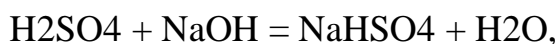
9. Взаємодією металів з кислотами з урахуванням ряду активності металів:



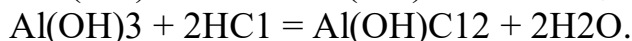
10. Взаємодією активних металів з розчинами солей з урахуванням ряду активності металів:



11. Отримання кислих солей відбувається при неповному заміщенні багатоосновних кислот:



12. Отримання основних солей відбувається при неповному заміщенні багатокислотних основ:

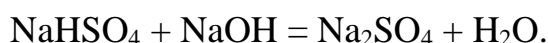


13. Взаємоперетворення середніх та кислих солей:

– при додаванні до середньої солі кислоти, що містить такий самий кислотний залишок, спостерігається утворення кислої солі:



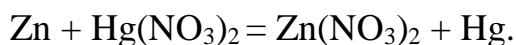
– при додаванні до кислої солі лугу, що містить такий самий метал, спостерігається утворення середньої солі:



### ***Хімічні властивості солей***

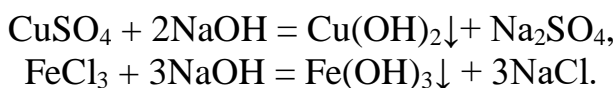
*Соли взаємодіють:*

1. З металами: метал, який реагує повинен знаходитись у ряді напруг металів більш ліворуч за метал, який входить до складу солі:

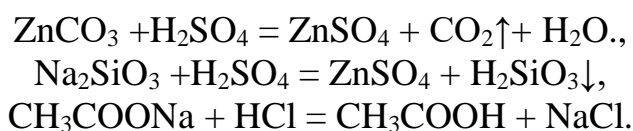


Для таких реакцій не можна брати дуже активні метали. Наприклад: Li, Na, K, Ba, Ca, які більш активно реагують з водою.

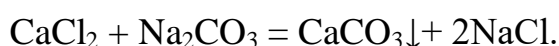
2. З лугами з утворенням нової солі і нової основи (унаслідок реакції повинна утворитись нерозчинна сполука):



3. З кислотами за умови, що в складі солі є кислотний залишок від більш слабкої кислоти. Крім того, унаслідок реакції повинна виконатись одна з трьох умов: виділитись газ, утворитись осад або слабкий електроліт:



4. Розчинні солі взаємодіють між собою з утворенням нових солей, якщо в результаті реакції одна з них утворює осад:

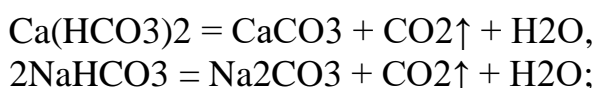


5. При нагріванні деякі солі розпадаються. Продукти розпаду залежать від природи кислотного залишку:

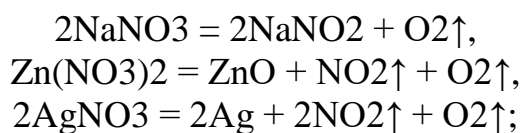
– карбонати (крім карбонатів лужних металів):



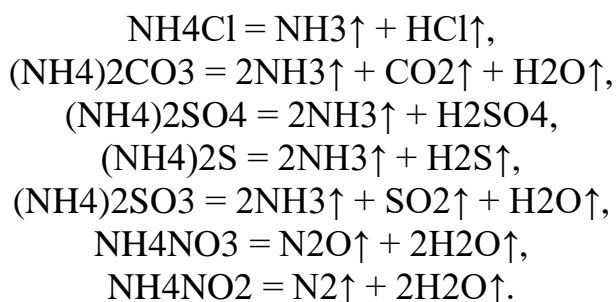
– гідрокарбонати:



– нітрати:



– солі амонію:



## Задачі з теми «Класи неорганічних сполук»

Скласти рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення. Дати назву за міжнародною номенклатурою, складіть графічні формули усіх речовин (№ 1 –10).

- $\text{Zn} \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{Zn(OH)}_2 \rightarrow \text{Zn(OH)Cl} \rightarrow \text{Zn(OH)}_2 \rightarrow \text{ZnO}$ .
- $\text{Br}_2 \rightarrow \text{HBr} \rightarrow \text{ZnBr}_2 \rightarrow \text{NaBr} \rightarrow \text{HBr} \rightarrow \text{CuBr}_2 \rightarrow \text{Cu(OH)}_2 \rightarrow \text{CuO}$ .
- $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ .
- $\text{N}_2 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Al(NO}_3)_3 \rightarrow \text{Ca(NO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ .
- $\text{Ba} \rightarrow \text{BaO} \rightarrow \text{Ba(OH)}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Ca(NO}_3)_2$
- $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4$ .
- $\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Na[Al(OH)}_4] \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .
- $\text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{NaH}_2\text{PO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{AlPO}_4$ .
- $\text{Mg} \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 \rightarrow \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{ZnO}_2 \rightarrow \text{ZnCl}_2$
- $\text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{KHCO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{KOH} \rightarrow \text{Cu(OH)}_2 \rightarrow \text{Cu(NO}_3)_2$
- Вивести найпростішу формулу сполуки, яка містить 40 % Сульфуру і 60 % Оксигену.
- Вивести найпростішу формулу сполуки, яка містить 30,4 % Нітрогену і 69,6 % Оксигену.
- Вивести найпростішу формулу сполуки, яка містить 92,62 % Гідраргіруму і 7,38 % Оксигену.
- Вивести найпростішу формулу сполуки, яка містить 70 % Феруму і 30 % Оксигену.
- Вивести найпростішу формулу сполуки, яка містить 68,4 % Хрому і 31,6 % Оксигену.
- Вивести найпростішу формулу сполуки, яка містить 44,87 % Калію, 18,40 % Сульфуру і 36,73 % Оксигену.
- Вивести найпростішу формулу сполуки, яка містить 30,75 % Калію, 25,21 % Сульфуру і 44,04 % Оксигену.
- Вивести найпростішу формулу сполуки, яка містить 13,05 % Гідрогену, 34,78 % Оксигену і 52,17 % Карбону.
- Вивести найпростішу формулу сполуки, яка містить 22,13 % Алюмінію, 25,41 % Фосфору і 52,46 % Оксигену.
- Вивести найпростішу формулу сполуки, яка містить 1,59 % Гідрогену, 22,21 % Нітрогену і 76,20 % Оксигену.
- Написати рівняння взаємодії алюмінію з лугом, азотом і вуглецем. Для окисно-відновних процесів записати електронні рівняння.
- Склад оксиду елемента має найпростішу формулу  $\text{EO}_2$ . Відомо, що для добування оксиду масою 22,2 г потрібен елемент масою 15,8 г. Визначити елемент, який утворює оксид.
- Суміш мідних і магнієвих ошурок масою 1,5 г обробили надлишком сульфатної кислоти. У результаті реакції виділився водень об'ємом 0,56 л (н.у.). Обчислити масову частку міді в суміші.

## Тести з теми «Класи неорганічних сполук»

**1. Амфотерний оксид – це:**

- а)  $K_2O$ ; б)  $ZnO$ ; в)  $FeO$ ; г)  $CaO$ .

**2. Визначити характеристику складу молекули складної речовини:**

- а) складається з атомів різних хімічних елементів;  
б) складається з атомів одного хімічного елемента;  
в) містить два атоми одного хімічного елемента;  
г) містить три атоми одного хімічного елемента.

**3. Визначити формулу простої речовини:**

- а)  $Al_2O_3$ ; б)  $NH_4NO_3$ ; в)  $O_3$ ; г)  $SO_3$ .

**4. Указати формулу гідроксиду, якщо відомо, що він нерозчинний у воді, утворює осад блакитного кольору, а при нагріванні – чорну речовину:**

- а)  $Ba(OH)_2$ ; б)  $Zn(OH)_2$ ; в)  $Cu(OH)_2$ ; г)  $Fe(OH)_2$ .

**5. З якими з перерахованих речовин реагують основи?**

- а) з лугами; б) з кислотними оксидами;  
в) нерозчинними основами; г) з кислотами.

**6. Серед запропонованих речовин указати формулу солей:**

- а)  $KNO_3$ ; б)  $H_2SiO_3$ ; в)  $Al(OH)_3$ ; г)  $ZnO$ .

**7. Серед наведених рівнянь хімічних реакцій указати ті, у результаті яких можна одержати кислоту:**

- а)  $Zn + H_2SO_4 \rightarrow$ ; б)  $AlCl_3 + H_2SO_4 \rightarrow$ ;  
в)  $Na_2CO_3 + KCl \rightarrow$ ; г)  $N_2O_5 + H_2O \rightarrow$ .

**8. Визначити формулу речовин, яка невзаємодіє з основою:**

- а)  $BaO$ ; б)  $H_2SO_4$ ; в)  $H_3PO_4$ ; г)  $HNO_3$ .

**9. Вказати ряд речовин, у якому наведено тільки солі:**

- а)  $H_2SO_4$ ,  $NaCl$ ,  $ZnO$ ; б)  $K_3PO_4$ ,  $FeS$ ,  $MgCO_3$ ;  
в)  $Ca(NO_3)_2$ ,  $Li_2O$ ,  $HCl$ ; г)  $HNO_3$ ,  $NaOH$ ,  $CuSO_4$ .

**10. Вказати формулу лугу:**

- а)  $Fe(OH)_2$ ; б)  $KOH$ ; в)  $Zn(OH)_2$ ; г)  $Fe(OH)_3$ .

**11. Вказати продукти реакцій взаємодії металів із розчинами кислот:**

- а) сіль та вода; б) оксид та водень; в) сіль та водень; г) сіль та основа.

## Питання до теми «Класи неорганічних сполук»

1. Розподіл неорганічних сполук на прості та складні.
2. Основні класи складних неорганічних сполук.
3. Які неорганічні сполуки належать до класу оксидів?
4. Чому дорівнює ступінь окиснення Оксигену в оксидах?
5. Номенклатура оксидів.
6. Що лежить в основі розподілу оксидів на солетворні та несолетворні?
7. Розподіл оксидів на основні, кислотні та амфотерні.
8. Хімічні властивості основних, кислотних та амфотерних оксидів.
9. Назвіть основні способи утворення оксидів.
10. Які неорганічні сполуки належать до класу основ?
11. Класифікація та номенклатура основ.
12. Які основи називають лугами?
13. Які основи називають однокислотними, двокислотними та трикислотними? Наведіть приклади.
14. Які основні методи отримання основ.
15. Хімічні властивості основ.
16. Дайте визначення амфотерних гідроксидів.
17. Хімічні властивості амфотерних гідроксидів.
18. Які неорганічні сполуки належать до класу кислот?
19. Класифікація та номенклатура кислот.
20. Які кислоти називають одноосновними, двоосновними та трьохосновними? Наведіть приклади.
21. Способи утворення безкисневих та кисневмісних кислот.
22. Хімічні властивості кислот.
23. Які неорганічні сполуки належать до класу солей?
24. Класифікація та номенклатура солей. Способи отримання солей.
25. Хімічні властивості солей.
26. Генетичний зв'язок між класами неорганічних сполук.

## Тема 2. БУДОВА АТОМА. ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК

*Атом* – нейтральна частинка, яка складається з позитивно зарядженого ядра та негативно заряджених електронів, що рухаються навколо ядра атома. Позитивний заряд ядра атома зумовлено наявністю протонів. *Протон* ( $p$ ) – елементарна частинка, яка має заряд  $+1$  та відносну масу, що дорівнює одиниці. Кількість протонів в атомі дорівнює порядковому номеру елементу. Крім протонів у ядрі атома містяться *нейтрони* ( $n$ ) – елементарні частинки, які мають заряд  $0$  та відносну масу, що дорівнює одиниці. Протони та нейтрони об'єднуються загальною назвою *нуклони* (ядерні частинки). *Електрон* ( $e$ ) – елементарна частинка, яка має заряд  $-1$  та відносну масу, що дорівнює  $1/1840$  від маси протона. Хімічні властивості атома і, як наслідок, елементу обумовлені кількістю та розташуванням електронів.

Електрону притаманний квантово-хвильовий дуалізм: у стані спокою його поведінка описується законами класичної механіки, тоді як рух електрона описується хвильовими законами. Електрон швидко рухається і має змогу знаходитись у будь-якій частині простору навколо ядра атома.

*Електронна хмара* – квантово-механічна модель руху електрона в атомі. Щільність електронної хмари неоднакова. Максимальна щільність електронної хмари відповідає найбільшій імовірності перебування електрона в певній частині атомного простору. Чим більш міцно електрон зв'язаний з ядром, тим щільнішим за розподілом заряду і меншим за розміром має бути електронна хмара.

*Атомна орбіталь* – це простір навколо ядра, в якому найбільш ймовірне знаходження електрона. Атомна орбіталь складається на  $90\%$  з електронної хмари. Орбіталі розрізняються розмірами, формою та енергією.

### 2.1. Розподіл електронів в атомі

Електрони в атомі розташовуються за енергетичними рівнями. *Квантові числа* – описують стан електронів в атомі.

*Головне квантове число* ( $n$ ) – характеризує енергію електрона, а також розміри електронної хмари. Головне квантове число приймає значення від  $1$  до  $\infty$ . Електрони з однаковим значенням  $n$  утворюють в атомі енергетичний рівень, що відповідає певному значенню головного квантового числа. Кількість енергетичних рівнів в атомі дорівнює номеру періоду в якому атом знаходиться.

Енергетичні рівні поділяються на підрівні. *Орбітальне квантове число* ( $l$ ) – характеризує енергетичний стан електрона в межах підрівня і визначає форму атомної орбіталі. Орбітальне квантове число залежить від головного квантового числа та в межах рівня може приймати значення від  $0$  до  $n-1$ . Кожному значенню  $l$  відповідає певний підрівень:

Орбітальне квантове число	0	1	2	3	4	5
Підрівень	$s$	$p$	$d$	$f$	$g$	$h$

Кількість підрівнів дорівнює номеру рівня, назва електронів збігається з назвою підрівня на якому вони знаходяться. Наприклад, електрони які знаходяться на  $s$ -підрівні, отримали назву  $s$ -електронів, на  $p$ -підрівні –  $p$ -електронів та ін.

Згідно з квантово-механічними розрахунками  $s$ - атомні орбіталі мають форму шару,  $p$  – атомні орбіталі – форму гантелі,  $d$  – атомні орбіталі – форму об'ємної чотирипелюсткової квітки або мають іншу форму,  $f$  – атомні орбіталі мають дуже складну форму. При цьому потрібно пам'ятати, що:

$s$ - підрівень	вміщує	2 електрони
$p$ - підрівень		6 електронів
$d$ - підрівень		10 електронів
$f$ - підрівень		14 електронів

*Магнітне квантове число ( $m$ )* – характеризує орієнтацію орбіталей у просторі. Значення магнітного квантового числа залежать від орбітального квантового числа та приймають значення:  $-l \dots 0 \dots +l$ . Магнітне квантове число показує кількість атомних орбіталей. Наприклад, для  $p$ -орбіталі значення  $l$  дорівнює 1, магнітне квантове число може приймати значення:  $-1, 0, +1$ . Тобто існує три  $p$ -орбіталі, що орієнтовані у просторі у взаємоперпендикулярних напрямках. Відповідно до розрахунків:  $s$ -орбіталь – одна (одна можлива орієнтація у просторі),  $p$ -орбіталей – три,  $d$ -орбіталей – п'ять,  $f$ -орбіталей – сім (сім можливих орієнтацій у просторі).

*Спінове квантове число ( $s$ )* – характеризує власне обертання електрона навколо осі. Спін може приймати лише два значення  $+1/2$  та  $-1/2$ . Протилежні знаки характеризують різні напрями обертання електронів.

*Спарені електрони* – два електрона з однаковими значеннями перших трьох квантових чисел, але з різними значеннями спінового квантового числа.

**Принцип Паулі:** В атомі не може бути навіть двох електронів з однаковими значеннями всіх чотирьох квантових чисел. Тобто на енергетичному рівні  $n$  існує лише стільки електронів, скільки можливо різних комбінацій між  $n, l, m, s$ .

Кількість електронів у межах рівня розраховується за формулою:

$$N_n = 2n^2, \quad 2.1$$

де  $n$  – головне квантове число.

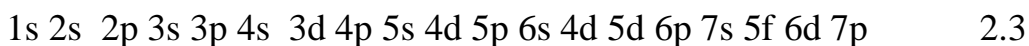
Кількість електронів в межах підрівня розраховується за формулою:

$$N_l = 2(2l + 1) \quad 2.2$$

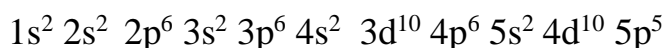
де  $l$  – орбітальне квантове число.

Розподіл електронів за рівнями та підрівнями атома підпорядковується **правилу Клечковського:** заповнення електронних підрівнів атома відбувається послідовно зі збільшенням суми  $n + l$ , а при рівних значеннях  $n + l$  заповнюється той з них, для якого  $l$  має більше значення.

$n + l$  – умовна енергія електрона на підрівні. Електронам енергетично більш вигідно заповнювати підрівні з меншим значенням енергії. Розрахунок умовних енергій підрівнів дає змогу скласти послідовність заповнення енергетичних підрівнів:



Правило Клечковського дає змогу встановити розподіл електронів в існуючих атомах та передбачити будову ще не відкритих атомів. Наприклад, для атома Йоду, що має у своєму складі 53 електрони, їх розподіл за енергетичними підрівнями, згідно із залежністю 2.3 буде мати такий вигляд та мати назву *електронна формула атома*:



Для встановлення можливих валентностей атома користуються *електронно-графічними формулами* – графічно зображують атомні орбіталі у вигляді комірок ( $\square$ ) із врахуванням їх кількості, електрони графічно зображують у вигляді стрілочок. У кожній комірці можуть перебувати до 2-х електронів із протилежними спінами.

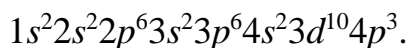
При складанні електронно-графічних формул слід дотримуватись **правила Хунда**: при певному значенні  $l$  електрони в атомі розташовуються таким чином, щоб сума їх спінів була максимальна.

Орбіталі підрівнів заповнюються спочатку по одному електрону, а потім до них додається електрон з протилежним спіновим числом (стрілочка, що позначає електрон, має протилежний напрям). У межах однієї орбіталі може бути лише два електрони з антипаралельними спінами – в межах однієї орбіталі можливо зобразити лише дві стрілочки з протилежним напрямом. Кількість неспарених електронів зумовлює валентність атома. Такі електрони отримали назву *валентні електрони*, а рівні на яких вони знаходяться – *валентні рівні*.

*Збуджений стан атома* – роз'єднання електронів зовнішнього рівня та перехід їх на вільні орбіталі.

Для аналізу властивостей елементів розглянемо алгоритм на прикладі Арсену, порядковий номер 33:

1. Заряд ядра атома As дорівнює +33, а загальна кількість електронів – 33.
2. As знаходиться в 4-му періоді, тому його електрони займають чотири енергетичних рівні.
3. Оскільки Арсен – елемент головної підгрупи V групи, то на зовнішньому рівні в нього п'ять електронів, які і є валентними.
4. Порядок заповнення енергетичних рівнів Арсену:



На четвертому енергетичному рівні вільні  $d$ - та  $f$ -орбіталі.

5. На зовнішньому енергетичному рівні кількість електронів більша ніж чотири при невеликому радіусі атома (усього чотири енергетичних рівні), тому Арсен більш здатний приєднувати електрони, тобто має переважно неметалеві властивості.

6. Користуючись електронною формулою, визначаємо, що у незбудженому стані атом Арсену має три неспарованих  $p$ -електрони. У збудженому стані кількість неспарованих електронів дорівнює п'яти за рахунок розпаровування  $4s$  електронів.

7. Користуючись електронною формулою, бачимо, що атом Арсену при утворенні сполук може віддавати п'ять або три електрони, набуваючи при цьому ступенів окиснення  $+3$  та  $+5$ , або приєднувати три електрони ( $8 - 5$ ), набуваючи ступеня окиснення  $-3$ . Таким чином, максимальний ступінь окиснення  $+5$ , а мінімальний  $-3$ . Електронні формули атомів у збудженому стані наступні:

$$+5: \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10};$$

$$-3: \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$$

Усі відомі елементи, наразі відомо 118, представлені в Періодичній системі.

## 2.2. Періодичний закон. Періодична система хімічних елементів

*Періодична система:* графічне зображення періодичного закону. Періодична система складається з періодів та груп. Властивості елементів, а також їх сполук знаходяться в періодичній залежності від величини зарядів їх атомних ядер. Фізичне значення періодичного закону полягає в тому, що при зростанні позитивних зарядів атомних ядер від 1 до 118 відбувається періодичне повторення будови електронних оболонок, що зумовлює періодичну зміну властивостей елементів.

*Періоди* – горизонтальні ряди елементів. Номер періоду показує число енергетичних рівнів в атомі. Малі періоди – містять від 2 до 8 елементів (1 – 3 періоди). Великі періоди – містять від 18 до 32 елементів (4 – 7 періоди). У малих періодах зі зростанням позитивного заряду ядер атомів зростає число електронів на зовнішньому рівні, що пояснює зміну властивостей елементів від металевих до неметалевих. У великих періодах зі зростанням позитивного заряду ядер атомів заповнення електронів відбувається складніше, що пояснює і більш складну зміну властивостей цих елементів у порівнянні з елементами малих періодів.

*s-елементи* – елементи, в яких останнім заповнюється  $s$ -підрівень зовнішнього рівня. До них належать перші два елементи кожного періоду. Вони відносяться до *s-родини*.

*p-елементи* – елементи, у яких останнім заповнюється *p*-підрівень зовнішнього рівня. До них належать останні шість елементів кожного періоду. Вони відносяться до *p-родини*.

*d-елементи* – елементи, у яких останнім заповнюється *d*-підрівень предзовнішнього рівня. Вони відносяться до *d-родини*. До них належать елементи довгих періодів, які розташовані між *s*- та *p*-елементами.

*f-елементи* – елементи, у яких останнім заповнюється *f*-підрівень третього від зовнішнього рівня. До них належать елементи родин лантаноїдів та актиноїдів.

*Групи* – вертикальні ряди елементів у періодичній системі. Групи поділяються на головні та побічні підгрупи. До головної підгрупи відносяться елементи, які розташовані у малих та великих періодах. Це А-підгрупи. В них знаходяться *s*- та *p*-елементи, до побічної підгрупи відносяться елементи, які розташовані тільки у великих періодах. Це В-підгрупи. В них знаходяться *d*- та *f*-елементи. Для елементів головних підгруп номер групи показує кількість електронів на зовнішньому енергетичному рівні. Для побічних – кількість валентних електронів, на зовнішньому рівні розташовані два або один електрон (*d*-елементи). Зі збільшенням заряду ядра в межах групи металеві властивості елементів зростають, а неметалеві – зменшуються.

У кожній підгрупі об'єднані елементи, атоми яких мають схожу будову зовнішнього енергетичного рівня.

*Характеристики атома:*

1. Ефективний радіус.
2. Енергія іонізації.
3. Спорідненість до електрона.
4. Електронегативність.

У зв'язку з квантово-хвильовою природою електрона, атоми не мають чітко визначених кордонів, можна обговорювати лише умовні межі атомів. *Ефективні радіуси* – радіуси кулеподібних частинок, що зближуються між собою при утворенні кристала. У межах періоду атомні радіуси зменшуються зліва направо у зв'язку зі зростанням сили тяжіння електронів до протонів зі збільшенням заряду ядра. У *d*-елементів також відбувається поступове зменшення радіуса зі збільшенням порядкового номера елемента.

В межах групи атомний радіус зростає зверху вниз за рахунок виникнення нових електронних рівнів. При чому в А-підгрупах збільшення електронного радіуса відбувається сильніше, ніж у В-підгрупах. Збільшення радіуса за рахунок виникнення електронного рівня практично повністю компенсується лантаноїдним стисненням. Якщо порівнювати радіуси *d*-елементів п'ятого та шостого періоду, то їх радіуси практично однакові (*d*-стиснення).

*Енергія іонізації атома* – це енергія, яка необхідна для повного відриву електрона від атома. Вимірюється в електронвольтах. Енергія іонізації є критерієм міцності зв'язку електрона з атомом. Енергія іонізації дорівнює *потенціалу іонізації (I, В)* – найменше значення напруги поля при якому

звідбувається іонізація атомів.  $I_1$  – енергія відриву першого електрона від атома.  $I_2$  – енергія відриву другого електрона від атома. Завжди  $I_1 < I_2 < I_3 \dots$

Енергія іонізації для елементів одного періоду збільшується зі зростанням порядкового номера елемента (зліва направо), що пов'язано зі зростанням енергії тяжіння між електронами та ядром атома. Енергія іонізації зростає для кожного наступного електрона, що відривається – при відриванні електрона утворюється позитивно заряджена частинка – катіон. Позитивний заряд катіона з більшою силою притягує електрони, які залишились. У межах групи енергія іонізації знижується зі зростанням порядкового номера елемента – збільшується відстань між валентними електронами та ядром атома, що призводить до зниження їх енергії взаємодії. Спостерігаються невеликі зміни енергії іонізації  $d$ -елементів – збільшення заряду ядра атома компенсується екрануючим впливом електронів попередніх рівнів. Енергія іонізації зумовлює хімічні властивості елементів: лужні метали мають невелике значення енергії іонізації – легко віддають електрони зовнішнього рівня та, як наслідок, мають металеві властивості. Інертні гази мають найбільше значення енергії іонізації.

*Спорідненість до електрона* ( $E$ , eV) – енергія, яка виділяється у разі приєднання електрона до атома. Спорідненість до електрона встановлена не для усіх елементів. Найбільші значення спорідненості електронів мають галогени. Значення  $E$  збільшується зліва направо в межах одного періоду та знижується зверху вниз для елементів одного періоду.

*Електронегативність* – здатність атома в молекулі притягувати до себе електрони. Електронегативність інертних газів дорівнює нулю. Електронегативність атома дорівнює сумі значень потенціалу іонізації та спорідненості до електрона:

$$X = I + E. \quad 2.4$$

Електронегативність вимірюється в eV. Використовувати абсолютні значення електронегативності елементів для розрахунку незручно. Для розрахунків використовують відносні значення електронегативності (безрозмірні величини) – за одиницю електронегативності було обрано електронегативність Літію. Елементи розташовані за своєю електронегативністю в таблиці електронегативності Полінга. Найменше значення відносної електронегативності у Францію – 0,86, найбільше значення електронегативності має Флуор – 4,01. Розташування значень відносної електронегативності також підпорядковуються періодичному закону. Відносна електронегативність збільшується в межах періоду зі зростанням порядкового номера елемента та знижується в межах групи.

Відносна електронегативність – міра металевих властивостей елементів – чим більше значення відносної електронегативності, тим більш неметалеві властивості має елемент. Розподіл елементів на метали та неметали має умовний характер – посилення неметалевих властивостей відбувається паралельно з послабленням металевих властивостей. Умовною межею між

металами та неметалами вважають відносну електронегативність, що дорівнює 2.

Відносна електронегативність також характеризує окисно-відновні властивості елемента у відповідних реакціях – чим більше значення відносної електронегативності елемента, тим більш окисні властивості він має.

*Ізотопи* – різновид атомів, що мають однаковий заряд ядра, але різні масові числа (відрізняються числом нейтронів). З урахуванням ізотопного складу визначаються відносні атомні маси елементів.

*Ізобари* – атоми, які мають однакові масові числа, але різні заряди ядер. Ізобари мають однакове загальне число нуклонів в ядрі, що складається з різної кількості протонів і нейтронів.

### 2.3. Хімічний зв'язок

Хімічний зв'язок здійснюється за рахунок валентних електронів і має електричну природу. У процесі хімічної реакції відбувається завершення енергетичних рівнів, що досягається або приєднанням, або віддаванням електронів, або утворенням спільних електронних пар.

Типи хімічного зв'язку:

1. Внутрішньомолекулярний хімічний зв'язок:

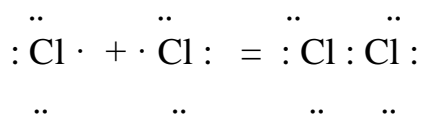
- ковалентний (полярний та неполярний);
- іонний;
- металічний.

2. Міжмолекулярна взаємодія (Ван-дер-Ваальсова взаємодія):

- орієнтаційна;
- індукційна;
- дисперсійна.

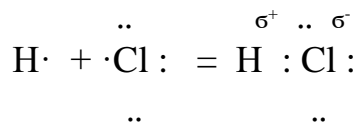
*Ковалентний хімічний зв'язок* здійснюється за рахунок утворення однієї чи декількох електронних пар. Такий зв'язок утворюється за рахунок перекривання одноелектронних атомних хмар з протилежними спинами. Це двоелектронний і двоцентровий зв'язок. Неспарені електрони утворюють загальну пару – неподілена електронна пара. *Ковалентний зв'язок* утворюється між атомами неметалів. *Ковалентний неполярний зв'язок* утворюється між атомами одного і того ж самого хімічного елемента ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ). Наприклад, розглянемо утворення ковалентного неполярного зв'язку в молекулі  $Cl_2$ .

Атом Хлору має на зовнішньому рівні сім електронів – три електронні пари та один неспарений електрон, що знаходиться на  $p$ -орбіталі. При перетині  $p$ -орбіталі іншого атома Хлору, що містить також один вільний електрон утворюється спільна електронна пара:



У разі утворення ковалентного неполярного зв'язку спільна електронна пара розташовується між двома атомами – зсуву електронної густини не відбувається. Ця електронна пара належить двом атомам Хлора одночасно.

*Ковалентний полярний зв'язок* утворюється між атомами хімічних елементів, які відрізняються за своєю електронегативністю ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$  та ін.). Наприклад, схема утворення ковалентного полярного зв'язку в молекулі  $\text{HCl}$  має вигляд:



Спостерігається зсув спільної електронної пари в бік більш електронегативного атома (у наведеному прикладі до атома  $\text{Cl}$ ). *Поляризація* – зсув спільної електронної пари до атома з більшою електронегативністю. *Електричний момент диполя* ( $p$ , Кл·м) – кількісна міра полярності зв'язку:

$$p = \sigma \cdot l, \quad 2.5$$

де  $\sigma$  – ефективний заряд;  
 $l$  – довжина диполя.

Електричні центри ваги позитивного і негативного заряду в молекулі не збігаються та знаходяться на деякій відстані  $l$  молекули, як невеликий електричний диполь із зарядами  $\sigma^-$  і  $\sigma^+$ . Такі зв'язки в молекулі є полярними, а заряди атомів у молекулі мають назву *ефективні заряди*.

*Електричний момент диполя* – векторна величина з умовним напрямком від позитивного заряду до негативного (у бік зміщення електронної хмари).

У багатоатомних молекулах зв'язок між атомами може бути полярним, а самі молекули залежно від просторової будови можуть бути як полярними, так і неполярними – електричний момент диполя визначається кількістю полярних зв'язків і їх спрямованістю.

Молекули, що містять неполярний ковалентний зв'язок – неполярні. У таких молекулах електронна хмара розподіляється симетрично між ядрами обох атомів.

*Валентність* – кількість хімічних зв'язків, які певний атом утворює з іншими атомами. Валентність визначається кількістю вільних електронів у ньому.

*Характеристики ковалентного зв'язку:*

1. Довжина зв'язку – відстань між ядрами атомів у молекулі, встановлюють експериментально.

2. Енергія зв'язку – кількість енергії, яка необхідна для розриву зв'язку (кДж/моль).

3. Насиченість – здатність атомів утворювати обмежене число ковалентних зв'язків, що обумовлено їх валентністю.

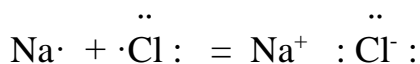
4. Спрямованість – просторова структура молекул (геометрія молекул). Ковалентний зв'язок виникає в напрямі максимального перекривання електронних хмар уздовж лінії взаємодіючих атомів. Ковалентні зв'язки, утворені багатовалентними атомами, завжди мають просторову спрямованість – між напрямками ковалентних зв'язків в атомі утворюється кут (*валентний кут*).

*Донорно-акцепторний хімічний зв'язок* утворюється за рахунок двоелектронної орбіталі одного атома (донора) та вільної атомної орбіталі іншого атома (акцептора). Донорно-акцепторний хімічний зв'язок – різновид ковалентного зв'язку. Наприклад, утворення катіона амонію відбувається за донорно-акцепторним механізмом:



У молекулі амоніаку атом Нітрогену містить неподілену пару електронів (*донор*), тоді як катіон Гідрогену складається з вільної орбіталі (*акцептор*).

*Іонний зв'язок* – хімічний зв'язок між іонами за рахунок електростатичного тяжіння. Іонні сполуки утворюють елементи, які суттєво відрізняються за електронегативністю. Наприклад, іонний зв'язок утворюється між елементами ІА-, ІІА-підгруп та елементами VIA-, VIIA-підгруп. При утворенні іонного хімічного зв'язку спільна електронна пара повністю стає власністю одного з атомів – атом перетворюється на негативно заряджений іон (*аніон*). Інший атом, що втратив валентні електрони, перетворюється на позитивно заряджену частинку – *катіон*.



Кількісно заряд катіона (аніона) дорівнює кількості відданих (приєднаних) електронів. У газоподібному стані сполуки з іонним хімічним зв'язком знаходяться у вигляді молекул, у твердому стані – у вигляді кристалів з певною послідовністю катіонів та аніонів. Іонний зв'язок, на відміну від ковалентного, не має певного напрямку та ненасичений, що пов'язано з можливістю взаємопритягання протиіонів по усіх напрямках у необмеженій кількості.

*Металічний зв'язок* утворюють елементи, атоми яких на зовнішньому рівні містять невелику кількість валентних електронів порівняно з кількістю вільних орбіталей на зовнішньому та передзовнішньому рівнях. Атоми більшості металів на зовнішньому енергетичному рівні містять невелику кількість електронів, що слабо утримуються. При наближенні атомів один до одного, внаслідок утворення кристалічної ґратки, валентні орбіталі сусідніх атомів перетинаються, завдяки чому електрони вільно рухаються з однієї орбіталі в іншу – здійснюють зв'язок між усіма атомами металу. Металічний зв'язок суттєво делокалізований – електрони, які здійснюють зв'язок, усупільнені (так званий «електронний газ»). Таким чином, метал – щільна структура, яка складається з позитивних іонів, пов'язаних один з одним

«електронним газом». Металічний зв'язок притаманний для металів у твердому та рідкому стані, в газоподібному стані між атомами металів існує ковалентний зв'язок.

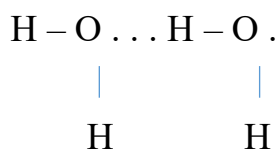
*Орієнтаційна взаємодія* – міжмолекулярна взаємодія полярних молекул. При наближенні полярні молекули взаємоорієнтуються протилежними сторонами диполів. Чим більше полярні молекули, тим більша орієнтаційна взаємодія. З підвищенням температури орієнтаційна взаємодія слабшає, що пов'язано зі збільшенням руху молекул.

*Індукційна взаємодія* – міжмолекулярна взаємодія між полярною та неполярною молекулами. Під впливом полярної молекули в неполярній молекулі виникає тимчасовий диполь, що дає змогу взаємодіяти молекулам як диполям. Індукційна взаємодія не залежить від температури, а залежить від напруги електричного поля полярної молекули.

*Дисперсійна взаємодія* – міжмолекулярна взаємодія між неполярними молекулами. Унаслідок руху електронів усереднені молекули виникає миттєва деформація електронної хмари, що викликає виникнення миттєвого диполю. Миттєвий диполь викликає виникнення наведеного (індукованого) диполя.

При міжмолекулярній взаємодії мають місце усі три типи взаємодії з певним внеском, що залежить від природи молекул. Ван-дер-Ваальсова взаємодія зменшується зі збільшенням відстані між молекулами.

*Водневий хімічний зв'язок* – виникає між катіоном Гідрогена та сильно електронегативним елементом (O, F, N, S). Може бути міжмолекулярним та внутрішньомолекулярним. Наприклад, водневий зв'язок між молекулами води:



Водневий зв'язок впливає на фізичні та хімічні властивості речовин. Наприклад, завдяки міжмолекулярному водневому зв'язку вода має високу температуру кипіння (100 °C), Гідроген фторид містить суміш молекул HF, H<sub>2</sub>F<sub>2</sub>...H<sub>6</sub>F<sub>6</sub>. Завдяки внутрішньомолекулярному водневому зв'язку в молекулі саліцилової кислоти збільшуються її кислотні властивості.

### Задачі з теми «Будова атома. Хімічний зв'язок»

1. Вкажіть найтипівіший метал і неметал у періодичній системі елементів.
2. Який з елементів – Берилій чи Кальцій – має більш виражені металічні властивості? Складіть формули їх оксидів та гідроксидів. Відповідь мотивуйте.
3. Складіть хімічні формули сполук Гідрогену для елементів V групи головної підгрупи. Укажіть найбільш і найменш стійкі сполуки.
4. Хлор та Йод належать до галогенів. На основі розташування цих елементів та будови їх атомів укажіть, який з них буде більш типовим неметалом. Складіть хімічні формули водневих сполук цих елементів.

5. На основі розташування Алюмінію в періодичній системі елементів напишіть його електронну та електроннографічну формули, а також емпіричні формули його оксиду, гідроксиду та хлориду.

6. Складіть електронні та електроннографічні формули елементів Силіцію і Титану. Поясніть, чи можна вважати їх аналогами?

7. Серед елементів P, S, Si, Se, Te вкажіть елемент, який має найбільшу спорідненість з електроном.

8. Визначте елемент, якщо його вищий оксид має формулу  $RO_3$ , а з Гідрогеном він утворює сполуку, яка містить 2,46 % Гідрогену.

9. Манган та Бром знаходяться в одному періоді та одній групі періодичної системи елементів. Що обумовлює спільність їх хімічних властивостей?

10. З урахуванням валентності Молібдену, вкажіть, який з його оксидів –  $MoO$ ,  $Mo_2O_3$ ,  $MoO_3$  – належить до кислотних, основних та амфотерних. Складіть рівняння реакції взаємодії цих оксидів з сульфатною кислотою та розчином калій гідроксиду.

11. Укажіть, який з елементів: Sr, Ca, Mg, Ba, Cd має найбільшу енергію іонізації? Відповідь поясніть.

### Тести з теми «Будова атома. Хімічний зв'язок»

**1. Указати положення елемента в періодичній системі за його електронною формулою  $\dots 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$ :**

- а) четвертий період, II група, побічна підгрупа;
- б) четвертий період, IV група, головна підгрупа;
- в) четвертий період, IV група, побічна підгрупа;
- г) третій період, IV група, головна підгрупа.

**2. Вказати елемент, що має таку електронну формулу  $1s^2 2s^2 2p^1$ :**

- а) Бор; б) Карбон; в) Нітроген; г) Оксиген.

**3. Вказати молекулу, між атомами якої існує неполярний ковалентний зв'язок:**

- а)  $Cl_2O$ ; б)  $H_2S$ ; в)  $HBr$ ; г)  $N_2$ .

**4. Вказати періоди, які складаються із двох рядів хімічних елементів:**

- а) 3 і 4; б) 4 і 2; в) 1, 5 і 6; г) 1, 2 і 3.

**5. Вказати елемент, що має таку електронну формулу  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$ :**

- а) Ферум; б) Кобальт; в) Нікель; г) Галій.

**6. Указати елемент, що має таку електронну формулу  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ :**

- а) Алюміній; б) Силіцій; в) Фосфор; г) Сульфур.

**7. Вказати кількість енергетичних рівнів у атома елемента з порядковим номером 74:**

- а) 5; б) 3; в) 4; г) 6.

**8. Яка кристалічна ґратка у сірки:**

а) атомна; б) іонна; в) молекулярна; г) металічна.

**9. Вказати, як змінюються металічні властивості елементів у ряду Be – Mg - Ca – Sr:**

а) не змінюються; б) посилюються;  
в) послаблюються; г) спочатку посилюються, а потім послаблюються.

**10. Вказати формулу неполярної молекули:**

а) HI; б) PH<sub>3</sub>; в) CF<sub>4</sub>; г) H<sub>2</sub>.

**11. Вказати загальну формулу хлориду, утвореного атомами хімічного елемента з порядковим номером 13:**

а) RCl; б) RCl<sub>2</sub>; в) RCl<sub>3</sub>; г) RCl<sub>4</sub>.

**Питання до теми «Будова атома. Хімічний зв'язок»**

1. Сучасна модель стану електрона в атомі.
2. Дайте визначення електронної хмари та атомної орбіталі.
3. Що характеризує головне квантове число? Як воно змінюється?
4. Що характеризує орбітальне квантове число? Як воно змінюється?
5. Що характеризує магнітне квантове число? Як воно змінюється?
6. Що характеризує спінове квантове число?
7. Принцип найменшої енергії. Принцип Паулі. Яка максимальна кількість електронів на енергетичних рівнях та підрівнях?
8. Розподіл електронів в атомах за правилом Клечковського.
9. Сформулюйте основні принципи складання електронних графічних формул атомів (правило Хунда).
10. Наведіть сучасне формулювання періодичного закону.
11. Охарактеризуйте зміну хімічних властивостей елементів у періодах.
12. Охарактеризуйте загальний склад та зміну властивостей елементів у групах.
13. Який фізичний смисл мають номер групи та період в періодичній системі?
14. Охарактеризуйте зміну атомних радіусів елементів у періодах та групах періодичної системи.
15. Зміна енергії іонізації та спорідненості до електронів елементів у періодах та групах періодичної системи.
16. Що називають електронегативністю хімічного елемента?
17. Назвіть основні властивості ковалентного полярного зв'язку.
18. Дайте визначення довжини, енергії, насиченості і направленості хімічного зв'язку та електричного моменту диполя.
19. У чому сутність явища гібридизації орбіталей (sp<sup>3</sup>-, sp<sup>2</sup>- та sp-гібридизація)?
20. Що спільного та чим відрізняється ковалентний полярний зв'язок від іонного зв'язку?

### Тема 3. ХІМІЧНІ ЗАКОНИ

Хімія належить до природних наук, що вивчають матеріальний світ, який нас оточує. Матеріальні об'єкти, що становлять предмет вивчення хімії, – це хімічні елементи та їхні різноманітні сполуки.

*Хімія* – наука про властивості хімічних елементів та їхніх сполук, закономірності перетворення речовин.

Хімія взаємозв'язана з іншими природними науками, особливо з такими, як фізика, біологія та геологія.

Основні розділи хімії: неорганічна хімія, органічна хімія, фізична хімія, хімія полімерів, аналітична хімія, колоїдна хімія.

*Хімічні явища* – явища, при яких одні речовини перетворюються в інші, що відрізняються від вихідних складом і властивостями, і при цьому не відбувається зміни складу ядер атомів. Під час *фізичних явищ* змінюється форма або фізичний стан речовин, або утворюються нові речовини за рахунок зміни складу ядер атомів. Прикладом хімічних властивостей є розчинність речовини у воді й органічних розчинниках, взаємодія з іншими речовинами, фарбування цієї речовини. Хімічні явища завжди супроводжуються фізичними, наприклад, при спалюванні магнію виділяється теплота й світло.

Будь-яка речовина складається з молекул.

*Молекула* – найменша частинка речовини, яка проявляє її хімічні властивості. Молекули складаються з однакових або різних атомів.

*Хімічний елемент* – це вид атомів з однаковим позитивним зарядом ядра. Хімічний елемент характеризують символом, атомним номером, атомною масою, ступенем окиснення.

*Атом* – це найменша частинка елемента, яка зберігає його хімічні властивості. Властивості атома визначаються його електронною будовою і, насамперед, електронною конфігурацією зовнішнього шару. Він є електронейтральною частинкою, що складається з позитивно зарядженого ядра і негативно заряджених електронів.

*Проста речовина* – речовина, що складається із атомів одного елемента. Елемент може існувати у вигляді декількох простих речовин, наприклад, прості речовини, що утворені атомами Карбону (алмаз, графіт, карбін).

*Алотропія* – здатність хімічного елемента існувати у вигляді декількох простих речовин.

*Алотропічні видозміни* – окремі форми простих речовин. Вони відрізняються числом атомів у молекулі, наприклад, кисень ( $O_2$ ) та озон ( $O_3$ ), або будовою кристалічної ґратки, взаємним розміщенням атомів, як алмаз та графіт. Алотропічні видозміни відрізняються хімічними та фізичними властивостями.

*Складні речовини* – речовини, що складаються з атомів різних елементів.

*Хімічна формула* – скорочене позначення складу молекул речовини за допомогою хімічних символів.

*Іон* – це електрично заряджена частина, яка утворюється при відщепленні або приєднанні електронів атомами, або молекулами.

*Хімічні властивості* – властивості речовин, що стосуються хімічних процесів, тобто це такі властивості, які проявляються в ході хімічної реакції. До хімічних властивостей належить здатність реагувати з іншими речовинами, а також схильність до розкладу. Хімічні властивості речовини залежать не лише від кількісного та якісного складу, тобто з яких атомів хімічних елементів та в якій кількості вона складається, але й від хімічної структури молекул речовини (структура ізомерія) та від просторової конфігурації молекул (конформація та стереоізомерія).

*Фізичні властивості* – властивості будь-якої речовини, які вона проявляє позахімічною взаємодією: температура плавлення, температура кипіння, в'язкість, густина, розчинність, діелектрична проникність, теплоємність, теплопровідність, електропровідність, абсорбція, колір, концентрація, емісія, індуктивність, радіоактивність, гідрофільність і гідрофобність, теплота змочування та ін.

Абсолютна маса атомів є дуже малою та незручною в розрахунках. Наприклад, абсолютна атомна маса Гідрогену становить  $1,673 \cdot 10^{-24}$  г, атома Сульфур –  $5,31 \cdot 10^{-23}$  г, Оксигену –  $2,667 \cdot 10^{-23}$  г, Карбону –  $1,994 \cdot 10^{-23}$  г.

$A_r$  ( $A_r$ ) – величина, що дорівнює відношенню середньої маси атома природного ізотопічного складу елемента до 1/12 маси атома карбону  $^{12}\text{C}$ . Одиниця вимірювання відносної атомної маси – атомна одиниця маси (а.о.м.).  $A_r$  показує, у скільки разів маса атома більша за 1/12 маси атома Карбону:

$$A_r(X) = \frac{m_a(X)}{1,662 \cdot 10^{-24}\text{г}}, \quad 3.1$$

де  $m_a(X)$  – абсолютна маса атома елемента X.

Наприклад:

$$A_r(O) = \frac{2,667 \cdot 10^{-23}\text{г}}{1,662 \cdot 10^{-24}\text{г}} = 16,$$

$$A_r(Na) = \frac{3,82 \cdot 10^{-23}\text{г}}{1,662 \cdot 10^{-24}\text{г}} = 23.$$

Відносна молекулярна маса ( $M_r$ ) – це фізична величина, що дорівнює відношенню маси молекули речовини до 1/12 маси атома карбону  $^{12}\text{C}$  та показує, у скільки разів маса молекули цієї речовини більша за 1/12 маси атома Карбону.  $M_r$  визначається сумою відносних атомних мас елементів, з яких складається молекула речовини, з врахуванням кількості атомів кожного елемента, що входить до складу молекули:

$$M_r(\text{P}_2\text{O}_5) = 2A_r(\text{P}) + 5A_r(\text{O}) = 2 \cdot 31 + 5 \cdot 16 = 142.$$

В хімії та фізиці дуже часто порівнюють кількість речовини. За одиницю кількості речовини приймають *моль* ( $n$ ) – це така кількість речовини, що містить стільки ж структурних одиниць, скільки ж міститься атомів у 0,012 кг ізотопу карбону  $C^{12}$ . Знаючи масу одного атома Карбону, дуже легко розрахувати кількість таких атомів у 0,012 кг цього елемента, що дорівнює  $6,02 \cdot 10^{23}$ . Таким чином, *стала Авогадро* ( $N_A$ ) – кількість структурних одиниць в 1 моль будь-якої речовини дорівнює  $6,02 \cdot 10^{23}$ .

Зрозуміло, що в 2 молях міститься  $2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 12,04 \cdot 10^{23}$ .

В загальному випадку:

$$n = \frac{N}{N_A}, \quad 3.2$$

де  $N$  – кількість структурних одиниць будь-якої речовини.

*Молярна маса* ( $M$ ) – маса одного молю речовини. Розраховується як відношення маси речовини до її кількості, вимірюється в г/моль.

$$M = \frac{m}{n}. \quad 3.3$$

Відомо, що речовини можуть знаходитись в трьох агрегатних станах: твердому, рідкому та газоподібному. Для реакцій, що відбуваються за участю речовин, що можуть знаходитись в трьох з перерахованих станів діють *основні стехіометричні закони*: збереження маси речовини, сталості складу, еквівалентів, кратних відношень.

З погляду атомно-молекулярної теорії суть закону *збереження маси речовин* полягає в тому, що під час хімічних реакцій атоми не зникають і не виникають із нічого – їх кількість залишається незмінною до та після реакцій.

Цей закон спочатку був сформульований М.В. Ломоносовим теоретично у 1748 р., а доведено експериментально у 1756 р. Однак відкриття цього закону довгий час залишалося невідомим. Тому він повторно був сформульований у 1789 р. французьким хіміком Лавуазьє.

В теперішній час *закон збереження маси речовин* має таке формулювання: маса речовин, які вступають у хімічну реакцію, дорівнює масі речовин, які утворюються внаслідок реакції. Між масою речовини та її енергією існує взаємозв'язок, який описується рівнянням Ейнштейна:

$$E = m \cdot c^2. \quad 3.4$$

Цей закон є основою під час вивчення реакцій між різними речовинами. На підставі нього можна скласти хімічні рівняння й робити розрахунки.

Хімічне рівняння записують за допомогою хімічних формул і знаків. Вони необхідні для зображення хімічних реакцій і відображають закон збереження маси речовин. Кількість атомів кожного елемента в лівій і правій

частинах рівняння повинно бути однаковим (закон збереження маси речовини). *Стехіометричні коефіцієнти* – коефіцієнти перед формулами речовин у рівнянні хімічної реакції. Коефіцієнти в обох частинах рівняння можна пропорційно збільшувати або зменшувати, наприклад:



**Закон сталості складу.** Цей закон сформулював у 1808 р. французський вчений Ж. Пруст. Якісний та кількісний склад сполуки, яка має молекулярну будову, не залежить від способу її отримання. Закон сталості складу не є загальним та виконується лише для речовин, які мають молекулярну будову.

Наприклад, воду можливо отримати різними способами: електролізом, реакцією нейтралізації, з кристалогідратів, але її кількісний склад при цьому залишається незмінним – 11,19% (H) і 88,81% (O).

*Дальтоніди* – сполуки постійного складу. Склад дальтонідів відображають простими формулами з цілими значеннями стехіометричних індексів. *Бертоліди* – сполуки, склад яких залежить від умов отримання. Склад бертолідів не є сталим, їх формули містять дробові стехіометричні індекси. Наприклад, титан (II) оксид (TiO) може мати у своєму складі від  $\text{Ti}_{0.7}$  до  $\text{Ti}_{1.3}$ , а вміст Титану в складі титан (IV) оксиду ( $\text{TiO}_2$ ) змінюється від  $\text{Ti}_{1.9}$  до  $\text{Ti}_2$ . Для цирконій нітриду відомі сполуки, що містять у своєму складі  $\text{Zr}_{0.59}$ ,  $\text{Zr}_{0.69}$ ,  $\text{Zr}_{0.74}$ ,  $\text{Zr}_{0.89}$ . Бертоліди переважно трапляються серед кристалічних неорганічних сполук (оксидів, сульфідів, нітридів, карбідів, силіцидів).

**Закон кратних відношень.** Цей закон був відкритий у 1803 р. Дальтоном та має таке формулювання: якщо два елементи утворюють між собою декілька хімічних сполук, то маси одного елемента, які припадають на певну масу іншого елемента, відносяться між собою як невеликі цілі числа. Наприклад, Нітроген може утворювати декілька оксидів:  $\text{N}_2\text{O}$ , NO,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ .

Наслідки із закону кратних відношень:

1. Склад речовини змінюється стрибкоподібно, що пояснюється участю в перетвореннях цілих атомів;

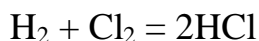
2. Якість є наслідком кількості.

Як прості, так і складні сполуки можуть знаходитись в одному з трьох агрегатних станів: твердому, рідкому чи газоподібному. Стан речовини зумовлюється тиском і температурою. За нормальні умови приймають температуру 273,15 K і тиск 101,325 кПа.

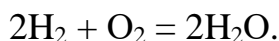
Поведінка речовин у газоподібному стані суттєво відрізняється від поведінки речовини в інших агрегатних станах. Закономірності поведінки речовин у газовому стані описують законами: простих об'ємних співвідношень, об'єднаним газовим законом Бойля-Маріотта й Гей-Люссака, законом Менделєєва-Клайперона, а також законом Авогадро та його наслідками.

**Закон простих об'ємних відношень:** об'єми газів, що реагують, співвідносяться між собою та з об'ємами газоподібних продуктів, як прості

цілі числа. Треба зауважити, що всі об'єми газів необхідно привести до однакових умов (однакового значення температури і тиску). Наприклад, для реакції:



при взаємодії 1 л водню з 1 л хлору утворюється 2 л хлороводню. Або для реакції:



при взаємодії 2 л водню з 1 л кисню утворюється 2 л водяної пари.

Італійський вчений Амадео Авогадро передбачив, що молекули простих газоподібних речовин – двоатомні, наприклад  $\text{H}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$  та ін.

**Закон Авогадро:** у рівних об'ємах різних газів за однакових умов (однакових температури і тиску) міститься однакова кількість молекул.

**Перший наслідок із закону Авогадро:** один моль будь-якого газу за однакових умов займає один і той самий об'єм. За нормальних умов цей об'єм дорівнює 22,4 л/моль та має назву молярний об'єм газу ( $V_m$ ):

$$V_m = \frac{V}{n}. \quad 3.5$$

**Другий наслідок із закону Авогадро:** молярна маса речовини в газоподібному стані дорівнює його подвійній густині за воднем.

Якщо два гази знаходяться в однакових умовах і займають один і той самий об'єм, то відношення їх мас прямопропорційне відношенню їх молярних мас:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{Mr_1}{Mr_2}. \quad 3.6$$

**Відносна густина першого газу по другому ( $D$ )** – відношення молярної маси першого газу до молярної маси другого газу, якщо два гази мають однакові об'єми та знаходяться за однакових умов.

$$D = \frac{Mr_1}{Mr_2}. \quad 3.7$$

Якщо другий газ – водень з молярною масою 2 моль/л, тоді:

$$D_{\text{H}_2} = \frac{Mr_1}{2}, \quad 3.8$$

а математичний вираз для другого наслідку із закону Авогадро буде мати вигляд:

$$Mr_2 = 2D_{H_2}. \quad 3.9$$

**Закон Бойля-Маріотта:** При сталих температурі й масі газу добуток тиску газу на його об'єм є сталим. Математичний вираз має вигляд:

$$PV = \text{const}. \quad 3.10$$

**Закон Гей-Люссака:** при постійному тиску зміна об'єму газу прямо пропорційна температурі. Математичний вираз закону має вигляд:

$$\frac{V}{T} = \text{const} . \quad 3.11$$

**Об'єднаний газовий закон Бойля-Маріотта та Гей-Люссака** має математичний вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{PV}{T} &= \text{const}, \\ \frac{P_1 V_1}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{T_2}. \end{aligned} \quad 3.12$$

де  $P_1, P_2$  – тиск за різних умов;  
 $T_1, T_2$  – температура за різних умов;  
 $V_1, V_2$  – об'єм газу за різних умов.

Якщо відома маса або кількість газу, то використовують рівняння **Менделєєва-Клайперона:**

$$PV = nRT, \quad 3.13$$

де  $R$  – універсальна газова стала, 8,31 кДж/моль·К.

*Еквівалент елемента або простої чи складної речовини* – це така її кількість, яка приєднує або заміщує у хімічних реакціях один моль атомів Гідрогену.

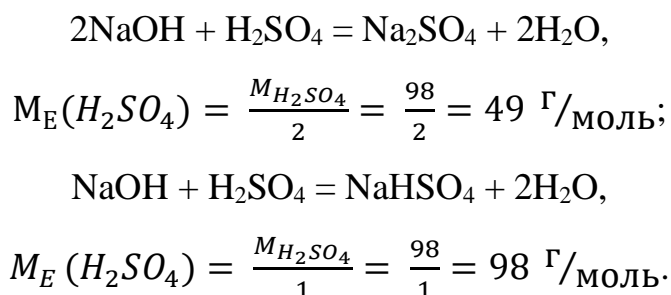
*Молярна маса еквівалента* ( $M_{EK}$ , г/моль) – маса одного еквівалента елемента або речовини.

Значення еквівалента та молярної маси еквівалентів елемента чи складної речовини залежить від умов хімічної реакції.

Молярна маса еквівалентів кислоти дорівнює молярній масі кислоти поділеної на її основність:

$$M_{\text{ЕК}} = \frac{M_{\text{к-ти}}}{\text{Основність.к-ти}} \quad . \quad 3.14$$

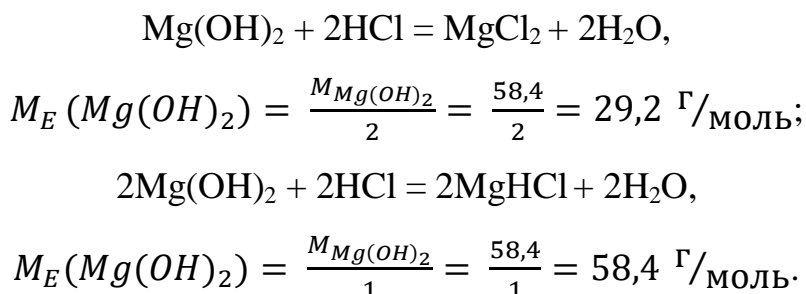
Якщо кислота багатоосновна, то молярна маса еквівалентів кислоти залежить від кількості атомів гідрогену, що були заміщені під час хімічних перетворень. Наприклад, для сульфатної кислоти:



Молярна маса еквівалентів основи дорівнює молярній масі основи поділеної на кількість гідроксогруп:

$$M_{\text{Еон}} = \frac{M_{\text{основи}}}{\text{Кількість гідроксогруп}} \quad . \quad 3.15$$

Якщо основа містить декілька гідроксогруп, то молярна маса еквівалентів основи залежить від кількості гідроксогруп, що були заміщені при хімічних перетвореннях. Наприклад, для магній гідроксиду:



Молярна маса еквівалентів солі дорівнює молярній масі солі поділеної на добуток кількість атомів металу на його валентність:

$$M_E(\text{солі}) = \frac{M_{\text{солі}}}{n_{\text{Me}} \cdot \nu_{\text{Me}}}$$

Наприклад, для алюміній сульфату молярна маса еквівалентів дорівнює:

$$M_E (Al_2 (SO_4)_3) = \frac{M_{Al_2(SO_4)_3}}{2 \cdot 3} = \frac{342}{6} = 57 \text{ Г/моль.}$$

Молярна маса еквівалентів оксиду дорівнює молярній масі оксиду поділеної на добуток кількості атомів елемента на його валентність. Наприклад, для барій оксиду молярна маса еквівалентів дорівнює:

$$M_E (BaO) = \frac{M_{BaO}}{1 \cdot 2} = \frac{153}{2} = 76,5 \text{ Г/моль.}$$

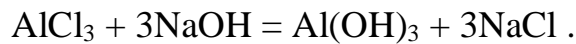
**Закон еквівалентів:** маси реагуючих речовин прямо пропорційні молярним масам їх еквівалентів. Наприклад, для хімічної реакції в загальному вигляді:



закон еквівалентів має вигляд:

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{M_{EA}}{M_{EB}} \quad 3.17$$

Закон еквівалентів використовують для розрахунків мас реагуючих речовин, щоб у наслідок реакції не було залишку речовин. Наприклад, при взаємодії алюміній хлориду з натрій гідроксидом:



молярні маси еквівалентів алюміній хлориду та натрій гідроксиду дорівнюють відповідно:

$$M_E (AlCl_3) = \frac{M_{AlCl_3}}{1 \cdot 3} = \frac{133,3}{3} = 44,4 \text{ Г/моль,}$$

$$M_E (NaOH) = \frac{M_{NaOH}}{1} = \frac{40}{1} = 40 \text{ Г/моль.}$$

Згідно із законом еквівалентів:

$$\frac{m_{AlCl_3}}{m_{NaOH}} = \frac{M_E (AlCl_3)}{M_E (NaOH)} = \frac{44,4}{40}.$$

маси алюміній хлориду та натрій гідроксиду, які необхідні для проведення реакції без залишку початкових речовин, дорівнюють 44,4 г та 40 г, відповідно. Тобто у співвідношенні 1,11:1.

*Еквівалентний об'єм* ( $E_v$ , л/моль) – об'єм, який займає один еквівалент газоподібної речовини за нормальних умов. Еквівалентний об'єм обчислюють,

користуючись наслідком із закону Авогадро, згідно з яким один моль газоподібної речовини за нормальних умов займає об'єм 22,4 л.

Якщо одна з реагуючих речовин газоподібна, то у формулі закону еквівалентів замість маси використовують її об'єм (н.у.) та еквівалентний об'єм. Наприклад, якщо в рівнянні (3.16) речовина В газоподібна, то математичний вираз для закону еквівалентів буде мати вигляд:

$$\frac{m_A}{V_B} = \frac{E_A}{E_{V_B}} . \quad 3.18$$

### Задачі з теми «Хімічні закони»

1. При 80 °С і 740 мм рт. ст. розрахувати масу 450 мл SO<sub>2</sub>.
2. Визначити молекулярну масу газу, якщо маса 640 мл газу при 39 °С і 741 мм рт. ст. дорівнює 1,73 г.
3. Розрахувати молярні маси еквівалентів речовин: K<sub>2</sub>O, Ba(OH)<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, CaBr<sub>2</sub>.
4. Визначити об'єм амоніаку масою 51 г при температурі 20 °С і тиску 250 кПа?
5. Відносна густина Гідроген хлориду за повітрям дорівнює 2,8. Визначити густину цього газу за воднем і дати йому назву.
6. Визначити молярну масу еквівалента металу, якщо під час спалювання 2,28 г металу було отримано 3,78 г його оксиду.
7. Чому дорівнює молекулярна маса карбон (IV) оксиду та абсолютна маса його молекули?
8. Який об'єм вуглекислого газу утвориться під час згорання 2 л бутану?
9. Який об'єм займають при н.у.: 1) 1 г водню; 2) 1 г кисню; 3) 1 г хлору?
10. Розрахувати молярні маси еквівалентів таких речовин: алюміній оксиду, сульфатної кислоти; кальцій гідроксиду; ферум(III) сульфату.
11. Визначити метал та його молярну масу еквівалента, якщо під час згорання 5 г металу утворюється 9,44 г оксиду.
12. Знайти молекулярну масу газу, якщо відносна густина його за повітрям дорівнює 1,45.
13. Визначити молекулярну масу ацетилену, якщо маса 0,25 л його (н. у.) дорівнює 0,903 г.
14. Визначити молекулярну масу газу, якщо маса 1 л газу (н. у.) дорівнює 1,52 г.
15. Розрахувати масу 1 м<sup>3</sup> повітря при 17 °С і 624 мм рт. ст.
16. Який об'єм газу при н. у., якщо при 17 °С і 780 мм рт. ст. газ займає об'єм 480 л.

### Тести з теми «Хімічні закони»

**1. Завершіть твердження, що розкриває сутність закону об'ємних відношень: «Об'єми газів, що вступають у реакцію, відносяться один до одного і до об'ємів добутих газоподібних продуктів як ...»:**

- а) невеликі цілі числа;
- б) добутки цілих чисел;
- в) кількості цих газів;
- г) відносні густини цих газів.

**2. Яке з тверджень розкриває сутність закону сталості складу речовин:**

- а) «в однакових об'ємах різних газів за однакових умов міститься однакова кількість молекул»;
- б) «об'єми газів, що вступають у реакцію, відносяться один до одного й до об'ємів газуватих продуктів реакції як невеликі цілі числа»;
- в) «загальна маса речовин, які вступили в хімічну реакцію, дорівнює загальній масі речовин, які утворилися внаслідок реакції»;
- г) «якісний і кількісний склад речовин молекулярної будови завжди сталий і не залежить від місцезнаходження і способів добування».

**3. Стала Авогадро має значення:**

- а)  $6,02 \cdot 10^{33}$ ; б)  $5,54 \cdot 10^{23}$ ; в)  $3,02 \cdot 10^{28}$ ; г)  $6,02 \cdot 10^{23}$ .

**4. Завершіть формулювання закону Авогадро: «В однакових об'ємах різних газів за одних і тих самих умов міститься однакова кількість»:**

- а) іонів; б) молекул; в) атомів; г) електронів.

**5. Визначити молярну масу барій карбонату (г/моль):**

- а) 197; б) 163; в) 148; г) 186.

**6. Визначити формулу газу, що важчий за повітря:**

- а)  $\text{CH}_4$ ; б)  $\text{O}_2$ ; в)  $\text{H}_2$ ; г)  $\text{N}_2$ .

**7. Яке з поданих нижче тверджень є законом Авогадро:**

- а) «об'єми газів, що вступають у реакцію, відносяться один до одного й до об'ємів газуватих продуктів реакції як невеликі цілі числа »;
- б) «загальна маса речовин, що вступили в хімічну реакцію, дорівнює загальній масі речовин, які утворилися внаслідок реакції»;
- в) «в однакових об'ємах різних газів за однакових умов міститься однакова кількість молекул»;
- г) «якісний і кількісний склад речовин молекулярної будови завжди сталий і не залежить від способу добування».

**Питання до теми «Хімічні закони»**

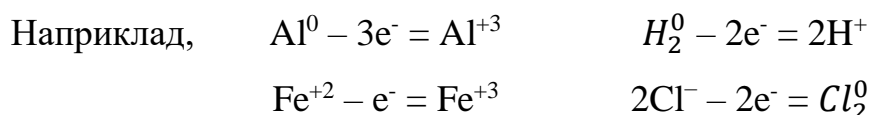
1. Дайте визначення понять: атом, хімічний елемент, молекула, йон.
2. Що позначає хімічна формула речовини?
3. Чим зумовлюються хімічні та фізичні властивості речовини?
4. Що спільного і чим відрізняються абсолютні та відносні атомні і молекулярні маси?
5. Дайте визначення атомної одиниці маси.
6. Дайте визначення моля речовини.
7. Чому дорівнює стала Авогадро?
8. Наведіть приклад зв'язку кількості речовини з її молярною масою.
9. Чому дорівнює кількість структурних одиниць у будь-якій кількості речовини?
10. Сформулюйте закон збереження мас. Яка різниця у формулюванні цього закону Ломоносовим та Ейнштейном?
11. Сформулюйте закон сталості складу.
12. Які речовини належать до дальтонідів, а які – до бертолідів?
13. Сформулюйте закон простих об'ємних відношень.
14. Сформулюйте закон Авогадро та його наслідки.
15. Дайте визначення хімічного еквівалента. Розрахунок хімічних еквівалентів простих та складних сполук.
16. Сформулюйте закон еквівалентів. У чому полягає його значення?

## Тема 4. ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ

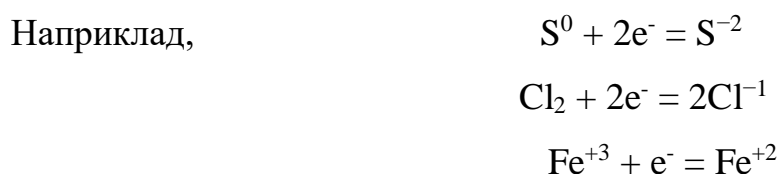
*Окисно-відновні реакції* – реакції, які відбуваються зі зміною ступеня окиснення атомів, які входять до складу реагуючих речовин.

*Ступень окиснення* – умовний заряд, який локалізується на атомі хімічного елемента при утворенні хімічного зв'язку.

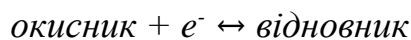
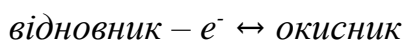
*Відновник* – частинка (атом, молекула, йон), яка віддає електрони, а процес, який відбувається при цьому, називається окисненням. Ступінь окиснення при цьому підвищується.



*Окисник* – частинка (атом, молекула, йон), яка приєднує електрони, а процес, який відбувається при цьому, називається *відновленням*. Ступінь окиснення при цьому знижується.



Окиснення завжди супроводжує процес відновлення і навпаки:



Окисно-відновні реакції – об'єднання двох протилежних процесів (окиснення та відновлення). Кількість електронів, які віддає відновник дорівнює кількості електронів, які приєднує окисник.

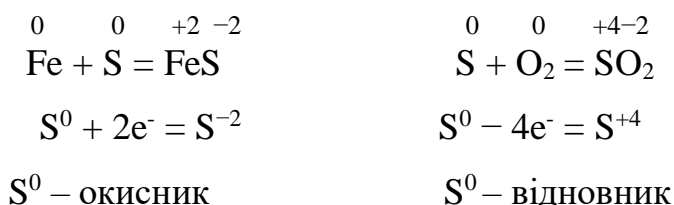
В окисно-відновних реакціях беруть участь атоми, молекули або іони з взаємо протилежними властивостями за здатністю віддавати або приєднувати електрони. У періодичній системі зі збільшенням порядкового номера елемента відновні властивості простих речовин знижуються, а окисні – підвищуються. Галогени мають максимальні окисні властивості. Так, характеризуючи окисно-відновні властивості елементів третього періоду, можна зазначити, що Натрій має лише відновні властивості. Такі властивості можна пояснити електронною будовою: на зовнішньому рівні Натрій має лише один електрон, який атом легко може віддавати перетворюючись у катіон, що має електронну оболонку, яка схожа на електронну оболонку інертного газу Неону. Так само Хлор має найбільші окисні властивості серед елементів

третього періоду, що пов'язано з можливістю перетворення атома Хлору в однозарядний аніон Хлору, який має електронну оболонку схожу до електронної оболонки атома Аргону. Метали мають лише відновні властивості – їх атоми на зовнішньому рівні мають 1–2 електрони.

У межах групи, зі збільшенням порядкового номера елемента, відновні властивості простих речовин підвищуються, а окисні – знижуються. Це пов'язано зі збільшенням радіуса хімічних елементів і, як наслідок, зниженням енергії утримання валентних електронів.

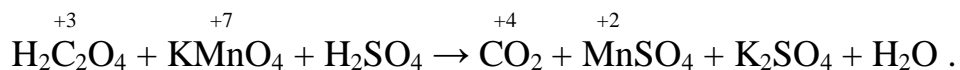
Атоми металів не можуть приєднувати електрони (елементи-відновники), для неметалів більш притаманне приєднання електронів – елементи-окисники. Чим більше значення електронегативності має неметал, тим більші його окисні властивості. Аніони неметалів мають відновні властивості. Катіони лужних та лужно-земельних металів практично не мають окисних властивостей. Деякі неметали можуть мати як окисні, так і відновні властивості – залежно від значення електронегативності атома з яким вступають в хімічну взаємодію.

Наприклад:

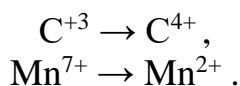


Окисно-відновні властивості складних речовин залежать від зміни ступеня окиснення атома.

Для складання рівнянь окисно-відновних реакцій широко застосовують метод напівреакцій, що базується на складанні іонних рівнянь реакцій для процесу окиснення відновника та процесу відновлення окисника з подальшим об'єднанням у загальне рівняння реакції. Наприклад, для реакції:

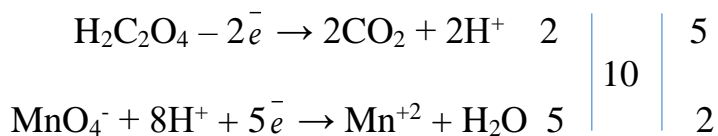


Визначаємо і записуємо елементи, які змінюють ступінь окиснення (Карбон і Манган):

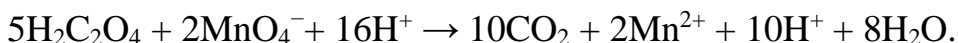


Тобто Карбон ( $\text{C}^{+3}$ ) та молекула  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  – відновники, а манган ( $\text{Mn}^{7+}$ ) і молекула  $\text{KMnO}_4$  – окисники.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  є слабким електролітом, а  $\text{KMnO}_4$  –

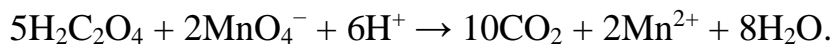
сильним. Тому молекула  $\text{KMnO}_4$  дисоціює у розчині на іони  $\text{K}^+$  та  $\text{MnO}_4^-$ . Складаємо йонно-молекулярні напівреакції окиснення та відновлення з урахуванням матеріального балансу і балансу зарядів:



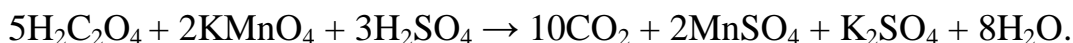
Додаємо дві напівреакції з урахуванням основних коефіцієнтів і одержуємо рівняння цієї ОВР в іонному вигляді:



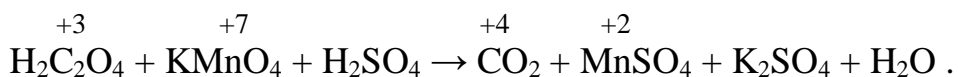
Скорочуємо іони Гідрогену справа і зліва, отримуємо:



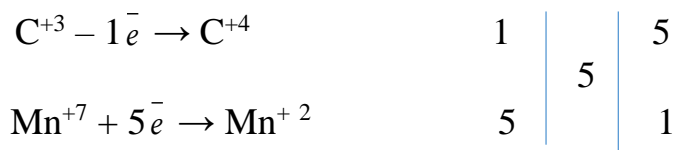
Розставляємо відповідні коефіцієнти в молекулярному рівнянні реакції:



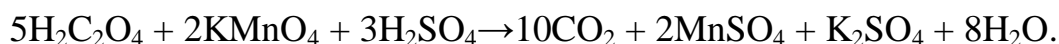
Можна розставити коефіцієнти в цьому рівнянні і за допомогою методу електронного балансу. Але треба пам'ятати, що цим методом знаходять коефіцієнти тільки перед окисником та відновником та їх зміненими формами:



Так само, як і в методі напівреакцій, визначаємо та записуємо елементи, які змінюють ступінь окиснення (Карбон і Манган), та кількість електронів, що віддаються або приєднуються кожним атомом:



Інші коефіцієнти визначаємо шляхом звичайного добору:



Окисник і відновник завжди реагують у співвідношенні їх окисно-відновних еквівалентів.

*Еквівалент окисника* – така кількість окисника, яка приєднує 1 моль електронів у певній окисно-відновній реакції.

*Молярна маса еквівалента окисника* – відношення молярної маси окисника до кількості електронів, які приєднані до однієї молекули окисника.

*Еквівалент відновника* – така кількість відновника, яка віддає 1 моль електронів у певній окисно-відновній реакції.

*Молярна маса еквівалента відновника* – відношення молярної маси відновника до кількості електронів, які віддані однією молекулою відновника.

Наприклад, в рівнянні реакції:

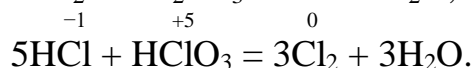
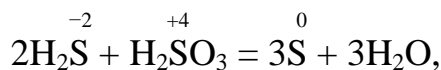


Молярна маса еквівалента окисника:  $M_E(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = M/3 = 98,08$  г/моль.

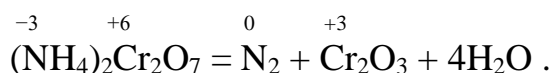
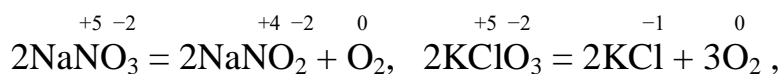
Молярна маса еквівалента відновника:  $M_E(\text{FeSO}_4) = M/1 = 151,9$  г/моль.

*Класифікація окисно-відновних реакцій:*

1. Міжмолекулярні окисно-відновні реакції – окисно-відновні реакції, які відбуваються зі зміною ступеня окиснення атомів у різних молекулах. Тобто окисник та відновник знаходяться в різних речовинах. До міжмолекулярних відносять окисно-відновні реакції між різними речовинами, в яких атоми одного і того самого елемента мають різні ступені окиснення. Наприклад:



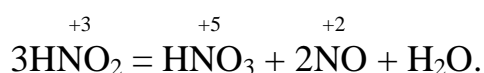
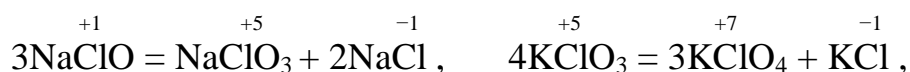
2. Внутрішньомолекулярні окисно-відновні реакції – окисно-відновні реакції, які відбуваються зі зміною ступенів окиснення атомів в одній молекулі. У цьому випадку атом з більш позитивним ступенем окиснення окиснює атом з меншим ступенем окиснення. Переважно такі реакції – реакції термічного розпаду.



3. Окисно-відновні реакції диспропорціювання. Такі реакції відбуваються з одночасним збільшенням та зменшенням ступеня окиснення атома одного і того ж самого хімічного елемента – утворюються дві сполуки. Одна зі сполук містить атоми з більш високим ступенем окиснення, а інша з утворених сполук – містить атоми з більш низьким ступенем окиснення. Такі реакції відбуваються для речовин, що містять атоми з середнім ступенем окиснення. Наприклад:



До реакцій диспропорціювання належать і такі реакції:



### Задачі з теми «Окисно-відновні реакції»

1. Вказати, які з наведених речовин можуть бути тільки окисниками:  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_3$ . Відповідь поясніть.
2. Вказати, які з наведених речовин можуть бути тільки відновниками:  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBrO}$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ . Відповідь поясніть.
3. Указати, які з наведених речовин можуть залежно від умов проявляти як відновні, так і окисні властивості:  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{HClO}_4$ . Відповідь поясніть.
4. Скласти рівняння ОВР взаємодії калій перманганату з натрій сульфідом у кислому, нейтральному та лужному середовищах. За допомогою методу електронного балансу розставити коефіцієнти та розрахувати молярні маси еквівалентів відновника та окисника.
5. Яку масу калій перманганату необхідно взяти для окиснення калій сульфідом масою 8 г у нейтральному середовищі?
6. Чи вистачить 120 г розчину калій перманганату з масовою часткою 8 % для окиснення 50 г розчину натрій сульфідом з масовою часткою 6 % у присутності натрій гідроксиду?
7. Який об'єм Гідроген сульфідом (н. у.) прореагує з розчином масою 150 г, що містить молекулярний йод з масовою часткою 2 %?
8. На повне знебарвлення розчину молекулярного йоду було витрачено 38 г розчину ферум (II) сульфату з масовою часткою 10 %. Визначити масу йоду в початковому розчині?
9. В лабораторних умовах хлор часто добувають взаємодією калій перманганату з хлоридною кислотою. Напишіть рівняння реакції і зазначте, який елемент є відновником, а який – окисником?

10. Нітратна кислота під час кипіння частково розкладається з утворенням Нітроген (IV) оксиду, який забарвлює кислоту в жовтий або коричневий колір. Скласти рівняння цієї реакції.

### Тести з теми «Окисно-відновні реакції»

#### 1. Окисник – це атом, молекула чи іон, який:

- а) не змінює ступеня окиснення під час хімічної реакції;
- б) віддає електрони; в) приймає електрони; г) окиснюється.

#### 2. Відновник – це атом, молекула чи іон, який:

- а) не змінює ступеня окиснення під час хімічної реакції;
- б) віддає електрони; в) приймає електрони; г) окиснюється.

#### 3. Процес відновлення – це:

- а) віддавання електронів, ступінь окиснення елементу підвищується;
- б) віддавання електронів, ступінь окиснення елементу знижується;
- в) приєднання електронів, ступінь окиснення елементу підвищується;
- г) приєднання електронів, ступінь окиснення елементу знижується.

#### 4. Процес окиснення – це:

- а) віддавання електронів, ступінь окиснення елементу підвищується;
- б) віддавання електронів, ступінь окиснення елементу знижується;
- в) приєднання електронів, ступінь окиснення елементу підвищується;
- г) приєднання електронів, ступінь окиснення елементу знижується.

#### 5. Визначте, до якого іона відновлюється $\text{MnO}_4^{2-}$ в кислому середовищі:

- а)  $\text{MnO}_2$ ; б)  $\text{MnO}_4^{2-}$ ; в)  $\text{Mn}$ ; г)  $\text{Mn}^{2+}$ .

#### 6. Визначте ступінь окиснення Сульфуру в $\text{H}_2\text{SO}_3$ :

- а) +6; б) +4; в) +2; г) 0.

#### 7. Визначте ступінь окиснення Хрому в $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ :

- а) +6; б) +4; в) +2; г) 0.

#### 8. За електронною будовою атома Силіцію визначте мінімальний і максимальний ступені окиснення цього елемента в сполуках:

- а) - 4 і +4; б) - 3 і +5; в) - 2 і +6; г) - 1 і +7.

#### 9. Визначте ступінь окиснення Хлору в $\text{HClO}_3$ :

- а) +4; б) +5; в) +6; г) +7.

#### 10. Визначте ступінь окиснення Бору в $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ :

- а) +4; б) +5; в) +6; г) +3.

## Питання до теми «Окисно-відновні реакції»

1. Які реакції називають окисно-відновними?
2. Дайте визначення ступеня окиснення атома в речовині.
3. Чим відрізняються поняття «ступінь окиснення» та «валентність» атома?
4. Який процес називають окисненням, а який – відновленням?
5. Які речовини називають відновниками, а які окисниками?
6. Користуючись періодичною системою Д.І. Менделєєва, назвіть серед простих речовин найважливіші: а) відновники; б) окисники.
7. Як змінюється ступінь окиснення атома в процесах окиснення та відновлення?
8. Як визначити вищий ступінь окиснення елемента в його сполуках? Які властивості в ОВР може мати елемент у вищому ступені окиснення?
9. Як визначити найнижчий ступінь окиснення елемента в його сполуках? Які властивості в ОВР може мати елемент у найнижчому ступені окиснення?
10. За яким значенням ступеня окиснення атом елемента може мати властивості і окисника, і відновника?
11. Принцип визначення стехіометричних коефіцієнтів під час складання рівнянь ОВР за методом електронного балансу.
12. Принцип визначення стехіометричних коефіцієнтів під час складання рівнянь ОВР за методом електронно-іонного балансу (напівреакцій).
13. Як впливає середовище розчину та інші фактори (температура, концентрації речовини) на перебіг ОВР?
14. Як розраховуються молярні маси еквівалентів окисника та відновника?

## Тема 5. КОМПЛЕКСНІ СПОЛУКИ

*Комплексні сполуки* – сполуки, які характеризуються наявністю декількох донорно-акцепторних зв'язків.

*Комплексні сполуки* – молекулярні сполуки, які утворюють комплексні іони, які здатні до самостійного існування як в розчині, так і в кристалі.

Розглянемо будову комплексних сполук на прикладі калій гексайодовісмутата  $K_3[BiJ_6]$ .

Комплексна сполука складається із зовнішньої та внутрішньої сфери. *Внутрішня сфера комплексної сполуки* – частина комплексної сполуки, яка знаходиться в межах квадратних дужок. Зовнішня сфера комплексної сполуки – іони, які знаходяться за квадратними дужками. У наведеному прикладі  $[BiJ_6]^{3-}$  – внутрішня сфера комплексу,  $K^+$  – зовнішня сфера комплексу. Внутрішня сфера комплексу складається з комплексоутворювача та лігандів. *Комплексоутворювач* – катіон металу, за виключенням катіонів лужних металів ( $Bi^{3+}$ ). *Ліганди* – аніони або нейтральні молекули, що входять до складу внутрішньої сфери комплексу.

*Координаційне число* – число, що показує кількість лігандів, яке може знаходитись біля комплексоутворювача. Значення координаційних чисел для деяких комплексоутворювачів:

2	4	6	8
$Cu^+ Ag^+ Au^+$	$Cu^{2+} Hg^{2+} Au^{3+}$ $Cd^{2+} Pb^{2+} Pt^{2+} Pd^{2+}$	$Fe^{2+} Fe^{3+} Cr^{3+}$ $Co^{2+} Ni^{2+} Al^{3+}$ $Zn^{2+} Pt^{4+} Pb^{4+}$	$Ca^{2+} Sr^{2+} Ba^{2+}$

Переважно комплексоутворювачами є d-елементи. Катіони цих елементів легко поляризують аніони та полярні молекули. Деякі неметали також можуть бути комплексоутворювачами. Наприклад, Силіцій в  $H_2[SiF_6]$ , Сульфур у  $H_2[SO_4]$ , Нітроген у  $[NH_4]Cl$ .

Лігандами можуть бути:

а) нейтральні молекули, які мають дипольний характер, наприклад,  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $NO$ ,  $CO$  та ін.,

б) іони:  $CN^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $OH^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $S_2O_3^{2-}$  та ін.

*Монодентатні ліганди* – ліганди, які займають одне місце у внутрішній сфері, наприклад,  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $NO$ ,  $CO$ ,  $CN^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $OH^-$ ,  $CH_3NH_2$ .

*Бідентатні ліганди* – ліганди, які займають два місця у внутрішній сфері, наприклад,  $CO_3^{2-}$ ,  $S_2O_3^{2-}$ ,  $NH_2CH_2CH_2NH_2$ .

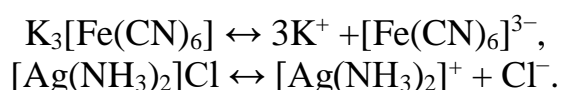
Прикладом полідентатного ліганду є етилендіамінтетраоцтова кислота (ЕДТА).

Заряд внутрішньої сфери дорівнює алгебраїчній сумі зарядів комплексоутворювача і лігандів. Наприклад, заряд іона  $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}_4]$  дорівнює  $(+2) + 2 \cdot 0 + 4 \cdot (-1) = -2$ . Формула комплексного іона –  $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}_4]^{2-}$ .

Комплексні сполуки можуть бути як електролітами, так і неелектролітами.

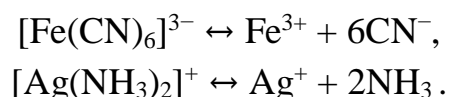
Комплексні сполуки неелектроліти – у водному розчині не дисоціюють на іони та не мають зовнішньої сфери:  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_3)_3]$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ .

Комплексні сполуки електроліти при дисоціації у водному розчині утворюють комплексні іони (*первинна дисоціація*), наприклад:



Залежно від заряду комплексного іона утворюється комплексний катіон чи комплексний аніон.

Комплексні іони можуть дисоціювати на комплексоутворювач та ліганди – *вторинна дисоціація*.



Процес дисоціації комплексних іонів – рівноважний та може бути охарактеризований законом діючих мас:

$$\begin{aligned} K_H &= \frac{[\text{Fe}^{3+}][\text{CN}^-]^6}{[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}}; \\ K_H &= \frac{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+}. \end{aligned}$$

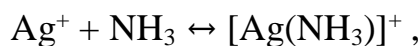
де  $K_H$  – константа нестійкості комплексних іонів.

Константа нестійкості комплексного іона залежить від температури та характеризує його стійкість – чим менше значення константи нестійкості, тим менша концентрація іона комплексоутворювача та лігандів у розчині, тим більш стійка внутрішня сфера комплексу. Константи нестійкості багатьох комплексних іонів наведено в довідниках.

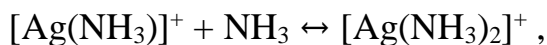
Константа стійкості комплексного іона ( $K_{cm}$ ) – має зворотнє значення відносно до константи нестійкості:

$$K_{cm} = \frac{1}{K_H}.$$

Дисоціація комплексного іона та його утворення відбувається поетапно. Кожна зі стадій характеризується власними константами, наприклад:



$$K_{cm1} = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+}{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]},$$



$$K_{cm2} = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+}{[[\text{Ag}(\text{NH}_3)]^+][\text{NH}_3]}.$$

Загальна константа стійкості – добуток констант стійкості за окремими стадіями:

$$K_{cm} = K_{cm1} \cdot K_{cm2}.$$

Типи комплексних сполук:

1. Аквакомплекси – комплексні сполуки як ліганди, в яких є молекули води, наприклад,  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ ,  $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$ ,  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$ . У кристалічному стані деякі аквакомплекси утримують воду в зовнішній сфері, наприклад,  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Кристалізаційна вода дуже легко відходить від зовнішньої сфери при нагріванні.

2. Ацидокомплекси – як ліганди, в таких комплексах є кислотні залишки, наприклад,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{K}_3[\text{BiJ}_6]$ .

3. Гідроксокомплекси – як ліганди, в таких комплексах є гідроксид-іони, наприклад,  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$ ,  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ .

4. Аміакати та амінати – містять комплексний іон у складі якого є молекули амоніаку або амінів, наприклад,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ .

5. Полігалогенідні комплексні сполуки – комплексні сполуки, в яких комплексоутворювачем є іон галогену, а лігандами є молекули галогену, наприклад,  $\text{Me}[\text{I}(\text{I}_2)]$  та  $\text{Me}[\text{I}(\text{I}_2)_4]$ .

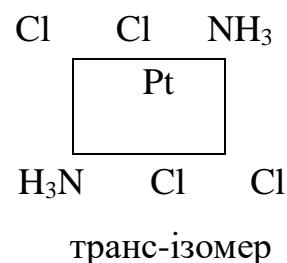
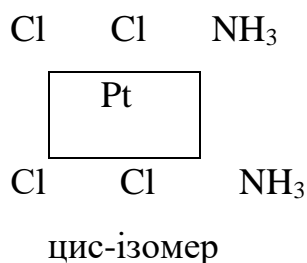
6. Багатоядерні комплексні сполуки – містять два або декілька атомів комплексоутворювачів, що пов'язані між собою за допомогою особливих групувань  $[(\text{NH}_3)_5\text{Co} \text{ NH}_2 \text{ Co}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_5$ . До багатоядерних комплексних сполук відносять також ізополісполуки, наприклад,  $\text{H}_2[\text{CrO}(\text{CrO}_4)_3]$  – комплексоутворювач та ліганди однакові, та гетерополісполуки, наприклад,  $(\text{NH}_4)_3\text{H}_4[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6]$  – комплексоутворювач та ліганди різні.

7. Циклічні (хелатні) – комплексні сполуки внутрішня сфера яких складається з циклів, утворених бі- та полідентатними лігандами ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$ ,  $\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH}_2$ ).

*Ізомерія* – явище, коли речовини мають однаковий якісний та кількісний склад але мають різну будову, і, як наслідок, різні властивості.

Ізомерія комплексних сполук:

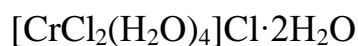
1. Геометрична (цис – транс) ізомерія, обумовлена положенням лігандів у просторі відносно один одного  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$ :



2. Гідратна ізомерія обумовлена різницею в розташуванні води між внутрішньою та зовнішньою сферами комплексних сполук. Наприклад,



гексааквахром (III) хлорид  
фіолетовий



тетрааквадихлорхром (III) хлорид  
темно-зелений

3. Іонізаційна ізомерія пов'язана з різницею в розподілі кислотних залишків (іонів) між внутрішньою та зовнішньою частиною комплексної сполуки:



пентаамінбромокобальт (III) сульфат  
червоно-фіолетовий



пентаамінсульфатокобальт (III) бромід  
червоний

При додаванні розчинів, що містять  $\text{Ba}^{2+}$  спостерігається утворення білого осаду з першою комплексною сполукою, тоді як для другої комплексної сполуки утворення білого осаду спостерігається при додаванні  $\text{Ag}^+$ .

### **Номенклатура комплексних сполук.**

До номенклатури комплексних сполук завжди входять назви лігандів. Якщо лігандами є аніони, то до кореня латинської назви додають голосну «о». Наприклад:  $\text{F}^-$  – фторо,  $\text{Cl}^-$  – хлоро,  $\text{Br}^-$  – бромо,  $\text{OH}^-$  – гідроксо,  $\text{CN}^-$  – ціано,  $\text{SO}_4^{2-}$  – сульфато,  $\text{NO}_2^-$  – нітро,  $\text{NO}_3^-$  – ніtrato та ін.

Назви нейтральних лігандів залишають без змін:  $C_6H_6$  – бензен,  $(NH_2)_2CO$  – карбамід,  $H_2NCH_2CH_2NH_2$  – етилендіамін. Виключення:  $H_2O$  – аква,  $NH_3$  – амін,  $NO$  – нітрози,  $CO$  – карбоніл.

Номенклатура комплексних сполук залежать від їх типу.

1. В сполуках з комплексними катіонами спочатку дають називу комплексу, а потім – зовнішньої сфери. Назва комплексу починається із назви координаційного числа (ди, три, тетра, пента, гекса та ін.), потім називають ліганд, потім комплексоутворювач у називному відмінку із зазначенням його валентності. Наприклад:

$[Ag(NH_3)_2]Cl$  – діамінаргентум (I) хлорид;

$[Al(H_2O)_5OH]SO_4$  – моногідроксопентаакваалюміній (III) сульфат;

$[Pt(H_2O)(NH_3)_2OH]NO_3$  – гідроксодіамінмоноакваплатина (II) нітрат.

2. В сполуках з комплексними аніонами спочатку дають називу зовнішній сфері, потім – комплексному іону: також починаючи з назви координаційного числа (ди, три, тетра, пента, гекса та ін.), далі дають називу ліганду та комплексоутворювачу, додаючи до кореня його латинської назви закінчення «ат» і вказуючи валентність. Наприклад:

$K_4[Fe(CN)_6]$  – тетракалій гексаціаноферат (II);

$K_3[Fe(CN)_6]$  – трикалій гексаціаноферат(III);

$Na_3[AlF_6]$  – тринатрій гексафтороалюмінат(III);

$Na_2[Pt(CN)_4Cl_2]$  – динатрій діхлоротетраціаноплатинат (IV).

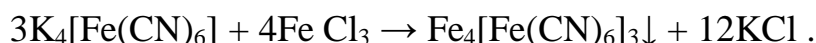
3. Комплекси без зовнішньої сфери називають одним словом. Наприклад:

$[Ni(CO)_4]$  – тетракарбонілнікол;

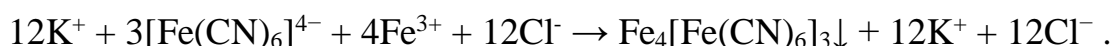
$[Pt(NH_3)_2Cl_2]$  – дихлородіамінплатина (II).

#### *Хімічні властивості комплексних сполук*

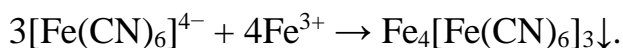
1. Реакція обміну:



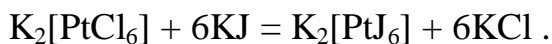
Повне іонне рівняння:



Скорочене іонне рівняння:



2. Реакція заміщення лігандів:

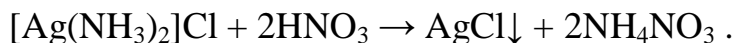


Реакція заміщення лігандів відбувається, коли  $K_{cm}$  комплексного іона, що утворюється має більше значення, ніж  $K_{cm}$  початкового комплексного іона.

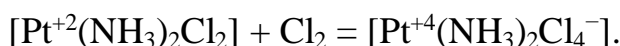
3. Реакція розкладу комплексів під впливом температури або розведення розчинів:



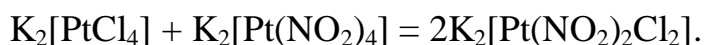
4. Розпад комплексів під дією кислот:



5. Окисно-відновні реакції:

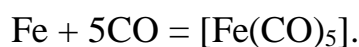
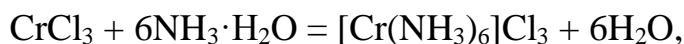


6. Реакції сукупної кристалізації, при яких утворюються різнолігандні комплекси:

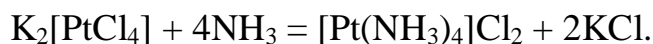


#### *Способи отримання комплексних сполук*

1. Реакції сполучення простих і складних речовин:



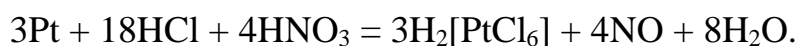
2. Заміщення одних лігандів іншими лігандами:



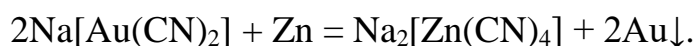
3. Реакція обміну між комплексними та простими сполуками:



4. Окисно-відновні реакції, як метод отримання нових комплексних сполук:



5. Нові комплексні сполуки можуть утворюватись при заміщенні одного йона-комплексоутворювача іншим:



### Задачі з теми «Комплексні сполуки»

1. Укажіть 5 координаційних формули сполук, якщо координаційне число Гідраргеруму дорівнює чотирьом з частинок  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{I}^-$  і  $\text{K}^+$ . Назвіть ці сполуки і запишіть рівняння їх дисоціації на іони.

2. Дати назву комплексним сполукам:  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{PO}_4]$ .

3. Скласти формули комплексних сполук: бромід гексаамінкобальта (III), трифторогідроксоберілат магнію. Указати атом комплексоутворювача та координаційне число.

4. Розрахувати концентрацію йонів кадмію в 0,1 моль/л розчині  $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$ , що також містить 6,5 г/л KCN.

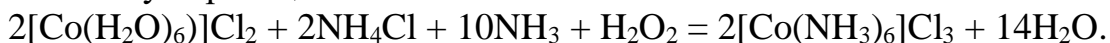
5. Знайти масу іонів Аргентуму в 0,5 л розчину  $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$  з концентрацією 0,1 моль/л, концентрація  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  дорівнює 0,1 моль/л.

6. Яка кількість амоніаку міститься в 1 л розчину  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$  з концентрацією 0,1 М, якщо при додаванні 1,5 г KCl до 1 л розчину осад AgCl не утворюється? ( $\text{ДР}_{\text{AgCl}} = 1,8 \cdot 10^{-10}$ ,  $\text{K}_\text{н}([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]) = 9,3 \cdot 10^{-8}$ ).

7. Константа нестійкості іонів  $[\text{Ag}(\text{NO}_2)_2]^-$  і  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  дорівнює  $1,3 \cdot 10^{-3}$ ,  $1,1 \cdot 10^{-21}$ , відповідно. Яке співвідношення рівноважних концентрацій іонів  $\text{Ag}^+$  у розчинах  $\text{K}[\text{Ag}(\text{NO}_2)_2]$  і  $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$  з однаковою молярною концентрацією?

8. Яка концентрація іонів Аргентуму в розчинах  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$  з концентраціями 0,08 М і 1 М? Скільки грамів NaCl необхідно додати до 1 л цього розчину, щоб утворився осад AgCl? ( $\text{ДР}_{\text{AgCl}} = 1,8 \cdot 10^{-10}$ ,  $\text{K}_\text{н}([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]) = 9,3 \cdot 10^{-8}$ ).

9. Розглянути реакцію:



Яку ступінь окислення має атом Кобальту в комплексних сполуках  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$  і  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ? Яку роль відіграє перекис водню і яку амоніак?

10. Скласти рівняння дисоціації на іони комплексних солей:  $\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}_3$ ;  $\text{Cr}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}_3$ ;  $\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)_3$ ;  $\text{KCo}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_4$ . Скласти формули комплексних іонів, координаційне число хрому та кобальту дорівнює шести.

11. Користуючись таблицею констант нестійкості, визначити, в яких випадках відбудеться взаємодія між розчинами електролітів. Написати для цих випадків молекулярні та іонні форми рівнянь:

а)  $\text{K}_2[\text{HgBr}_4] + \text{KCN}$ ; б)  $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2] + \text{KCN}$ ; в)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2 + \text{KCN}$ .

12. Навести схеми дисоціації і вираження констант нестійкості таких комплексних іонів: а)  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4+}$ ; б)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)(\text{H}_2\text{O})]^+$ ; в)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ . Визначити ступінь окиснення комплексоутворювачів.

13. Вказати назви сполук, визначити ступінь окиснення комплексоутворювача: а)  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ; б)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ; в)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ;

г)  $\text{Na}_2[\text{Ve}(\text{OH})_4]$ ; д)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$ ; е)  $\text{K}[\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Cl}_3]$ . Скласти рівняння електролітичної дисоціації перерахованих речовин і записати відповідні їм вираження констант нестійкості комплексних іонів.

14. Написати формули комплексних сполук за назвами:  
а) тетраамміноцинк (II) хлорид; б) натрій тетраїодокобальтат (III).  
Скласти рівняння реакції між зазначеними сполуками і розчином  $\text{KNO}_2$  в молекулярній та іонно-молекулярній формах. Назвіть комплекси, які утворюються.

15. Емпірична формула солі  $\text{CrCl}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . На підставі того, що координаційне число хрому дорівнює шести, визначити, який обсяг розчину  $\text{AgNO}_3$  з концентрацією 1 моль/л знадобиться для осадження хлору, що міститься в 300 мл розчину комплексної солі з концентрацією 0,1 моль/л. При обчисленнях вважати, що вся вода, що входить до складу солі, входить у внутрішню сферу.

16. При взаємодії розчину  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$  з розчином  $\text{KCN}$  утворюється сіль  $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{CN})_4]$ . Скласти рівняння реакції і пояснити причину її протікання.

17. Для комплексу  $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$  розрахувати ступінь окиснення комплексоутворювача, заряд комплексного іона і координаційне число.

### Тести з теми «Комплексні сполуки»

**1. Яку назву має атом, який надає для донорно-акцепторного зв'язку неподілену пару електронів:**

а) донор; б) акцептор; в) індикатор; г) каталізатор?

**2. Яку назву має атом, який надає для донорно-акцепторного зв'язку вільну атомну орбіталь:**

а) донор; б) акцептор; в) індикатор; г) каталізатор?

**3. Механізм утворення ковалентного зв'язку за рахунок двоелектронної хмари одного атома (донора) та вільної орбіталі іншого атома (акцептора) має назву:**

а) ковалентний неполярний; б) іонний;  
в) молекулярний; г) донорно-акцепторний?

**4. Чому дорівнює заряд комплексного іона:**

а) заряду комплексоутворювача;  
б) алгебраїчній сумі зарядів лігандів;  
в) координаційному числу;  
г) алгебраїчній сумі зарядів комплексоутворювача та лігандів?

**5. Солі, до складу яких входять комплексні іони, які відщеплюються при дисоціації, мають назву:**

а) подвійні; б) комплексні; в) кислі; г) основні.

**6. Яку назву має позитивно заряджений іон у внутрішній сфері комплексної сполуки:**

а) комплексоутворювач; б) комплексний катіон;  
в) комплексний аніон; г) ліганд?

**7. Кількість лігандів, які можуть знаходитися біля комплексоутворювача, має назву:**

- а) координаційне число; б) комплексний катіон;  
в) комплексний аніон; г) ліганд?

**8. Негативно заряджені іони або нейтральні молекули, що координовані навколо комплексоутворювача, мають назву:**

- а) комплексоутворювач; б) комплексний катіон;  
в) комплексний аніон; г) ліганд?

**9. Ліганди, які займають у внутрішній сфері одне місце, мають назву:**

- а) монодентатні; б) бідентатні; в) полідентатні; г) ліганди?

**10. У комплексній сполуці  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  лігандом є:**

- а)  $\text{Cu}^{2+}$ ; б)  $\text{NH}_3$ ; в)  $\text{SO}_4^{2-}$ ; г)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .

### **Питання до теми «Комплексні сполуки»**

1. Дайте визначення комплексних сполук.
2. Яка різниця між комплексними сполуками та подвійними солями?
3. Основні положення координаційної теорії Вернера.
4. Тип хімічного зв'язку в комплексних сполуках.
5. Назвіть основні складові частини комплексної сполуки.
6. Дайте визначення комплексоутворювача. Які елементи можуть бути комплексоутворювачами?
7. Дайте визначення координаційного числа. Від чого воно залежить?
8. Наведіть значення координаційних чисел для іонів-комплексоутворювачів.
9. Дайте визначення лігандів. Класифікація лігандів.
10. Що називають координаційною ємністю (дентатністю) лігандів?
11. Чому дорівнює заряд комплексного іона?
12. Як розрізняються комплексні сполуки за знаком заряду їхнього комплексного іона?
13. Номенклатура комплексних сполук.
14. Назвіть основні види комплексних сполук.
15. Види ізомерії комплексних сполук.
16. У чому полягає дисоціація комплексних сполук у водних розчинах? Первинна і вторинна дисоціація.
17. Як константа нестійкості комплексів характеризує стійкість комплексних сполук?
18. Механізми руйнування комплексних сполук.

## Тема 6. ЛУЖНІ ТА ЛУЖНО-ЗЕМЕЛЬНІ МЕТАЛИ

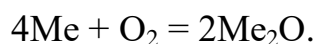
До лужних металів належать елементи ІА групи: Літій, Натрій, Калій, Рубідій, Цезій, Францій. Лужно-земельні метали – представники ІІА групи: Берилій, Магній, Кальцій, Стронцій, Барій, Радій. Всі вони є *s*-елементами.

### *Фізичні властивості лужних та лужно-земельних металів*

Лужні метали – м'які, мають сріблясте забарвлення, легкі, мають низьку температуру плавлення та високу електропровідність.

### **6.1. Хімічні властивості лужних металів**

Лужні метали мають високу хімічну активність. З киснем повітря утворюють оксиди:



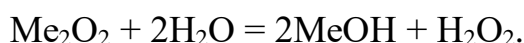
Найбільш активні – рубідій та цезій.

При спалюванні літій утворює  $Li_2O$ , натрій та калій утворюють пероксиди загального складу  $Me_2O_2$ , а калій, рубідій, цезій утворюють надпероксиди загального складу  $Me_2O_4$ .

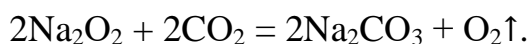
Оксиди лужних металів активно взаємодіють з водою з утворенням відповідних розчинних основ (лугів):



Пероксиди при взаємодії з водою утворюють відповідний луг та пероксид Гідрогену:



Натрій пероксид при взаємодії з  $CO_2$  утворює кисень:

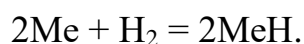


Реакцію використовують для отримання кисню на підводних човнах та космічних кораблях.

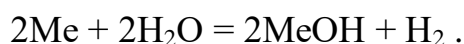
Надпероксиди при взаємодії з водою утворюють відповідний луг, пероксид Гідрогену та кисень:



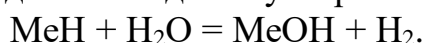
При нагріванні з воднем утворюються відповідні гідриди, атом Гідрогену відновлюється до  $H^-$ :



Лужні метали взаємодіють з молекулами води – реакція екзотермічна:



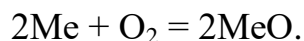
Гідриди металів взаємодіють з водою з утворенням лугу та водню:



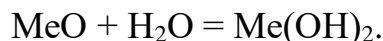
## 6.2. Хімічні властивості лужно-земельних металів

Лужно-земельні метали мають високу хімічну активність. На повітрі берилій та магній окиснюються з утворенням плівки відповідних оксидів. Усі інші метали ІІА групи реагують з киснем повітря ще більш активно, тому їх зберігають під шаром керосину.

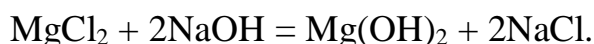
При нагріванні металів ІІА групи утворюють відповідні оксиди:



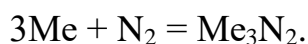
При взаємодії з водою оксиди лужно-земельних металів утворюють основи:



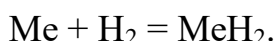
Гідроксиди лужно-земельних металів – сильні луги: сила та розчинність збільшуються від кальцій гідроксиду до барій гідроксиду. Малорозчинні магній гідроксид і барій гідроксид отримують за рахунок реакції обміну між солями цих металів та натрій гідроксидом. Наприклад:



Лужно-земельні метали активно взаємодіють з азотом при нагріванні з утворенням відповідних нітрідів:



При нагріванні з воднем утворюються відповідні гідриди:



Солі лужно-земельних металів отримують взаємодією оксидів цих металів з відповідними кислотами. Галогеніди лужно-земельних металів добре розчинні у воді, фосфати та карбонати цих металів практично не розчинні у воді. Карбонати при нагріванні розпадаються з виділенням  $\text{CO}_2$ :

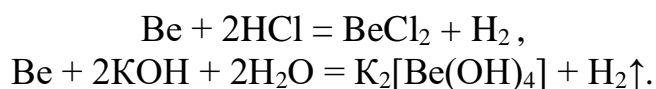


Сульфіди лужно-земельних металів використовують для отримання фарб, які здатні випромінювати світло самостійно.

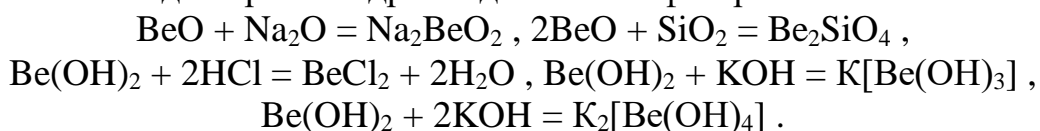
Солі Барію знаходять використання як інсектициди в сільському господарстві.

## 6.3. Хімічні властивості сполук Берилію

Атом Берилію має найменший радіус порівняно з усіма елементами ІІ групи та має діагональну спорідненість з Алюмінієм. Берилій здатен розчинятися як у кислотах, так і в лугах:



Так само оксид і берилій гідроксид мають амфотерні властивості:



### Задачі з теми «Лужні і лужно-земельні метали»

1. Який з елементів – Барій чи Берилій – має більші металеві властивості?
2. Який об'єм водню (н.у.) виділиться, якщо у воді розчинили 1 моль лужного металу?
3. Вивести формулу кристалогідрату літій нітрату, знаючи, що його відносна молекулярна маса дорівнює 123.
4. Скільки грамів натрій хлориду можна добути, змішавши 20 г натрій гідроксиду із 100 г розчину хлоридної кислоти з масовою часткою 20 %?
5. У яких з перерахованих солей масова частка Калію найбільша:  $\text{KBr}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{KI}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KClO}_3$ ?
6. У результаті взаємодії 3,58 г суміші калій гідроксиду і натрій гідроксиду з хлоридною кислотою утворилось 5,04 г хлоридів. Установити відсотковий склад початкової суміші.
7. Крізь розчин, який містить 60 г натрій гідроксиду пропустили карбон (IV) оксид, що утворився внаслідок взаємодії 200 г кальцій карбонату з надлишком хлоридної кислоти. Назвати сіль, що утворилася та розрахувати її масу.
8. Яка масова частка натрій гідроксиду в розчині, добутому взаємодією 2,3 г натрію зі 100 г води?
9. У воді масою 250 г розчинили кальцій гідроксид. У разі дії надлишку калій карбонату на цей розчин утворився осад масою 3 г. Розрахувати масову частку кальцій гідроксиду у вихідному розчині.
10. Розрахувати твердість води, якщо в 1 л її розчинено 0,081 г кальцій гідрокарбонату та 0,146 г магній гідрокарбонату?
11. На ділянку потрібно внести попіл масою 500 г (масова частка  $\text{K}_2\text{O}$  в попілі дорівнює 13 %). Розрахувати масу калій хлориду, який може замінити попіл.
12. Розрахувати, скільки грамів осаду утворюється, якщо до 100 мл розчину барій хлориду з молярною концентрацією 0,1 моль/л додати 200 мл розчину натрій сульфату з молярною концентрацією 0,2 моль/л?
13. Вапняк містить 94,4 %  $\text{CaCO}_3$ , 1,6 %  $\text{MgCO}_3$  і близько 4 % інших домішок, що не є карбонатами. Яка масова частка  $\text{CO}_2$  в цьому вапняку?
14. Яку масу кальцій хлориду гексагідрату необхідно взяти для приготування розчину об'ємом 150 мл з масовою часткою кальцію хлориду 16 % та густиною 1,14 г/мл?
15. На суміш кальцій карбонату, кальцій фосфату і кальцій оксиду масою 20 г подіяли надлишком розчину нітратної кислоти. При цьому виділився газ об'ємом 560 мл (н. у.) та залишилася тверда речовина масою 6,2 г. Визначити масові частки речовин у початковій суміші.

## Тести з теми «Лужні і лужно-земельні метали»

**1. Указати, як змінюються металічні властивості елементів у ряду Li–Na–K–Rb:**

- а) не змінюються; б) посилюються;  
в) послаблюються; г) спочатку посилюються, а потім послаблюються?

**2. Указати елемент 2 періоду, що виявляє найсильніші металічні властивості:**

- а) Берилій; б) Літій; в) Нітроген; г) Флуор.

**3. Указати речовину, практично нерозчинну у воді:**

- а) алюміній нітрат; б) барій сульфат;  
в) магній сульфат; г) цинк хлорид.

**4. Назвати речовину, з якою взаємодіє кальцій оксид:**

- а) хлоридна кислота; б) натрій гідроксид;  
в) натрій оксид; г) натрій сульфат.

**5. Указати пару елементів, що утворюють сполуку, в якій іонний тип зв'язку виявляється найсильніше:**

- а) O, F; б) Cs, F; в) K, S ; г) Cs, I.

**6. Вказати групу атомів, які можуть утворювати лише позитивно заряджені іони:**

- а) K, Na, S; б) K, Na, Mg; в) Cl, K, Na; г) H, Cl, Br.

**7. Яка з перелічених солей не гідролізується:**

- а) KCN; б)  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu}$ ; в)  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; г)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ?

**8. Визначити молярну масу кальцій хлориду (г/моль):**

- а) 128; б) 136; в) 153; г) 111.

**9. Яке середовище має розчин натрій сульфіді:**

- а) кисле; б) слабокисле; в) нейтральне; г) лужне?

**10. Визначити пари іонів, що не можуть знаходитися одночасно в розчині у великій кількості:**

- а)  $2\text{Na}^+$  і  $\text{SO}_4^{2-}$ ; б)  $3\text{Ba}^{2+}$  і  $2\text{PO}_4^{3-}$ ; в)  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$ ; г)  $\text{K}^+$  і  $\text{OH}^-$ .

**11. Указати групу, яка містить лише лужні та лужно-земельні метали:**

- а) Cu, Na, Mg; б) B, Mg, Ca; в) Na, K, Ba; г) Fe, Na, Ca.

**12. Указати елемент третього періоду, який найсильніше виявляє металічні властивості:**

- а) Al; б) Na; в) Mg; г) Ar.

## Питання до теми «Лужні і лужно-земельні метали»

1. Як змінюються властивості лужних металів (розмір атома, температура плавлення, електропровідність, енергія іонізації, стандартний окисно-відновний потенціал)?
2. Які хімічні властивості елементів I групи (Літію, Натрію, Калію)?
3. Які властивості свідчать про високу хімічну активність лужних металів? Яка причина різного характеру реакції взаємодії лужних металів з водою?
4. Методи отримання та хімічні властивості оксидів літію, натрію, калію.
5. Методи отримання та хімічні властивості гідридів літію, натрію, калію.
6. Властивості гідроксидів лужних металів. Поясніть, чому шматочки натрію при зберіганні на повітрі поступово «розтікаються»?
7. Які хімічні властивості елементів II групи (Берилію, Магнію, Кальцію, Стронцію, Барію)?
8. Методи отримання та хімічні властивості оксидів елементів II групи.
9. Методи отримання та хімічні властивості гідридів елементів II групи.
10. Як відрізнити прозору вапняну воду від розчину натрій гідроксиду за допомогою скляної трубки?
11. Фізичні властиві елементів I–II групи головної підгрупи.
12. Методи отримання елементів I–II групи головної підгрупи.
13. Використання сполук елементів I–II групи головної підгрупи у сільському господарстві.

## Тема 7. МЕТАЛИ ПОБІЧНИХ ПІДГРУП

До металів побічних підгруп відносять *d*-елементи, що знаходяться в четвертому, п'ятому, шостому та сьомому періодах. Метали побічних підгруп здатні до утворення комплексних сполук.

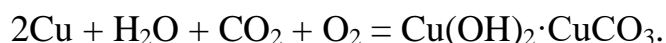
### 7.1. Елементи І В підгрупи

До ІВ підгрупи періодичної системи входять Купрум, Аргентум та Аурум – мають електронну конфігурацію валентних підрівнів  $d^{10}s^1$ . Радіуси елементів ІВ підгрупи значно менші ніж елементів І А підгрупи, що призводить до збільшення температур плавлення та густини цих металів.

Найбільша ступінь окиснення – +1. У Cu – +2, Au – +3. Метали ІВ підгрупи розташовані після водню в ряді напруг металів та взаємодіють лише з кислотами, що мають сильні окисні властивості.

#### *Хімічні властивості Купруму*

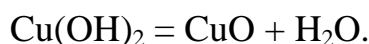
1. На повітрі руйнується навіть слабкими кислотами з утворенням малахіту:



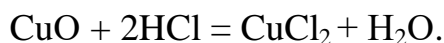
2. Заємодіє з калій роданідом з утворенням калій тетраціанокупрумату:



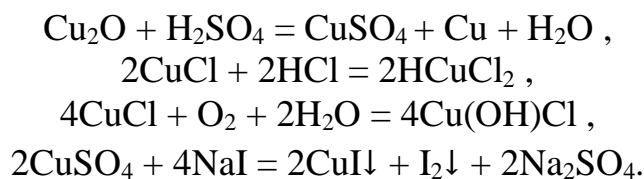
3. Купрум (II) оксид отримують реакцією розпаду купрум (II) гідроксиду при нагріванні:



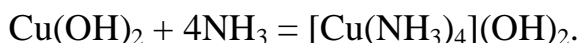
CuO має властивості основного оксиду:



4. Сполуки Купруму беруть участь в окисно-відновних реакціях:  $\text{Cu}^+$  – як відновник,  $\text{Cu}^{+2}$  – як окисник:

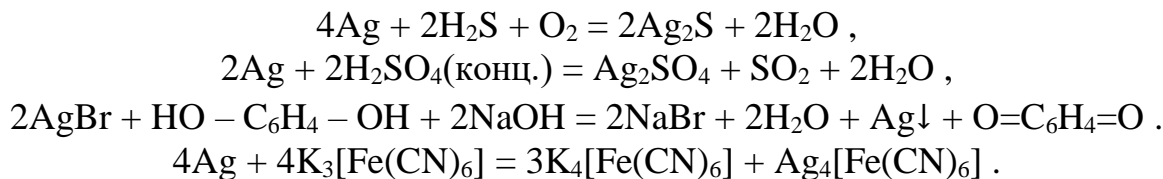


5. Сполуки Купруму легко вступають в реакцію комплексоутворення:



### *Хімічні властивості Аргентуму*

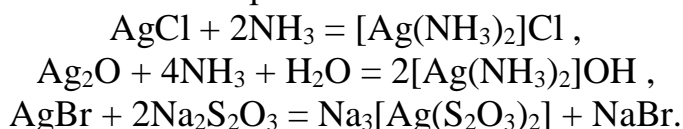
1. Аргентум та його сполуки беруть участь в окисно-відновних реакціях:  
 $\text{Ag}^0$  – відновник,  $\text{Ag}^{+1}$  – окисник:



«Реакція срібного дзеркала»:



2. Аргентум має комплексотворчі властивості:



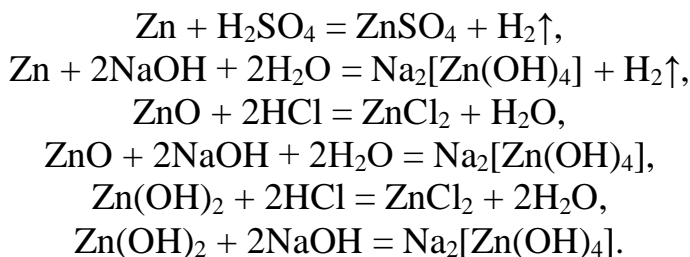
### **7.2. Елементи ІІ В підгрупи**

Елементи ІІВ підгрупи: Цинк, Кадмій, Меркурій – схожі за властивостями з елементами ІІА підгрупи. На відміну від елементів ІІ А підгрупи, хімічна активність, особливо відновна активність, елементів ІІ В підгрупи знижується зі збільшенням атомного номера.

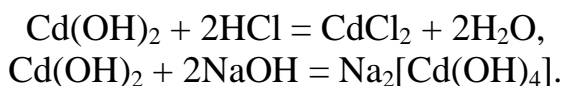
1. Цинк та кадмій реагують з водою за схемою:



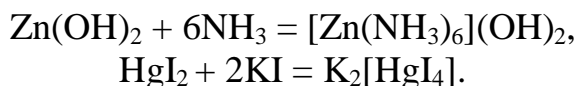
2. Цинк, а також цинк гідроксид та цинк оксид мають амфотерну природу:



3. Кадмій гідроксид також має амфотерну природу:



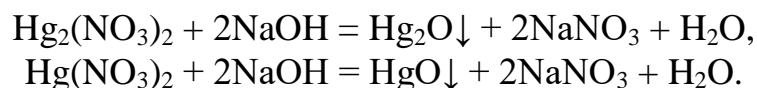
4. Метали ІІ В підгрупи утворюють комплексні сполуки. Координаційні числа: для Меркурію – 4, для Цинку та Кадмію – 4, 6:



5. Ртуть не розчиняється в лугах, хлоридній та соляній кислотах. Концентрована нітратна кислота розчиняє метал при нагріванні:



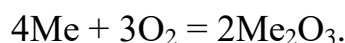
6. Меркурій (I) гідроксид та меркурій (II) гідроксид нестійкі:



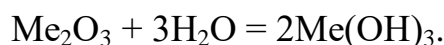
### 7.3. Елементи III В підгрупи

Елементи III В підгрупи: Скандій, Ітрій, Лантан, Актиній – розсіяні і рідкісні метали, які мають електронну конфігурацію  $\dots nd^1 ns^2$ . Це сріблясто-білі метали, що мають сильні відновні властивості.

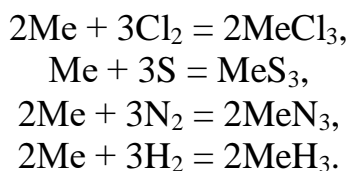
1. При нагріванні метали III В підгрупи утворюють оксиди загальною формулою  $\text{Me}_2\text{O}_3$ :



Оксиди мають основний характер і легко взаємодіють з водою з утворенням відповідних гідроксидів:



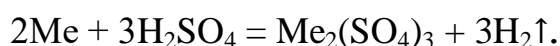
2. Взаємодіють з галогенами, сіркою, азотом, воднем з утворенням відповідних галогенідів, сульфідів, нітридів, гідридів:



3. Скандій, ітрій, лантан з водою взаємодіють повільно:



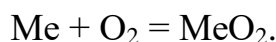
4. Так само, як і лужні метали, метали III В підгрупи легко витісняють водень при взаємодії з кислотами:



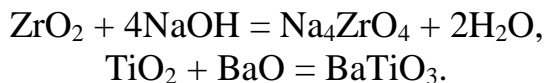
### 7.4. Елементи IV В підгрупи

Елементи IV В підгрупи: Титан, Цирконій, Гафній – розсіяні і рідкісні метали, які мають електронну конфігурацію  $\dots nd^2 ns^2$ . Найбільша позитивна ступінь окиснення – +4. Сполуки, в яких зазначені елементи містяться в ступенях окиснення +3 та +2 нестійкі, їх міцність знижується від Титану до Гафнію.

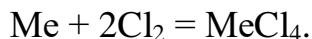
1. При нагріванні метали IV В підгрупи утворюють оксиди загальною формулою  $\text{MeO}_2$ :



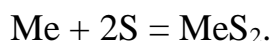
Утворені оксиди доволі інертні – не взаємодіють з водою та розведеними розчинами кислот. При сплавлінні з лугами або основними оксидами отримують титанати, цирконати та гафнати:



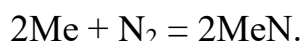
2. Взаємодіють з галогенами з утворенням солей:



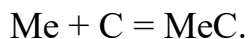
3. Розплав сульфуру утворює з елементами IV В підгрупи сульфід  $\text{MeS}_2$ :



4. При нагріванні з азотом утворюють нітриди:



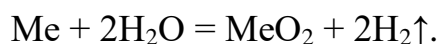
5. Взаємодія металів IV В підгрупи з карбоном призводить до утворення відповідних карбідів:



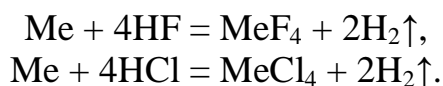
6. Окріп взаємодіє з металами IV В підгрупи за схемою:



При температурі 600–800°C взаємодія з водою призводить до утворення оксидів:



7. Газоподібні фтороводень та хлороводень окиснюють елементи IV В підгрупи до тетрафлуоридів та тетрахлоридів:

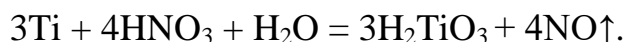


Концентрована хлоридна кислота не взаємодіє з цирконієм та гафнієм, але розчиняє титан з утворенням  $\text{TiCl}_3$ .

8. Титан взаємодіє з концентрованою сульфатною кислотою:



9. Титан, цирконій, гафній мають на поверхні захисну плівку та стійкі до впливу нітратної кислоти. При руйнуванні захисної плівки титан здатен взаємодіяти з нітратною кислотою:



## 7.5. Елементи V B підгрупи

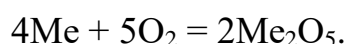
Елементи V B підгрупи: Ванадій, Ніобій, Тантал. В атомах цих елементів відбувається добудова предзовнішнього рівня. В атомів Ванадію та Танталу електронна конфігурація –  $d^3s^2$ , у Ніобія у наслідок «провалу» електрона електронна конфігурація має вигляд –  $d^4s^1$ . Найбільша позитивна ступінь окиснення +5. Ванадій може мати в сполуках ступені окиснення +4, +3 та +2.

Унаслідок лантаноїдного стиснення Ніобій і Тантал мають близькі за значенням атомні радіуси.

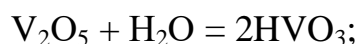
Фізичні властивості елементів V B підгрупи залежать від ступеня їх очищення. Домішки кисню, водню, азоту та вуглецю знижують пластичність та підвищують твердість.

Хімічна активність металів VB підгрупи має місце лише при високих температурах, що пов'язано з руйнуванням оксидних плівок.

1. Взаємодіють з киснем при високих температурах:



Ніобій (V) оксид і тантал (V) оксид не розчинні у воді. Ванадій (V) оксид взаємодіє з водою з утворенням ванадієвої метаакислоти:



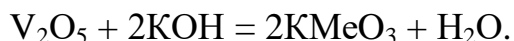
двованадієвої кислоти:



ванадієвої ортокислоти:



Ванадій (V) оксид взаємодіє з лугами у звичайних умовах, ніобій (V) оксид і тантал (V) оксид взаємодіють з лугами при сплавлінні:



Взаємодія з лугом приводить до утворення ванадатів, ніобатів та танталатів.

2. При взаємодії з галогенами утворюються пентагаліди, але для Ванадію відомо утворення лише ванадій (V) фториду:



3. При взаємодії металів VB підгрупи з азотом та вуглецем утворюються нітриди і карбіди змінного складу ( $MeN$ ,  $Me_2N$ ,  $MeC$ ,  $Me_2C$ ).

4. Елементи VB підгрупи не взаємодіють з водою, лугами, з розчинами хлоридної та сульфатної кислот.

5. Нітратна кислота взаємодіє з ванадієм з утворенням ванадієвої метаакислоти:



## 7.6. Елементи VI В підгрупи

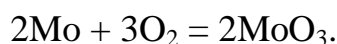
Елементи VI В підгрупи: Хром, Молібден, Вольфрам. В атомах цих елементів відбувається добудова передзовнішнього рівня. У атомів Вольфраму електронна конфігурація –  $d^4s^2$ , у Хрому та Молібдену у наслідок «провалу» електрона електронна конфігурація має вигляд –  $d^5s^1$ . Найбільша позитивна ступінь окиснення +6. Хром може мати в сполуках ступені окиснення +2 та +3, а Молібден і Вольфрам +4 та +6. Ці сполуки є доволі стійкими. Елементи VI В підгрупи здатні утворювати комплексні сполуки з координаційними числами 4 та 6.

Унаслідок лантаноїдного стиснення Молібден і Вольфрам мають близькі за значенням атомні радіуси. Ці метали тверді та мають високу температуру плавлення. Як і для елементів VB підгрупи, фізичні властивості елементів VI В підгрупи суттєво залежать від ступеня їх очищення.

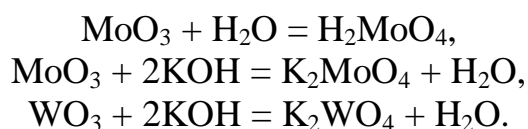
З погляду хімії – Молібден та Вольфрам – типові відновники.

### *Хімічні властивості елементів підгрупи Молібдену*

1. При взаємодії з киснем утворюються відповідні оксиди. Взаємодія з молібденом і вольфрамом відбувається при температурі 500–600 °C з утворенням оксидів складу  $MeO_3$ :

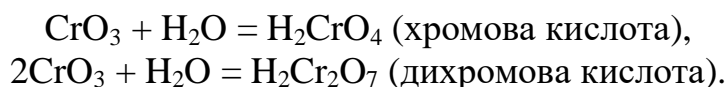


Молібден (VI) оксид та вольфрам (VI) оксид погано розчиняються у воді та мають кислотні властивості – при взаємодії з лугами утворюють солі молібденової кислоти (молібдати) та солі вольфрамової кислоти (вольфрамати), відповідно:

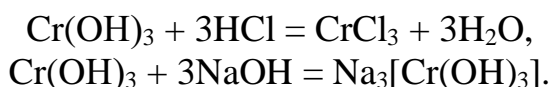


Хром має п'ять оксидів:  $CrO$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $CrO_2$ ,  $Cr_2O_5$ ,  $CrO_3$ .

$CrO_2$ ,  $Cr_2O_5$  – нестабільні;  $CrO$  має основні властивості;  $Cr_2O_3$  – амфотерні властивості;  $CrO_3$  – кислотні властивості:



$Cr_2O_3$  та  $Cr(OH)_3$  розчиняються в кислотах та лугах:



2. Галогени діють на метали VIB підгрупи по-різному. Взаємодія з фтором відбувається при звичайній температурі, а з хлором – при нагріванні. Молібден та Вольфрам на відміну від Хрому утворюють гексагаліди. Хром

утворює пента- та тетрафториди ( $\text{CrF}_5$ ,  $\text{CrF}_6$ ), а також трибромід ( $\text{CrBr}_3$ ) та трийодид ( $\text{CrI}_3$ ).

3. При взаємодії з азотом утворюються відповідні нітриди ( $\text{MoN}$ ,  $\text{Mo}_2\text{N}$ ,  $\text{Mo}_3\text{N}$ ,  $\text{WN}$ ,  $\text{W}_2\text{N}$ ,  $\text{CrN}$ ,  $\text{Cr}_2\text{N}$ ), при взаємодії з карбоном – карбіди металів ( $\text{MoC}$ ,  $\text{Mo}_2\text{C}$ ,  $\text{WC}$ ,  $\text{W}_2\text{C}$ ,  $\text{Cr}_4\text{C}$ ,  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ).

4. Хромати та дихромати сильні окисники:



### 7.7. Елементи VII В підгрупи

Елементи VII В підгрупи: Манган, Технецій, Реній. В атомах цих елементів відбувається добудова передзовнішнього рівня, електронна конфігурація –  $d^5s^2$ . Найбільша позитивна ступінь окиснення +7. Манган може мати в сполуках ступені окиснення від +1 до +7, сполуки зі ступенями окиснення +1 та +5 нестійкі. Реній може мати такі ж самі ступені окиснення як у Мангана, найбільш стійкими є сполуки в яких Re +7. Технецій може мати в сполуках ступені окиснення +4, +6, +7. Відновні властивості металів знижуються від Мангану до Ренію. Елементи VII В підгрупи здатні утворювати комплексні сполуки з координаційними числами 4 та 6.

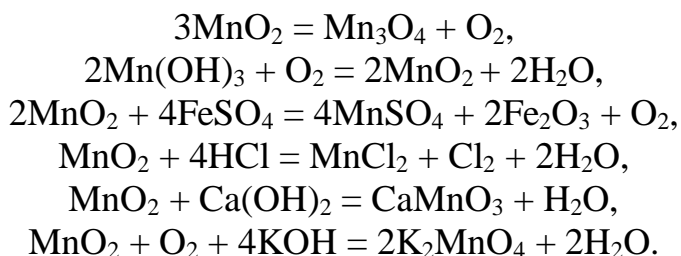
Внаслідок лантанового стиснення Реній і Технецій мають близькі за значенням атомні радіуси. Фізичні властивості елементів VII В підгрупи суттєво залежать від ступеня їх очищення.

#### *Хімічні властивості елементів підгрупи Мангану*

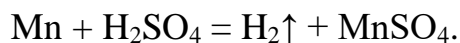
1. Взаємодіє з киснем.

Реній здатен утворювати реній (VII) оксид ( $\text{Re}_2\text{O}_7$ ).

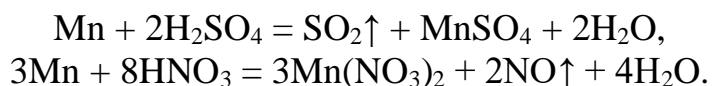
Манган здатен утворювати п'ять оксидів:  $\text{MnO}$  – основні оксиди;  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  – амфотерні оксиди;  $\text{MnO}_3$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$  – кислотні оксиди.



2. Манган, на відміну від ренію, взаємодіє з хлоридною та розведеною сульфатною кислотою з виділенням водню:



3. Манган реагує з концентрованими сульфатною та нітратною кислотами:



4. Манган взаємодіє з:

- галогенами з утворенням дигалідів ( $MnHal_2$ );
- сульфуром з утворенням сульфідів ( $MnS$ ,  $MnS_2$ );
- азотом з утворенням нітридів ( $Mn_2N$ ,  $Mn_3N_2$ );
- вуглецем з утворенням карбідів ( $Mn_3C$ ,  $Mn_4C$ ).

5. Манган у ступені окиснення +7 має сильні окисні властивості.

### 7.8. Елементи VIII В підгрупи

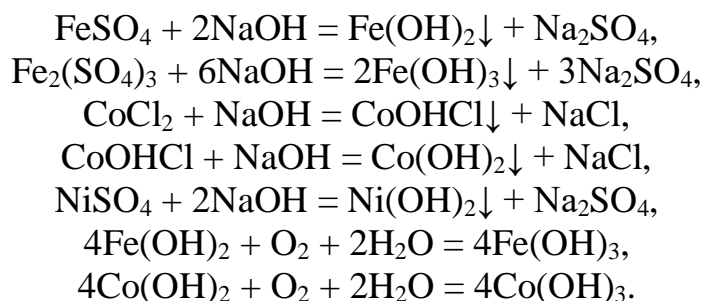
VIII В підгрупа об'єднує три тріади *d*-елементів: сімейство Феруму – Ферум, Кобальт, Нікель; платинові метали – Рутеній, Родій, Паладій, Осмій, Іридій, Платина. В атомах цих елементів відбувається добування передзовнішнього рівня. Атоми сімейства Феруму не мають вільного *f*-підрівня, однак не всі електрони *d*-підрівня беруть участь в утворенні хімічних зв'язків. Найбільший позитивний ступінь окиснення Кобальту – +5, Феруму – +6 (найбільш розповсюджені сполуки зі ступенями окиснення +2 та +3), Нікелю – +4, Родію – +3, Іридію – +4, Паладію та Платини – +4, +2. Лише у Рутенію і Осмію спостерігається ступінь окиснення +8, але в переважній більшості сполук ступінь окиснення +6.

Для металів VIII В підгрупи притаманні високі температури плавлення та велика густина. Усі елементи VIII В підгрупи каталітично активні та здатні утворювати комплексні сполуки.

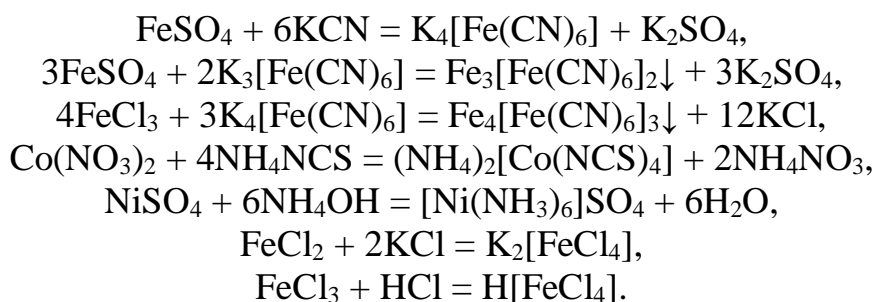
#### *Хімічні властивості елементів родини Феруму*

1. Утворюють оксиди загального складу  $MeO$ ,  $Me_2O_3$ . А також змішаний оксид загальною формулою  $Me_3O_4$ , який містить у своєму складі два оксиди  $MeO \cdot Me_2O_3$ .

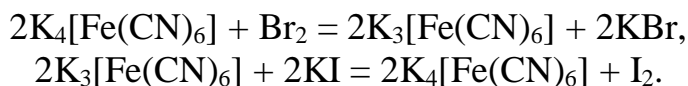
2. Гідроксиди металів родини Феруму отримують додаванням до відповідних солей лугів або частковим окисненням у водному розчині:



3. Утворюють комплексні сполуки:



4. Сполуки  $\text{Fe}^{2+}$  – переважно відновники, але можуть бути і окисниками; сполуки  $\text{Fe}^{3+}$  – переважно окисники але можуть виступати і як відновники:



### Задачі з теми «Метали побічних підгруп»

1. Суміш мідних і магнієвих ошурок масою 1,5 г обробили надлишком сульфатної кислоти. У результаті реакції виділився водень об'ємом 0,56 л (н.у.). Обчислити масову частку міді в суміші.

2. Назвати основні сфери застосування Хрому. Скласти рівняння реакцій для таких перетворень:  $\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{KCrO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

У разі необхідності навести рівняння електронного балансу.

3. Манган одержують шляхом відновлення кремнієм манган (III) оксиду. Технічний оксид масою 20 кг (масова частка домішок становить 5,2 %) відновили до металу. Розрахувати масу одержаного мангану.

4. Під час відновлення воднем суміші ферум (II) та (III) оксидів масою 37 г одержали 28 г феруму. Розрахувати масову частку кожного з оксидів у суміші.

5. Під дією водного розчину амоніаку на розчин, що містить ферум хлорид масою 3,81 утворився ферум гідроксид масою 2,7 г. Визначити формулу ферум хлориду.

6. Пластинку заліза масою 20,4 г занурили в розчин купруму (II) сульфату. Визначити масу заліза, що перейшла у розчин, якщо маса пластинки стала дорівнювати 22 г.

7. Зразок сплаву масою 40 г, що містить залізо, розчинили в надлишку сульфатної кислоти. До отриманого розчину додали 210 г розчину калій дихромату з масовою часткою 14 % для повного окиснення сполук Феруму (II). Визначити масову частку заліза в сплаві.

8. Хром (VI) оксид масою 5 г вступив у реакцію з амоніаком об'ємом 2,24 л (н. у.). Тверду речовину, що утворилася, сплавили з надлишком калій гідроксидом та додали надлишок сульфатної кислоти. Яку масу кристалогідрату  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  можна виділити з отриманого розчину?

9. Хром (VI) оксид масою 6 г розчинили у воді об'ємом 240 мл. Визначити масову частку хроматної кислоти в отриманому розчині.

## Тести з теми «Метали побічних підгруп»

**1. Указати групу елементів, які входять до складу побічної підгрупи VI групи:**

а) S, O, Ne; б) Po, Te, Se; в) O, S, Se; г) Cr, Mo, W.

**2. Указати період, у якому розташована родина лантаноїдів:**

а) 4; б) 5; в) 6; г) 7.

**3. Указати елемент з наступною електронною формулою:**

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$ :

а) Кобальт; б) Ферум; в) Нікель; г) Галій.

**4. Указати сіль, яка гідролізується за катіоном:**

а)  $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$ ; б) NaCl; в)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ; г) LiBr?

**5. Указати групу елементів, які входять до складу побічної підгрупи II групи:**

а) Be, Mg, Ca, Sr, Ba; б) Zn, Cd, Hg; в) Ba, Ra, Sr; г) Zn, Sr, Ba, Ra.

**6. Указати елементи, які входять до складу родини лантаноїдів:**

а) Ce, Pm, Sm; б) Br, At, W; в) Os, Tc, Kr; г) Pa, Np, Cr.

**7. Указати елементи, які входять до побічної підгрупи VII групи періодичної системи:**

а) Br, I, F; б) F, Ce, Br; в) Mn, Tc, Re; г) Sc, Cd, Hg.

**8. Указати кількість енергетичних рівнів у атома елемента з порядковим номером 24:**

а) 5; б) 2; в) 3; г) 4.

**9. Указати кількість молекул кристалізаційної води, що входить до складу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ :**

а) 4; б) 5; в) 7; г) 10.

**10. У комплексній сполуці  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  комплексоутворювачем є:**

а)  $\text{Cu}^{2+}$ ; б)  $\text{NH}_3$ ; в)  $\text{SO}_4^{2-}$ ; г)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .

**11. Визначте ступінь окиснення Мангану в  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ :**

а) 0; б) +4; в) +2; г) +6.

**12. Яке середовище має розчин купрум (II) хлориду:**

а) кисле; б) слабокисле; в) нейтральне; г) лужне; д) слаболужне?

## Питання до теми «Метали побічних підгруп»

1. Розгляньте властивості металів на підставі положення в Періодичній системі хімічних елементів (загальна кількість електронів, кількість енергетичних рівнів, електронна та електронографічні формули, можливі валентності та ступені окиснення).
2. Як змінюються властивості металів (розмір атома, температура плавлення, електропровідність, енергія іонізації, стандартний окисно-відновний потенціал)?
3. У чому особливість металічної ґратки? Опишіть загальні фізичні та властивості металів.
4. Принцип побудови ряду напруги металів? Які властивості металів він характеризує?
5. Купрум. Будова атома, ступені окиснення, хімічні властивості міді.
6. Електронна формула атома Феруму. Валентності заліза. Властивості оксидів та гідроксидів Феруму. Корозія заліза.
7. Електронна формула атомів Нікелю, Кобальту, Молібдену, Вольфраму. Мангану, Хрому. Їх валентності.
8. Хімічні властивості хімічних елементів нікелю, кобальту, молібдену, вольфраму, марганцю, хрому.
9. Методи отримання оксидів і основ *d*-елементів.
10. Хімічні властивості оксидів і основ *d*-елементів.
11. Амфотерні властивості сполук Мангану, Молібдену, Хрому.
12. Яке значення мікроелементи мають для розвитку рослин?
13. Комплексотворчі властивості *d*-елементів та їх координаційні числа.
14. Як використовують комплексні сполуки в сільському господарстві?

## Тема 8. ЕЛЕМЕНТИ ІІІ–ІV ГРУП

### 8.1. Елементи ІІІ А підгрупи

Елементи ІІІ А підгрупи – широко розповсюджені (Бор, Алюміній) та рідкі (Галій, Індій, Талій). Електронна конфігурація зовнішнього рівня –  $\dots ns^2 np^1$ , у незбудженому стані вільним є лише один електрон  $p$ -підрівня. Стійкими є сполуки цих елементів зі ступенем окиснення +3. Металеві властивості різко підсилюються від Бору до Алюмінію, трошки слабшають у Галію, знову поступово збільшуються від Індію до Талію. Така закономірність обумовлена наявністю в атомів Галію, Індію, Талію 18 електронів на передзовнішньому рівні, що призводить до нелінійчастої зміни властивостей (радіусів атомів, температур плавлінь та ін.) від Алюмінію до Галію. Бор – неметал, який за своїми властивостями нагадує вуглець та кремній, галій, індій, талій – типові метали з низькими температурами плавління та дуже пластичні.

#### *Хімічні властивості галію, індію, талію*

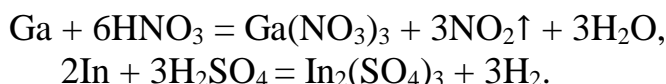
Від Галію до Талію міцність сполук зі ступенем окиснення +3 знижується, а зі ступенем окиснення +1 збільшується.

1. Взаємодія з киснем:

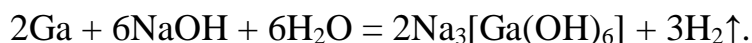
Талій легко окиснюється на повітрі до  $Tl_2O$  та частково до  $Tl_2O_3$ . Галій та індій окиснюються до оксидів  $Me_2O_3$  лише за температури 200 °С.

2. З водою галій, індій, талій не взаємодіють.

3. Взаємодіють з нітратною, сульфатною та хлоридною кислотами з утворенням відповідних солей з катіонами  $Ga^{3+}$ ,  $In^{3+}$  та  $Tl^+$ :



4. Галій та індій при взаємодії з лугами утворюють гексагідроксогалати та гексагідроксоіндіати:

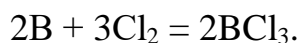


Талій з лугами не взаємодіє.

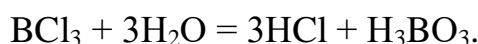
#### *Хімічні властивості бору*

За звичайних температур бор, особливо кристалічний, – інертний, але з підвищенням температури його хімічна активність збільшується.

1. Взаємодіє з галогенами з утворенням галогенідів складу  $BHal_3$ :



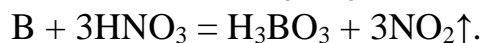
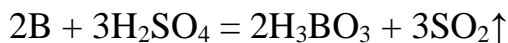
Галогеніди легко взаємодіють з водою з утворенням борної кислоти:



2. За температури червоного накалювання бор взаємодіє з водою:



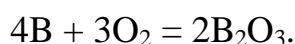
3. Бор не взаємодіє з розведеними кислотами. Концентровані сульфатна та нітратна кислоти окиснюють бор до борної кислоти:



4. Бор взаємодіє з концентрованими розчинами лугів з утворенням метаборатів:



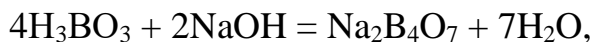
5. При спалюванні бору при температурі 700 °С утворюється бор (III) оксид:



Бор (III) оксид при взаємодії з водою утворює борну кислоту:

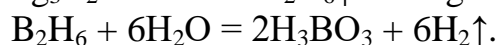
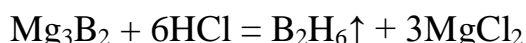


Борна кислота нестійка, при нагріванні перетворюється в метаборну кислоту  $\text{HBO}_2$ , потім у тетраборну кислоту  $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$ :



$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  – натрій тетраборат (бура).

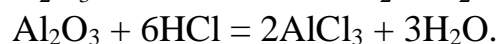
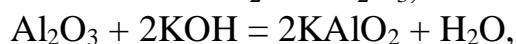
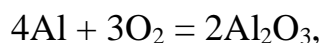
6. Гідриди бору, на відміну від гідридів лужних та лужно-земельних металів, отримують взаємодією кислот з боридами металів:



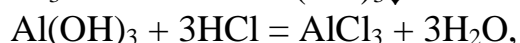
### *Хімічні властивості алюмінію*

Алюміній – активний метал з великою спорідненістю до Оксигену. На повітрі швидко утворює на поверхні плівку оксиду, в у воді – плівку гідроксиду.

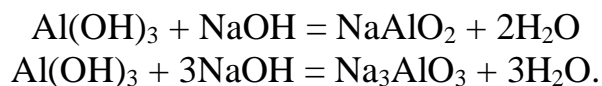
1. При нагріванні на повітрі подрібненого алюмінію утворюється алюміній оксид, який має амфотерні властивості:



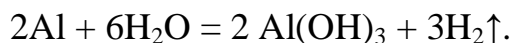
2. Алюміній гідроксид також має амфотерну природу:



При сплавлінні з лугами утворюються солі метаалюмінієвої та ортоалюмінієвої кислот:



3. Алюміній активно взаємодіє з водою за умови руйнування плівки на поверхні:



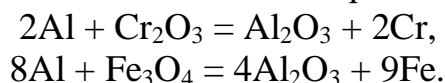
4. Алюміній легко розчиняється в розчинах хлоридної і сульфатної кислот, тоді як холодна нітратна кислота пасивує алюміній:



5. Алюміній взаємодіє з водними розчинами лугів з утворенням гідроксоаквакомплексів:



6. Алюміній відновлює метали з їх оксидів при нагріванні (алюмотермія):



## 8.2. Елементи IVA підгрупи

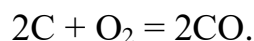
До IV A підгрупи відносяться *p*-елементи: Карбон, Силіцій, Германій, Станум, Плюмбум. Електронна конфігурація зовнішнього рівня цих атомів –  $\dots ns^2 np^2$ , в незбудженому стані вільними є два електрони *p*-підрівня. У збудженому стані електрони зовнішнього рівня мають конфігурацію  $\dots ns^1 np^3$  – усі чотири електрони неспарені. Зі збільшенням порядкового номера елемента в межах IV A підгрупи спостерігається закономірне збільшення радіусів елементів, зниження енергії іонізації та відносної електронегативності. Вуглець та кремній – типові неметали, германій має ознаки металу, у олові та свинцю металічні властивості переважають над неметалічними. Максимальна ступінь окиснення – +4. Існують також сполуки зі ступенем окиснення +2, їх стабільність збільшується при переході до свинцю. Елементи IV A підгрупи можуть мати ступінь окиснення -4 в гідридах.

Карбон здатен утворювати декілька простих речовин, так звані алотропні модифікації – алмаз, графіт, карбін, графен, фулерени, нанотрубки. Алотропні модифікації відрізняються між собою будовою кристалічних ґраток, що суттєво впливає на їх фізичні властивості.

### ***Хімічні властивості вуглецю***

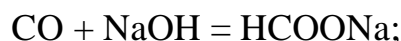
1. При нагріванні за температури 2000 °С і тиску 100 МПа Карбон може змінювати свою алотропну модифікацію – переходити з графіту в алмаз.

2. При спалюванні вуглецю в кисні утворюється карбон (II) оксид – чадний газ:

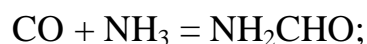


Карбон (II) оксид використовують в органічних синтезах:

- для отримання натрій формиату:



- для отримання формаміду:

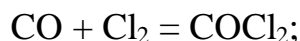


- отримання метанолу (температура, каталізатор):

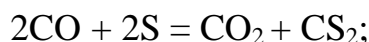


Карбон (II) оксид використовують в неорганічних синтезах:

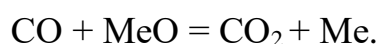
- отримання фосгену:



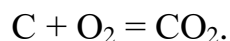
- отримання карбон (IV) сульфіді:



- відновлення металів з їх оксидів:



3. При взаємодії вуглецю з надлишком кисню утворюється карбон (IV) оксид:



Другий спосіб отримання карбон (IV) оксиду – нагрівання вапняку:



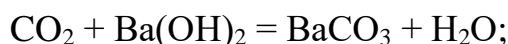
### ***Хімічні властивості CO<sub>2</sub>:***

CO<sub>2</sub> – кислотний оксид.

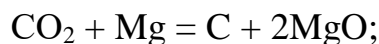
- взаємодіє з водою з утворенням карбонатної кислоти:



- взаємодіє з гідроксидами:



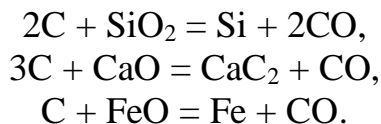
- відновлення магнієм (магній горить у середовищі CO<sub>2</sub>):



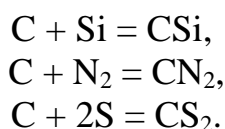
- взаємодіє з амоніаком з утворенням карбаміду:



4. Карбон має відновні властивості:



5. Карбон взаємодіє з кремнієм, азотом, сіркою з утворенням сілікату, нітриду, сульфїду, відповідно:



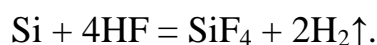
6. Карбон взаємодіє з металами з утворенням відповідних карбїдів:



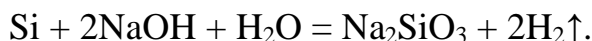
### *Хїмічні властивості кремнію*

Силїцій – типовий неметал, притаманні ступені окиснення +4, +2; в сполуках з Гїдрогеном ступїнь окиснення Силїцію дорївнює –4. Силїцій має двї алотропнї модифїкації – кристалїчну та аморфну. Силїцій утворює просту речовину кремнїй.

1. Кремнїй стїйкий до дїї кислот, виключенням є флуоридна кислота:



2. Кремнїй легко розчиняється в лугах:

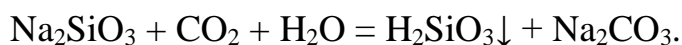


Силїкати взаємодїють з неорганїчними кислотами з видїленням:

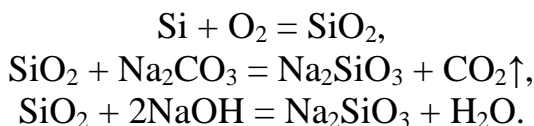
– ортосилїкатної кислоти:



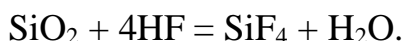
– метасилїкатної кислоти:



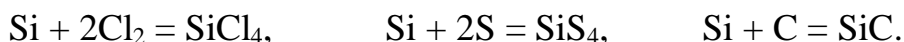
3. Під час взаємодїї з киснем при нагрїваннї кремнїй утворює силїцій (IV) оксид, що має переважно кислотнї властивості:



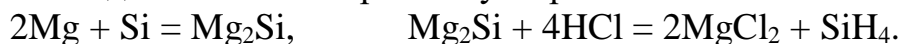
Основні властивості силіцій (IV) оксид має при взаємодії з флуоридною кислотою:



4. Під час взаємодії з елементами, що мають більш неметалеві властивості, кремній виявляє властивості металу. Так, кремній взаємодіє з галогенами з утворенням відповідних галогенідів, при взаємодії з сіркою утворюється силіцій сульфід, а при взаємодії з вуглецем – силіцій карбід:



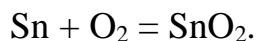
5. При взаємодії з металами кремній утворює силани:



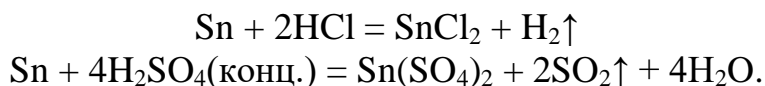
### *Хімічні властивості олова*

Станум утворює просту речовину – олово. Олово – сріблясто-білий метал, що має дві алотропні модифікації: білу та сіру. За звичайних умов олово стійке на повітрі, не взаємодіє з водою.

1. За температури 232 °С утворює станум (IV) оксид, що має кислотні властивості:



2. Олово повільно розчиняється в розведених хлоридній та сульфатній кислотах, у концентрованих кислотах розчинення відбувається швидко:



3. Олово взаємодіє з нітратною кислотою:

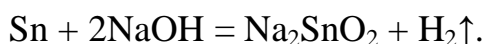
– з розведеною:



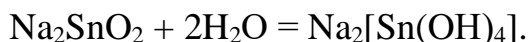
– з концентрованою:



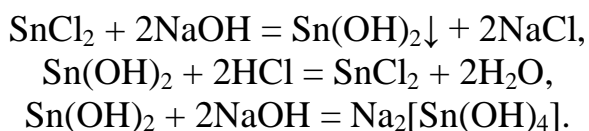
4. Олово має амфотерну природу – розчиняється в лугах з утворенням станатів:



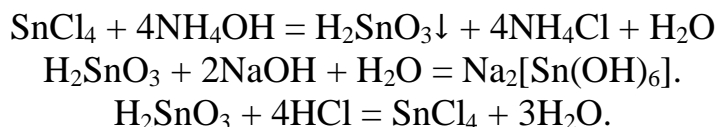
Станати легко гідратуються з утворенням гідроксостанатів:



5. Станум (II) гідроксид має амфотерні властивості:



6. Станум (IV) гідроксид має амфотерні властивості, але кислотні властивості превалюють, тому більш коректно говорити про станатну кислоту:



### *Хімічні властивості свинцю*

Атоми Плюмбуму утворюють просту речовину – свинець. Свинець – м'який, синьо-сірий метал, поверхня якого вкрита плівкою плюмбум (II) оксиду. У воді захисна плівка поступово руйнується:



1. Свинець не розчиняється в розведених сульфатній та хлоридній кислоті внаслідок утворення на його поверхні плівок малорозчинних  $\text{PbSO}_4$  та  $\text{PbCl}_2$ , відповідно, але добре розчиняється при нагріванні в концентрованій сульфатній кислоті:

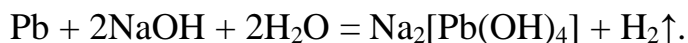


2. Свинець добре розчиняється в розведеній нітратній кислоті:

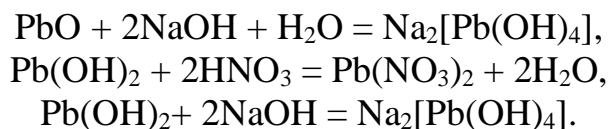


Концентрована сульфатна кислота пасивує поверхню свинцю.

3. Свинець розчиняється в лугах:



4. Плюмбум (II) оксид та плюмбум (II) гідроксид мають амфотерні властивості:



5. Плюмбум (IV) оксид має амфотерні властивості з перевагою кислотних властивостей. Плюмбум (IV) оксиду відповідають кислоти метаплюмбатна ( $\text{H}_2\text{PbO}_3$ ) та ортоплюмбатна ( $\text{H}_4\text{PbO}_4$ ), які не існують у вільному стані.

### **Задачі з теми «Елементи III – IV груп»**

1. Визначити формулу речовини, якщо її молярна маса дорівнює 30 г/моль і вона містить 20 % Гідрогену і 80 % Карбону.

2. Оксид елемента має найпростішу формулу  $\text{EO}_2$ . Відомо, що для добування оксиду масою 22,2 г потрібен елемент масою 15,8 г. Який елемент утворює оксид?

3. Написати рівняння взаємодії алюмінію з лугом, азотом та вуглецем. Для окисно-відновних процесів записати електронні рівняння.

4. Елемент, який входить до IV групи періодичної системи утворює з Гідрогеном летку сполуку складу  $\text{EH}_4$ . Масова частка Гідрогену в сполуці становить 12,5 %. Назвіть цей елемент.

5. Пояснити, з якими елементами у групі та періоді межує елемент з порядковим номером 13 і як змінюються властивості в групі?

6. Написати реакції отримання соди, якщо як початкові речовини будуть використані металевий натрій, хлоридна кислота, мармур та вода.

7. Які оксиди утворює Карбон? Описати хімічні властивості карбон (II) оксиду.

8. Як змінюються окисні властивості в ряду елементів  $\text{C} - \text{Si} - \text{Sn} - \text{Pb}$  зі ступенем окиснення +4.

9. Яка речовина і в якій кількості утворюється при пропусканні крізь 0,5 л розчину натрій гідроксиду з концентрацією 2 М карбон (IV) оксиду?

10. Розрахувати маси натрій карбонату, кальцій карбонату та силіцій (IV) оксиду, які необхідні для утворення 1 кг скла ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$ ).

11. Розрахувати об'єм водню (н. у.), який утворюється під час розчинення алюмінію масою 16,2 г у водному розчині луку.

12. При розчиненні 46 г суміші алюмінію, міді та магнію в хлоридній кислоті було виділено 28 л газу ( $t = 0^\circ \text{C}$ ,  $P = 8 \text{ атм}$ ). Залишок розчинили в концентрованій нітратній кислоті. При цьому було виділено 8,96 л газу (н. у.). Визначити масову частку кожного з металів у суміші.

### Тести з теми «Елементи III – IV груп»

**1. Вказати кількість ковалентних зв'язків у молекулі силану  $\text{SiH}_4$ :**  
а) 4; б) 5; в) 6; г) 10.

**2. За електронною будовою атома Силіцію визначити мінімальний і максимальний ступені окиснення цього елемента в сполуках.**  
а) - 4 і +4; б) - 3 і +5; в) - 2 і +6; г) - 1 і +7.

**3. Карбонати – це:**  
а) середні солі сульфатної кислоти; б) сполуки металів з вуглецем;  
в) кислі солі карбонатної кислоти; г) середні солі карбонатної кислоти.

**4. Вказати реакцію, продуктом якої є газ:**  
а)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 \rightarrow$ ; б)  $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow$ ;  
в)  $\text{CaSO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow$ ; г)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow$  .

**5. Вказати загальну формулу сполук Гідрогену з елементами IV групи головної підгрупи:**  
а)  $\text{RH}$ ; б)  $\text{RH}_2$ ; в)  $\text{RH}_3$ ; г)  $\text{RH}_4$ .

**6. Визначити ступінь окиснення Бору в  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ :**

а) +3; б) +4; в) +5; г) +6.

**7. Вказати групу, у якій хімічні елементи розташовані в порядку зростання електронегативності:**

а) O, N, C, B; б) Al, Si, P, S; в) C, Si, Ge, Sn; г) Si, Al, Ng, Na.

**8. Яке середовище має розчин алюміній хлориду?**

а) кисле; б) слабокисле; в) нейтральне; г) лужне.

**9. Вказати формулу амфотерного гідроксиду:**

а) KOH; б) NaOH; в) Ba(OH)<sub>2</sub>; г) Al(OH)<sub>3</sub>.

**10. Визначити скорочене іонне рівняння реакції обміну між алюміній нітратом і калій ортофосфатом:**

а)  $\text{Al}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} = \text{AlPO}_4$ ; б)  $\text{Al}^{3+} + \text{K}_3\text{PO}_4 = 3\text{K}^+ + \text{AlPO}_4$ ;  
в)  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{PO}_4^{3-} = \text{AlPO}_4 + 3\text{NO}_3^-$ ; г)  $\text{Al}^{3+} + 3\text{NO}_3^- = \text{Al}(\text{NO}_3)_3$ .

**Питання до теми «Елементи III – IV груп»**

1. Базуючись на особливості будови атомів, поясніть, у чому полягає різниця між металами та неметалами?

2. Хімічні властивості елементів основної підгрупи III групи. Будова атомів, основні валентності. Зміна атомних, іонних радіусів та енергії іонізації в підгрупі. Розповсюдженість та форми знаходження в природі.

3. Чим пояснюється збіг властивостей елементів головної підгрупи III групи? Як змінюються властивості елементів цієї підгрупи в межах групи?

4. Бор. Будова атома. Методи отримання. Хімічні властивості.

5. Наведіть хімічні реакції, що характеризують амфотерну природу бор оксиду.

6. Бура. Хімічні властивості методи отримання.

7. Використання сполук Бору в сільському господарстві.

8. Алюміній. Будова атома. Методи отримання. Хімічні властивості.

9. Амфотерні властивості алюміній оксиду та алюміній гідроксиду.

10. Загальна характеристика елементів побічної підгрупи III групи. Розповсюдженість та форми знаходження в природі.

11. Які елементи отримали назву «лантаноїди» та «актиноїди»? Чому ці елементи об'єднані в сімейства?

12. Карбон. Будова атома. Методи отримання вуглецю. Хімічні властивості.

13. Які оксиди утворює Карбон? Опишіть хімічні властивості карбон (II) оксиду. До якого класу оксидів він належить?

14. Карбонатна кислота, її дисоціація в розчинах.

15. Силіцій. Будова атома. Методи отримання кремні. Хімічні властивості.

16. Загальна характеристика елементів побічної підгрупи IV групи. Розповсюдженість та форми знаходження в природі.

## Тема 9. ЕЛЕМЕНТИ V – VI ГРУП

Елементи VA підгрупи періодичної системи – Нітроген, Фосфор, Арсен, Стибій, Бісмут. Електронна конфігурація валентних підрівнів –  $\dots ns^2 np^3$ . На  $s$ -підрівні електрони спарені, на  $p$ -підрівні усі три електрони не мають пари. В збудженому стані відбувається розпарування  $s$ -електронів та перехід одного з них на  $d$ -підрівень (за виключенням атома Нітрогену, зовнішній рівень якого не має  $d$ -підрівня). Властивості елементів та простих сполук закономірно змінюються в межах підгрупи зі зростанням порядкового номера елемента, що пов'язано зі збільшенням радіусів атомів та зниженням енергії іонізації. Нітроген та Фосфор – типові неметали. У Арсена переважають неметалеві властивості, Стибій має амфотерні властивості, Бісмут – типовий метал. В оксидних сполуках елементи V A підгрупи мають ступені окиснення +3 та +5. Для Бісмута найбільш притаманною ступенню окиснення є +3. В відповідних гідрідах ( $MeH_3$ ) ступінь окиснення металів -3.

Всі елементи V A підгрупи утворюють оксиди типу  $Me_2O_5$  та  $Me_2O_3$ . Оксиди зі ступенем окиснення металу +5 мають кислотний характер. Оксиди  $Me_2O_3$  для легких елементів мають кислотний характер, а для важких – основний. У розчинах не утворюються іони  $N^{3+}$ ,  $P^{3+}$ ,  $As^{3+}$ , але утворюються іони  $Sb^{3+}$  та  $Bi^{3+}$ .

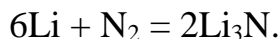
Елементи VI A підгрупи періодичної системи – Оксиген, Сульфур, Селен, Телур, Полоній. Електронна конфігурація валентних підрівнів –  $\dots ns^2 np^4$ . На  $s$ -підрівні електрони спарені, на  $p$ -підрівні – два електрони спарені, а ще два – не мають пари. Особливості будови атома Оксигену – відсутність  $d$ -підрівня на зовнішньому рівні, тому валентність Оксигену дорівнює двом. Оксиген здатен до утворення зв'язку за донорно-акцепторним механізмом за рахунок неподільної електронної пари. У всіх інших атомів на валентному рівні існує  $d$ -підрівень – при переході атома в збуджений стан відбувається перехід  $s$ - та  $p$ -електронів на  $d$ -підрівень, тому атоми можуть мати валентність II, IV, V.

Елементи VI A підгрупи, за виключенням Полонію – типові неметали – в сполуках з електропозитивними елементами, а також у сполуках з Гідрогеном їх ступінь окиснення дорівнює -2. У сполуках з Оксигеном та іншими неметалами Сульфур, Селен і Телур можуть мати ступінь окиснення як +4, так і +6. Оксиген має менше значення електронегативності ніж Флюор, тому в флюор оксиді ( $OF_2$ ) ступінь окиснення Оксигена +2.

Електронегативність елементів VI A підгрупи знижується зі збільшенням порядкового номера елемента, хоча вона має вищі значення ніж для елементів V A підгрупи. Зі збільшенням порядкового номера елемента спостерігається зниження окисних властивостей нецентральних атомів та збільшення відновних властивостей аніонів.

### *Хімічні властивості азоту*

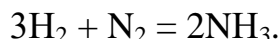
Атоми нітрогену утворюють просту речовину азот (N<sub>2</sub>). Азот є типовим неметалом та взаємодіє з металами з утворенням нітридів, наприклад:



Нітриди легко гідролізуються з утворенням амоніаку:

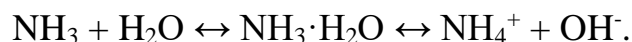


Азот приєднує водень за температури 500 – 550 °С і тиску 80000 кПа з утворенням амоніаку:

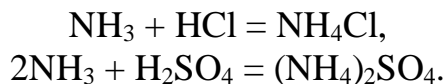


### *Хімічні властивості амоніаку*

Амоніак розчиняється у воді з утворенням амоній гідроксиду – слабкої основи:



Амоніак взаємодіє з кислотами з утворенням відповідних солей:



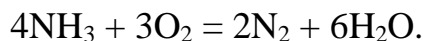
Сухі солі при нагріванні розпадаються:



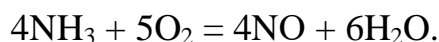
Солі амонію взаємодіють з лугами:



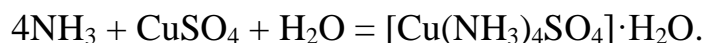
При окисненні амоніаку при звичайних умовах виділяється азот і вода:



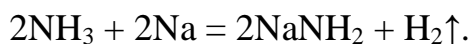
Окиснення амоніаку при температурі 800 °С в присутності платинового каталізатора супроводжується утворенням нітроген (II) оксиду та води:



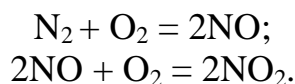
Амоніак дуже часто виступає як ліганд при комплексоутворенні:



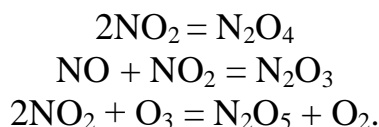
Амоніак взаємодіє з лужними металами з утворенням амідів:



Азот утворює з Оксигеном низку оксидів: N<sub>2</sub>O, NO, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Оксиди N<sub>2</sub>O та NO – несолетворні.

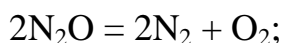


За температури  $-11,2\text{ }^\circ\text{C}$  нітроген (IV) оксид утворює димери:

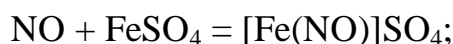


### *Хімічні властивості оксидів нітрогену*

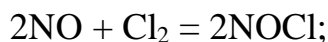
При нагріванні нітроген (I) оксид утворює азот та кисень:



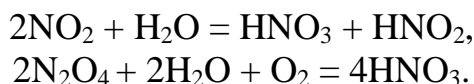
Нітроген (I) оксид може виступати як ліганд при комплексоутворенні:



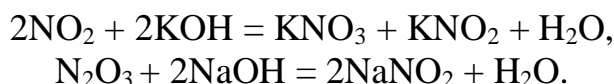
Нітроген (I) оксид взаємодіє з хлором:



$\text{N}_2\text{O}_4$ ,  $\text{NO}_2$  взаємодіють з водою з утворенням кислот:



$\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$  взаємодіють з лугами з утворенням відповідних солей:

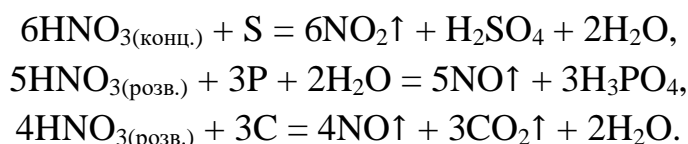


### *Хімічні властивості кислот нітрогену*

Нітратна кислота взаємодіє з хлоридною кислотою з утворенням суміші, що має сильні окисні властивості – «царська водка»:



Деякі неметали (сірка, фосфор, вуглець) окиснюються нітратною кислотою:



Продукти взаємодії нітратної кислоти з металами залежать від активності металів та концентрації кислоти. Концентрована нітратна кислота:

- не взаємодіє з Fe, Cr, Al, Au, Pt, Ir, Ta;
- з іншими важкими металами реагує за схемою:



наприклад:



– з лужними та лужно-земельними металами реагує за схемою:



наприклад:



Розведена нітратна кислота:

– реагує з важкими металами за схемою:



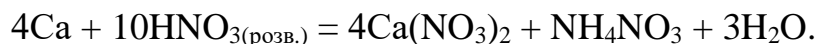
наприклад:



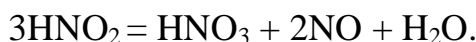
– реагує з лужними та лужно-земельними металами, а також з Fe та Sn за схемою:



наприклад:



Нітритна кислота стійка лише в розведених розчинах. В концентрованому розчині при нагріванні іде реакція:



### *Хімічні властивості фосфору*

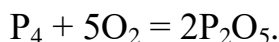
Фосфор має три алотропні модифікації – білий, червоний, чорний.

Білий фосфор – безбарвна речовина, яка не розчиняється у воді але добре розчиняється в органічних розчинниках (особливо в сірковуглецю), хімічно активний. У кутах молекулярної ґратки білого фосфора знаходяться молекули P<sub>4</sub>.

Червоний фосфор – темно-малинова речовина, менше хімічно активний ніж білий фосфор, повільно окиснюється на повітрі, не розчиняється в сірковуглецю.

Чорний фосфор – за зовнішнім виглядом нагадує графіт, хімічно неактивний, що пояснюється атомною кристалічною ґраткою.

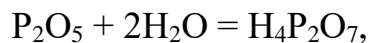
Білий фосфор легко запалюється з утворенням фосфор (V) оксиду:



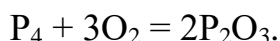
При розчиненні  $P_2O_5$  у холодній воді – метафосфорна кислота:



За більш високих температур взаємодія  $P_2O_5$  з водою приводить до утворення пірофосфорної та ортофосфорної кислот відповідно:



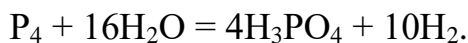
При повільному спалюванні в умовах недостатньої кількості кисню утворюється фосфор (III) оксид:



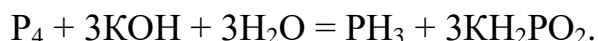
Взаємодія фосфор (III) оксиду з водою приводить до утворення фосфористої кислоти:



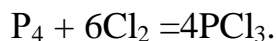
Білий фосфор взаємодіє з водою при температурі  $600\text{ }^\circ\text{C}$  з утворенням фосфатної кислоти:



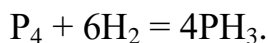
Білий фосфор взаємодіє з лугами:



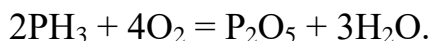
Білий фосфор взаємодіє з галогенами:



Білий фосфор реагує з воднем при температурі  $300\text{ }^\circ\text{C}$  з утворенням фосфіну:



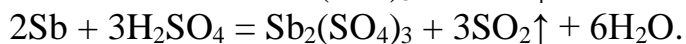
Фосфін спалюється на повітрі:



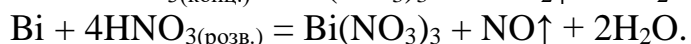
### ***Хімічні властивості стибію та бісмуту***

За звичайних умов стибій та бісмут не взаємодіють з повітрям, водою, хлоридною та розведеною сульфатною кислотою.

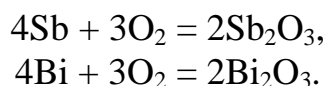
Стибій та бісмут взаємодіють з концентрованою сульфатною кислотою:



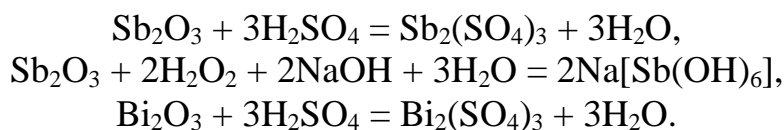
Стибій та бісмут взаємодіють з концентрованою та розведеною нітратною кислотою:



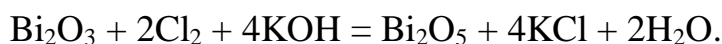
При спалюванні стибію та бісмуту отримують відповідні оксиди:



$\text{Sb}_2\text{O}_3$  має амфотерні властивості,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  – основні властивості:



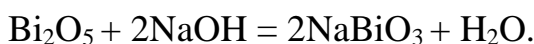
Бісмут (V) оксид отримують окисненням бісмут (III) оксиду в лужному середовищі:



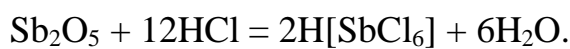
Бісмут (V) оксид у кислому середовищі є сильним окисником:



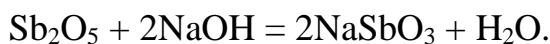
$\text{Bi}_2\text{O}_5$  має кислотні властивості та реагує з лугами:



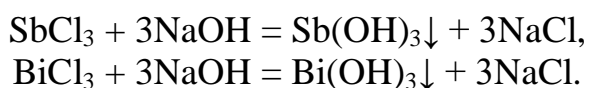
Стибій (V) оксид існує в гідратованому стані та має амфотерний характер:



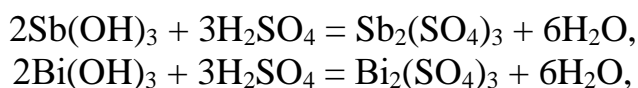
З лугами реагує при температурі 500 °C:



Взаємодія солей Стибія та Бісмута з лугами приводить до утворення відповідних гідроксидів:

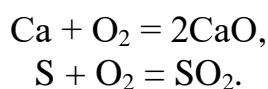


$\text{Sb}(\text{OH})_3$  має амфотерні властивості,  $\text{Bi}(\text{OH})_3$  – не має амфотерних властивостей:



### ***Хімічні властивості кисню***

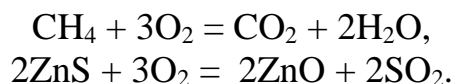
Взаємодіє з металами та неметалами з утворенням відповідних оксидів (виняток – Au, Pt):



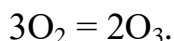
При взаємодії з лужними металами спостерігається утворення пероксидів та надпероксидів:



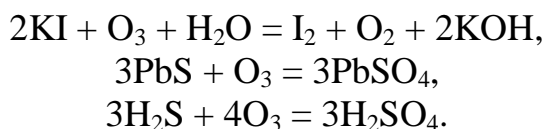
Бере участь в реакції спалювання – утворюються оксиди усіх елементів, що входять до складу складної речовини:



Під впливом ультрафіолетового випромінювання та підвищення температури утворюється озон:



Озон має сильні окисні властивості:

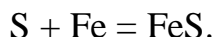


З лужними металами озон утворює озоніди:  $\text{K} + \text{O}_3 = \text{KO}_3$ .

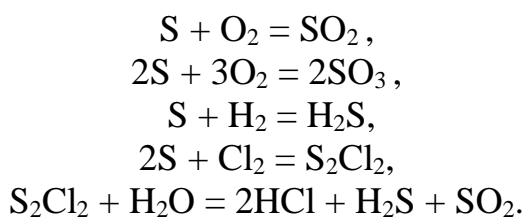
### *Хімічні властивості сірки*

Сульфур – типовий неметал, проста речовина – сірка. Сірка має три алотропні модифікації: ромбічну, моноклінну, пластичну.

Сірка активно взаємодіє з багатьма металами з утворенням відповідних сульфідів:



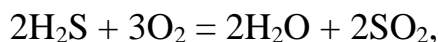
Сірка взаємодіє з неметалами: киснем, воднем, галогенами:



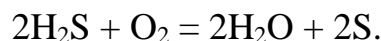
### *Хімічні властивості сірководню*

Сірководень у водних розчинах – слабка кислота. Спалення сірководню відбувається за двома схемами:

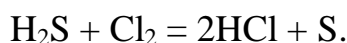
– у надлишку кисню:



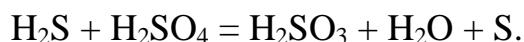
– при низькій температурі полум'я, при нестачі кисню:



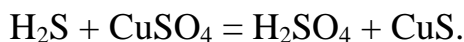
Сірководень взаємодіє з галогенами:



– з сульфатною кислотою з утворенням сірки:



– з розчинами солей:



В окисно-відновних реакціях сірководень має сильні відновні властивості:

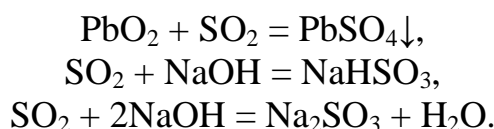


### *Хімічні властивості сульфур оксидів*

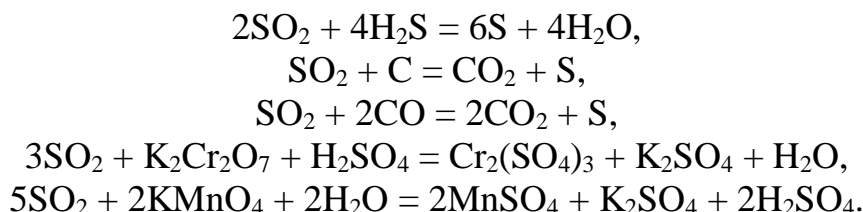
Сульфур (IV) оксид доокиснюється до сульфур (VI) оксиду:



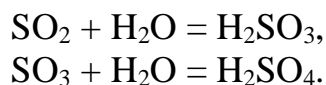
Сульфур (IV) оксид взаємодіє з основними оксидами та основами:



Сульфур (IV) оксид може мати як окисні, так і відновні властивості:



Сульфур (IV) оксид та сульфур (VI) оксид взаємодіють з водою з утворенням кислот (сульфітної та сульфатної):



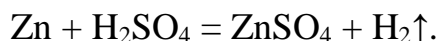
Сульфур (VI) оксид взаємодіє з сульфатною кислотою з утворенням дисульфатної кислоти – складової олеуму:



### *Хімічні властивості сульфатної кислоти*

Взаємодія сульфатної кислоти з металами залежить від концентрації кислоти та активності металів.

– з розведеною сульфатною кислотою взаємодіють лише активні метали, які розташовуються в ряді напруг металів до водня. Взаємодія відбувається з виділенням газоподібного водню:



– з концентрованою сульфатною кислотою метали, що знаходяться в ряді напруг металів від Li до Al реагують за схемою:



наприклад:



– з концентрованою сульфатною кислотою метали, що знаходяться в ряді напруг металів від Ti до Ga реагують за схемою:



наприклад:



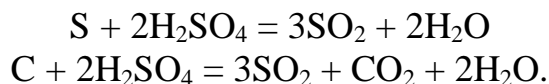
– з концентрованою сульфатною кислотою метали, що знаходяться в ряді напруг металів від Fe до Ag реагують за схемою:



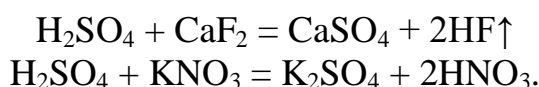
наприклад:



– Pt та Au не взаємодіють з концентрованою сульфатною кислотою.  
Концентрована сульфатна кислота окиснює деякі неметали:



Концентрована сульфатна кислота взаємодіє з солями:

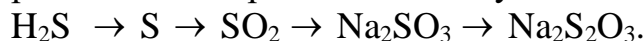


### Задачі з теми «Елементи V – VI груп»

1. Написати формули сполук із Селеном елементів I–V груп головних підгруп третього періоду. Селен у сполуках двовалентний.
2. Які сполуки з Гідрогеном утворюють елементи головної підгрупи VI групи? Назвати найменш і найбільш міцні з них.
3. На підставі місця в Періодичній системі хімічних елементів описати хімічні властивості елемента з порядковим номером 23.
4. Розрахувати відсотковий вміст  $\text{P}_2\text{O}_5$  у простому суперфосфаті.
5. Написати рівняння реакцій і вказати умови отримання амоніаку в промисловості та лабораторії.
6. Як і для чого в промисловості отримують нітратну кислоту?
7. Особливості взаємодії нітратної кислоти з металами. Навести рівняння реакцій.

8. Назвати основні види нітратних добрив. Розрахувати відсотковий вміст Нітрогену в добривах, в яких цей елемент міститься в нітратній формі.

9. Які сполуки Сульфуру знаходять застосування в сільському господарстві? Скласти рівняння реакцій для таких перетворень. У разі необхідності навести рівняння електронного балансу:



10. Користуючись будовою атому Сульфуру та можливими його валентностями пояснити, чому сульфатна кислота може мати окисні та відновлювальні властивості?

11. Розрахувати, скільки грамів  $\text{KMnO}_4$  та  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  необхідно для окиснення кожним з них 12,6 г натрій сульфіту в кислому середовищі.

12. Яку масу 78 % розчину сульфатної кислоти необхідно взяти, щоб отримати амоній сульфат з 102 кг амоніаку, якщо вихід амоній сульфату становить 98 % від теоретичного?

### Тести з теми «Елементи V – VI груп»

1. Указати формулу нітроген (V) оксиду:

а)  $\text{N}_2\text{O}$ ; б)  $\text{N}_2\text{O}_3$ ; в)  $\text{N}_2\text{O}_5$ ; г)  $\text{N}_2\text{O}_4$ .

2. Указати формулу речовини, яка є сильним електролітом:

а)  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ; б)  $\text{HNO}_3$ ; в)  $\text{HNO}_2$ ; г)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .

3. Визначити ступінь окиснення Сульфуру в  $\text{H}_2\text{S}$ :

а) +6; б) +4; в) +2; г) -2.

4. Указати формулу речовини, яка є сильним електролітом:

а)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; б)  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ; в)  $\text{H}_2\text{S}$ ; г)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

5. Визначити ступінь окиснення Хрому в  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ :

а) +6; б) +4; в) +2; г) 0.

6. Сполуки фосфору з металами мають назву:

а) ортофосфати; б) фосфіди; в) нітриди; г) оксиди.

7. Яке середовище має розчин калій фосфату:

а) кисле; б) слабо кисле; в) нейтральне; г) лужне?

8. Визначити рядок сполук, у яких ступінь окиснення Нітрогену однаковий:

а)  $\text{N}_2\text{O}$ ;  $\text{NO}_2$ ;  $\text{KNO}_3$ ; б)  $\text{HNO}_3$ ;  $\text{N}_2\text{O}_5$ ;  $\text{NaNO}_3$ ;  
в)  $\text{NH}_3$ ;  $\text{HNO}_2$ ;  $\text{NaNO}_2$ ; г)  $\text{NH}_3$ ;  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ;  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ .

9. Яке середовище має розчин натрій сульфату:

а) кисле; б) слабо кисле; в) нейтральне; г) лужне?

10. Яке середовище має розчин амоній хлориду:

а) кисле; б) слабо кисле; в) нейтральне; г) лужне?

**11. Визначит молярну масу ортофосфатної кислоти (г/моль):**  
а) 78; б) 98; в) 68; г) 58.

**12. Указати спільне в будові атома Неону та іона  $O^{2-}$ :**  
а) кількість протонів;                      б) загальна кількість електронів і протонів;  
в) кількість нейтронів;                      г) загальна кількість електронів.

### **Питання до теми «Елементи V – VI груп»**

1. Значення Нітрогену та Фосфору як біогенних елементів.
2. Будова атома Нітрогену. Валентності Нітрогену, ступені окиснення, фізичні та хімічні властивості.
3. Валентність та ступінь окиснення Нітрогену в йоні аммонію.
4. Хімічні властивості амоніаку.
5. Будова атома Фосфору. Валентності Фосфору, ступені окиснення, фізичні та хімічні властивості.
6. Хімічні властивості миш'яку.
7. Хімічні і фізичні властивості металів V групи побічної підгрупи.
8. Хімічні властивості елементів VI групи. Будова атомів, основні валентності. Зміна атомних, іонних радіусів та енергії іонізації у підгрупі. Розповсюдженість та форми знаходження в природі.
9. Сульфур. Особливості будови атома. Можливі валентності. Хімічні властивості сірки.
10. Які сполуки Сульфуру знаходять використання в сільському господарстві?
11. Селен. Особливості будови атома. Можливі валентності. Хімічні властивості селену.
12. Можливість застосування Селену як мікродобрива.

## Тема 10. ЕЛЕМЕНТИ VII–VIII ГРУП

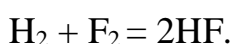
Елементи VII А підгрупи періодичної системи (галогени) – Флюор, Хлор, Бром, Іод, Астат. Електронна конфігурація валентних підрівнів –  $\dots ns^2np^5$ . До завершення електронної оболонки не вистачає лише одного електрона, тому галогени мають сильні окисні властивості та мають великі значення спорідненості до електрона та легко перетворюються в однозарядний аніон з електронною конфігурацією  $\dots ns^2np^6$ . Від Флюору до Астату спостерігається збільшення електронних радіусів атомів, що призводить до зниження електронегативності та окисної активності галогенів. У Йоду та Астату спостерігається поява металічних властивостей. Внаслідок різної окисної активності галогени здатні заміщувати один одного у відповідних сполуках з металами: Флюор заміщує усі інші галогени, Хлор заміщує Бром, Йод та Астат, Бром може заміщувати Йод та Астат.

Флюор, що має найбільшу електронегативність, у сполуках має ступінь окиснення -1, усі інші галогени в сполуках можуть мати ступені окиснення від -1 до +7.

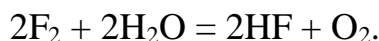
### *Хімічні властивості фтору*

Атом Флюору має велике значення енергії іонізації, що унеможливорює отримання катіона Флюору. Флюор – найактивніший неметал та найсильніший окисник. Проста речовина, яку утворюють атоми Флюору – фтор. Активність молекул фтору значно вища порівняно з молекулами хлору. Фтор взаємодіє з більшістю простих сполук при звичайних температурах. Виключення складають кисень та азот.

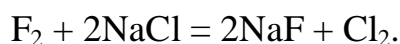
Фтор взаємодіє з воднем з утворенням Гідроген флюориду:



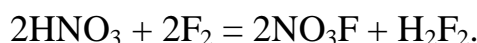
Фтор взаємодіє з водою – поверхня води спалахує блідо-фіолетовим полум'ям:



Фтор заміщує галогени в їх сполуках з металами:



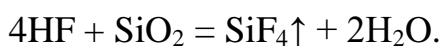
Фтор взаємодіє з нітратною кислотою з утворенням триоксифлюориду:



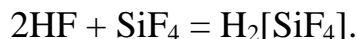
Фтор взаємодіє з натрій гідроксидом з утворенням флюор оксиду:



Водний розчин Гідроген флюориду - плавікова кислота. Плавікова кислота взаємодіє з силіцій (IV) оксидом – відбувається руйнування скла:



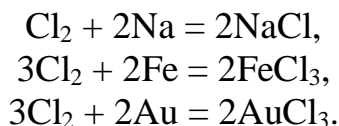
Флюоридна кислота взаємодіє з сіланфлюоридом з утворенням комплексної сполуки гексафлюоросилікатної кислоти:



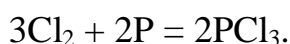
### *Хімічні властивості хлору*

У хімічному відношенні Хлор дуже активний неметал. Проста речовина, яку утворюють атоми Хлору – газ хлор.

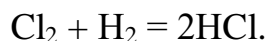
Хлор взаємодіє майже зі всіма металами:



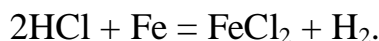
Хлор взаємодіє з багатьма неметалами:



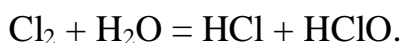
Хлор активно взаємодіє з воднем з утворенням хлороводню:



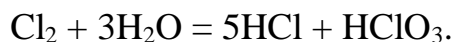
Водний розчин хлороводню – Гідроген хлоридна кислота. Вона взаємодіє з металами, які розташовані в ряді напруги металів до водню:



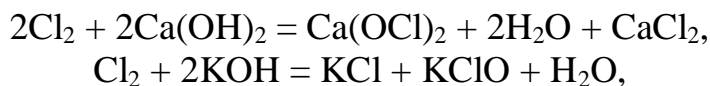
Хлор взаємодіє з водою з утворенням суміші хлорноватистої та гідроген хлоридної кислот:



А при нагріванні відбувається така реакція:



Хлор взаємодіє з основами:



а при нагріванні до 100 °С:



Відомі такі оксигеновмісні кислоти Хлору:

- гіпохлоритна кислота –  $\text{HClO}$ ,
- хлоритна кислота –  $\text{HClO}_2$ ,
- хлоратна кислота –  $\text{HClO}_3$ ,
- перхлоратна кислота –  $\text{HClO}_4$ .

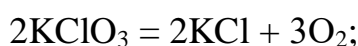
З підвищенням ступеня окиснення Хлору в оксигеновмісних кислотах збільшується їх стійкість та сила кислот, але знижується їх окисна активність. Солі таких кислот розпадаються під час нагрівання. Залежно від температури продукти реакції різні:



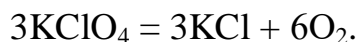
при 400 °С:



при 150 °С в присутності каталізатора  $\text{MnO}_2$ :

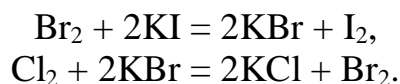


при 500 °С:

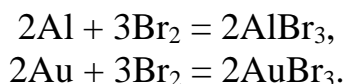


### *Хімічні властивості бром*

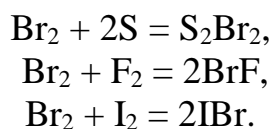
Проста речовина, яку утворюють атоми Брома – бром (темно-бура рідина). У хімічному відношенні Бром менш активний ніж Хлор, але більш активний ніж Йод:



Бром безпосередньо з'єднується з багатьма металами, але менш активно ніж Хлор. Бром не взаємодіє з танталом, платиною, сріблом, титаном та свинцом, але легко взаємодіє із золотом:



Бром безпосередньо не реагує з киснем та азотом. Але утворює безліч сполук з іншими неметалами, у тому числі із галогенами:



Взаємодія бром з розчином натрій карбонату або калій карбонату приводить до утворення відповідних броматів та бромідів:



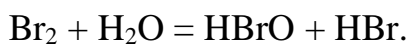
При взаємодії бром з розчинами лугів утворюються броміди, гіпоброміди, бромати залежно від умов:



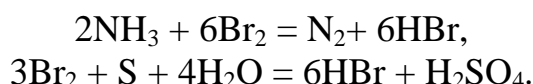
Бром взаємодіє з роданідною кислотою:



Бром взаємодіє з водою з утворенням гіпобромітної та Гідроген бромідної кислот:



Бром має сильні окисні властивості та здатен окиснювати: нітрити до нітратів, амоніак – до азоту, йодиди – до вільного йоду, сірка та сульфїти – до сульфатної кислоти:



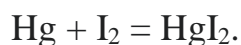
Бромновата кислота та бромати мають сильні окисні властивості:



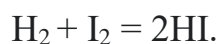
### *Хімічні властивості йоду*

У вільному вигляді утворює двоатомні молекули  $\text{I}_2$ . Завдяки відносно високій електронегативності Йод з більшістю елементів утворює йодиди, формальні похідні йодидної кислоти (HI), в яких Йод має ступінь окиснення -1. Завдяки здатності атома Йоду легко поляризуватися, хімічні зв'язки Йоду з більшістю електропозитивних елементів мають значний ковалентний характер. З Оксигеном, Флуором та Хлором Йод утворює неорганічні сполуки із ступенями окиснення +1, +3, +5, +7. Більшість сполук Йоду зі ступенем окиснення +1 нестабільні.

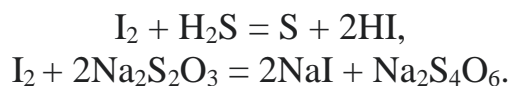
Йод взаємодіє з металами при нагріванні з утворенням йодидів:



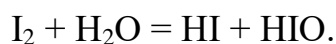
Йод взаємодіє з воднем лише при нагріванні з утворенням Гідроген йодиду:



Йод має менші окисні властивості ніж Флуор, Хлор та Бром і відновлюється до  $\text{I}^-$ :



При розчиненні у воді утворює йодидну та йодноватисту кислоту:



Відомі ще кислоти за участю Йоду:

$\text{HIO}_2$  – йодиста;

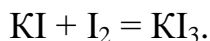
$\text{HIO}_3$  – йодновата;

$\text{HIO}_4$  – йодна.

Йод взаємодіє з амоніаком:



Йодиди лужних металів у розчинах приєднують молекули галогенів з утворенням полійодидів:

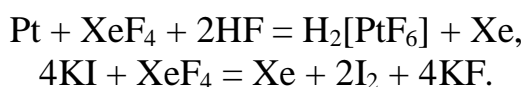


### *Хімічні властивості інертних елементів*

До VIII групи головної підгрупи належать інертні елементи (благородні гази): Гелій, Неон, Аргон, Криптон, Ксенон, Радон. Електронна конфігурація валентних підрівнів –  $\dots ns^2 np^6$  – електронний рівень є повністю заповнений, що пояснює інертність елементів. З усіх відомих інертних елементів найменші значення потенціалу іонізації мають Криптон, Ксенон та Радон. Найбільш вивченими є сполуки з Ксеноном.

Було встановлено, що при нагріванні можна отримати залежно від умов:  $\text{XeF}_2$ ,  $\text{XeF}_4$ ,  $\text{XeF}_6$ ,  $\text{XeF}_8$ ,  $\text{KrF}_2$ ,  $\text{KrF}_4$  та  $\text{RnF}_4$ .

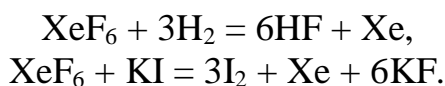
Ксенон тетрафлюорид є сильним окисником:



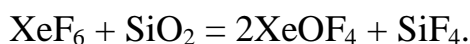
При нагріванні  $\text{XeF}_4$  диспропорціює:



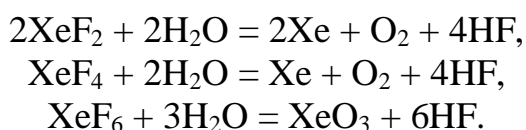
Ксенон гексафлуорид більш хімічно активний та має сильні окисні властивості:



Ксенон гексафлуорид розчиняє скло:



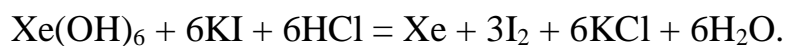
Усі флюориди Ксенону гідролізуються:



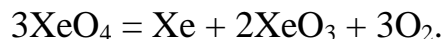
$\text{XeO}_3$  добре розчиняється у воді з утворенням кислоти:



Похідні для Хе (VI) – сильні окисники:



У звичайних умовах  $\text{XeO}_4$  розпадається:



### Задачі з теми «Елементи VII–VIII груп»

1. Скласти електронну формулу атома Хлору. Указати можливі валентності та ступені окиснення. Записати формули можливих оксидів, що відповідають цим валентним станам.

2. Як зі збільшенням ступеня окиснення змінюються окисні властивості Хлору?

3. Скласти рівняння реакцій для таких перетворень. У разі необхідності навести рівняння електронного балансу:



4. Скласти електронну формулу атома Мангану. Указати його можливі валентності. Записати формули можливих гідроксидів, що відповідають цим валентним станам. Як змінюються властивості цих гідроксидів зі збільшенням ступеня окиснення Мангану?

5. У скільки разів хлор важчий від карбон (IV) оксиду. Навести розрахунки.

6. У балоні міститься 30 кг рідкого хлору. Який об'єм займе ця маса хлору за нормальних умов?

7. У результаті дії сульфатної кислоти на натрій хлорид утворилося 73 г хлороводню. При цьому в колбі, де відбувалася реакція, залишилося 33 г натрій хлориду. Яка частка всього натрій хлориду прореагувала?

8. Яка маса цинку вступила в реакцію із хлоридною кислотою, якщо утворилося 0,5 г водню?

9. Океанська вода містить у середньому в 1 л 27,6 г натрію хлориду, 0,8 г калію хлориду, 3,2 г магнію хлориду, 2,1 г магнію сульфату і 1,3 г кальцію сульфату. Яку приблизно масу хлороводню можна добути, якщо залишок після випаровування 1 л такої води обробити сульфатною кислотою?

10. Хлороводень, який утворився в результаті дії взятої в надлишку сульфатної кислоти на 11,7 г натрій хлориду, пропустили в 45 г 10 %-го розчину натрій гідроксиду. Яку реакцію на лакмус покаже цей розчин? Відповідь підтвердити обчисленням.

## Тести з теми «Елементи VII–VIII груп»

**1. Кислота з формулою HCl має назву:**

а) фторидна; б) хлоридна; в) бромідна; г) йодидна.

**2. Указати число спільних електронних пар у молекулі, електронна формула якої Cl – S – Cl :**

а) 3; б) 4; в) 9; г) 2.

**3. Електронна формула атома Флуору має вигляд:**

а)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ; б)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ;

в)  $1s^2 2s^2 2p^2$ ; г)  $1s^2 2s^2 2p^5$ .

**4. Електронна формула атома Хлору має вигляд:**

а)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ; б)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ;

в)  $1s^2 2s^2 2p^2$ ; г)  $1s^2 2s^2 2p^5$ .

**5. Вказати молекулу, хімічний зв'язок між атомами в якій найбільш полярний:**

а)  $\text{PH}_3$ ; б) HCl; в)  $\text{H}_2\text{S}$ ; г)  $\text{H}_2\text{Te}$ .

**6. Вказати формулу речовини, яка є слабким електролітом:**

а)  $\text{HNO}_3$ ; б) HCl; в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; г)  $\text{HClO}_4$ .

**7. Як змінюється радіус атома в ряді F-Cl-Br-I:**

а) збільшується; в) спочатку збільшується потім зменшується;

б) зменшується; г) спочатку зменшується потім збільшується.

**8. Указати, на який іон перетворюється атом Броду під час взаємодії з атомом Натрію:**

а)  $\text{Br}^-$ ; б)  $\text{Br}^+$ ; в)  $\text{Br}^{2-}$ ; г)  $\text{Br}^{2+}$ .

**9. Указати формулу речовини, яка є сильним електролітом:**

а)  $\text{H}_2\text{S}$ ; б)  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ; в)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; г) HBr.

**10. Указати пару елементів, які утворюють сполуку з іонним зв'язком:**

а) Li і Mg; б) C і N; в) C і P; г) Na і F.

**11. Як гідролізується сіль натрій хлорид:**

а) по катіону; б) по аніону;

в) по катіону та аніону; г) не гідролізується.

**12. Визначити ступінь окиснення Хлору в  $\text{HClO}_3$ :**

а) +4; б) +5; в) +6; г) +7.

### Питання до теми «Елементи VII–VIII груп»

1. Будова атомів елементів VII групи, основні валентності. Зміна атомних радіусів та енергії іонізації у підгрупі.
2. Загальні хімічні властивості елементів VII групи основної підгрупи.
3. Розповсюдженість елементів VII групи основної підгрупи та форми знаходження в природі. Методи отримання.
4. Оксиди Хлору. Методи отримання. Хімічні властивості.
5. Оксигенвмісні кислоти Хлору.
6. Де використовуються сполуки Хлору в сільському господарстві?
7. Як змінюються неметалеві властивості в ряді F–Cl–Br–I?
8. Окисно-відновні властивості галогенвмісних сполук.
9. Поясніть, чому зі збільшенням порядкового номеру в ряду галогенів підвищується сила та відновлювальні властивості галогеногідрогенних кислот?
10. Особливості будови атомів представників елементів VIII групи періодичної системи.
11. Фізичні та хімічні властивості інертних газів.

## Тема 11. РОЗЧИНИ. КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНУ

Розчинення веде до утворення дисперсних систем. При розчиненні відбувається розподіл однієї речовини серед іншої – *диспергування*. Розчинення – фізико-хімічний процес, що супроводжується як фізичними, так і хімічними явищами (електролітична дисоціація, гідратація та ін.). У дисперсних системах розрізняють дисперсну фазу та дисперсне середовище. *Дисперсна фаза* – подрібнена речовина. Речовина може бути у вигляді частинок газу, рідини або твердих частинок. *Дисперсійне середовище* – однорідна речовина, в якій знаходиться дисперсна фаза.

Дисперсні системи класифікують за різними ознаками: за дисперсністю, за агрегатним станом, структурою, міжфазною взаємодією, формою частинок.

За дисперсністю дисперсні системи поділяють:

1. Істинні розчини. В істинних розчинах розмір частинок дисперсної фази менший  $10^{-9}$  м.
2. Колоїдні розчини (золі). Розмір частинок дисперсної фази:  $10^{-7}$  м –  $10^{-9}$  м (1-100 нм).
3. Мікрогетерогенні (суспензії та емульсії). Розмір частинок дисперсної фази:  $10^{-7}$  –  $10^{-4}$  м.
4. Грубодисперсні Розмір частинок дисперсної фази більший  $10^{-4}$  м.

За природою розчинника дисперсні системи поділяються на:

1. Водні (розчинник вода).
2. Неводні, коли розчинником є інша речовина (спирт, бензен тощо).

За агрегатним станом дисперсні системи поділяються на:

1. Газоподібні (газ – газ). Наприклад, повітря – газоподібна дисперсна система.
2. Рідкі: рідина – рідина, наприклад, емульсії; рідина – газ, наприклад, піна; рідина – тверда речовина, наприклад, суміш ґрунту та води.
3. Тверді: тверда речовина – тверда речовина, наприклад, сплав золота та міді; тверда речовина – газ, наприклад, піноблоки; тверда речовина – рідина, наприклад, твердий сир.

*Гетерогенні системи* – системи, що складаються з двох або декількох фаз. Такі системи мають поверхню розділу, вздовж якої відбувається зіткнення окремих однорідних частин системи. До гетерогенних систем належать суспензії, емульсії, колоїдні розчини.

*Суспензії* – дисперсні системи, в яких дисперсною фазою є тверда речовина (нерозчинна в рідині), дисперсним середовищем – рідина. Щоб приготувати суспензію тверду речовину подрібнюють та додають у рідину, потім ретельно перемішують. З часом частинки осаджуються. Агрегативна стійкість суспензії тим більша, чим менше розмір частинок дисперсної фази.

*Емульсії* – дисперсні системи, в яких дисперсна фаза та дисперсне середовище є рідинами, що взаємо не змішуються. Готують емульсії шляхом струшування рідин. Прикладом емульсії є суміш олії у воді.

*Колоїдні розчини* – високодисперсні двофазні системи, до складу якої входить тверда дисперсна фаза розмірами від 1-100 нм та рідке дисперсійне середовище.

*Гомогенні системи* – однофазні системи з розміром частинок менше 1 нм у яких відсутня поверхня розподілу та всі частини такої системи однорідні за властивостями та складом.

*Істинні розчини* – гомогенні (однофазні системи), які складаються з двох та більше компонентів та продуктів їх взаємодії.

За агрегатним станом розчини поділяються на рідкі (наприклад, розчини солей та кислот), тверді (наприклад, різноманітні сплави) та газоподібні (наприклад, повітря).

*Концентрація розчинів* показує вміст розчиненої речовини в певній масі або об'ємі розчинника.

*Концентровані розчини* містять таку кількість розчиненої речовини, яка порівняна з кількістю розчинника.

*Розведені розчини* містять таку кількість розчиненої речовини, яка набагато менша кількості розчинника.

Наприклад, у 100 г води розчинено 20 г купрум сульфату – це концентрований розчин, а якщо в 100 г води розчинено 0,2 г купрум сульфату – це розведений розчин.

*Розчинність* – здатність речовини розчинятись у певному розчиннику. Коли обговорюють розчинність, обов'язково вказують відносно до якого розчинника. Розчинність розраховується, як максимальна маса речовини, що здатна розчинитись у 100 г розчинника при певній температурі – *коефіцієнт розчинності*. Процес розчинення твердої речовини супроводжується поступовим відривом від твердої поверхні молекул або іонів під впливом розчинника та подальшим їх рівномірним розподілом по всьому об'єму. Розчинність залежить від температури. Підвищення температури, як правило, збільшує розчинність твердих речовин та знижує розчинність газів.

*Ненасичений розчин* – розчин, в якому концентрація розчину біше, ніж в насиченому.

*Насичений розчин* – розчин, який знаходиться в динамічній рівновазі з надлишком розчиненої речовини. Готують насичений розчин поступовим додаванням речовини до розчинника з постійним перемішуванням до утворення осаду – надлишок розчиненої речовини, що не розчинюється в цій кількості розчинника при певній температурі. Настає стан *динамічної рівноваги* між розчинником та надлишком розчиненої речовини: кількість частинок речовини, що переходить у розчин дорівнює кількості частинок розчиненої речовини, що викристалізуються.

*Кристалізація* – процес виділення речовини з розчину при зниженні температури.

*Перекристалізація* – процес очищення речовини, що базується при розчиненні надлишку речовини в гарячому розчиннику з подальшою

фільтрацією та охолодженням отриманого розчину – речовина очищується, домішки залишаються у фільтраті.

Основними способами вираження складу розчинів: масова частка, об'ємна частка, молярна частка, молярна концентрація та молярна концентрація еквіваленту, молярна концентрація, титр.

*Масова частка* – показує масу розчиненої речовини, що міститься в 100 г розчину, позначається  $W_p$  :

$$\omega_p = \frac{m_{\text{речовини}}}{m_{\text{розчину}}} \cdot 100\% , \quad 11.1$$

де  $\omega_p$  – масова частка розчиненої речовини, %;

$m_{\text{речовини}}$  – маса розчиненої речовини, кг;

$m_{\text{розчину}}$  – маса розчину, кг.

*Об'ємна частка* – показує об'єм розчиненої речовини, що міститься в 100 мл розчину, позначається  $\varphi_p$  :

$$\varphi_p = \frac{V_{\text{речовини}}}{V_{\text{розчину}}} \cdot 100\% , \quad 11.2$$

де  $\varphi_p$  – об'ємна частка розчиненої речовини, %;

$V_{\text{речовини}}$  – об'єм розчиненої речовини, л;

$V_{\text{розчину}}$  – об'єм розчину, л.

*Молярна частка* – відношення кількості розчиненої речовини або розчинника до суми кількостей усіх речовин, що складають розчин.

$$x_2 = \frac{n_2}{n_2 + n_1} , \quad 11.3$$

де  $x_2$  – молярна частка розчиненої речовини;

$n_2$  – кількість розчиненої речовини, моль;

$n_1$  – кількість розчинника, моль.

*Молярна концентрація* – показує кількість речовини, що міститься в 1 л розчину і вимірюється в моль/л, позначається  $C_M$ :

$$C_M = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V} , \quad 11.4$$

де  $C_M$  – молярна концентрація, моль/л, М;

$n$  – кількість речовини, моль;

$m$  – маса речовини, г;

$M$  – молярна маса речовини, г/моль.

*Молярна концентрація еквіваленту(нормальність)* – показує кількість речовини еквіваленту, що міститься в 1 л розчину і вимірюється в моль/л, позначається  $C_E$ :

$$C_E = \frac{n_e}{V} = \frac{m}{E \cdot V} \quad 11.5$$

де  $C_E$  – молярна концентрація еквіваленту, моль/л, Н;

$n_e$  – кількість еквіваленту речовини, моль;

$m$  – маса речовини, г;

$E$  – молярна маса еквіваленту речовини, г/моль.

*Моляльна концентрація* – кількість речовини, що міститься в 1 кг розчинника, вимірюється в моль/кг, позначається  $C_m$ :

$$C_m = \frac{m \cdot 1000}{M \cdot m_0}, \quad 11.6$$

де  $C_m$  – моляльна концентрація, моль/кг;

$M$  – молярна маса речовини, г/моль;

$m$  – маса розчиненої речовини, г

$m_0$  – маса розчинника, г.

*Титр* – показує масу речовини в грамах, що міститься в 1 мл розчину і вимірюється в г/мл, позначається  $T$ :

$$T = \frac{m}{V}, \quad 11.7$$

де  $T$  – титр розчину, г/мл;

$m$  – маса речовини, г;

$V$  – об'єм розчину, мл.

### Задачі з теми «Розчини. Концентрації розчину»

1. Який об'єм розчину  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  з концентрацією 2 моль/л треба взяти, щоб отримати 1л розчину з концентрацією 0,25 моль/л?

2. Яку масу натрій сульфату та води необхідно взяти, щоб отримати розчин масою 40 г з масовою часткою натрій сульфату 0,12 %?

3. Скільки грамів алюміній сульфату необхідно взяти для приготування 500 мл розчину з молярною концентрацією 0,25 моль/л. Розрахувати також молярну концентрацію еквівалента цього розчину.

4. Визначити молярну концентрацію еквівалента розчину сульфатної кислоти, в 250 мл якого міститься 24,5 г кислоти.

5. У якому об'ємі розчину з концентрацією 0,1 моль/л міститься 8 г  $\text{CuSO}_4$ ?

6. Знайти масу  $\text{NaNO}_3$ , яку необхідно взяти для приготування 300 мл розчину з концентрацією 0,2 моль/л.

7. Який об'єм розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  з концентрацією 2 моль/л треба взяти, щоб приготувати 500 мл розчину з концентрацією 0,5 моль/л?

8. Яку масу розчину калій карбонату з масовою часткою 40 % треба додати до води масою 500 г, щоб отримати розчин з масовою часткою  $\text{K}_2\text{CO}_3$  15 %?

9. У 200 г води розчинили сіль масою 40 г. Визначити масову частку солі в отриманому розчині.

10. У воді розчинили калій гідроксид масою 22,4 г, об'єм розчину довели до 400 мл. Розрахувати молярну концентрацію отриманого розчину.

11. Густина 40 % розчину нітратної кислоти дорівнює 1,25 г /мл. Розрахувати молярну і молярну концентрації кислоти в розчині.

12. Визначити молярну концентрацію еквівалента розчину сульфатної кислоти, в 250 мл якого міститься 24,5 г кислоти.

13. На нейтралізацію 50 мл розчину кислоти витратили 25 мл розчину лугу з еквівалентною концентрацією 0,5 моль/л. Визначити молярну концентрацію еквівалента кислоти.

14. Обчислити масову частку сульфатної кислоти в її розчині з молярною концентрацією 5 моль/л. Густина розчину 1,29 г/мл.

15. Який обсяг 96 % сульфатної кислоти густиною 1,84 г/мл потрібно для приготування 3 л розчину з молярною концентрацією еквівалента 0,4 моль/л.

16. Визначити молярну і молярну концентрацію еквівалента розчину нітратної кислоти, якщо її титр дорівнює 0,004 г/мл.

17. Який об'єм розчину аргентум нітрату з молярною концентрацією еквівалента 0,1 моль/л необхідно для обмінної реакції з 0,5 л розчину алюміній хлориду з молярною концентрацією еквівалента 0,3 моль/л.

18. Змішали 400 мл розчину натрій гідроксиду з молярною концентрацією еквівалента 1,2 моль/л та 600 мл розчину натрій гідроксиду з молярною концентрацією еквівалента 1,8 моль/л. Розрахувати молярну концентрацію еквівалента розчину, що утворився.

## Тести з теми «Розчини. Концентрації розчину»

### 1. За формулою $C_m = n / V$ визначають:

- а) масову частку речовини;
- б) молярну концентрацію речовини;
- в) моляльну концентрацію речовини;
- г) титр.

### 2. Титр показує:

- а) кількість грамів речовини в 1 мл розчину;
- б) кількість моль речовини в 1 мл розчину;
- в) кількість моль речовини в 1 л розчину;
- г) відношення маси речовини до маси розчину.

### 3. Концентрація розчину, що дорівнює відношенню кількості розчиненої речовини до об'єму розчину має назву:

- а) масова частка;
- б) моляльна концентрація;
- в) молярна концентрація;
- г) титр.

### 4. Закінчіть речення: «Розчин, у певному об'ємі якого міститься розчиненої речовини, в достатній кількості відносно розчинника називають ...».

- а) концентрованим;
- б) ненасиченим;
- в) насиченим;
- г) розведеним.

### 5. Молярна концентрація розчиненої речовини показує:

- а) кількість речовини, яка міститься в 1 л розчину;
- б) масу речовини, яка міститься в 1 л розчину;
- в) масу речовини, яка міститься в 1 кг розчину;
- г) масу речовини, яка міститься в 100 мл розчину.

### 6. Концентрація розчину, що дорівнює відношенню маси розчиненої речовини до об'єму розчину має назву:

- а) масова частка;
- б) моляльна концентрація;
- в) молярна концентрація;
- г) титр.

### 7. Закінчіть речення: «Розчин, що знаходиться в динамічній рівновазі з надлишком розчиненої речовини називають ...».

- а) концентрованим;
- б) ненасиченим;
- в) насиченим;
- г) розведеним.

### 8. Концентрація розчину, що дорівнює відношенню кількості розчиненої речовини до маси розчинника має назву:

- а) масова частка;
- б) моляльна концентрація;
- в) молярна концентрація;
- г) титр.

### 9. Визначте концентрацію, яка вимірюється в мг/мл:

- а) масова частка;
- б) моляльна концентрація;
- в) молярна концентрація;
- г) титр.

### 10. Масова частка показує:

- а) масу розчиненої речовини, яка міститься в 1 мл розчину;
- б) масу розчиненої речовини, яка міститься в 100 г розчину;

- в) масу розчиненої речовини, яка міститься в 1 кг розчину;  
г) об'єм розчиненої речовини, яка міститься в 1 мл розчину.

### Питання до теми «Розчини. Концентрації розчину»

1. Дайте визначення дисперсійної системи, дисперсійної фази та дисперсійного середовища.
2. Дайте сучасне визначення терміна «розчин». Склад істинних розчинів.
3. У якому агрегатному стані можуть існувати розчини?
4. Дайте визначення концентрованих та розведених розчинів.
5. Розчинність речовин. Розподіл речовин за розчинністю. Криві розчинності.
6. Які розчини належать до ненасичених, насичених та пересичених розчинів? Явище кристалізації.
7. Фізична та хімічна теорія розчинів. Взаємодія між розчиненою речовиною та розчинником.
8. Дайте визначення сольватів (гідратів).
9. Стадії процесу розчинення. Знак теплового ефекту кожної стадії.
10. Дайте визначення таких видів концентрацій та запишіть формули для їх розрахунків: масова частка розчиненої речовини; мольна частка; молярна концентрація (молярність); моляльна концентрація (моляльність); молярна концентрація еквівалента (нормальність); титр.

## Тема 12. КОЛОЇДНІ РОЗЧИНИ

Колоїдні розчини (золі) можна отримати за рахунок дисперсних або конденсаційних (агрегативних) методів.

Диспергування (подрібнення) проводять за рахунок розподілу попередньо подрібнених частинок твердої фази між молекулами розчинника. Для диспергування використовують різні типи механічних млинів та ультразвукові диспергатори. Диспергування складається з двох етапів: подрібнення та подолання когезійних сил. Робота диспергування складається з роботи об'ємного диспергування та роботи утворення нової поверхні. У разі великих розмірів тіла, що диспергується, переважає внесок першої, а при малих розмірів – другої складової.

За конденсаційних методів відбувається об'єднання атомів або молекул в агрегати. Ці методи базуються на хімічних реакціях осадження, відновлення, окисно-відновних реакціях, гідролізу.

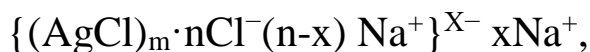
Колоїдні розчини можна отримати методом заміни одного розчинника на інший, у наслідок чого розчинність речовини знижується. Наприклад, диспергування сірки до молекулярного ступеня дисперсності можливе при її розчиненні у відповідному розчиннику, наприклад, у спирті. Сірку у диспергованому стані (спиртовий розчин) вносять у дисперсійне середовище (воду), де спирт розчиняється, а сірка через нерозчинність у полярній воді конденсується у більші частинки, в тому числі і колоїдних розмірів. Розчинність речовини також знижується за рахунок зниження температури розчину.

Колоїдні розчини можна отримати за допомогою *пептизації* – процес отримання золей з гелів або осадів під дією на них деяких речовин, що здатні добре адсорбуватися на поверхні твердої фази. Наприклад, при додаванні до аморфного осаду  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  розчину  $\text{HCl}$  у кількості, що не викликає повного розчинення осаду, відбувається утворення на поверхні твердої фази іонів  $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$  та  $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$ . У наслідок цього колоїдна система стабілізується за рахунок виникнення відштовхування між частинками осаду. Пептизація також відбувається під час промивання осадів водою – вимиваються іони електроліту-коагулятора та частинки осаду знову набувають заряду.

Різні домішки, як механічні так і хімічні, можуть суттєво впливати на властивості колоїдних розчинів. Методи очищення колоїдних розчинів суттєво залежать від розміру частинок цих домішок. Основні методи очищення: метод діалізу та метод фільтрації. Якщо розмір частинок домішок менший за розмір колоїдних частинок, то очищення проводять методом *діалізу* з використанням мембран, крізь пори яких проходять лише іони та звичайні молекули, але не проходять колоїдні частинки. В основі очищення колоїдних розчинів за рахунок *електродіалізу* є накладання на систему зовнішнього електричного поля постійного струму.

Очищення золів методом *фільтрації* використовують, коли розмір частинок домішок суттєво більший за розмір частинок колоїдів. Метод *ультрафільтрації* проводять під тиском, що дозволяє більш ретельно очистити золь.

Золі мають складну будову, що має назву міцела золю. Міцела золю складається з гранули та дифузного шару. До складу гранули входять – ядро, адсорбційний шар (шар потенціалутворюючих іонів, та шар протиіонів). Наприклад, розглянемо утворення золю  $\text{AgCl}$  при змішуванні  $\text{AgNO}_3$  з надлишком  $\text{NaCl}$ . Згідно з рівнянням реакції:  $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} = \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$ , осад  $\text{AgCl}$  з потенціалутворюючими іонами – ядро золю. На поверхні твердої фази здатні адсорбуватися або іони  $\text{Ag}^+$ , або іони  $\text{Cl}^-$ . Згідно з умовою досліду, адсорбуються іони  $\text{Cl}^-$ , що знаходяться в надлишку (потенціалутворюючі іони). У якості протиіонів виступають іони  $\text{Na}^+$ . Схематично формулу міцели золю можна представити у вигляді:



де  $m$  – кількість молекул в ядрі,  $n$  – кількість потенціалутворюючих іонів,  $(n-x)$  – кількість протиіонів адсорбційного шару;  $x$  – кількість протиіонів дифузного шару.

Міцела в цілому електронейтральна, заряд потенціалутворюючих іонів зумовлює заряд гранули. Наявність заряджених частинок зумовлює стабільність золей.

Золі є агрегативно нестійкими, що призводить до виділення дисперсної фази. *Агрегативна стійкість* – характеризується здатністю системи зберігати певну ступінь дисперсності частинок дисперсної фази. *Кінетична стійкість* залежить від здатності колоїдних систем без зміни ступеня дисперсності протидіяти силі тяжіння або центробіжній силі.

*Коагуляція* – процес з'єднання частинок у більш великі агрегати.

Коагуляція відбувається:

1) при додаванні до золю електроліту. Коагулюючу дію має той іон, який має протилежний заряд відносно до знаку заряду гранули золю. З підвищенням заряду коагулюючого іона коагулююча дія електроліту підвищується (*правило Шульце-Гарді*).

2) при додаванні до золю іншого золю з протилежним зарядом;

3) при нагріванні – зменшується заряд частинок унаслідок зменшення адсорбції іонів;

4) при охолодженні – знижується броунівський рух частинок дисперсної фази.

*Седиментація* – процес осадження частинок під впливом сили тяжіння. Колоїдні системи мають седиментаційну стійкість – частинки дисперсної фази знаходяться в броунівському русі.

### **Оптичні властивості колоїдних розчинів.**

Довжина хвиль випромінювання видимого діапазону дорівнює 420–700 нм, тоді як розмір частинок дисперсійної фази до 100 нм. Частинки дисперсної фази здатні розсіювати проміні світла: розсіювання тим сильніше, чим менше значення довжини хвилі. Якщо роздивлятися колоїдний розчин перпендикулярно до променів випромінювання, то можна побачити промені, які розсіяні частинками. Таким чином, безбарвний колоїдний розчин при спостереженні з боку буде мати білоблакитне забарвлення (*опалесценція*), тоді як при прямому спостереженні – червоно-жовте забарвлення, що зумовлене кольором променів, які погано розсіюються при великій довжині хвилі.

Золі залежно від розміру частинок дисперсної фази можуть мати різне забарвлення. Наприклад, золі золота можуть мати синє, фіолетове, червоне забарвлення.

*Опалесценція* – явище розсіяння світла в колоїдних розчинах, що пов'язане зі зміною їх забарвлення залежно від положення до джерела випромінювання. Грубодисперсні системи не мають опалесценції. Інтенсивність розсіяного світла описується рівнянням Релея:

$$I = k \frac{I_0 n V^2}{\lambda^4} \quad 12.1$$

де  $I$  – інтенсивність розсіяного світла;

$I_0$  – початкова інтенсивність світла;

$n$  – кількість колоїдних частинок в одиниці об'єму;

$k$  – константа, яка зумовлена різницею між показниками заломлення дисперсійної фази та дисперсійного середовища;

$V$  – об'єм колоїдних частинок;

$\lambda$  – довжина хвилі випромінювання.

*Нефелометрія* – метод визначення концентрації золю за допомогою інтенсивності розсіяного світла.

Відрізнити істиний розчин від золю можливо за допомогою ефекту Тіндаля, що полягає в розсіюванні світла колоїдними частинками та утворення характерного конуса світла.

### **Задачі з теми «Колоїдні розчини»**

1. Золь  $\text{AgI}$  отримано при змішуванні рівних об'ємів розчинів  $\text{KI}$  та  $\text{AgNO}_3$  з концентраціями 0,008 та 0,01 моль/л відповідно. Який з двох електролітів  $\text{MgSO}_4$  чи  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  буде мати більший поріг коагуляції для цього золю?

2. Пороги коагуляції електролітів для певного золю дорівнюють:

$C(\text{NaNO}_3) = 300$  ммоль·екв/л,  $C(\text{MgCl}_2) = 25$  ммоль·екв/л,

$C(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 295$  ммоль·екв/л,  $C(\text{AlCl}_3) = 0,5$  ммоль·екв/л

Визначте знак заряду частинок золю.

3. У трьох колбах знаходяться по 20 мл золю  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Для визначення коагуляції золю в кожну з пробірок додали: в першу – 2,1 мл розчину  $\text{KCl}$  з концентрацією 1,0 моль/л, у другу – 12,5 мл розчину  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  з концентрацією 0,01 моль/л, у третю – 7,5 мл розчину  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  з концентрацією 0,001 моль/л. Розрахувати поріг коагуляції кожного електроліту та визначити знак заряду частинок золю.

4. Визначити, який з електролітів –  $\text{BaCl}_2$  чи  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – має більшу коагулюючу дію для золю, що отримано змішуванням однакових об'ємів – 0,01 моль/л  $\text{AgNO}_3$  та 0,01 моль/л  $\text{NaCl}$ .

5. Визначити заряд міцели золю, якщо пороги коагуляції для електролітів дорівнюють 300, 295, 25 ммоль/л для  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ , відповідно.

6. У дві колби налили по 10 мл золю  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  і в одну з них додали 5 мг желатину. Пояснити, чому додавання в обидві колби по 1 мл 10%-ного розчину  $\text{NaCl}$  викликає коагуляцію золю без желатину і колоїдний розчин не коагулює в його присутності.

7. Який об'єм розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  потрібно додати до 1 л золю  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , щоб викликати його коагуляцію, якщо концентрація калій дихромату в розчині дорівнює 0,01 моль/л, а поріг коагуляції  $\gamma = 0,63$  ммоль/л.

8. Гідрозоль  $\text{Al}(\text{OH})_3$  отримано пептизацією осаду алюмінію гідроксиду невеликою кількістю  $\text{HCl}$ . Написати формулу міцели золя.

9. Для якого з електролітів –  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  – поріг коагуляції буде найменший для золя з позитивним зарядом частинок?

### Тести з теми «Колоїдні розчини»

**1. Вказати, до якої дисперсної системи належить желе:**

а) гелі; б) золі; в) емульсії; г) суспензії.

**2. Вказати прізвище вченого, який запропонував спосіб розрізнення колоїдного й істинного розчинів:**

а) Дж. Броун; б) Д. Менделєєв; в) Т. Парацельс; г) Дж. Тіндаль.

**3. Указати одну з фундаментальних фізико-хімічних ознак дисперсної системи:**

а) газуватість; б) гетерогенність; в) твердість; г) розчинність.

**4. Конденсаційні методи одержання колоїдних ДС базуються на процесах...**

а) подрібнення речовини до частинок колоїдних розмірів;  
б) з'єднання молекул або іонів з утворенням частинок колоїдних розмірів;  
в) переведення частинок колоїдних розмірів, що утворили осад, в об'єм дисперсійного середовища.

**5. Мікрогетерогенними дисперсними системами називають такі дисперсні системи, у яких розмір частинок дисперсної фази...**

- а)  $<10^{-9}$  м; б)  $10^{-9} - 10^{-7}$  м; в)  $10^{-7} - 10^{-5}$  м; г)  $>10^{-5}$  м.

**6. Іони, адсорбція яких визначає заряд колоїдної частинки:**

- а) адсорбційними противоіонами; б) потенціалвизначаючими іонами;  
в) дифузними противоіонами; г) коагулюючими іонами.

**7. Гідрозоль  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  отримали додаванням до свіжого осаду ферум (III) гідроксиду розчину  $\text{FeCl}_3$ . Яку називу має метод отримання золю:**

- а) диспергування; б) пептизація;  
в) фізична конденсація; г) хімічна конденсація?

**8. Дим – це дисперсна система .....**

- а) тверді частинки знаходяться в газовому середовищі;  
б) рідкі частинки знаходяться в газовому середовищі;  
в) бульбашки газу знаходяться в рідині;  
г) тверді частинки знаходяться в рідині.

**9. Суспензії позначаються ...**

- а) Т/Г; б) Т/Р; в) Р/Р; г) Р/Г.

**10. Колоїдні дисперсні системи:**

- а) агрегативно і кінетично стійкі;  
б) агрегативно нестійкі, а кінетично стійкі;  
в) агрегативно стійкі, а кінетично нестійкі;  
г) агрегативно і кінетично нестійкі.

### **Питання до теми «Колоїдні розчини»**

1. Дайте визначення колоїдних розчинів.
2. Наведіть класифікацію дисперсних систем.
3. Назвіть основні способи отримання колоїдних систем.
4. У чому суть методу конденсації? Наведіть приклади отримання колоїдних розчинів методом конденсації.
5. У чому суть методу пептизації? Наведіть приклади отримання колоїдних розчинів методом пептизації.
6. Назвіть основні складові міцели золю.
7. Особливості будови подвійного електричного шару.
8. Дайте визначення емульсії. У чому полягає явище стабілізації емульсії?
9. У чому суть ефекту Тіндалля?
10. Дайте визначення коагуляції. Які фактори сприяють коагуляції?
11. Дайте визначення порога коагуляції.
12. Сформулюйте правило Шульца-Гарді.
13. Назвіть особливості поведінки розчинів високомолекулярних сполук.

## Тема 13. ХІМІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА І ТЕРМОХІМІЯ

Будь-яка зміна хімічного зв'язку в речовині (утворення, руйнування або перегрупування) є суттю хімічних процесів. На відміну від фазових перетворень при хімічних реакціях змінюється якість речовини. Хімічні реакції супроводжуються енергетичними ефектами: утворення зв'язків відбувається з виділенням енергії, а розрив зв'язків – з поглинанням енергії.

Взаємодія речовин проявляється в обміні енергією. Причому цей обмін набуває різних форм. Найважливішими формами обміну енергією між тілами є теплота і робота.

*Система* – речовина або сукупність речовин реально чи подумки відокремлених від навколишнього середовища.

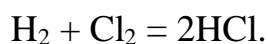
*Відкрита система* – система обмінюється з навколишнім середовищем речовиною та енергією.

*Закрита система* – система обмінюється з навколишнім середовищем енергією. *Ізольована система* – система не обмінюється з навколишнім середовищем речовиною та енергією.

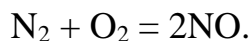
*Теплота (Q)* – це кількісна міра теплового (хаотичного) руху частинок речовини, які утворюють це тіло або систему (молекул, атомів, іонів). Під час обміну енергією у формі теплоти енергія тіла з вищою температурою передається до тіла з нижчою температурою.

*Тепловий ефект реакції* – кількість теплоти, яка виділяється або поглинається при перебігу реакції.

*Екзотермічні реакції* – реакції, які відбуваються з виділенням тепла в навколишнє середовище. Наприклад:



*Ендотермічні реакції* – реакції, які відбуваються з поглинанням тепла з навколишнього середовища. Наприклад:



*Термохімічні рівняння* – рівняння хімічної реакції, в яких зазначається тепловий ефект. Тепловий ефект реакції залежить від температури і тиску. У термохімічних рівняннях зазначають агрегатний стан реагуючих речовин.

*Робота (A)* – це кількісна міра впорядкованого (ціленаправленого) руху або переміщення частинок тіла в односторонньо направленому силовому полі. Робота визначається як добуток величин сили на переміщення. Одиницею вимірювання роботи є Джоуль (1 Дж = 1 Н·м), є позасистемні одиниці – калорія та електронвольт (1 кал = 4,183 Дж, а 1 еВ = 23060 кал).

**Закон збереження енергії:** енергія не виникає з нічого і не зникає в нікуди, а може лише перетворюватись з однієї форми на іншу.

Якщо в систему тіл (це може бути одна речовина або їх сукупність) підвести тепло, то воно взагалі може бути витрачено на:

1) зміну внутрішньої енергії системи внаслідок зміни інтенсивності поступального і обертального руху молекул, або на зміну інтенсивності коливального і обертального руху в середині молекули чи кристалічної ґратки, а також на зміну інтенсивності руху електронів в атомах;

2) здійснення роботи проти всіх сил, які впливають на систему, зокрема зовнішній тиск.

Математично закон збереження енергії можна записати так:

$$Q = \Delta U + A. \quad 13.1$$

Якщо на систему тіл не діють інші сили, крім тиску, тоді робота проти сил зовнішнього тиску може бути представлена як:

$$A_P = P(V_2 - V_1) \quad 13.2$$

або

$$A_V = V(P_2 - P_1), \quad 13.3$$

де  $A_P$  – робота за постійним тиском;

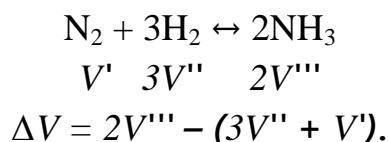
$A_V$  – робота за постійним об'ємом.

*Внутрішня енергія системи ( $U$ , кДж)* – загальний запас енергії системи (енергія усіх форм руху молекул, атомів, електронів, енергія міжмолекулярної взаємодії та інші види енергії за виключенням потенційної енергії положення системи в просторі та кінетичної енергії руху системи, як цілого). Абсолютне значення внутрішньої енергії системи визначити неможливо. Можна визначити лише зміну внутрішньої енергії при переході системи з одного стану в інший. Так, якщо внутрішня енергія системи в початковому стані дорівнює  $U_1$ , а наприкінці –  $U_2$ , то зміна внутрішньої енергії:

$$\Delta U = U_2 - U_1. \quad 13.4$$

$\Delta U$  не залежить від шляху переходу, а залежить тільки від початкового і кінцевого стану системи ( $P$ ,  $T$ ,  $V$ ).

В хімії частіше за все доводиться мати справу з роботою при постійному тиску. Тоді робота здійснюється за рахунок зміни об'ємів речовин реакції. Наприклад, для реакції синтезу амоніаку можна записати:



Аналіз цього рівняння показує, що вихідні речовини – гази за нормальних умов, їх співвідношення 1 моль азоту на 3 молі водню займуть об'єм у сумі 89,6 л. Унаслідок реакції об'єм продуктів реакції зменшиться на 44,8 л, тобто  $\Delta V = -44,8$  л.

Зробивши підстановку формули 13.2 у 13.1, одержимо:

$$Q_P = \Delta U + P(V_2 - V_1). \quad 13.5$$

Якщо зміну внутрішньої енергії  $\Delta U$  представити через  $U_2 - U_1$  і підставити у формулу 13.5, то отримаємо:

$$Q_P = (U_2 - U_1) + P(V_2 - V_1), \quad 13.6$$

$$Q_P = (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1), \quad 13.7$$

$$H = U + pV, \quad 13.8$$

де  $H$  – ентальпія процесу.

$$Q_P = H_2 - H_1. \quad 13.9$$

*Ентальпія* – це термодинамічна характеристика речовини. Вона, як і інші термодинамічні параметри (внутрішня енергія, ентропія, енергія Гіббса), є параметром стану речовини і її значення не залежить від шляху утворення тієї чи іншої речовини. Якщо початкових речовин і продуктів реакції понад два, тоді рівняння 13.9 має вигляд:

$$Q_P = \sum(\Delta H_{\text{утв.}})_{\text{пр.р.}} - \sum(\Delta H_{\text{утв.}})_{\text{вих.р.}}. \quad 13.10$$

Таким чином, зміна ентальпії  $\Delta H$  (кДж) – це тепловий ефект хімічної реакції, яка протікає при постійному тиску. Якщо всі речовини процесу заходяться за стандартних умов ( $P = 101,3$  кПа,  $T = 273$  К), то  $\Delta H$  – має назву «стандартна ентальпія процесу» та позначається як  $\Delta H^0_{298}$ . У ендотермічних процесів –  $\Delta H > 0$ , а у екзотермічних процесів –  $\Delta H < 0$ .

*Изобарні процеси* відбуваються при постійному тиску, наприклад, у відкритому посуді. *Ізохорні процеси* відбуваються при постійному об'ємі, наприклад, в автоклаві. Для ізохорного процесу:

$$Q_V = \sum \Delta U_{\text{пр.р.}} - \sum \Delta U_{\text{вих.р.}}. \quad 13.11$$

**Закон Гесса:** тепловий ефект реакції залежить тільки від початкового і кінцевого станів реагуючих речовин і не залежить від проміжних стадій реакції.

**Перший наслідок із закону Гесса:** зміна ентальпії реакції дорівнює різниці між сумою теплот утворення продуктів реакції з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів і сумою теплот утворення вихідних речовин також з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів. Так для реакції:

$$mA + nB = pC + qD$$

$$\Delta H = (p\Delta H_{\text{утв.}C} + q\Delta H_{\text{утв.}D}) - (m\Delta H_{\text{утв.}A} + n\Delta H_{\text{утв.}B}). \quad 13.12$$

*Ентальпія утворення*  $\Delta H_{\text{утв.}}$  – тепловий ефект хімічної реакції, внаслідок якої утворюється один моль молекул речовини, *кДж/моль*.  $\Delta H^0_{298}$  утворення простої речовини дорівнює 0.

*Ентальпія згорання*  $\Delta H_{\text{зор.}}$  – тепловий ефект хімічної реакції згорання органічної сполуки, внаслідок якої утворюється карбон (IV) оксид і вода.

Числові значення ентальпії утворення та ентальпії згорання наведено у довідниках фізико-хімічних величин.

**Другий наслідок із закону Гесса:** зміна ентальпії реакції дорівнює різниці між сумою теплот згорання вихідних речовин з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів і сумою теплот згорання продуктів реакції також з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів.

$$\Delta H = \sum(\Delta H_{\text{зор.}})_{\text{вих.р.}} - \sum(\Delta H_{\text{зор.}})_{\text{пр.р.}} \quad 13.13$$

Математичне рівняння першого наслідку використовують при обчисленні теплових ефектів у тому разі, коли вихідні речовини та продукти реакції є тільки неорганічними сполуками або органічними та неорганічними сполуками.

Математичне рівняння другого наслідку використовують при обчисленні теплових ефектів тоді, коли вихідні речовини і продукти реакції є органічними сполуками без урахування наявності конденсату – амоніаку, хлору тощо.

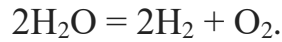
Закон збереження енергії не дає можливості для прогнозування хімічного процесу – не вказує на їх принципову можливість, спрямованість і повноту протікання. У будь-якій хімічній системі має місце боротьба двох протилежностей: між прагненням системи перейти до хаотичного стану і водночас звільнитися від надлишку енергії. Щоб мати найбільшу стійкість у зовнішньому середовищі, система завжди прагне до скорочення загальної енергії. Мірою хаотичного руху частинок у системі є *ентропія* ( $S$ , *Дж/моль·К*). Ентропія, на відміну від ентальпії, практично не вимірюється. Її можна лише обчислити теоретично. Зміну ентропії в хімічній реакції можна представити у вигляді:

$$\Delta S = \Delta Q/T. \quad 13.14$$

Ентропія дає змогу оцінити напрям хімічної реакції, яка прагне до рівноваги за умов, коли внутрішня енергія та об'єм системи є сталою величиною. Якщо сумарне значення ентропії початкових речовин менше, ніж сумарне значення ентропії продуктів реакції, то реакція можлива.

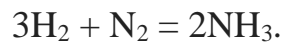
Прирощування ентропії в системі пов'язане з розвитком незворотних процесів, які протікають спонтанно і припиняються тільки при досягненні

рівноваги в системі ( $S \rightarrow S_{max}$ ). Сталість внутрішньої енергії виключає можливість використання тільки однієї цієї функції для дослідження хімічних реакцій, за якими внутрішня енергія речовин, з яких складається система, постійно змінюється. Якщо хімічні реакції протікають зі збільшенням числа молекул, то безлад у системі збільшується ( $\Delta S > 0$ ), наприклад:



Усі процеси, які відбуваються зі зменшенням порядку в розташуванні частинок системи, супроводжуються збільшенням ентропії: розчинення кристалів, плавлення, сублімація, підвищення температури та ін.

Процеси, які відбуваються зі збільшенням упорядкованості в розташуванні частинок, супроводжуються зменшенням ентропії ( $\Delta S < 0$ ), наприклад:



До них належать: затвердіння, конденсація, стискування, кристалізація з розчинів, полімеризація, зниження температури та ін.

У розрахунках використовують стандартні ентропії  $S^0_{298}$  утворення речовин, значення яких розраховані при температурі 298К і тиску 101,3 кПа та наведено у фізико-хімічному довіднику. Для розрахунку зміни стандартної ентропії хімічної реакції ( $\Delta S^0_{298}$ ) використовують перший наслідок із закону Гесса з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів:

$$\Delta S = \sum S^0_{298 \text{ пр.р.}} - \sum S^0_{298 \text{ вих.р.}} \quad 13.15$$

На напрям процесу впливає зменшення внутрішньої енергії (ентальпії) та збільшення ентропії.

*Енергія Гіббса* ( $G$ , Дж/моль) – вільна енергія системи при постійному тиску і температурі (ізобарно-ізотермічний потенціал). Самовільно відбуваються лише ті процеси, які супроводжуються зменшенням енергії Гіббса ( $\Delta G < 0$ ):

$$\Delta G = G_2 - G_1, \quad 13.16$$

де  $G_1$  – енергія Гіббса системи в початковому стані;

$G_2$  – енергія Гіббса системи наприкінці.

Якщо система знаходиться в стані хімічної рівноваги, то  $G_2 = G_1$ ,  $\Delta G = 0$ .

Зміна енергії Гіббса пов'язана з ентальпійними та ентропійними факторами процесу:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S. \quad 13.17$$

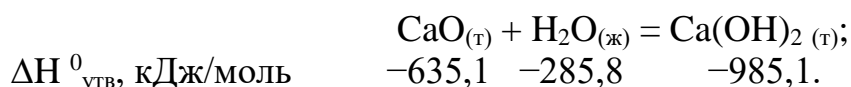
Для розрахунку зміни енергії Гіббса хімічної реакції ( $\Delta G^0_{298}$ ) використовують перший наслідок із закону Гесса з врахуванням стехіометричних коефіцієнтів:

$$\Delta G = \sum \Delta G^0_{298 \text{ пр.р.}} - \sum \Delta G^0_{298 \text{ вих.р.}}. \quad 13.18$$

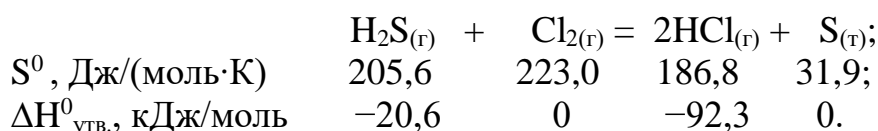
У розрахунках використовують стандартні  $\Delta G^0_{298}$  утворення речовин, значення яких розраховані при температурі 298К і тиску 101,3 кПа та наведені у фізико-хімічному довіднику.  $\Delta G^0_{298}$  утворення простої речовини дорівнює 0.

### Задачі з теми «Хімічна термодинаміка і термохімія»

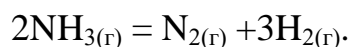
1. Розрахувати тепловий ефект реакції.



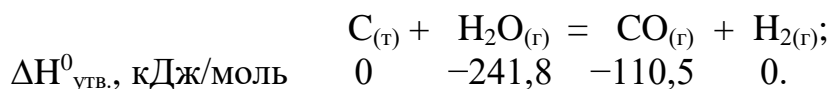
2. Розрахувати тепловий ефект реакції, зміну ентропії та ізобарного потенціалу при 350 К. Зробити висновок про можливість перебігу процесу.



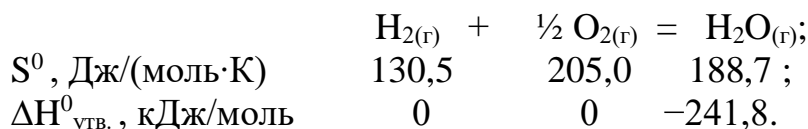
3. Не проводячи розрахунків, установити знак  $\Delta S^0$  процесу:



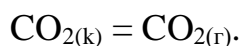
4. Розрахувати тепловий ефект реакції:



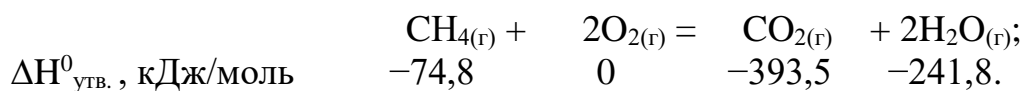
5. Розрахувати тепловий ефект реакції, зміну ентропії та ізобарного потенціалу при 350 К. Зробити висновок про можливість перебігу процесу.



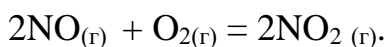
6. Не проводячи розрахунків, установити знак  $\Delta S^0$  процесу.



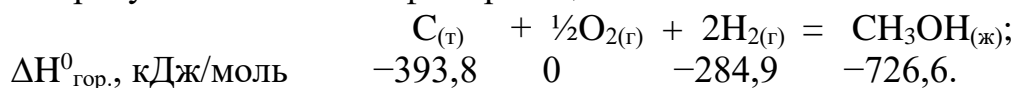
7. Розрахувати тепловий ефект реакції.



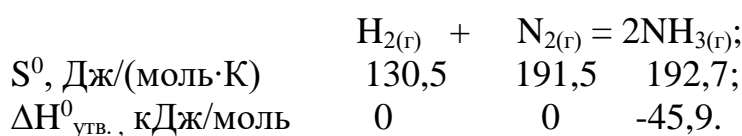
8. Не проводячи розрахунків, установити знак  $\Delta S^0$  процесу.



9. Розрахувати тепловий ефект реакції.



10. Розрахувати тепловий ефект реакції, зміну ентропії та ізобарного потенціалу при 350 К. Зробити висновок про можливість перебігу процесу:



### Тести з теми «Хімічна термодинаміка і термохімія»

**1. Хімічні реакції, які відбуваються в однофазних системах мають назву:**

а) гомогенні; б) гетерогенні; в) рівноважні; г) нерівноважні.

**2. Тепловий ефект хімічної реакції при постійному тиску – це...**

- а) кількість теплоти, яка виділяється або поглинається внаслідок взаємодії між собою строго визначених кількостей речовин;
- б) зміна внутрішньої енергії внаслідок хімічної реакції;
- в) зміна ентальпії внаслідок хімічної реакції;
- г) робота, що виконується в ході хімічної реакції.

**3. В екзотермічній реакції...**

- а) ентальпія реакційної системи збільшується ( $\Delta H > 0$ );
- б) тепловий ефект реакції негативний ( $Q_p < 0$ );
- в) ентальпія реакційної системи зменшується ( $\Delta H < 0$ );
- г) тиск реакційної системи підвищується.

**4. В ендотермічній реакції...**

- а) ентальпія реакційної системи збільшується ( $\Delta H > 0$ );
- б) тепловий ефект реакції позитивний ( $Q_p > 0$ );
- в) ентальпія реакційної системи зменшується ( $\Delta H < 0$ );
- г) зменшується швидкість реакції.

**5. Стандартними умовами в термодинаміці є:**

- а)  $P=1$  атм;  $T=0^0$  С;
- б)  $P=101,3$  кПа;  $T=273$  К;
- в)  $P=100$  Па;  $T=100$  К;
- г)  $P=101$  Па;  $T=298$  К.

**6. Чому дорівнюють стандартні ентальпії утворення простих речовин у стандартних умовах:**

- а) 1 кДж; б) 298 Дж; в) нулю; г) 273 кДж?

**7. Яке з наведених нижче рівнянь відповідає реакції утворення нітроген оксиду (II) в стандартних умовах ( $\Delta H^0_{298}$ ):**

- а)  $\frac{1}{2}N_2 + O \rightarrow NO$ ; б)  $N + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow NO$ ;  
в)  $\frac{1}{2}N_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow NO$ ; г)  $NH_3 + \frac{5}{2}O_2 \rightarrow 2NO + 3H_2O$ ?

**8. В ізольованій системі відбувається деяка хімічна реакція. Як змінюється ентропія такої системи:**

- а)  $\Delta S < 0$ ; б)  $\Delta S > 0$ ; в)  $\Delta S = 0$ ; г)  $S = \text{const}$ ?

**9. Яку термодинамічну функцію належить вибрати як критерій самочинного перебігу реакцій при сталих значеннях температури і тиску:**

- а) енергію Гіббса; б) енергію Гельмгольца;  
в) ізохорно-ізотермічний потенціал; г) ізобарно-ізотермічний потенціал?

**10. Який знак  $\Delta G$  процесу плавлення льоду при 263 К:**

- а)  $\Delta G < 0$ ; б)  $\Delta G > 0$ ; в)  $\Delta G = 0$ .

### Питання до теми «Хімічна термодинаміка і термохімія»

1. Що називають енергією? Сформулюйте закон збереження енергії. Що називають вільною енергією?
2. Який вираз має робота із розширення газу?
3. Відкрита, замкнена й ізольована системи.
4. Характеристики параметрів стану: температури, тиску, об'єму.
5. Ізотермічні, ізобаричні, ізохоричні процеси.
6. Функції стану: внутрішня енергія, ентропія, ентальпія, ізобарний, ізохорний потенціал.
7. Ідеальний газ. Чим відрізняються реальні гази від ідеального?
8. Рівняння стану ідеального газу Менделєєва-Клапейрона.
9. Перший закон термодинаміки.
10. Закон Гесса. Як розрахувати теплові ефекти реакції, що не можуть бути визначені експериментально?
11. Дайте визначення теплоти утворення речовин.
12. Дайте визначення теплоти спалювання.
13. Чому дорівнює теплота утворення простих речовин?
14. Другий закон термодинаміки.
15. Дайте визначення ентропії. Розрахунок ентропії.
16. Які процеси в термодинаміці називають зворотніми, а які – незворотніми?
17. Як без проведення розрахунків оцінити значення ентропії процесу?
18. Третій закон термодинаміки.
19. Критерії самовільного перебігу процесу.

## Тема 14. ШВИДКІСТЬ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ. ХІМІЧНА РІВНОВАГА

Хімічні реакції відбуваються з певною швидкістю. *Кінетика* – розділ хімії, у якому розглядаються швидкість і механізм хімічних реакцій, а також чинники, які впливають на швидкість хімічних реакцій.

*Швидкість хімічної реакції* ( $V$ , моль/л·с) – зміна концентрації одного з реагуючих речовин або одного з продуктів реакції за одиницю часу при сталому об'ємі системи.

$$V = \pm \Delta C / \Delta t ; \quad 14.1$$
$$\Delta C = C_2 - C_1 ,$$

де  $C_2$  – концентрація речовини в момент часу  $t_2$ ;  
 $C_1$  – концентрація речовини в момент часу  $t_1$ .

Знак мінус при розрахунках ураховують, коли використовують зміну концентрацій однієї з реагуючих речовин – їх концентрація знижується в процесі реакції.

За агрегатним станом реагуючих речовин хімічні реакції поділяють на гомогенні та гетерогенні. *Гомогенна реакція* – початкові речовини і продукти реакції знаходяться в одному агрегатному стані. *Гетерогенна реакція* – початкові речовини і продукти реакції знаходяться в різних агрегатних станах.

Чинники, які впливають на швидкість гомогенних і гетерогенних реакцій відрізняються один від одного. На швидкість гомогенних реакцій впливають: природа реагуючих речовин, концентрація, температура, тиск, якщо система газоподібна, а також наявність каталізатора в системі.

***Залежність швидкості хімічних реакцій від природи реагуючих речовин.*** Реакції між органічними сполуками (природні реакції) протікають, як правило, повільно. До повільно протікаючих реакцій належать реакції корозії металів. У хімічному виробництві використовують в основному хімічні реакції, які протікають з великою швидкістю.

### ***Залежність швидкості хімічних реакцій від концентрації.***

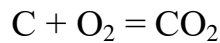
Хімічну взаємодію представимо у вигляді:



Для хімічної взаємодії речовин А та В їх молекули повинні зіткнутись. Реакція відбувається тим швидше, чим більше зіткнень та, як наслідок, чим більша концентрація реагуючих речовин. Залежність швидкості хімічних реакцій від концентрації описується основним ***законом хімічної кінетики***: швидкість хімічної реакції прямо пропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин. Основний закон хімічної кінетики математично має вигляд:

$$V = kC_A^m C_B^n . \quad 14.3$$

*Кінетичне рівняння реакції* (14.3) – зв’язує швидкість хімічної реакції з концентрацією. Швидкість реакції – характеристика процесу, а не окремої речовини. Реальні реакції відбуваються більш складно – вірогідність одночасного зіткнення трьох та більше молекул дуже мала. Складні реакції відбуваються шляхом послідовних або паралельних процесів при зіткненні двох молекул. У цьому випадку закон хімічної кінетики застосовують до кожної окремої стадії. При написанні кінетичного рівняння реакції не враховують речовини в твердому стані. Це пов’язано з тим, що реакція відбувається на поверхні, а концентрація речовин у твердому стані залишається без змін. Наприклад, для процесу спалювання вугілля:



кінетичне рівняння реакції буде мати вигляд:

$$V = kC_{O_2} , \quad 14.4$$

де  $k$  – константа швидкості хімічної реакції.

Фізичний сенс константи швидкості хімічної реакції полягає в тому, що швидкість хімічної реакції дорівнює константі швидкості хімічної реакції при концентрації реагуючих речовин 1 моль/л. Значення  $k$  залежить від температури та дає змогу порівнювати швидкість взаємодії речовин при одній температурі.

*Молекулярність реакції* – мінімальна кількість молекул, що вступає у взаємодію. Розрізняють:

1. Мономолекулярні реакції – реакції розпаду та внутрішньомолекулярних перетворень. Наприклад:



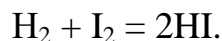
Загальний вигляд таких реакцій:



Кінетичне рівняння таких реакцій має вигляд:

$$V = k \cdot C_A. \quad 14.6$$

2. Бімолекулярні реакції – в елементарному акті взаємодії беруть участь дві молекули. Наприклад:



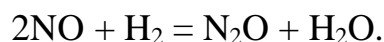
Загальний вигляд таких реакцій:



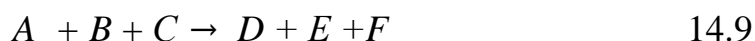
Кінетичне рівняння таких реакцій має вигляд:

$$V = kC_A C_B \quad 14.8$$

3. Тримолекулярні реакції – в елементарному акті взаємодії беруть участь три молекули. Наприклад:



Загальний вигляд таких реакцій:



Кінетичне рівняння таких реакцій має вигляд:

$$V = k \cdot C_A \cdot C_B \cdot C_C. \quad 14.10$$

*Порядок реакції* – сума показників ступенів концентрації в кінетичному рівнянні реакції. Так для кінетичного рівняння 14.3 порядок реакції дорівнює сумі  $m + n$ . Порядок реакції визначається лише за допомогою експериментальних даних та залежить від найповільнішої стадії процесу. Порядок реакції не залежить від стехіометричних коефіцієнтів у рівнянні реакції – рівняння реакції не описує механізм перебігу реакції. Молекулярність та порядок реакції не збігаються для складних процесів, що відбуваються в декілька стадій. Порядок реакції зумовлюється кінетичним рівнянням реакції, тоді як молекулярність реакції зумовлюється її механізмом.

Існують реакції нульового порядку. Наприклад, реакції розкладу деяких речовин на поверхні інших речовин, коли швидкість розкладу речовини залежить від їх концентрації в об'ємі системи. Для деяких реакцій порядок може мати дробове значення. Наприклад, при багатостадійних процесах, коли найповільніші стадії мають різний порядок, але швидкості їх збігаються. Зрозуміло, що ні нульової, ні дробової молекулярності бути не може, тому що молекулярність належить до механізму реакції, а не до рівняння, яке її описує.

Вплив температури на швидкість хімічної реакції описується *правилом Вант-Гоффа*: при зміні температури в системі на кожні  $10^\circ\text{C}$  швидкість реакції змінюється у 2–4 рази. Якщо хімічна реакція екзотермічна, то швидкість зросте у 2–4 рази, а якщо реакція ендотермічна, то швидкість зменшиться у 2–4 рази.

Математичний вираз правила Вант-Гоффа:

$$V_{t_2} = V_{t_1} \gamma^{\Delta t/10}. \quad 14.11$$

де  $V_{t_1}$  – швидкість реакції при початковій температурі;

$V_{t_2}$  – швидкість реакції при температурі, що відповідає закінченню реакції;

$\gamma$  – температурний коефіцієнт швидкості реакції.

*Температурний коефіцієнт швидкості реакції* ( $\gamma$ ) показує, у скільки разів збільшиться швидкість реакції з підвищенням температури реагуючих речовин на кожні 10°C. Правило Вант-Гоффа дозволяє лише приблизно оцінити вплив температури на швидкість хімічної реакції. Температура також впливає на константу швидкості реакції:

$$\gamma = k_{t+10} / k_t, \quad 14.12$$

де  $k_{t+10}$  – константа швидкості реакції при температурі  $t+10$ ;

$k_t$  – константа швидкості реакції при температурі  $t$ .

Залежність швидкості реакції від температури більш точно описується рівнянням Арреніуса:

$$k = Ae^{-E/RT}, \quad 14.13$$

де  $k$  – константа швидкості реакції;

$A$  – стала, яка не залежить від температури та залежить від кількості співударів частинок в одиницю часу;

$E$  – енергія активації;

$R$  – газова стала ( $R = 8,31$  кДж/моль·К);

$T$  – абсолютна температура;

$e$  – основа натурального логарифму ( $e = 2,71828$ ).

*Енергія активації* ( $E$ ) – енергія, яку треба надати молекулам щоб відбулася взаємодія.

### ***Залежність швидкості хімічної реакції від тиску***

Якщо реакційна система гомогенна, то швидкість реакції залежить від тиску. Зміна тиску веде до зміни об'єму системи, а зміна об'єму – до зміни концентрації речовин у системі. Якщо в системі тиск збільшується, то об'єм зменшується, а концентрація збільшується. За законом хімічної кінетики збільшення концентрації в системі веде до прискорення реакції. Зменшення тиску в системі дає протилежний ефект.

### ***Гетерогенні хімічні реакції***

Якщо швидкість гомогенних реакцій залежить від числа актів зіткнення частинок у системі в одиниці об'єму, то швидкість гетерогенних реакцій залежить від числа актів зіткнення частинок в одиницю часу на одиниці поверхні розділу фаз (границя між речовинами в різних агрегатних станах). Інакше кажучи, швидкість гетерогенних реакцій залежить від подрібнення (дисперсності) твердої фази. Чим більш подрібнена тверда фаза, тим з більшою швидкістю буде протікати хімічна реакція. Наприклад, швидкість реакції спалювання вугілля (окисно-відновна реакція) залежить як від його подрібнення, так і від концентрації кисню, в якому згорає вугілля. Якщо коефіцієнт подрібнення вугілля є сталою величиною, то швидкість реакції залежить лише від концентрації кисню.

### *Залежність швидкості реакції від каталізатора*

Наявність сторонніх речовин у системі може вплинути на швидкість хімічної реакції (прискорити або уповільнити). *Каталізатори* – речовини, які прискорюють швидкість хімічної реакції, приймають участь у хімічній реакції, але самі при цьому не витрачаються. *Інгібітори* – речовини, які гальмують швидкість хімічної реакції. *Каталітичні хімічні реакції* – хімічні реакції, які відбуваються в присутності каталізатора. На перебіг великої кількості хімічних реакцій може впливати каталізатор. Розрізняють гомогенний та гетерогенний каталіз. *Гомогенний каталіз* – реагуючі речовини і каталізатор знаходяться в одному агрегатному стані (між каталізатором та реагуючими речовинами відсутня поверхня розподілу). Теорія каталізу занадто складна – немає універсального каталізатору або інгібітора. Для кожної реакції, як каталізатор так і інгібітор підбирають експериментально. Найбільш поширена теорія каталізу для гомогенних каталітичних реакцій – це теорія проміжного активованого комплексу. Схематично цю теорію можна уявити так:

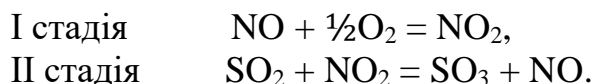


За стандартних умов реакція між речовинами *A* та *B* відбувається повільно. Якщо в систему додати каталізатор, який здатен реагувати з речовиною *A* з утворенням *активованого комплексу AK*, утворений комплекс *AK* буде реагувати з компонентом *B*, який і замінить у комплексі каталізатор. Каталізатор сприяє протіканню хімічної реакції, збільшує її швидкість, але до складу продукту реакції не входить. Причина підвищення швидкості реакції пов'язана зі зниженням енергії активації. Прикладом гомогенного каталізу є окиснення сульфур (IV) оксиду в присутності нітроген (II) оксиду.

Без каталізатора процес має вигляд:



У присутності каталізатора процес взаємодії розбивається на дві стадії:

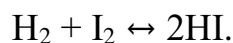


При *гетерогенному каталізі* реагуючі речовини і каталізатор утворюють систему із різних фаз. Між каталізатором та реагуючими речовинами існує поверхня розподілу. Зазвичай каталізатор є твердою речовиною, а реагуючі речовини – газами або рідинами. Всі реакції при гетерогенному каталізі відбуваються на поверхні каталізатора. Активність твердого каталізатора залежить від властивості його поверхні: її розміру, хімічного складу, будови та стану. У гетерогенному каталізі важливу роль відіграє *адсорбція* – концентрування газоподібних або розчинених речовин на поверхні інших

речовин. *Адсорбенти* – речовини на поверхні яких відбувається адсорбція. *Адсорбтиви* – речовини, які адсорбуються. Явище адсорбції обумовлено станом атомів або молекул поверхні адсорбента, що мають ненасичене силове поле на відміну від частинок усередені фази. За рахунок ненасиченого силового поля відбувається адсорбція. Залежно від інтенсивності силового поля утворюється мономолекулярний адсорбційний шар або полімолекулярний адсорбційний шар.

Адсорбція – екзотермічний процес, тому зниження температури призводить до збільшення кількості адсорбтива, а збільшення температури сприяє процесу десорбції. На поверхні каталізатора є активні центри на яких саме і відбуваються каталітичні реакції. Збільшення швидкості реакції при адсорбції на каталізаторі пов'язано зі збільшенням концентрації речовин та зниженням енергії активації за рахунок послаблення зв'язків між атомами в адсорбованих молекулах. Таким чином, як при гомогенному, так і при гетерогенному каталізі дія каталізаторів призводить до зниження енергії активації. *Каталітичні отрути* – речовини, що знижують активність або повністю дезактивують твердий каталізатор. Наприклад, сполуки Арсеніуму, Гідраргеруму, Плюмбуму та ін. У промисловості поверхню каталізатору регенерують, тобто очищують від каталітичних отрут. *Промоутери* – речовини, які підсилюють дію каталізатора.

Хімічна рівновага. *Необернені реакції* – реакції, які відбуваються до кінця та в одному напрямі. *Обернені реакції* – реакції, які відбуваються в протилежних напрямках і не до кінця. Наприклад:



*Хімічна рівновага* – такий стан системи, при якому швидкості протилежних реакцій однакові. *Рівноважні концентрації* – концентрації речовин, які відповідають стану хімічної рівноваги. Рівноважні концентрації позначають за допомогою квадратних дужок, наприклад:  $[\text{H}_2]$ ,  $[\text{I}_2]$ ,  $[\text{HI}]$ . У загальному випадку для оберненої реакції  $m\text{A} + n\text{B} = p\text{C} + q\text{D}$  швидкості прямої та оберненої реакції можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned} V_{np.} &= k_{np.} C^m_A C^n_B, \\ V_{об.} &= k_{об.} C^p_C C^q_D. \end{aligned} \quad 14.15$$

У стані хімічної рівноваги  $V_{np.} = V_{об.}$ , а концентрації реагуючих речовин та продуктів взаємодії дорівнюють рівноважним концентраціям, тоді:

$$\begin{aligned} k_{np.} [A]^m [B]^n &= k_{об.} [C]^p [D]^q, \\ \frac{k_{np.}}{k_{об.}} &= \frac{[C]^p [D]^q}{[A]^m [B]^n}. \end{aligned} \quad 14.16$$

При певній температурі  $k_{пр.}$  та  $k_{об.}$  мають сталі значення. Відповідно їх відношення також має сталі значення:

$$K = \frac{k_{пр.}}{k_{об.}}, \quad 14.17$$

де  $K$  – константа хімічної рівноваги.

Константа хімічної рівноваги дорівнює відношенню констант швидкості прямої та оберненої реакції. Фізичний сенс константи хімічної рівноваги полягає в тому, що вона показує в скільки разів константа швидкості прямої реакції більша ніж константа швидкості оберненої реакції.

$$K = \frac{[C]^p[D]^q}{[A]^m[B]^n} \quad 14.18$$

Константа хімічної рівноваги залежить від температури та природи реагуючих речовин, але не залежить від їх концентрації. Співвідношення 14.18 є математичним виразом **закону діючих мас (ЗДМ)**: в оберненій хімічній реакції при певній температурі відношення добутку рівноважних концентрацій продуктів реакції до добутку рівноважних концентрацій реагуючих речовин з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів має сталі значення.

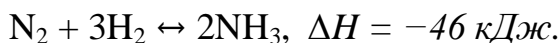
На стан хімічної рівноваги впливають: концентрації речовин, температура, а також тиск, якщо речовини знаходяться в газоподібному стані. У разі зміни одного з цих параметрів рівновага порушується, що призводить до зміни концентрацій усіх речовин, доки не буде встановлено нову рівновагу з іншими значеннями рівноважних концентрацій. *Зсув хімічної рівноваги* – перехід реакційної системи з одного стану хімічної рівноваги в інший. При зсуві хімічної рівноваги спостерігається збільшення швидкості однієї з реакцій: прямої або оберненої.

Напряму зсуву хімічної рівноваги описується *принципом Ле Шательє*: якщо на систему, що знаходиться в рівновазі вчинити зовнішній вплив (змінити концентрацію однієї з речовин, температуру або тиск), то система змінює стан хімічної рівноваги таким чином, щоб зменшити ефект зовнішнього впливу. Принцип Ле Шательє дозволяє лише якісно оцінити стан рівноваги. Кількісно оцінити співвідношення між рівноважними концентраціями реагуючих речовин у хімічних реакціях дозволяє ЗДМ.

Розглянемо вплив різних факторів на стан хімічної рівноваги. Так, у разі збільшення концентрації реагуючих речовин спостерігається збільшення швидкості прямої реакції і рівновага процесу зсувається праворуч. Відповідно, у разі збільшення концентрації продуктів реакції відбувається збільшення швидкості оберненої реакції – рівновага зсувається ліворуч.

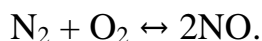
Підвищення температури призводить до зміщення рівноваги в напрямі реакції, яка супроводжується поглинанням тепла (ендотермічної), а охолодження системи призводить до зсуву рівноваги в напрямку екзотермічної реакції. Щоб оцінити вплив тиску на зсув хімічної рівноваги,

необхідно порахувати кількість молекул у лівій та правій частинах: підвищення тиску викликає зміщення рівноваги в напрямі зменшення загальної кількості молів газоподібних речовин. Розглянемо зсув рівноваги згідно з принципом ле Шательє на прикладі реакції синтезу амоніаку:



Якщо збільшити концентрацію або водню, або азоту, то збільшиться швидкість прямої реакції, яка викликає зниження концентрацій реагуючих речовин – рівновага зсунеться праворуч. Відповідно, збільшення концентрації амоніаку призведе до пришвидшення оберненої реакції – рівновага зсунеться ліворуч. Пряма реакція – екзотермічна, тому підвищення температури буде призводити до зсуву хімічної рівноваги ліворуч, а зниження температури – праворуч. Для оцінки впливу тиску порахуємо кількість молекул у лівій та правій частинах рівняння. У наведеному прикладі в лівій частині рівняння міститься чотири молекули, а в правій – дві. Підвищення тиску сприяє процесу, що призводить до зменшення числа молекул. У нашому прикладі – підвищення тиску призведе до зсуву хімічної рівноваги праворуч.

Якщо в рівнянні оберненої хімічної реакції кількість молекул у лівій та правій частині однакові, то зміна тиску не буде призводити до зсуву хімічної рівноваги. Наприклад:



Каталізатори не впливають на зсув хімічної рівноваги, а лише пришвидшують її досягнення.

Вплив на зсув хімічної рівноваги має велике промислове значення. Так, синтез амоніаку було розвинуто завдяки можливості зсунути хімічну рівновагу в напрямі синтезу продуктів реакції шляхом виведення продукту реакції (амоніаку) зі сфери реакції.

Рівновага в гетерогенних системах. Гетерогенні хімічні реакції – хімічні реакції, які відбуваються в багатофазних системах. Гомогенні хімічні реакції – хімічні реакції, які відбуваються в однофазній системі. Кінетика і механізм таких реакцій суттєво відрізняються. Гетерогенні реакції відбуваються лише на поверхні розділу фаз, тоді як під час гомогенних процесів задіяно весь об'єм системи. Гетерогенні реакції відбуваються в декілька стадій:

1. *Дифузія* – доставка речовини до поверхні розподілу фаз.
2. Хімічна реакція на поверхні розподілу фаз.
3. Дифундування продуктів реакції з поверхні розподілу фаз в об'єм розчину.

Швидкість процесів на кожній стадії залежить від поверхні розподілу фаз. Загальна швидкість процесу зумовлена швидкістю найповільнішої стадії. Дифузійні процеси мають невелику швидкість, тому для пришвидшення реакції використовують перемішування.

Рухомою силою хімічних реакцій є енергія Гіббса, яку нерідко називають корисною роботою хімічної реакції, яка пов'язана з константою хімічної рівноваги таким співвідношенням:

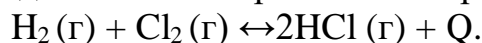
$$\Delta G = -RT \ln K. \quad 14.19$$

Аналіз рівняння 14.19 показує, що від'ємний знак при  $\Delta G$  можливий тільки в тому разі, коли  $\ln K > 0$ , тобто  $K > 1$ .  $\Delta G$  буде мати додатне значення, коли  $\ln K < 0$ , тобто  $K < 1$ .

### Задачі з теми «Швидкість хімічної реакції. Хімічна рівновага»

1. Чому дорівнює температурний коефіцієнт швидкості реакції, якщо при збільшенні температури на 30 °С швидкість реакції збільшиться в 15,6 рази?

2. Записати вираз для константи рівноваги та розрахувати її значення.

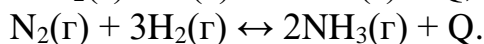
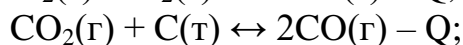
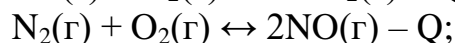
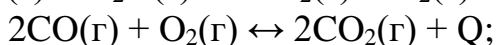
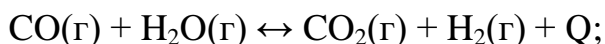


[ ], моль/л      0,05      0,11      0,08

3. Температурний коефіцієнт швидкості деякої реакції дорівнює 2,3. У скільки разів збільшиться швидкість цієї реакції при підвищенні температури на 25 °С?

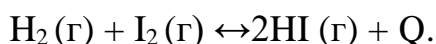
4. Знайти значення константи швидкості реакції  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}$ , якщо при концентраціях речовин А та В відповідно 0,05 та 0,01 моль/л швидкість реакції дорівнює  $5 \cdot 10^{-5}$  моль/(л·хв).

5. Для яких реакцій збільшення тиску зсуває рівновагу праворуч?



6. У скільки разів зміниться швидкість реакції  $2\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{A}_2\text{B}$ , якщо концентрацію речовини А збільшити у два рази, а концентрацію речовини В зменшити у два рази?

7. Записати вираз для константи рівноваги та розрахувати її значення.



[ ], моль/л      0,1      1,1      0,8

8. Записати кінетичне рівняння прямої та зворотної реакцій і встановити її порядок.

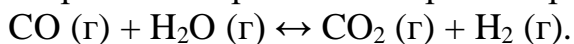


9. Розрахувати, за який час закінчиться ця реакція при 200 °С, якщо при температурі 150 °С деяка реакція закінчується за 16 хв. і температурний коефіцієнт дорівнює 2,5.

10. Через який час прореагує 99 % речовини, якщо для реакції першого порядку за 7 хв прореагувало 30 %?

11. Як слід змінити концентрацію кисню, щоб швидкість гомогенної елементарної реакції:  $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{SO}_3(\text{г})$  не змінилася при зменшенні концентрації нітроген (II) оксиду в два рази?

12. Записати кінетичне рівняння прямої та оберненої реакцій:



13. При збільшенні температури з 20 до 40 °С швидкість гомогенної реакції підвищилася в 16 разів. Чому дорівнює коефіцієнт швидкості хімічної реакції (коефіцієнт Вант-Гофа)?

### Тести з теми «Швидкість хімічної реакції. Хімічна рівновага»

**1. Зміна концентрації однієї з реагуючих речовин чи одного з продуктів реакції за одиницю часу при сталому об'ємі системи має назву:**

- а) константа швидкості реакції;      б) швидкість реакції;  
в) енергія активації;                      г) хімічна рівновага?

**2. Швидкість хімічної реакції при концентраціях речовин, які реагують 1 моль/л має назву:**

- а) енергія активації;                      б) константа швидкості реакції;  
в) швидкість хімічної реакції;      г) константа хімічної рівноваги.

**3. Константа швидкості реакції не залежить від:**

- а) природи реагуючих речовин;      б) концентрації;  
в) температури;                              г) тиску.

**4. Сума показників ступеней концентрації в кінетичному рівнянні реакції має назву:**

- а) енергія активації;                      б) константа швидкості реакції;  
в) швидкість хімічної реакції;      г) порядок реакції?

**5. Каталіз, при якому каталізатор знаходиться в одній фазі з реагуючими речовинами, має назву:**

- а) рівноважний;                              б) гетерогенний;  
в) гомогенний;                                г) нерівноважний?

**6. Енергія, яку необхідно надати молекулам (частинкам) речовин, які реагують, щоб перетворити їх в активні, має назву:**

- а) швидкість реакції;                      б) константа швидкості реакції;  
в) енергія активації;                      г) хімічна рівновага.

**7. Речовина, яка уповільнює або запобігає перебігу певної хімічної реакції має назву:**

- а) індикатор; б) каталізатор; в) інгібітор; г) алкан?

**8. Відношення добутку рівноважних концентрацій продуктів реакції в ступенях їх стехіометричних коефіцієнтів до добутку концентрацій реагуючих речовин у ступенях їх стехіометричних коефіцієнтів має назву:**

- а) швидкість реакції; б) константа хімічної рівноваги;  
в) енергія активації; г) хімічна рівновага?

**9. Рівняння, яке зв'язує швидкість реакції з концентрацією речовин, які реагують, має назву:**

- а) рівняння швидкості; б) кінетичне рівняння реакції;  
в) рівняння хімічної рівноваги; г) каталітичне рівняння?

**10. Реакції, які відбуваються за участю вільних радикалів, мають назву:**

- а) каталітичні хімічні реакції; б) швидкі реакції;  
в) ланцюгові реакції; г) рівноважні реакції?

### **Питання до теми «Швидкість хімічної реакції. Хімічна рівновага»**

1. Дайте визначення швидкості хімічної реакції.
2. Сформулюйте основний закон хімічної кінетики (закон діючих мас).
3. Дайте визначення кінетичного рівняння реакції.
4. У чому фізичний смисл константи швидкості реакції?
5. Дайте визначення молекулярності і порядку реакції.
6. Як температура впливає на швидкість реакції? Правило Вант-Гоффа.
7. Наведіть рівняння Ареніуса.
8. Дайте визначення енергії активації.
9. Дайте визначення енергетичного бар'єра.
10. Дайте визначення активованого комплексу.
11. Від чого залежить швидкість хімічної реакції?
12. Наведіть механізм ланцюгової реакції.
13. Дайте визначення вільних радикалів.
14. Які речовини називають каталізаторами?
15. Який механізм гомогенного каталізу?
16. Який механізм гетерогенного каталізу?
17. Які речовини називають промоутерами, а які – каталітичними отрутами?
18. Які реакції називаються оберненими, а які – необерненими?
19. Дайте визначення хімічної рівноваги.
20. Сформулюйте закон діючих мас для стану рівноваги.
21. Як впливає на стан хімічної рівноваги зміна температури, тиску, концентрації реагуючих речовин і продуктів реакції (принцип Ле-Шательє)?

## Тема 15. РОЗЧИНИ ЕЛЕКТРОЛІТІВ. ЕЛЕКТРОЛІТИЧНА ДИСОЦІАЦІЯ

*Електроліти (провідники другого типу)* – речовини, які в розчинах та розплавах розпадаються на іони і, як наслідок, проводять електричний струм.

*Дисоціація* – процес розпаду речовини на іони.

*Асоціація* – процес об'єднання іонів у молекулу.

**Теорія електролітичної дисоціації (Арреніуса):**

1. Електроліти при розчиненні у воді дисоціюють.
2. Під впливом електричного струму позитивно заряджені іони рухаються до катода (катіони), а негативно заряджені до анода – аніони.
3. Дисоціація – процес обернений. Протилежний процесу дисоціації – процес асоціації.

Дисоціювати можуть сполуки з іонним та ковалентним полярним зв'язками. При розчиненні полярної молекули, диполі молекул води орієнтуються навколо позитивно та негативно заряджених частин молекул – виникає іон-дипольна взаємодія, внаслідок якої зв'язок у молекулі слабшає і речовина дисоціює на іони. Утворюються гідратовані іони – іони, які хімічно зв'язані з молекулами води. Процес можна представити у вигляді:



*Сольватовані іони* – іони, які хімічно зв'язані з молекулами розчинника.

*Сольватна оболонка* – певним чином орієнтовані молекули розчинника навколо іона або молекули.

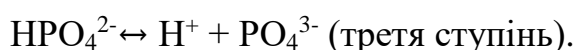
*Гідратовані іони* – іони, які хімічно зв'язані з молекулами води.

*Гідратна оболонка* – певним чином орієнтовані молекули води навколо іона або молекули.

*Гідратація* – основна рухома сила процесу дисоціації, що унеможливорює об'єднання іонів у молекулу.

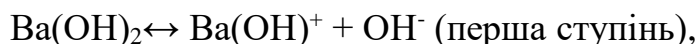
З точки зору теорії електролітичної дисоціації:

*Кислоти* – електроліти, які при дисоціації утворюють лише катіони гідрогену. Основність кислоти встановлюється за кількістю атомів гідрогену: HCl – одноосновна кислота, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – двоосновна кислота. Багатоосновні кислоти дисоціюють ступенево, наприклад:

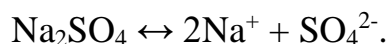


*Основи* – електроліти, які під час дисоціації як аніони утворюють лише гідроксид-аніони. Кислотність основ обумовлена кількістю гідроксогруп.

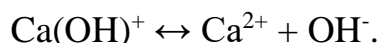
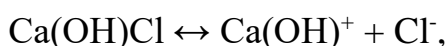
Наприклад, NaOH – однокислотна основа, Ba(OH)<sub>2</sub> – двокислотна основа. Багатокислотні основи дисоціюють ступенево, наприклад:



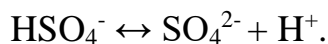
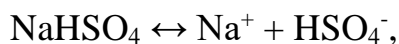
*Солі* – електроліти, які при дисоціації утворюють катіон металу та аніон кислотного залишку, наприклад:



Дисоціація основних солей:



Дисоціація кислих солей:



*Ступінь дисоціації* ( $\alpha$ ) – відношення кількості молекул, які розпались на іони ( $n$ ) до загальної кількості молекул ( $N$ ):

$$\alpha = \frac{n}{N}. \quad 15.2$$

Ступінь дисоціації електроліту встановлюють експериментально. Ступінь дисоціації змінюється від 0 до 1:  $\alpha = 0$  – дисоціація відсутня,  $\alpha = 1$  – електроліт повністю розпався на іони.

Фактори, які впливають на ступінь електролітичної дисоціації:

1. Природа розчинника.
2. Природа розчиненої речовини.
3. Температура.
4. Концентрація розчину.
5. Наявність іонів у розчині.

*Сильні електроліти* – це такі речовини, які при розчиненні у воді повністю дисоціюють на іони. До сильних електролітів відносять:

1. Розчинні солі.
2. Сильні кислоти.
3. Основи лужних та лужно-земельних металів.

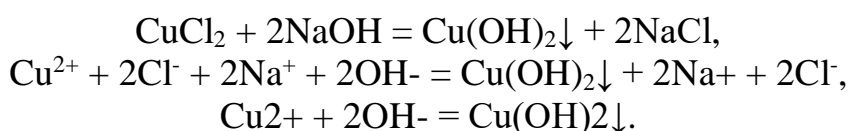
*Слабкі електроліти* – це такі речовини, які при розчиненні у воді лише частково дисоціюють на іони. До слабких електролітів відносять:

1. Органічні кислоти.
2. Слабкі мінеральні кислоти (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, HNO<sub>2</sub>, HClO, H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>).
3. Нерозчинні солі.

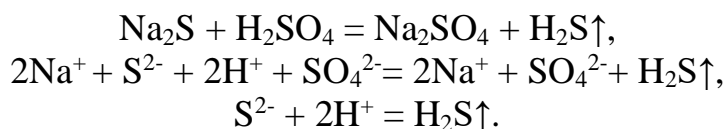
4. Нерозчинні основи багатьох металів, також  $\text{NH}_4\text{OH}$ , феноли, аміни.
5. Воду.

Згідно з теорією електролітичної дисоціації: реакції у водних розчинах електролітів – реакції між іонами. Енергія активації при взаємодії між іонами має невелике значення, що призводить до великої швидкості таких реакцій. Реакції між електролітами зображують за допомогою іонних рівнянь реакцій. Реакції у водних розчинах електролітів відбуваються до кінця, коли виконується хоча б одна з умов: 1) утворюється осад; 2) утворюється газ; 3) утворюється слабкий електроліт; 4) утворюється стійка комплексна сполука або комплексний іон. Тобто один з продуктів може бути виділено зі сфери реакції.

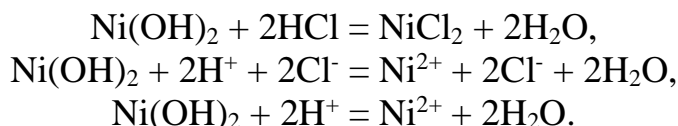
1. Реакції з утворенням осаду, наприклад:



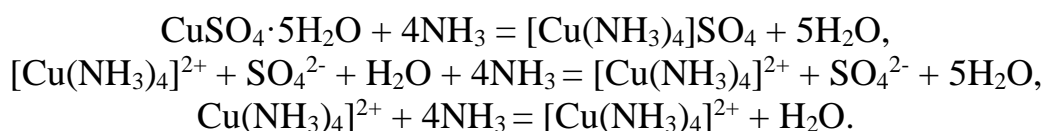
2. Реакції з утворенням газоподібних продуктів реакції:



3. Реакції з утворенням слабких електролітів:



4. Реакції з утворенням комплексних сполук або комплексних іонів:



Для слабких електролітів процес дисоціації є оберненим та може бути представлений у загальному вигляді:



Закон діючих мас для процесу дисоціації можна представити у вигляді:

$$K = \frac{[K^+]^n \cdot [A^-]^m}{[K_nA_m]}, \quad 15.3$$

де  $K$  – константа дисоціації;

$[K^+]$  – рівноважна концентрація катіонів;

$[A^-]$  – рівноважна концентрація аніонів;

$[K_nA_m]$  – рівноважна концентрація слабого електроліту.

Зв'язок між константою дисоціації та ступенем дисоціації для слабкого електроліту має вигляд (скорочена формула Оствальда):

$$K = \alpha^2 \cdot C_M. \quad 15.4$$

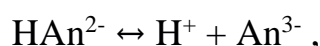
Багатоосновні кислоти дисоціюють ступенєво. Кожна зі ступенів дисоціації має власну константу дисоціації. Наприклад:



$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{An}^-]}{[\text{H}_3\text{An}]}.$$



$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{HAn}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{An}^-]}.$$



$$K_3 = \frac{[\text{H}^+][\text{An}^{3-}]}{[\text{HAn}^{2-}]} \quad 15.5$$

Загальна константа дисоціації є добутком ступенєвих констант дисоціації:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad 15.6$$

Крім того,  $K_1 > K_2 > K_3$ .

Константи дисоціації характеризують силу кислот та основ: чим більше значення  $K$ , тим сильніше дисоціює слабкий електроліт у водному розчині.

Поведінку сильних електролітів неможливо описати за допомогою закону діючих мас. Це пов'язано з тим, що сильні електроліти повністю дисоціюють на іони. Між протилежно зарядженими іонами існують електростатичні сили тяжіння, у наслідок чого кожен іон має «іонну атмосферу», що складається з іонів протилежного заряду. «Іонна атмосфера» знижує активність іонів, які поводять себе таким чином, якби їх концентрація була нижчою. Активність пов'язана з концентрацією відповідної частинки за допомогою таких рівнянь:

$$\begin{aligned} a &= f \cdot C_M \\ \lg f &= -0.5z^2 \sqrt{\mu} \\ \mu &= \frac{1}{2} \sum C_i z_i^2, \end{aligned} \quad 15.7$$

де  $a$  – активність іону (молекули);

$f$  – коефіцієнт активності іону (молекули);

$C_M$  – молярна концентрація, моль/л.

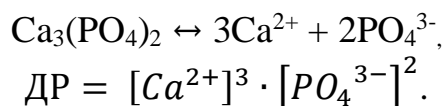
$\mu$  – іонна сила розчину;

$z$  – заряд іону.

Добуток розчинності (ДР) – добуток концентрацій іонів у насиченому розчині малорозчинного електроліту. У загальному випадку ДР має вигляд:



Наприклад, вираз ДР для  $Ca_3(PO_4)_2$  має вигляд:



Значення ДР залежить від температури. Осад утворюється у тому випадку, коли добуток концентрацій іонів, що утворюють осад, у відповідних ступенях дорівнює або перевищує ДР.

Водневий показник ( $pH$ ) – від’ємний десятковий логарифм концентрації іонів гідрогену.

$$pH = -lg[H^+],$$

$$[H^+] = 10^{-pH} \quad 15.9$$

Гідроксильний показник ( $pOH$ ) – від’ємний десятковий логарифм концентрації гідроксильних іонів.

$$pOH = -lg[OH^-],$$

$$[OH^-] = 10^{-pOH},$$

$$14 = pH + pOH \quad 15.10$$

Кисле середовище –  $pH < 7$ ; лужне середовище –  $pH > 7$ ; нейтральне середовище –  $pH = 7$ .

Буферні розчини – розчини з певною концентрацією іонів гідрогену, що може мати невеличкі зміни при розведенні, концентруванні, а також при додаванні невеликої кількості кислот або лугів.

Існує декілька типів буферних розчинів.

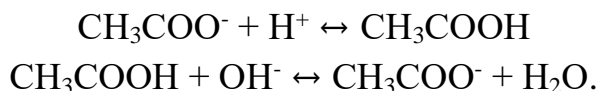
1. Буферний розчин, який містить слабку кислоту та її сіль, що утворена сильною основою. Наприклад, ацетатний буферний розчин – суміш оцтової кислоти ( $CH_3COOH$ ) та натрій ацетату ( $CH_3COONa$ ).  $pH$  такого буферного розчину розраховують за формулою:

$$pH = pK_{Дк-ти} - lg \frac{C_{кисл}}{C_{солі}}$$

$$pK_{Дк-ти} = -lg K_{Дк-ти} \quad , \quad 15.11$$

де  $K_{Дк-ти}$  – константа дисоціації кислоти.

Вплив на рН розчину відбувається при додаванні кислоти ( $H^+$ ) або лугу ( $OH^-$ ). Компоненти буферного розчину здатні зв'язувати катіони гідрогену та аніони гідроксиду, тим самим підтримуючи значення рН:

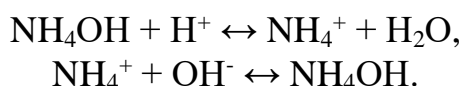


2. Буферний розчин, який містить слабку основу та її сіль, що утворена сильною кислотою. Наприклад, амоніачний буферний розчин – суміш амоній гідроксиду ( $NH_4OH$ ) та амоній хлориду ( $NH_4Cl$ ). рН такого буферного розчину розраховують за формулою:

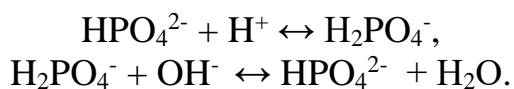
$$\begin{aligned} pH &= 14 - pK_{D \text{ основи}} - \lg \frac{C_{\text{соли}}}{C_{\text{основи}}} \\ pK_{D \text{ основи}} &= -\lg K_{D \text{ основи}}, \end{aligned} \quad 15.12$$

де  $K_{D \text{ основи}}$  – константа дисоціації основи.

Зв'язування катіонів гідрогену та аніонів гідроксиду відбувається за схемою:



3. Буферні розчини, що складаються з суміші кислих солей. Наприклад, буферний розчин, що складається з суміші натрій (калій) гідрогенфосфату та натрій (калій) дигідрогенфосфату – фосфатний буферний розчин. Зв'язування катіонів гідрогену та аніонів гідроксиду в такому буферному розчині відбувається за схемою:



*Буферна ємкість* – кількість еквівалентів кислоти або лугу, що необхідно додати до 1 л буферного розчину для зсуву рН на одиницю.

$$B = \frac{C_H}{pH_1 - pH_0}, \quad 15.13$$

де  $B$  – буферна ємкість;

$C_H$  – молярна концентрація еквівалентів розчину кислоти (лугу);

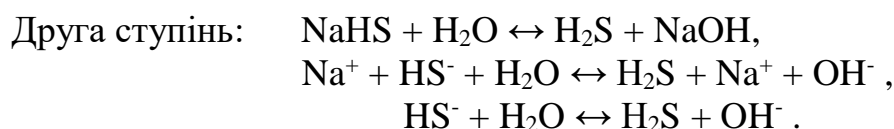
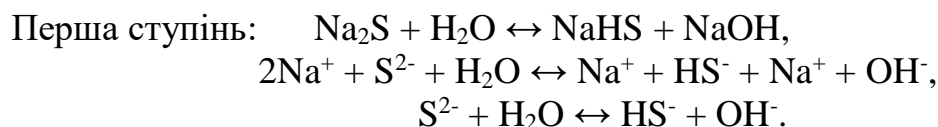
$pH_0$  – початкове значення рН буферного розчину;

$pH_1$  – значення рН буферного розчину після додавання кислоти (лугу).

## Гідроліз солей

Гідроліз солі – взаємодія іонів солі з водою, внаслідок якої утворюється слабкий електроліт. Гідроліз солі – обернений процес.

1. Гідроліз солі, що утворена сильною основою та слабкою кислотою (гідроліз за аніоном). Середовище розчину такої солі – лужне ( $pH > 7$ ). Солі, що утворені багатоосновними кислотами мають ступеневий гідроліз, який відбувається переважно за першою ступінню. Наприклад:



Кожна ступінь характеризується константою гідролізу ( $K_{\Gamma}$ ):

$$K_{\Gamma(\text{I})} = \frac{K_w}{K_{\text{HS}^-}} \text{ та } K_{\Gamma(\text{II})} = \frac{K_w}{K_{\text{H}_2\text{S}}}.$$

У загальному випадку:

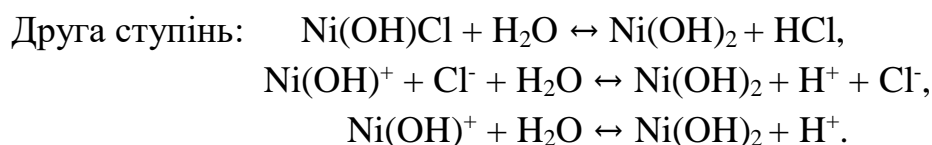
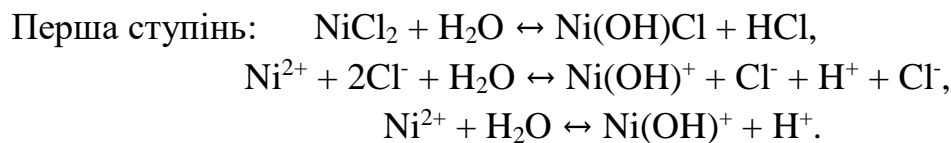
$$K_{\Gamma} = \frac{K_w}{K_{\text{Д кислоти}}}, \quad 15.14$$

де  $K_{\Gamma}$  – константа гідролізу;

$K_w$  – іонний добуток води (дорівнює  $10^{-14}$ );

$K_{\text{Д к-ти}}$  – константа дисоціації кислоти за відповідною ступенню.

2. Гідроліз солі, що утворена сильною кислотою та слабкою основою (гідроліз за катіоном). Середовище розчину такої солі – кисле ( $pH < 7$ ). Солі, що утворені багатокислотними основами мають ступеневий гідроліз, який відбувається переважно за першою ступінню. Наприклад:



У загальному випадку константа гідролізу такої солі розраховується за формулою:

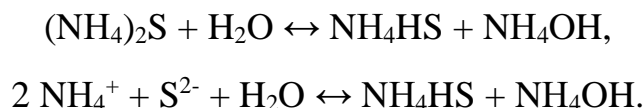
$$K_{\Gamma} = \frac{K_w}{K_{\text{Д основи}}}, \quad 15.15$$

де  $K_{\Gamma}$  – константа гідролізу;

$K_w$  – іонний добуток води (дорівнює  $10^{-14}$ );

$K_{\text{Д основи}}$  – константа дисоціації основи за відповідною ступінню.

3. Гідроліз солі, що утворена слабкою кислотою та слабкою основою (гідроліз за аніоном та катіоном). Середовище розчину такої солі – нейтральне ( $pH = 7$ ). Наприклад:



Константу гідролізу такої солі розраховується за формулою:

$$K_{\Gamma} = \frac{K_w}{K_{\text{Д основи}} \cdot K_{\text{Д к-ти}}}, \quad 15.16$$

де  $K_{\Gamma}$  – константа гідролізу;

$K_w$  – іонний добуток води (дорівнює  $10^{-14}$ );

$K_{\text{Д основи}}$  – константа дисоціації основи за відповідною ступінню;

$K_{\text{Д к-ти}}$  – константа дисоціації кислоти за відповідною ступінню.

4. Гідроліз солі, що утворена сильною кислотою та сильною основою, наприклад KCl, за звичайних умов не відбувається. Середовище розчину такої солі – нейтральне ( $pH = 7$ ).

*Ступінь гідролізу ( $h$ )* – відношення кількості молекул, які взяли участь у гідролізі ( $n$ ) до загальної кількості молекул ( $N$ ):

$$h = \frac{n}{N}. \quad 15.17$$

Ступінь гідролізу залежить від:

1. Температури. Підвищення температури призводить до збільшення ступеня гідролізу.

2. Від сили слабого електроліту, що утворюється внаслідок гідролізу. При зниженні сили слабого електроліту збільшується ступінь гідролізу.

3. Від концентрації солі. При зниженні концентрації солі збільшується ступінь гідролізу.

Ступінь гідролізу солі пов'язана з константою гідролізу солі рівнянням:

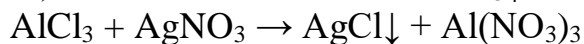
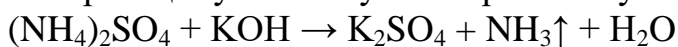
$$K_{\Gamma} = h^2 \cdot C_M. \quad 15.18$$

### Задачі з теми «Розчини електролітів. Електролітична дисоціація»

1. Добуток розчинності  $\text{Pb}(\text{SO}_4)_2$  становить  $2,2 \cdot 10^{-8}$  г/л. Розрахувати концентрацію іонів  $\text{Pb}^{4+}$  та  $\text{SO}_4^{2-}$ .

2. Скласти рівняння гідролізу солей:  $\text{KOCl}$ ,  $\text{FeCl}_3$ . Указати середовище їхнього водного розчину.

3. Скласти рівняння реакцій у повному та скороченому іонному вигляді:



4. Розрахувати концентрації іонів гідрогену та гідроксид-іонів у розчинах з  $\text{pH} = 3$  та  $\text{pH} = 8$ .

5. Які з перерахованих нижче солей можуть гідролізуватися? Скласти рівняння гідролізу в молекулярній та іонно-молекулярній формі, вказати середовище водного розчину:  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{LiNO}_3$ .

6. Розчинність  $\text{Co}(\text{IO}_3)_2$  дорівнює 0,01 г/л. Розрахувати добуток розчинності.

7. Розрахувати  $\text{pH}$  розчину  $\text{CH}_3\text{COOH}$  з еквівалентною концентрацією 0,1 моль/л і розчину  $\text{NH}_4\text{OH}$  з еквівалентною концентрацією 0,1 моль/л. Ступінь дисоціації дорівнює 4 %.

8. При якій концентрації розчину нітритної кислоти ступінь дисоціації дорівнюватиме 0,02? Константа дисоціації нітритної кислоти дорівнює  $5 \cdot 10^{-4}$ .

9. Написати всі можливі рівняння реакцій у молекулярному, повному іонному та скороченому іонному вигляді між такими кислотами й основами:  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ?

10. Скласти по три молекулярних рівняння реакцій, іонно-молекулярні рівняння яких мають вигляд: а)  $\text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{MgCO}_3$ ; б)  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ .

11. Розрахувати концентрацію іонів  $\text{OH}^-$  і  $\text{NH}_4^+$  в розчині  $\text{NH}_4\text{OH}$  з концентрацією 0,5 моль/л, якщо константа дисоціації  $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

12. У розчині хлорнуватистої кислоти з концентрацією 0,1 моль/л ступінь дисоціації дорівнює 0,025 %. При якій концентрації розчину ступінь дисоціації збільшиться в три рази?

13. Чому дорівнює концентрація кожного іона в насиченому розчині аргентум сульфід, якщо добуток розчинності дорівнює  $1,56 \cdot 10^{-10}$ ?

14. Яка з речовин: натрій гідрокарбонат, кадмій сульфат або барій гідроксид взаємодіятиме із сульфатною кислотою? Запишіть реакції в молекулярному, повному та скороченому іонному вигляді.

15. Скласти молекулярні рівняння реакцій, якщо іонно-молекулярні рівняння мають вигляд: а)  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_4\text{OH}$ ; б)  $3\text{Ca}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow$ .

## Тести з теми «Розчини електролітів. Електролітична дисоціація»

**1. Указати, які типи хімічних зв'язків є в речовинах, що належать до електролітів:**

- а) неполярні ковалентні; б) іонні й полярні ковалентні;  
в) неполярні ковалентні й полярні ковалентні; г) лише полярні ковалентні.

**2. Нейтральне середовище має розчин солі:**

- а)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ; б)  $\text{CuSO}_4$ ; в)  $\text{KNO}_2$ ; г)  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ .

**3. Укажіть формулу речовини, яка є слабким електролітом:**

- а)  $\text{NaOH}$ ; б)  $\text{HBr}$ ; в)  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ; г)  $\text{ZnCl}_2$ .

**4. Кількість еквівалентів кислоти чи лугу, що необхідно додати для зміщення рН одного літра буферного розчину на одну одиницю має назву:**

- а) буферна ємкість; б) оклюзія; в) десорбція; г) сольватація?

**5. Укажіть групу, в якій усі сполуки належать до електролітів:**

- а)  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; б)  $\text{NaOH}$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ;  
в)  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CuCl}_2$ ; г)  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ .

**6. Речовини, які при розчиненні у воді практично повністю дисоціюють на іони мають назву:**

- а) сильні електроліти; б) слабкі електроліти;  
в) неелектроліти; г) катіони.

**7. Яка з солей гідролізується за катіоном?**

- а)  $\text{LiCl}$ ; б)  $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$ ; в)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ; г)  $\text{KBr}$ .

**8. Указати формулу електроліту, який дисоціює ступінчасто:**

- а)  $\text{MgSO}_4$ ; б)  $\text{K}_2\text{SO}_3$ ; в)  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ; г)  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .

**9. Яка з перелічених солей не гідролізується:**

- а)  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ; б)  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu}$ ; в)  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; г)  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ?

**10. Визначте термін "кислота" з точки зору теорії електролітичної дисоціації:**

а) електроліт, що під час електролітичної дисоціації утворює катіони Гідрогену та гідроксид-аніони;

б) електроліт, що під час електролітичної дисоціації утворює катіони одного типу – катіони Гідрогену  $\text{H}^+$ ;

в) електроліт, що під час електролітичної дисоціації утворює катіони металу та гідроксид-аніони;

г) електроліт, що під час електролітичної дисоціації утворює катіони Гідрогену та аніони кислотного залишку.

## Питання до теми «Розчини електролітів. Електролітична дисоціація»

1. Яка різниця між електролітом та неелектролітом?
2. Який процес називають електролітичною дисоціацією?
3. Основні положення теорії електролітичної дисоціації.
4. Ступінь дисоціації.
5. Розподіл на сильні та слабкі електроліти за ступенем дисоціації.
6. Які речовини належать до слабких, а які – до сильних електролітів?
7. Як залежить ступінь дисоціації від наведених нижче факторів:
  - а) характеру хімічного зв'язку в молекулі електроліту;
  - б) концентрації електроліту;
  - в) концентрації та природи розчинника;
  - г) наявності однойменно зарядженого іона?
8. Дайте визначення константи дисоціації електроліту.
9. Сформулюйте закон розведення Освальда.
10. Дайте визначення активності іонів у розчині сильних електролітів.
11. Основні положення теорії Дебая-Гюккеля.
12. Дайте визначення іонної сили розчинів. Чому вона дорівнює?
13. Наведіть формулу для розрахунку активності іонів.
14. Дайте визначення добутку розчинності.
15. Умови перебігу реакцій у розчинах електролітів до кінця.
16. Який процес називають гідролізом солі?
17. Які солі можуть мати ступінчастий гідроліз та в чому він полягає?
18. Дайте визначення ступеня і константи гідролізу.
19. Як залежить ступінь гідролізу від різних факторів:
  - а) розведення розчину;
  - б) зміни температури;
  - в) константи дисоціації слабого електроліту;
  - г) додавання кислоти чи лугу?
20. Від чого залежить рН розчину солі?
21. Розчини сильних електролітів. Активність іонів. Коефіцієнт активності.

## Тема 16. РОЗЧИНИ НЕЕЛЕКТРОЛІТІВ

*Неелектроліти* – речовини, які в розчинах та розплавах не розпадаються на іони і, як наслідок, не проводять електричний струм.

Електроліти за своїми біофізикохімічними властивостями значно відрізняються від неелектролітів.

У розведених розчинах неелектролітів молекули знаходяться на великій відстані одна від одної та не взаємодіють між собою – поведінка нагадує поведінку молекул ідеального газу.

*Дифузія* – взаємопроникнення молекул розчинника та розчиненої речовини, що спостерігається при відсутності мембрани.

*Осмоз* – одностороннє проникнення молекул розчинника крізь мембрану. Мембрана є напівпрониклива – розмір пор такої мембрани здатен пропускати лише молекули певного діаметра. Явище осмосу спостерігається, коли розчин через мембрану контактує з чистим розчинником. Осмос має велике практичне значення для підтримки живлення клітин у рослинах. Оболонки клітин за своєю будовою нагадують напівпроникливу мембрану, що здатна пропускати молекули води та майже повністю затримує речовини клітинного соку.

Для спостереження осмосу монтують прилад, який складається з циліндра з водою в який занурено скляну трубку наповнену концентрованим розчином глюкози (слабкий електроліт) наприкінці якої знаходиться напівпрониклива мембрана. Протягом певного часу можна спостерігати збільшення рівня рідини в трубці, що пов'язано з проникненням молекул води в концентрований розчин глюкози (концентрація розчину глюкози знижується). У склянці з розчином виникає тиск, який викликає збільшення рівня рідини в трубці до тих пір, поки явище осмосу не припиниться – встановлюється рівновага між розчином та розчинником. Осмотичний тиск виникає лише за наявності напівпроникливої мембрани.

*Осмотичний тиск* – тиск, який необхідно прикласти до розчину, щоб припинити явище осмосу, тобто затримати молекули розчинника від проникнення крізь мембрану.

*Ізотонічні розчини* – розчини з однаковим осмотичним тиском.

**Закон Вант-Гоффа:** осмотичний тиск розведеного розчину прямо пропорційний тиску, який би здатен був виникнути за умови знаходження розчиненої речовини в газоподібному стані та займав би об'єм, що дорівнює об'єму розчину за однакової температури. Математичний вираз закону Вант-Гоффа має вигляд:

$$\pi = C_M RT , \quad 16.1$$

де  $\pi$  – осмотичний тиск,

$C_M$  – молярна концентрація розчину,

$R$  – універсальна газова стала, 8,31 кДж/(моль·К),

$T$  – температура, К.

*Насичений пар* – пар, що знаходиться в рівновазі з рідиною. Тиск насиченої пари підвищується з температурою. Рідина закипає, коли тиск насиченої пари дорівнює атмосферному тиску. Тиск насиченої пари розчину менший за тиск насиченої пари чистого розчинника.

**Перший закон Рауля.** Відносне зниження тиску насиченої пари розчинника над розчином дорівнює молярній частці розчиненої речовини:

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{n}{n + n_0}, \quad 16.2$$

де  $p_0$  – тиск насиченої пари над чистим розчинником;

$p$  – тиск насиченої пари над розчином;

$n$  – кількість розчиненої речовини;

$n_0$  – кількість розчинника.

Для розведених розчинів – значення  $n$  набагато менше значення  $n_0$ , а рівняння 16.2 має вигляд:

$$\frac{p_0 - p}{p} \approx \frac{n}{n_0}. \quad 16.3$$

Ураховуючи формули для розрахунку кількості речовини, рівняння 16.3 набуває вигляд:

$$\frac{p_0 - p}{p_0} \approx \frac{mM_0}{m_0M}. \quad 16.4$$

Температури кипіння та кристалізації розчинів залежать від тиску пари над розчинами. Температура кипіння розчину завжди вища, ніж температура кипіння чистого розчинника внаслідок зниження тиску насиченої пари.

Кристалізація речовини спостерігається, коли тиск її насиченої пари дорівнює тиску насиченої пари її твердої фази. Таким чином, температура кристалізації розчину нижча за температуру кристалізації чистого розчинника. Різницю між температурою кристалізації (кипіння) розчину та розчинника позначають  $\Delta t$ .

**Другий закон Рауля.** Зниження температури кристалізації (підвищення температури кипіння) розчину пропорційне молярній концентрації розчиненої речовини:

$$\begin{aligned} \Delta t_{кр} &= K \cdot C_m; \\ \Delta t_{кип} &= E \cdot C_m. \end{aligned} \quad 16.5$$

де  $\Delta t_{кр}$  – різниця між температурою кристалізації розчину та розчинника;

$\Delta t_{кип}$  – різниця між температурою кипіння розчину та розчинника;

$K$  – кріоскопічна стала;

$E$  – ебуліоскопічна стала;

$C_m$  – молярна концентрація розчину.

Або з врахуванням формули для розрахунку моляльної концентрації:

$$\Delta t = \frac{Kg1000}{MG};$$
$$\Delta t = \frac{Eg1000}{MG}, \quad 16.6$$

де  $g$  – маса розчиненої речовини, г;

$M$  – молярна маса розчиненої речовини;

$G$  – маса розчинника.

*Кріоскопічна стала ( $K$ )* – показує зниження температури кристалізації при моляльній концентрації розчиненої речовини 1 моль/кг.

*Ебуліоскопічна стала ( $K$ )* – показує підвищення температури кипіння при моляльній концентрації розчиненої речовини 1 моль/кг.

Кріоскопічні та ебуліоскопічні сталі залежать лише від хімічної природи розчинника та не залежать від природи розчиненої речовини.

*Кріоскопія* – вимірювання зниження температури початку кристалізації розчину порівняно з температурою кристалізації чистого розчинника.

*Ебуліоскопія* – вимірювання підвищення температури початку кипіння розчину порівняно з температурою кипіння чистого розчинника.

Для розчинів електролітів не виконуються закони Вант-Гоффа та Рауля – вони мають більший ніж розрахунковий осмотичний тиск, та більші зміни в температурах кристалізації та кипіння.

*Ізотонічний коефіцієнт ( $i$ )* – показує, в скільки разів значення отримані експериментальним шляхом відрізняються від тих самих параметрів, які отримані розрахунками за формулами.

$$i = \frac{\pi_{\text{експ.}}}{\pi_{\text{теор.}}} = \frac{\Delta t_{\text{експ.}}}{\Delta t_{\text{теор.}}}. \quad 16.7$$

Ізотонічний коефіцієнт показує, в скільки разів більше частинок знаходиться у розчині електролітів порівняно з розчином неелектролітів. Наприклад, якщо ізотонічний коефіцієнт дорівнює двом, то частинок у розчині електролітів удвічі більше ніж у розчині неелектролітів.

### Задачі з теми «Розчини неелектролітів»

1. Розрахувати молекулярну масу речовини, якщо 200 мл розчину, який містить 4,60 г речовини, при 298°К має тиск 618 кПа.

2. Скільки молів неелектроліту повинен містити 1 л розчину, щоб його осмотичний тиск при температурі 25 °С дорівнював 2,47 кПа?

3. При якій температурі буде кристалізуватися 40 % розчин етанолу  $C_2H_5OH$ , якщо кріоскопічна стала води дорівнює 1,86?

4. При якій температурі закипить 50 % розчин глюкози  $C_6H_{12}O_6$ , якщо ебуліоскопічна стала води дорівнює 0,52?

5. При 25 °С осмотичний тиск деякого водного розчину неелектроліту становить 1,4 кПа. Знайти осмотичний тиск розчину при 0 °С.

6. Розрахувати температуру кипіння розчину, що містить 100 г сахарози  $C_{12}H_{22}O_{11}$  у 800 г води.

7. При 25 °С осмотичний тиск розчину, що містить 5,6 г високомолекулярної сполуки в 400 мл розчину, дорівнює 0,70 кПа. Знайти молекулярну масу розчиненої речовини.

8. При розчиненні 10 г неелектроліту в 400 мл води температура кристалізації розчину знизилася на 1,45 °С. Знайти молекулярну масу розчиненої речовини, якщо кріоскопічна стала води дорівнює 1,86.

9. Знайти осмотичний тиск розчину при 0 °С, якщо при температурі 25 °С осмотичний тиск цього водного розчину неелектроліту становить 1,24 кПа..

10. В 1 мл розчину міститься 1015 молекул розчиненої речовини. Обчислити осмотичний тиск розчину при 20 °С. У якому об'ємі розчину міститься 1 моль розчиненої речовини?

11. Розрахувати температуру кипіння розчину, що містить 100 г сахарози  $C_{12}H_{22}O_{11}$  в 750 г води. Ебуліоскопічна стала води дорівнює 0,52.

### Тести з теми «Розчини неелектролітів»

#### 1. Указати назву речовини, яка належить до неелектролітів:

- а) натрій карбонат;      б) калій хлорид;  
в) ферум(III) хлорид;      г) гліцерол.

#### 2. Укажіть, які типи хімічних зв'язків є в речовинах, що належать до електролітів:

- а) неполярні ковалентні й полярні ковалентні;  
б) лише полярні ковалентні;  
в) йонні й полярні ковалентні;  
г) лише йонні.

#### 3. Математичний вираз першого закону Рауля має вигляд:

- а)  $\frac{p_0 - p}{p} = \frac{n}{n + n_0}$ ;      б)  $\Delta T = k C_m$ ;  
в)  $\pi = R \Delta T C_m$ ;      г)  $\pi = C_m R T$ ?

#### 4. Температура замерзання розчину порівняно до розчинника:

- а) температура однакова;  
б) менше температури замерзання розчинника;  
в) температура замерзання може бути різною;  
г) більше температури замерзання розчинника?

#### 5. Математичний вираз закону Вант-Гоффа для осмотичного тиску записується:

- а)  $\pi = C_m R T$ ;      б)  $\Delta T = E C_m$ ;  
в)  $\pi = R \Delta T C_m$ ;      г)  $\frac{p_0 - p}{p} = \frac{n}{n + n_0}$ .

**6. Температура кипіння розчину по відношенню до розчинника:**

- а) більше температури кипіння розчинника;
- б) менше температури кипіння розчинника;
- в) температура однакова;
- г) температура кипіння може бути різною.

**7. Осмос – це . . .**

- а) переміщення частинок розчиненої речовини у напрямі більшої концентрації;
- б) змішування двох розчинів з різною концентрацією розчиненої речовини;
- в) дифузія розчиненої речовини крізь напівпроникну мембрану;
- г) дифузія розчинника крізь напівпроникну мембрану.

**8. Математичний вираз другого закону Рауля для ебуліоскопії має**

**вигляд:**

- а)  $\frac{p_0 - p}{p} = \frac{n}{n + n_0}$ ;      б)  $\Delta T = E C_m$ ;
- в)  $\pi = R \Delta T C_m$ ;      г)  $\pi = C_M R T$ ?

**9. Підвищення температури кипіння розчину прямо пропорційно:**

- а) молярній концентрації розчиненої речовини;
- б) масовій частці розчиненої речовини;
- в) мольній частці розчиненої речовини;
- г) молярній концентрації розчиненої речовини?

**Питання до теми «Розчини неелектролітів»**

1. Дайте визначення осмосу. Відмінності осмосу від дифузії.
2. Дайте визначення осмотичного тиску. Закон Вант-Гоффа.
3. Розведені розчини неелектролітів. Перший закон Рауля.
4. Кріоскопія. Ебуліоскопія. Другий закон Рауля.
5. Можливість використання законів Рауля для розрахунку молярної маси неелектролітів.
6. Для яких розчинів використовують ізотонічний коефіцієнт.
7. Чому розчини електролітів відхиляються від законів Вант-Гоффа і Рауля?

## Тема 17. ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА. АДСОРБЦІЯ

Для гетерогенних систем, тобто таких, які складаються з двох або більшої кількості однорідних за складом і властивостями частин (фаз), важливим є *поверхня розподілу* – поверхня дотику фаз, одна з яких, принаймні, є рідкою або твердою. При переході через поверхню розділу з однієї фази в іншу спостерігається різка зміна фізичних і хімічних властивостей.

Розглянемо адсорбцію, що відбувається на межі розподілу повітря (газ) – рідина. На поверхні розподілу фаз поверхневий шар молекул (атомів або іонів) знаходиться під дією *адгезійних* (взаємодія поверхневих молекул різних фаз) і *когезійних* (взаємодія поверхневих молекул з внутрішніми молекулами фази) сил, які мають різні значення. Незкомпенсованість такої взаємодії є причиною існування поверхневої енергії, а також цілої низки поверхневих явищ, серед яких слід виділити такі, як: поверхневий натяг, капілярні явища, змочування, адсорбція. *Поверхнева енергія* – енергія, яка потрібна для виконання роботи зі збільшення площі поверхні на одиницю.

*Поверхневий натяг* ( $\delta$ ) – робота щодо створення одиниці площі поверхні розділу фаз ( $S$ ) у певній гетерогенній системі, яка має напрям проти сил когезійної міжмолекулярної взаємодії. Поверхневий натяг пов'язаний з прагненням рідини скоротити площу своєї поверхні при незмінному об'ємі. Абсолютне значення поверхневого натягу дорівнює різниці енергій взаємодії поверхневих молекул з молекулами дотичних фаз.

Поверхневий натяг залежить від температури, природи контактуючих фаз, концентрації розчинених речовин:

1. З підвищенням температури поверхневий натяг на межі рідина-повітря (газ) знижується.

2. Поверхневий натяг залежить від полярності рідини – чим вище полярність рідини, тим вищий поверхневий натяг, що пов'язано зі збільшенням сили взаємодії між молекулами рідини.

3. Поверхневий натяг розчинів відрізняється від поверхневого натягу відповідного розчинника.

Робота утворення нової поверхні витрачається на подолання сил когезії під час переходу молекул речовини з об'єму розчину у поверхневий шар. *Надлишкова вільна енергія поверхні* дорівнює добутку поверхневого натягу на площу поверхні:

$$\Delta G^s = \delta \cdot S . \quad 17.1$$

Для гетерогенних систем типу рідина-газ поверхневий шар може бути утворений як частинками однієї речовини, так і молекулами різних речовин. Перший випадок спостерігається для рідких фаз, що складаються з індивідуальної речовини, другий – для розчинів, до складу яких входять, щонайменше, два компоненти: розчинена речовина і розчинник. Наявність у поверхневому шарі різних частинок призводить до:

1) зміни поверхневого натягу у порівнянні з індивідуальною речовиною;  
2) самовільного переміщення розчиненої речовини (молекул або йонів) з об'єму фази на поверхню (або навпаки). Унаслідок чого відбувається збільшення (або зменшення) концентрації розчиненої речовини у поверхневому шарі у порівнянні з об'ємом розчину.

*Адсорбція* – зміна концентрації речовини у поверхневому шарі у порівнянні з її концентрацією всередині фази. Процес адсорбції є результатом різної міжмолекулярної взаємодії молекул розчинника між собою з одного боку та молекул розчиненої речовини з молекулами розчинника, з іншого боку. Внаслідок цього виникає різна «втягуюча» сила, яка діє на молекули поверхневого шару, що і призводить до зміни співвідношення компонентів розчину у поверхневому шарі порівняно з об'ємом рідкої фази.

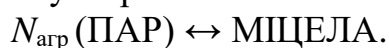
*Позитивна адсорбція* – процес самочинного переміщення речовини на поверхню розділу з об'єму фази, наслідком чого є збільшення концентрації речовини на поверхні у порівнянні з її концентрацією всередині фази. Речовини, які адсорбуються позитивно мають назву *поверхнево-активні речовини* (ПАР). ПАР знижують поверхневий натяг рідини. Молекули ПАР складаються з двох частин: полярної та неполярної і називаються *дифільними* молекулами. До неполярної (гідрофобної) частини входять вуглеводневі радикали, тоді як до складу полярної (гідрофільної) частини можуть входити полярні групи: –ОН, –СООН, –NH<sub>2</sub>, –SO<sub>3</sub>H, –Cl та ін. Через таку будову ПАР здатні розчинятись як у неполярних органічних розчинниках, так і в полярних розчинниках, наприклад воді. За будовою молекули ПАР поділяються на: іоногенні – аніонні ПАР (АПАР), катіонні ПАР (КПАР) та неіоногенні (НПАР).

АПАР містять у складі молекули полярні групи, які дисоціюють у водних розчинах з утворенням негативно заряджених іонів з довгим гідрофобним ланцюгом. Адсорбція АПАР надає поверхні негативно заряду.

КПАР дисоціюють у водному розчині з утворенням позитивно зарядженого поверхнево-активного іону з довгим гідрофобним ланцюгом. При адсорбції на поверхні КПАР надають їй позитивного заряду. До КПАР відносяться похідні нітрогеновмісних сполук, наприклад, похідні піридину, хіноліну, фталазіну, бензімідазолу, бензотіазолу та ін.

НПАР – це поверхнево-активні речовини, молекули яких у водних розчинах не здатні до дисоціації на іони. Молекули таких речовин теж мають дифільну природу. Вони складаються з вуглеводневого ланцюга з гідрофільними етерними та гідроксильними групами, які зумовлюють підвищення розчинності таких речовин у воді.

ПАР здатні при певній концентрації об'єднуватися в агрегати, що мають назву *міцели*. Концентрація ПАР після якої відбувається утворення міцел має назву критична концентрація міцелоутворення (*ККМ*). Виникнення міцел в розчинах можна розглядати і як створення нової фази (так званої мікрофази, або псевдофази), і як комплексоутворення:



*Число агрегації* ( $N_{\text{агр}}$ ) – кількість мономерів ПАР, що об'єднані у міцелу. Для міцел, що утворюються поблизу ККМ,  $N_{\text{агр}}$  зазвичай становить від 20–30 до 100–200, але іноді досягає декількох тисяч. Подовження вуглеводневих радикалів іонних ПАР сприяє зростанню значень  $N_{\text{агр}}$ , оскільки таким шляхом досягається екранування гідрофобної частини від води.

Правило *Дюкло-Траубе*: в межах будь-якого гомологічного ряду при малих концентраціях збільшення вуглеводневого радикалу на кожен  $\text{CH}_2$ -групу збільшує поверхневий натяг в 3–3,5 рази.

*Негативна адсорбція* – зменшення концентрації розчиненої речовини в поверхневому шарі у порівнянні з її концентрацією всередині фази. Поверхневий натяг збільшується. *Поверхнево-інактивні речовини* – речовини, які збільшують поверхневий натяг (*ПІР*). До ПІР належать усі неорганічні електроліти: розчинні солі, кислоти, основи (луги).

Зв'язок між величинами адсорбції і поверхневого натягу характеризується адсорбційним рівнянням Гіббса:

$$\Gamma = - \frac{c}{RT} \cdot \frac{d\delta}{dc} . \quad 17.2$$

Адсорбція речовини на межі розподілу рідина–тверда поверхня має свої особливості. *Адсорбтив* – речовина, що адсорбується. *Адсорбент* – поверхня, на якій відбувається адсорбція.

*Адсорбція на твердій поверхні* ( $\Gamma$ ) – надлишкова кількість речовини на одиниці площі поверхні порівняно з її кількістю в одиниці об'єму фази.

$$\Gamma = \frac{n}{S} , \quad 17.3$$

де  $\Gamma$  – адсорбція;

$n$  – кількість речовини;

$S$  – площа поверхні розподілу.

У разі неможливості визначити площу поверхні розподілу використовують масу адсорбенту. Тоді рівняння (17.3) має вигляд:

$$\Gamma = \frac{n}{m} , \quad 17.4$$

де  $m$  – маса адсорбенту.

За типом частинок адсорбтиву розрізняють: молекулярну та іонну адсорбцію. За типом розташування молекул адсорбтиву на поверхні розподілу фаз розрізняють: *мономолекулярну адсорбцію* – у разі утворення одного молекулярного шару речовини на поверхні та *полімолекулярну адсорбцію* – у разі, коли структура адсорбату включає декілька шарів молекул.

За характером взаємодії частинок адсорбтиву з поверхнею адсорбенту розрізняють *фізичну* і *хімічну (хемосорбцію)* адсорбцію. Фізична адсорбція має обернений характер: прямий процес адсорбції супроводжується

зворотним процесом *десорбції*. Для фізичної адсорбції існує стан рівноваги, який досягається за певної концентрації речовини в розчині, яку називають рівноважною концентрацією. Значення адсорбції ( $\Gamma$ ), що дорівнює кількості адсорбтиву на одиниці площі поверхні або маси адсорбенту, залежить від рівноважної концентрації. *Ізотерма адсорбції* – залежність адсорбції від концентрації при постійному значенні температури ( $\Gamma = f(c)$ ). Для математичного опису ізотерми адсорбції пропонуються різні рівняння, серед яких можна виділити емпіричне рівняння Фрейндліха:

$$\Gamma = \beta \cdot c^{\frac{1}{n}}, \quad 17.5$$

де  $\beta$  і  $n$  – сталі величини для цього процесу адсорбції;  
 $c$  – рівноважна концентрація розчиненої речовини.

Більш точним рівнянням ізотерми адсорбції, отриманим на основі положень теорії мономолекулярної адсорбції, є рівняння Ленгмюра:

$$\Gamma = \Gamma_{\max} \frac{K \cdot c}{1 + Kc}, \quad 17.6$$

де  $\Gamma_{\max}$  – максимально можливе значення мономолекулярної адсорбції.

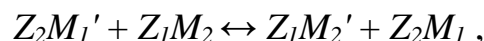
При адсорбції з розчинів на поверхні адсорбенту може відбуватися конкурентна адсорбція молекул як розчиненої речовини (РР), так і розчинника (Р). Інтенсивність адсорбції залежить від взаємодії кожного компонента розчину з поверхнею (П) твердої речовини:  $R \leftrightarrow P$  і  $RR \leftrightarrow P$ : полярна поверхня інтенсивніше взаємодіє з полярними молекулами або полярними частинами дифільних молекул, а неполярна – з неполярними молекулами або такими ж частинами дифільних молекул. Для адсорбції розчиненої речовини підбирають такий адсорбент, на якому взаємодія  $RR \leftrightarrow P$  переважає взаємодію  $R \leftrightarrow P$ . Така взаємодія спостерігається у тому випадку, коли полярність розчинника і адсорбенту значно відрізняються. Адсорбція відбувається краще, якщо після концентрації речовини на поверхні зменшується різниця в полярностях адсорбенту і розчинника, наприклад, при адсорбції дифільних молекул – при орієнтації на поверхні полярні частини направлені до полярної фази, а неполярні частини – до неполярної фази, внаслідок чого збільшується полярність неполярного і зменшується полярність полярного адсорбентів. Таким чином, адсорбція з полярного розчинника краще відбувається на неполярному адсорбенті, а для адсорбції з неполярного розчинника доцільніше взяти адсорбент з полярною поверхнею. Наприклад, для адсорбції з водних розчинів беруть активоване вугілля (неполярна поверхня), а не глину (полярна поверхня), в той час як у неполярних розчинників адсорбція краще відбувається на глині.

*Іонна адсорбція* – процес збільшення концентрації іонів на поверхні розподілу внаслідок їх переміщення з об'єму фази (розчину). Адсорбція іонів краще відбувається на поверхностях полярних речовин або іонних кристалів і

супроводжується утворенням *подвійного електричного шару* (ПЕШ), який складається з двох шарів протилежно заряджених йонів. Іони електроліту мають різну здатність адсорбуватись на поверхні твердого тіла, тому іонна адсорбція, як правило, відбувається як специфічний процес, коли вибірково адсорбується тільки один тип іонів: катіони чи аніони. Іони, що адсорбуються, – *потенціал-визначальні іони*. Після адсорбції таких іонів поверхня отримує певний заряд: катіони заряджають поверхню позитивно, аніони – негативно. З присутніх у розчині іонів потенціалвизначальними будуть ті, які найсильніше взаємодіють з поверхнею: наприклад, якщо при їх адсорбції з розчину утворюються нерозчинні поверхневі сполуки, чи відбувається добудова кристалічної ґратки за умови, що такі іони є в складі кристалу або вони ізоморфні. Поверхня, заряджена потенціалвизначальними іонами, притягує з розчину іони протилежного заряду (протиіони) з утворенням шару *компенсаційних іонів*. Наприклад, у гетерогенній системі типу Р/Т, де Т – кристали AgI, а Р – розчин, у якому знаходяться йони K<sup>+</sup>, I<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, спочатку адсорбуються йодид-іони, таму що ті, що входять до складу кристала – відбувається добудова кристала. Іони I<sup>-</sup> є потенціалвизначальними для поверхні AgI і створюють на ній шар негативного заряду. До такої зарядженої поверхні притягуються катіони K<sup>+</sup>, утворюючи шар протиіонів, серед яких можна виділити іони, що досить міцно зв'язані з поверхнею (адсорбційні протиіони) та іони, що повністю компенсують заряд поверхні, але знаходяться в об'ємі фази на певній відстані від поверхні – *дифузні протиіони*.

*Обмінна адсорбція* – процес обміну іонів між розчином і твердою фазою, при якому тверда фаза поглинає з розчину іони будь-якого знака (катіони або аніони) і замість них виділяє в розчин еквівалентну кількість інших іонів того ж знаку. *Іонообмінники (іоніти)* – сорбенти, що здатні до обміну іонітами. *Катіоніти* – іоніти, що обмінюються з розчином катіонами. *Аніоніти* – іоніти, що обмінюються з розчином аніонами. *Амфотерні іоніти* здатні обмінюватися як катіонами, так і аніонами.

Для процесу іонного обміну характерним є стан рівноваги, що характеризується константою рівноваги (*K*). *Іонообмінна рівновага* – рівновага, що встановлюється між іонами, що знаходяться в іоніті та в розчині електроліту. Іоннообмінну реакцію можна представити у вигляді



де  $Z_2, Z_1$  – заряди іонів, що обмінюються.

Константа рівноваги цієї реакції – *константа іонного обміну*:

$$K = \frac{c_2'^{Z_1} c_1^{Z_2}}{c_1'^{Z_2} c_2^{Z_1}} \quad 17.7$$

де усі показники з рисочкою належать до іоніту, а без рисочки – до розчину. Возведемо ліву та праву частину рівняння в ступінь  $\frac{1}{z_1 z_2}$ :

$$K' = K^{\frac{1}{z_1 z_2}} = \frac{c_2^{1/z_2} c_1^{1/z_1}}{c_1^{1/z_1} c_2^{1/z_2}}. \quad 17.8$$

Рівняння (17.8) має назву рівняння Нікольського.  $K'$  характеризує відносну спорідненість іонів до іоніту, тобто селективність іоніту.

Якщо заряди іонів однакові, то в рівнянні (17.8)  $K'$  має значення коефіцієнта розподілу. Селективність іоніту залежить від багатьох факторів. Сітка матриці іоніту пручається набуханням. Це призводить до того, що іоніт краще поглинає менше гідратований іон – для катіонітів складено ліотропні ряди сорбування. Наприклад, однозарядні катіони мають такий ліотропний ряд сорбування:



Якщо іони мають різні заряди, то діє *правило електроселективності*, відповідно до якого з розбавлених розчинів іоніт поглинає протиіони з меншим зарядом. Селективність поглинання іоніту залежить і від активності іона в розчині – чим менше їх активність, тим гірше вони сорбуються. Вирішальний вплив на селективність іонного обміну має специфічна (хімічна) спорідненість протиіону до іоніту: чим більш міцну пару утворює іон, що обмінюється з протилежно зарядженою частинкою на матриці, унаслідок високої хімічної спорідненості, тим більше селективний іоніт до певного іона.

### Задачі з теми «Поверхневі явища. Адсорбція»

1. За  $T=295\text{ K}$  поверхневий натяг води дорівнює  $72,2 \cdot 10^{-3}\text{ Н/м}$ , а поверхневий натяг розчину натрію олеату з концентрацією  $0,1\text{ моль/л}$  дорівнює  $62,0 \cdot 10^{-3}\text{ Н/м}$ . Визначити величину адсорбції мила на поверхні розчину.

2. Яке значення поверхневої активності  $(-\frac{d\delta}{dC})$  кислот, якщо поверхневий натяг їх водних розчинів з концентрацією  $0,12\text{ моль/л}$  дорівнює: форміатної (мурашиної) кислоти –  $73 \cdot 10^{-3}\text{ Н/м}$ ; ацетатної кислоти –  $71 \cdot 10^{-3}\text{ Н/м}$ , пропанової кислоти –  $66,2 \cdot 10^{-3}\text{ Н/м}$ ? Оцінити відповідність правилу Дюкло-Траубе залежності зміни поверхневої активності кислот від кількості  $\text{СН}_2$ -груп в їх вуглеводневих радикалах.

3. На поверхню води нанесли  $0,0061\text{ г}$  олеїнової кислоти, розчиненої в бензолі. Після випаровування бензолу кислота рівномірно розподілилася у вигляді насиченого мономолекулярного шару на поверхні води площею  $3610\text{ см}^2$ . Визначити площу поперечного перерізу молекули олеїнової кислоти ( $\text{см}^2$ ).

4.  $25,0\text{ мл}$  розчину  $\text{СН}_3\text{СООН}$  з концентрацією  $0,198\text{ моль/л}$  змішали з  $3\text{ г}$  активованого вугілля. Після досягнення в системі стану рівноваги фільтруванням провели розділення фаз. На титрування  $5,0\text{ мл}$  фільтрату

витрачено 11,2 мл розчину NaOH з концентрацією 0,05 моль/л. Визначити величину адсорбції кислоти на поверхні вугілля.

5. Яка маса ацетатної кислоти (г) адсорбувалась на поверхні активованого вугілля масою 1 кг, якщо рівноважна концентрація  $\text{CH}_3\text{COOH}$  у розчині дорівнює 0,062 моль/л, а константи  $\beta$  і  $1/n$  у рівнянні Фрейндліха становлять 2,79 і 0,44 відповідно.

6. Розрахувати шість значень величини адсорбції та побудувати ізотерму адсорбції вуглекислого газу активованим вугіллям у межах таких рівноважних тисків газу:  $10 \cdot 10^{-2}$  –  $400 \cdot 10^{-3}$ , якщо константи рівняння Ленгмюра мають значення:  $\Gamma_{\text{max}} = 182 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг}$ , а  $K = 1,0 \cdot 10^{-3}$ .

7. Розрахувати крайовий кут змочування та роботу адгезії в системі вода-графіт за  $T=298 \text{ K}$ , якщо відомо, що поверхневий натяг становить  $72 \text{ мДж} \cdot \text{м}^{-2}$ , а коефіцієнт розтікання води на графіті дорівнює –  $71,96 \text{ мДж} \cdot \text{м}^{-2}$ .

8. Унаслідок адсорбції ацетатної кислоти зі 100 мл розчину з концентрацією 0,1 М активованим вугіллям ( $m = 2 \text{ г}$ ) концентрація кислоти у розчині зменшилась до 0,04 М. Визначити величину адсорбції (ммоль/г)?

9. Розрахувати значення адсорбції (в кмоль/м<sup>2</sup>) ізовалеріанової кислоти з концентрацією  $C = 0,0312 \text{ кмоль/м}^2$  у водному розчині, якщо поверхневий натяг розчину дорівнює  $58,2 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ , а  $\sigma_{\text{H}_2\text{O}} = 73,05 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ .

10. Визначити рівноважну концентрацію оцтової кислоти в розчині, якщо її адсорбція на поверхні вугілля дорівнює  $0,012 \text{ кмоль/м}^2$ , а константи рівноваги в рівнянні Фрейндліха ( $k$  та  $n$ ) дорівнюють 0,25 і 3,1 відповідно.

11. У скільки разів гептиловий спирт має більшу поверхневу активність порівняно з метанолом?

12. Розрахувати адсорбцію масляної кислоти на поверхні її водного розчину при  $293 \text{ K}$ , якщо при концентрації кислоти  $0,021 \text{ кмоль/м}^3$  поверхневий натяг розчину дорівнює  $68,12 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ , поверхневий натяг води –  $74,05 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ .

13. Розрахувати масу оцтової кислоти, що адсорбує 1 г вугілля, якщо рівноважна концентрація кислоти у розчині дорівнює 0,062 моль/л, а константи у рівнянні Фрейндліха дорівнюють –  $k = 2,79$ ,  $1/n = 0,44$ .

14. У скільки разів валеріанова кислота має більшу поверхневу активність порівняно з мурашиною кислотою?

15. Розрахувати, яку рівноважну концентрацію повинен мати розчин оцтової кислоти для того, щоб 1 г активованого вугілля адсорбував 3,76 ммоль кислоти. Для визначення концентрацій використати ізотерму Фрейндліха зі значенням констант  $k=2,82$ ,  $n=2,44$ .

## Тести з теми «Поверхневі явища. Адсорбція»

**1. Кількість речовини, що дифундує за одиницю часу має назву:**

- а) швидкість дифузії;
- б) швидкість адсорбції;
- в) швидкість десорбції;
- г) швидкість каталізу?

**2. Адсорбція розчиненої речовини з розчинів неелектролітів, а також з розчинів слабких електролітів у вигляді молекул має назву:**

- а) адсорбція молекулярна;
- б) адсорбція каталітична;
- в) адсорбція іонна;
- г) адсорбція негативна?

**3. Адсорбція, при якій концентрація речовини у поверхневому шарі менша ніж всередині фази має назву:**

- а) адсорбція молекулярна;
- б) адсорбція іонна;
- в) адсорбція негативна;
- г) адсорбція позитивна?

**4. Адсорбція, при якій речовини на поверхні адсорбенту утримуються за рахунок хімічних сил має назву:**

- а) адсорбція молекулярна;
- б) адсорбція хімічна;
- в) адсорбція негативна;
- г) адсорбція позитивна?

**5. Рівняння, що виражає залежність між адсорбцією та зміною поверхневого натягу розчину з концентрацією має назву:**

- а) рівняння адсорбції Гібса;
- б) рівняння адсорбції Ленгмюра;
- в) рівняння адсорбції Фрейндліха;
- г) рівняння капілярної адсорбції?

**6. Рівняння ізотерми адсорбції, що виражає залежність адсорбції речовини на твердій поверхні від концентрації адсорбтива при постійній температурі має назву:**

- а) рівняння адсорбції Гібса;
- б) рівняння адсорбції Ленгмюра;
- в) рівняння адсорбції Фрейндліха;
- г) рівняння капілярної адсорбції?

**7. Найменший поверхневий натяг в атмосфері повітря для 0,01 моль/л розчину . . . спирту буде спостерігатися:**

- а) метанолу ( $\text{CH}_3\text{OH}$ );
- б) етанолу ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ );
- в) пропанолу ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ );
- г) бутанолу ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ )?

**8. Катіонообмінні властивості ґрунту пояснюються...зарядом поверхні ґрунтових частинок:**

- а) негативним;
- б) позитивним;
- в) нульовим;
- г) змінним?

**9. Найменший поверхневий натяг в атмосфері повітря для розчину . . . кислоти буде спостерігатися:**

- а) мурашиної;
- б) оцтової;
- в) пропіонової;
- г) масляної?

#### **Питання до теми «Поверхневі явища. Адсорбція»**

1. Дайте визначення поверхневої енергії.
2. Що таке поверхневий натяг?
3. Назвіть особливості адсорбції розчинених речовин на поверхні рідина/газ.
4. Наведіть рівняння Гіббса.
5. Які речовини називають поверхнево-активними (ПАР). Класифікація ПАР. Правило Дюкло-Траубе.
6. Дайте визначення критичної концентрації міцелоутворення (ККМ).
7. Назвіть фактори, що впливають на значення ККМ.
8. Наведіть основні принципи будови міцел ПАР. Миюча дія ПАР.
9. Назвіть особливості адсорбції розчинених речовин на поверхні тверда поверхня/рідина.
10. Що таке адсорбційна рівновага?
11. Ізотерма адсорбції. Рівняння Фрейндліха.
12. Що таке обмінна адсорбція і які її основні закономірності?



Нумерація починається з того кінця ланцюга, до якого ближче знаходиться розгалуження. Якщо ця умова однаково виконується для обох кінців, то розглядається положення наступного радикала. Наприклад (рис. 2), порівняємо два можливих способи нумерації:



Рис. 2

Правильно виконано нумерацію у варіанті (б). У цьому випадку біля другого атома Карбону знаходиться два радикали, тоді як у варіанті (а) – один.

3. Даємо остаточну назву вуглеводню.

У назві сполуки цифрою вказують номер атома Карбону, при якому знаходиться радикал-замісник, потім вказують назву радикала і назву головного ланцюга. Якщо радикали повторюються, то перераховують цифри, що вказують їх положення, а число однакових радикалів вказують приставками ди-, три-, тетра-. Якщо радикали неоднакові, то їх назви перераховуються в алфавітному порядку. Наприклад (рис. 2), взявши до уваги той факт, що ланцюг з шести послідовно зв'язаних один з одним атомів Карбону (“нормальний” ланцюг), відповідає гексану, а з ним зв'язані чотири радикали з одним атомом Карбону (метил) і один радикал з двома карбоновими атомами (етил), назва насиченого вуглеводню буде така:

3-етил-2,2,3,5-тетраметилгексан.

*Ізомери* – речовини, що мають однаковий склад і одну і ту ж молекулярну формулу і масу, але різну хімічну будову. Ізомери мають різні фізичні, а іноді і різні хімічні властивості.

Для алканів притаманна *структурна ізомерія* – ізомерія карбонового скелета. Структурні ізомери мають різні фізичні властивості.

### **Хімічні властивості**

Алкани мають низьку хімічну активність, це пояснюється тим, що зв'язки С-Н і С-С мають низьку поляризованість та доволі міцні і їх складно зруйнувати.

1. Галогенування.

Галогенування алканів відбувається за радикальним механізмом. Для ініціювання реакції необхідно суміш алкану і галогену опромінити УФ-світлом або нагріти. Хлорування алканів приводить до отримання суміші продуктів заміщення Гідрогену у різних атомів Карбону. Співвідношення

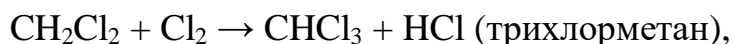
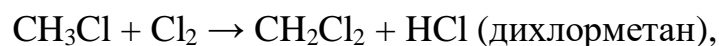
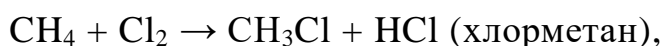
продуктів хлорування залежить від температури. Швидкість хлорування первинних, вторинних і третинних атомів залежить від температури – при низькій температурі швидкість зменшується від третинного до первинного. При підвищенні температури різниця між швидкостями зменшується до тих пір, поки не стає однаковою.

Під дією світла молекула хлору розпадається на радикали, які атакують молекули алкану, забираючи атом Гідрогену, внаслідок цього утворюються метильні радикали  $\cdot\text{CH}_3$ , які в свою чергу атакують та руйнують молекули хлору з утворенням нових радикалів. Такий механізм реакції має назву *ланцюгова реакція*.

Бромовання алканів відрізняється від хлорування вищою стереоселективністю внаслідок більшої різниці в швидкостях бромовання третинних, вторинних і первинних атомів Карбону при низьких температурах. Взаємодія алканів з йодом не відбувається. З фтором реакція може відбуватись з вибухом, у таких випадках галоген змішують з азотом або відповідним розчинником.

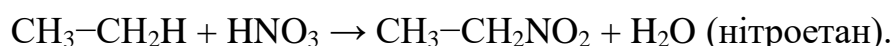
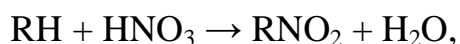
*Первинний атом Карбону* – атом Карбону, що з'єднаний безпосередньо з одним атомом Карбону. *Вторинний атом Карбону* – атом Карбону, що з'єднаний безпосередньо з двома атомами Карбону. *Третинний атом Карбону* – атом Карбону, що з'єднаний безпосередньо з трьома атомами Карбону. *Четвертинний атом Карбону* – атом Карбону, що з'єднаний безпосередньо з чотирма атомами Карбону.

У першу чергу заміщення відбувається при атомі Карбону, що містить найменшу кількість атомів Гідрогену, тобто спочатку заміщується Гідроген біля третинного атома Карбону, потім – при вторинному атомі. Первинні атоми Карбону галогенуються в останню чергу. Галогенування алканів відбувається за стадіями – за одну стадію заміщується не більше одного атома Гідрогену.



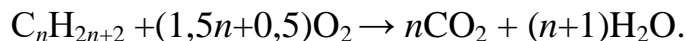
## 2. Нітрування алканів (реакція Коновалова).

Алкани реагують з 10 % розчином нітратної кислоти при температурі 140 °С і невеликому тиску з утворенням відповідних нітропохідних.

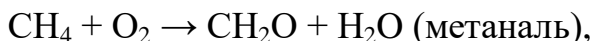
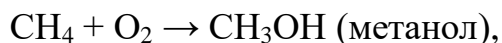


## 1. Реакції окиснення.

У загальному вигляді реакція горіння алканів має вигляд:

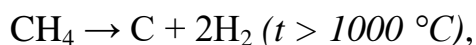


При каталітичному окисненні можливе утворення спиртів, альдегідів, карбонових кислот. Наприклад, для метану:



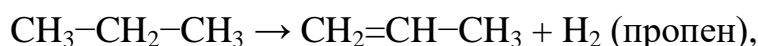
## 2. Крекінг (розклад алканів).

Реакції розкладу відбуваються лише під впливом високих температур. Підвищення температури призводить до розриву зв'язку C–C та утворення складної суміші продуктів, склад і співвідношення яких залежать від температури і часу реакції:



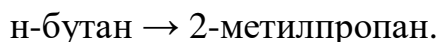
## 3. Дегідрування – реакція відщеплення атомів Гідрогену.

Реакція відбувається при температурі 400–600 °C в присутності Pt, Ni, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> як каталізатора:



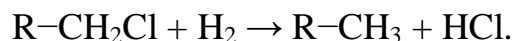
## 4. Ізомеризація.

Реакція ізомеризації призводить до утворення розгалужених алканів. Як каталізатор використовують AlCl<sub>3</sub>. Наприклад:

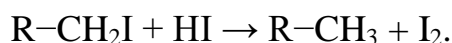


## *Методи отримання*

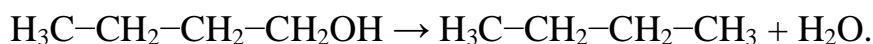
### 1. Відновлення галогенпохідних алканів у присутності Pd:



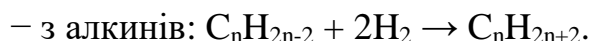
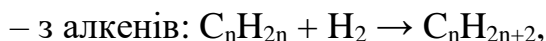
Відновлення йодалканів відбувається при нагріванні з йодоводневою кислотою:



2. Відновлення спиртів відбувається в присутності  $LiAlH_4$ :



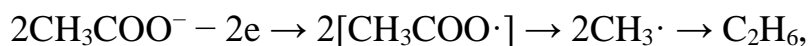
3. Гідрування – реакція приєднання атомів Гідрогену до ненасичених вуглеводнів:



4. Синтез Кольбе.

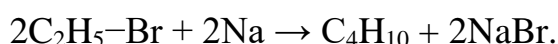
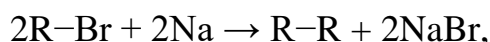
Під час електролізу солей карбонових кислот, аніон кислоти  $-RCOO-$  на аноді віддає електрон та перетворюється в нестійкий радикал  $RCOO\cdot$ , який відразу декарбоксилюється. Радикали  $R\cdot$  об'єднуються з утворенням  $R-R$ .

Наприклад:



5. Синтез Вюрца.

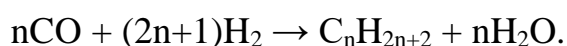
Реакція взаємодії галогенопохідних вуглеводнів з натрієм.



При використанні галогенопохідних різних алканів утворюється суміш насичених вуглеводнів: при взаємодії  $R$  і  $R'$  можливе утворення суміші продуктів ( $R-R$ ,  $R'-R'$ ,  $R-R'$ ).

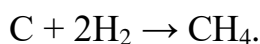
6. Синтез Фішера – Тропша.

Взаємодія між чадним газом та воднем у присутності каталізаторів:  $Co$ ,  $MgO$ ,  $ThO_2$ ,  $SiO_2$ .

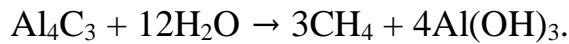


Метан добувають взаємодією:

1. Водню та графіту у присутності нікелевого каталізатора:



2. Алюміній карбід з водою:



3. Нагріванням суміші натрій ацетату з натрій гідроксидом (реакція Дюма):



### 18.1. Циклоалкани

*Циклоалкани* – насичені вуглеводні, що мають замкнений ланцюг атомів Карбону та загальну формулу  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .

За розмірами циклу поділяють на малі (циклопропан, циклобутан), середні (циклопентан, циклогексан, циклогептан) та великі ( $n > 7$ ).

#### *Класифікація циклоалканів*

- за кількістю атомів Карбону в циклі;
- за числом циклів у молекулі;
- за способом з'єднання циклів, якщо їх у молекулі декілька.

#### *Номенклатура циклоалканів*

Номенклатура циклоалканів з одним циклом є аналогічною до номенклатури лінійних алканів з відповідною кількістю атомів Карбону. До назви основного ланцюга додається префікс *цикло-* (циклопропан, циклогексан тощо). Циклоалкани з  $n > 20$  мають назву циклопарафіни.

#### *Для номенклатури циклоалканів, що мають замісники*

1. Визначають кількість атомів Карбону у кільці та найбільшому заміснику. Якщо кількість атомів Карбону в кільці є більшою чи рівною кількості атомів Карбону найбільшого замісника, сполука отримує назву від циклоалкану з алкільним замісником. Якщо ж кількість атомів Карбону в найбільшому заміснику є більшою від кількості атомів Карбону в циклі, сполука отримує назву від алкану заміщеного циклоалкільним замісником.

2. Для циклоалканів з алкільним замісником нумерація атомів Карбону в кільці починається від місця приєднання замісника таким чином, щоб сума номерів атомів Карбону була мінімальною.

3. Якщо в молекулі присутні два або більше алкільних замісника, нумерацію проводять в алфавітному порядку.

#### *Ізомерія циклоалканів*

1. Структурна ізомерія:
  - ізомерія розміру циклу (циклопентан, метилциклобутан, етилциклопропан);
  - ізомерія положення замісників (1,1– диметилциклопентан, 1,2 – диметилциклопентан, 1,3 – диметилциклопентан);

– ізомерія кількості атомів Карбону в бічних замісниках (н-пропилциклобутан, ізопропилциклобутан).

2. Міжкласова ізомерія (циклобутан, бут-1-ен, бут-2-ен).

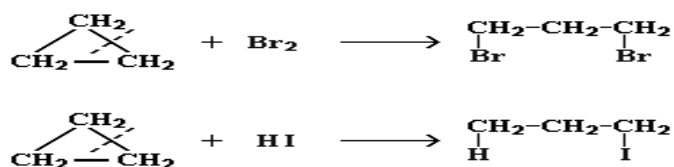
Для циклоалканів притаманне явище напруження циклу. Циклопропан, в якому атоми Карбону утворюють правильний трикутник з валентними кутами  $60^\circ$ , має найвищу енергію напруження циклу ( $\approx 120$  кДж/моль). Атоми Карбону циклобутану утворюють деформований квадрат з кутами  $\approx 90^\circ$ , з енергією напруження  $\approx 110$  кДж/моль. У циклопентану валентні кути дорівнюють  $108^\circ$  та дуже близькі до тетраедричного, енергія напруження – 25 кДж/моль.

У циклогексані енергія напруження має мінімальне значення завдяки можливості утворення між атомами Карбону ідеальних тетраедричних кутів. Після циклогексану молекули вже нездатні приймати конформації в яких відсутнє напруження циклу, тому енергія напруження починає зростати і досягає максимуму при  $n = 9$  (50 кДж/моль). Далі напруження повільно спадає (до  $n = 12$ ), після чого різко зменшується до 10 кДж/моль (при  $n=14$ ). При подальшому збільшенні циклу немає однозначної думки про зміну напруження циклу.

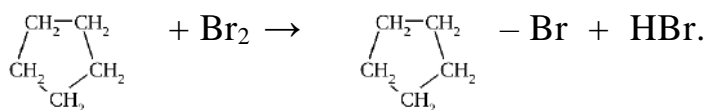
### Хімічні властивості

1. Взаємодіють з галогенами. Характер взаємодії та продукт реакції залежить від напруження циклу:

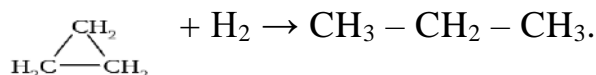
– при взаємодії циклопропану та циклобутану з галогенами відбувається розрив циклу та приєднання атомів галогену на місце розриву. Циклопропан та циклобутан на відміну від інших циклоалканів здатні взаємодіяти з галогенводнем, наприклад:



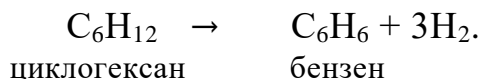
– при взаємодії циклоалканів, починаючи з циклопентану, спостерігається заміщення атома Гідрогену зі збереженням структури циклу, що пов'язано зі зниженням напруження циклу:



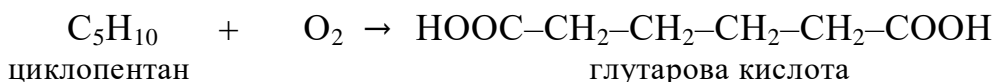
2. Циклопропан та циклобутан взаємодіють з воднем у присутності нікелевого каталізатора з утворенням н-пропану та н-бутану відповідно.



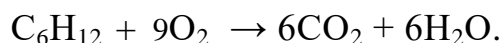
3. Циклоалкани, починаючи з циклопентану, всупають у реакцію дегідрування в присутності нікелевого каталізатора:



4. Окиснення (часткове) циклоалканів відбувається з розривом циклу та утворенням двохосновних карбонових кислот.



5. При повному окисненні (реакція горіння) утворюється, як і у випадку алканів, карбон (IV) оксид і вода:

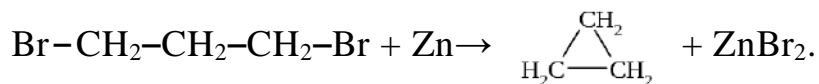


### *Методи отримання*

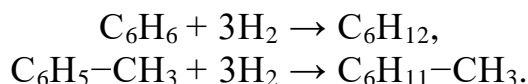
Циклоалкани, так само як і алкани, входять до складу нафти.

Лабораторні способи отримання циклоалканів:

1. Циклопропан, циклобутан та циклопентан отримують з дигалогенпохідних, причому атоми галогену знаходяться на кінцівках ланцюга. Будова циклоалкану, що утворюється, визначається структурою початкового дигалогеналкану.



2. Гідрування аренів у присутності нікелевого каталізатора:



### **Задачі з теми «Алкани»**

- Написати структурні формули таких речовин:
  - 3-етилгексан;
  - 4-етил-2-метил;
  - 2,2-диметилбутан;
  - 4-ізопропіл-2,4-диметилгептан.
- Знайти помилку в назвах вуглеводнів:
  - 2-етилгексан;
  - 3-ізопропілпентан;

- в) 3,4,5-триметилгексан; г) 4-пропіл-3-етил-2-метилгептан.
3. Скласти структурні формули усіх ізомерів гексану і назвати їх.
4. Скласти структурні формули усіх ізомерів октану, які мають у своєму складі два третинних атоми Карбону і назвати їх.
5. Написати структурні формули усіх ізомерів октану, до складу молекул яких входить четвертинний вуглецевий атом, і назвати їх.
6. Які вуглеводні утворюються при взаємодії натрію з такими галогенопохідними:
- а) 2-бромпропан; б) 1-йод-2-метилбутан;  
 в) суміш 1-бромпропану і 2-бромпропану;  
 г) суміш 2-бромпропану і 2-бром-3-метилбутану?
7. З яких галогенопохідних можна синтезувати в реакції В'юрца:
- а) н-гексан; б) н-пентан; в) 2-метилпентан; г) 2,2,3-триметилбутан?
8. Перетворити ізобутилхлорид у насичений вуглеводень:
- а) з такою ж будовою карбонового скелета;  
 б) зі скелетом, що має подвоєну кількість атомів Карбону.
9. Які моногалогенопохідні можуть утворитися в результаті таких реакцій:
- а) хлорування 2,3-диметилбутану; б) бромовання 2,3-диметилбутану;  
 в) бромовання 2,3-диметилпентану?
10. Скласти схему реакцій нітрування за Коноваловим:
- а) ізобутану; б) 2-метилбутану.
11. Які моногалогенопохідні утворюються при хлоруванні ізобутану? Назвіть їх.

### Тести з теми «Алкани»

- 1. Яка формула відповідає насиченому вуглеводню (алкану):**  
 а)  $C_6H_{12}$ ; б)  $C_6H_{10}$ ; в)  $C_6H_{14}$ ; г)  $C_6H_6$ ?
- 2. Утворення хімічних зв'язків у молекулах алканів відбувається за участю таких електронних орбіталей Карбону:**  
 а) s- і p-негібридизованих; б)  $sp^2$ -гібридизованих;  
 в) sp-гібридизованих; г)  $sp^3$ -гібридизованих?
- 3. Для  $sp^3$ -гібридизованих атомних орбіталей характерним є таке взаємне просторове розташування:**  
 а) тетраедричне; б) кубічне; в) циліндричне; г) лінійне?
- 4. Кут між зв'язками, утвореними атомом Карбону в алканах, становить:**  
 а)  $180^\circ$ ; б)  $90^\circ$ ; в)  $109,5^\circ$ ; г)  $45^\circ$ ?
- 5. Метил, вторбутіл, ізопропіл – це ...**  
 а) ізомери; б) радикали; в) гомологи; г) функціональні групи?

**6. Гомологом гексану є ...**

- а) 2-метилпентан;                      б) 2,2-диметилбутан;  
в) 3-метилпентан;                      г) пентан?

**7. Який монобромпохідний вуглеводень переважно утворюється внаслідок радикального бромовання 3-метилпентану:**

- а) 3-бром-3-метилпентан;    б) 2-бром-3-метилпентан;  
в) 1-бром-3-метилпентан;    г) 1-бром-2-етилбутан?

**8. 2-нітропропан утворюється внаслідок взаємодії пропану з ...**

- а) натрій нітратом;                      б) сульфатною кислотою;  
в) нітроген (V) оксидом;    г) нітратною кислотою?

**9. Нітрування за Коноваловим найлегше відбувається біля ... атома Карбону:**

- а) четвертинного; б) третинного; в) вторинного; г) первинного?

**10. Суміш трьох монохлоровуглеводнів утворюється при хлорванні ...**

- а) пропану;    б) бутану;    в) пентану;    г) 2,2-диметилпропану?

**11. Які частинки утворюються на стадії зародження ланцюга в реакції радикального хлорування метану:**

- а)  $-Cl$ ;    б)  $Cl$ ;    в)  $Cl^+$ ;    г)  $-CH_3$ ?

**12. Який об'єм (л, н. у.) пропану утворюється при гідрогенізації 5 моль пропену? Вихід продукту реакції вважати рівним 100 %:**

- а) 22,4;    б) 112;    в) 224;    г) 56?

### Питання до теми «Алкани»

1. Ковалентний  $\sigma$ -зв'язок у молекулах алканів:  $sp^3$ -гібридизація електронних орбіталей карбонового атома.

2. Гомологічна різниця.

3. Гомологічні ряди органічних сполук. Гомологічний ряд алканів.

4. Конформація та ізомерія органічних речовин. Ізомерія карбонового ланцюга (скелета).

5. Класифікація атомів карбону в молекулах насичених вуглеводнів: первинні, вторинні, третинні та четвертинні атоми.

6. Номенклатура органічних сполук. Номенклатура IUPAC алканів. Вуглеводневі радикали (алкіли).

7. Хімічні властивості алканів: реакції галогенування та нітрування. Механізм реакції радикального заміщення: типи розриву хімічного зв'язку; вільні радикали; ланцюгові реакції.

8. Методи одержання алканів: відновлення галогенопохідних; гідрування (гідрогенування) ненасичених вуглеводнів; синтез Вюрца.

## Тема 19. АЛКЕНИ

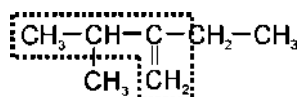
*Алкени* – ациклічні ненасичені вуглеводні, що містять один подвійний зв'язок між атомами Карбону та утворюють гомологічний ряд із загальною формулою  $C_nH_{2n}$ . Атоми Карбону при подвійному зв'язку знаходяться в стані  $sp^2$ -гібридизації, валентний кут дорівнює  $120^\circ$ . Довжина подвійного зв'язку – 0,134 нм, енергія зв'язку – 615 кДж/моль.

Найпростішим алкеном є етен (етилен)  $C_2H_4$ .

**За номенклатурою IUPAC назви алкенів формуються таким чином:**

1. В алкенах головним ланцюгом вибирають, по можливості, найдовший, який складається з подвійного зв'язку.

2. У назві головного ланцюга закінчення *-ан*, характерне для алканів, змінюється на *-ен*. Нумерація карбонових атомів головного ланцюга починається з того боку, до якого ближче знаходиться подвійний зв'язок. У назві алкену положення подвійного зв'язку позначається цифрою. Наприклад, назва нижче зазначеного алкену буде мати вигляд:

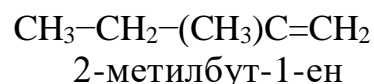
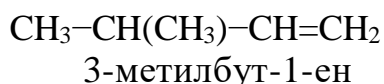
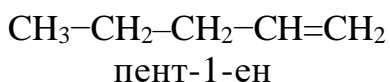


Виділений ланцюг є головним тому, що він: а) найдовший з тих, в яких знаходиться подвійний зв'язок; б) має найбільшу кількість розгалужень. Речовина має назву – 2-етил-3-метилбут-1-ен.

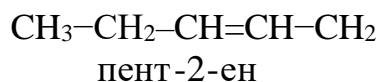
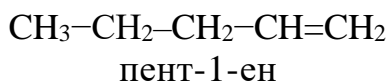
Назви вуглеводневих радикалів, які утворені від алкенів складаються з назв відповідних алкенів з заміною суфіксу *-ен* на суфікс *-еніл*. Для радикалів більш вживаними є тривіальні назви:  $CH_2=CH\cdot$  – «вініл»,  $CH_2=CH-CH_2\cdot$  – «аліл».

**Для алкенів притаманні такі типи ізомерії:**

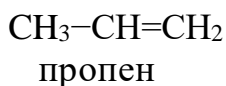
1. Структурна ізомерія. Ізомерія пентену:



2. Ізомерія положення подвійного зв'язку.

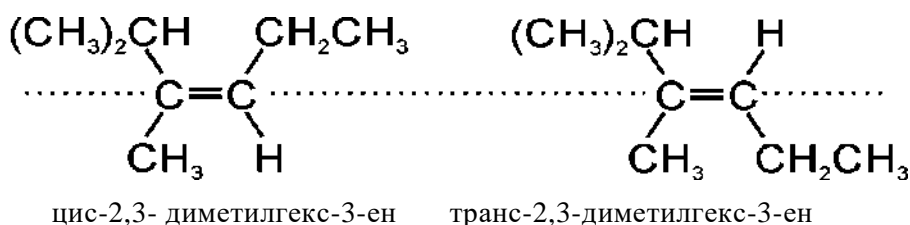


3. Міжкласова ізомерія. Алкени мають міжкласову ізомерію з циклоалканами.



4. Просторова (геометрична) ізомерія.

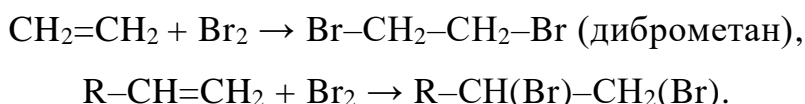
*Цис*- і *транс*-ізомери відрізняються різним просторовим положенням частин головного ланцюга відносно подвійного зв'язку. Для *цис*-ізомеру характерне таке положення головного ланцюга в просторі, коли обидві його частини знаходяться по один бік від уявної лінії, що проходить через подвійний зв'язок. У *транс*-ізомерах частини головного ланцюга знаходяться по різні боки від такої лінії. Такі просторові структури не можуть перетворюватися одна в одну без розриву  $\pi$ -зв'язку, оскільки у алкенів відсутня можливість вільного обертання частин молекул відносно подвійного зв'язку. Наприклад, геометричним ізомерам 2,3-диметилгексену-3 відповідають такі формули:



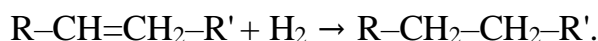
### *Хімічні властивості*

Алкени хімічно активні, що зумовлено наявністю подвійного зв'язку. Типовими для алкенів є реакції, які відбуваються з розривом  $\pi$ -зв'язку в молекулі ненасиченого вуглеводню: електрофільного та радикального приєднання.

1. Галогенування алкенів відбувається в середовищі неполярних інертних розчинників (наприклад,  $\text{CCl}_4$ ) з утворенням дигалогенпохідних:



2. Гідрування алкенів відбувається в присутності платини, паладію, нікелю з утворенням алканів:

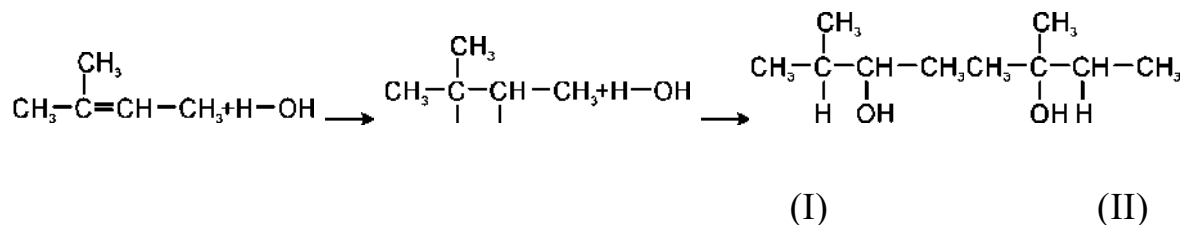


3. Реакція гідратації – приєднання води. Як каталізатор –  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Продуктом реакції є відповідний спирт, наприклад:



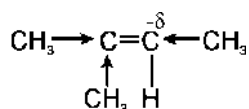
а

Приєднання води до несиметричного алкену відбувається за **правилом Марковникова**: приєднання молекул типу  $\text{H}-\text{A}$  відбувається таким чином, що атом Гідрогену реагенту направляється до більш гідрогенізованого атома Карбону.



Згідно з правилом Марковникова в реакції гідратації 2-метилбут-2-ену утворюється переважно продукт (II): 2-метилбутан-2-ол. Утворення такого продукту реакції можна пояснити на підставі характеристики електронних ефектів у молекулах реагентів.

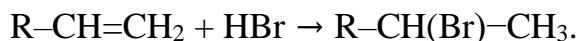
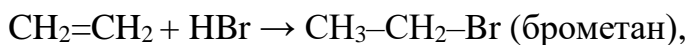
У несиметричних відносно подвійного зв'язку алкенах  $\pi$ -зв'язок тією чи іншою мірою полярний у наслідок різного позитивного (електронодонорного) індукційного впливу радикалів:



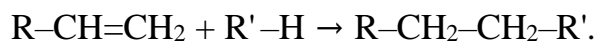
Зв'язки у молекулі води також полярні:  $\text{H}^{+\delta} \rightarrow \text{OH}^{-\delta}$ . Беручи до уваги полярність зв'язків у молекулах реагентів, легко записати продукт гідратації:



4. Реакція гідрогалогенування – реакція приєднання галогенводню до алкенів. У випадку несиметричних алкенів відбувається за правилом Марковникова:



5. Приєднання алканів до алкенів у присутності кислотного каталізатора (HF або H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) при низьких температурах приводить до утворення вуглеводнів з більшою молекулярною масою:

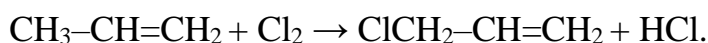


6. Приєднання спирту з утворенням відповідних етерів:



7. Реакції радикального заміщення.

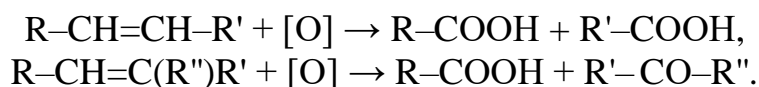
При високих температурах (понад 400 °C) стає можливим провести заміщення атома Гідрогену, що знаходиться в алільному положенні при збереженні подвійного зв'язку:



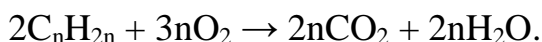
8. Окиснення в слаболужному або нейтральному середовищі розчином калій перманганату відбувається з утворенням двоатомних спиртів (реакція Вагнера):



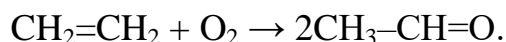
9. У разі дії на алкени сильних окисників (KMnO<sub>4</sub> або K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) у кислому середовищі (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) при нагріванні відбувається розрив подвійного зв'язку з утворенням карбонових кислот, кетонів та вуглекислого газу залежно від будови початкового алкену:



10. При повному окисненні (реакція горіння) утворюється вуглекислий газ та вода:

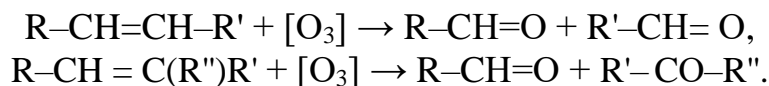


11. При окисненні етилену в присутності паладій хлориду утворюється ацетальдегід (реакція має промислове значення):

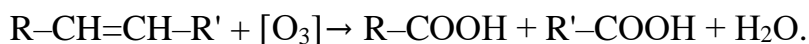


12. Озоноліз алкенів проводять при низьких температурах (від -80 до -30 °C) в інертному розчиннику (гексан, тетрахлорметан, хлороформ, етилацетат та ін.). Безпосередні продукти озонолізу не виділяють, а піддають подальшому гідролізу, окисненню або відновленню. Під час озонолізу в м'яких умовах: у разі монозаміщеного алкену окиснення відбувається до альдегідів, у разі дизаміщених алкенів спостерігається утворення кетонів, для три-

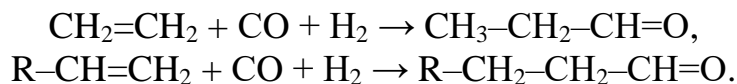
заміщеного біля подвійного зв'язку алкену при озонолізі утворюється суміш альдегіду і кетону:



13. При озонолізі в жорстких умовах алкен окиснюється до кислот:

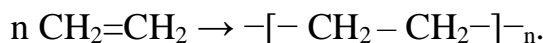


14. Реакція оксосинтезу (реакція карбонілювання):



15. Реакція полімеризації.

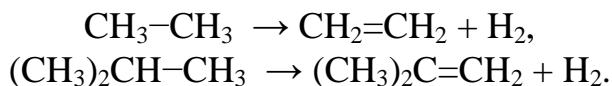
Полімеризація алкенів може відбуватися як за вільнорадикальним, так і за катіонно-аніонним механізмом. За першим методом отримують поліетилен високого тиску:



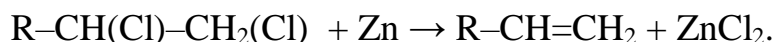
### *Методи отримання*

1. Основним промисловим методом отримання алкенів є каталітичний, високотемпературний крекінг вуглеводнів нафти і природного газу.

2. Дегідрування алканів (температура 350–450 °С, каталізатор – Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>):

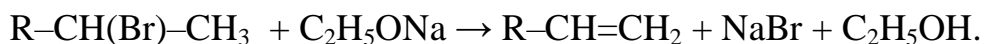


3. Дегалогенування дигалогеналканів:



4. Дегідрогалогенування.

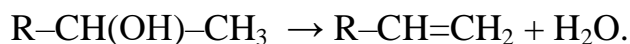
Дегідрогалогенування відбувається при нагріванні в присутності спиртових розчинів лугів:



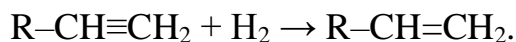
Відщеплення галогенводню від несиметричних галогеналканів підпорядковується *правилу Зайцева*: відщеплення Гідрогену відбувається від менш гідрогенізованого атома Карбону.

5. Дегідратація спиртів.

Дегідратація спиртів відбувається при підвищеній температурі в присутності сульфатної кислоти. Відщеплення води від несиметричних спиртів підпорядковується правилу Зайцева:



6. Часткове гідрування алкінів. Як каталізатор використовують нікель.



### 19.1. Алкадієни

**Алкадієни** – вуглеводні, молекули яких містять два подвійних зв'язки між атомами Карбону та мають відкритий карбоновий ланцюг.

Алкадієни класифікуються залежно від взаємного розташування подвійних зв'язків у молекулі.

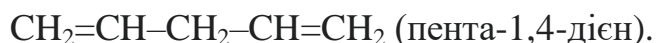
1. Алкадієни з кумульованими подвійними зв'язками – подвійні зв'язки розташовані біля одного атома Карбону (суміжні подвійні зв'язки). Такі дієни хімічно інертні. Наприклад:



2. Алкадієни зі спряженими подвійними зв'язками – подвійні зв'язки розділені одним одинарним зв'язком ( $\sigma$ - зв'язком). Наприклад:

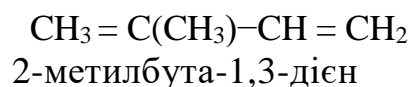
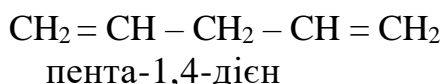


3. Алкадієни з ізольованими подвійними зв'язками – між подвійними зв'язками два чи більше одинарних зв'язки. Наприклад:

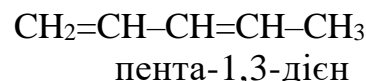
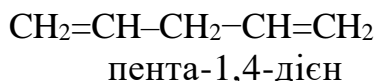


*Для алкадієнів притаманні такі ж типи ізомерії, як і для алкенів:*

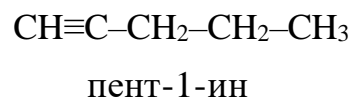
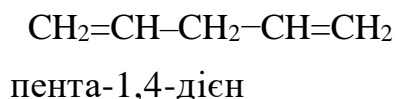
1. Структурна ізомерія.



2. Ізомерія положення подвійного зв'язку.



3. Міжкласова ізомерія.



Алкадієни мають міжкласову ізомерію з алкінами.



### Задачі з теми «Алкени»

1. Скласти структурні формули вуглеводнів:  
а) 3,3-диметилпент-1-ен; б) 3-етилпент-2-ен;  
в) 2-метилбута-1,3-дієн.
2. Знайти помилку в назвах вуглеводнів:  
а) 2-етил-4-метилпент-2-ен; б) 2,3,4-триметилпент-3-ен;  
в) 2,6,7-триметилокт-4-ен.
3. Написати структурні формули усіх ізомерних вуглеводнів складу:  
а)  $C_4H_8$ ; б)  $C_5H_{10}$ . Які з них можуть мати *цис*- і *транс*-форми?
4. Написати структурні формули геометричних ізомерів:  
а) бут-2-ену; б) 3-метилпент-2-ену; в) 2-метилгекс-3-ену;  
г) 2,5-диметилгекс-3-ену; д) 3,4-диметилгекс-3-ену.
5. Написати рівняння реакцій одержання 2-метилпент-1-ену з:  
а) дигалогенопохідного вуглеводня;  
б) моногалогенопохідного. Указати умови реакцій.
6. Скласти схеми таких реакцій 2-метилбут-2-ену з:  
а) воднем бромідом; б) водою; в) бромною водою.
7. Скласти схеми таких реакцій бут-1-ену з:  
а) сульфатною кислотою; б) хлором; в) полімеризацію.
8. Які продукти утворюються при окисненні 2-метилбут-2-ену:  
а) водним розчином  $KMnO_4$ ; б) кислим розчином  $KMnO_4$ ?
9. За допомогою яких реакцій можна із пропену отримати:  
а) моногалогенопохідний вуглеводень; б) дигалогенопохідний;  
в) спирт; г) гліколь; д) алкан?
10. Написати рівняння трьох методів одержання 2-метилбут-2-ену.
11. Які речовини утворюються при озонуванні:  
а) бут-2-ену; б) бут-1-ену?

### Тести з теми «Алкени»

**1. Кут, утворений у просторі  $sp^2$ -гібризованими електронними орбіталями, становить:**

- а)  $90^\circ$ ; б)  $180^\circ$ ; в)  $45^\circ$ ; г)  $120^\circ$ ?

**2. Результат перекривання яких атомних орбіталей є  $\pi$ -зв'язок:**

- а) s- і p-орбіталей;  
б) p- і p-орбіталей з утворенням області перекривання, яка знаходиться на лінії, що умовно з'єднує ядра атомів;  
в)  $sp^2$ -гібризованих орбіталей;  
г) p- і p-орбіталей з утворенням області перекривання, що складається з двох частин?

**3. Скільки ізомерних алкенів мають молекулярну формулу  $C_5H_{10}$ :**

- а) 3; б) 4; в) 5; г) 6?

**4. Для якої сполуки можливі геометричні ізомери:**

- а) 1-пентен;                      б) 2-метил-1-бутен;  
в) 2-метил-2-бутен;        г) 2-пентен?

**5. Яка речовина утворюється внаслідок реакції електрофільного приєднання HBr до молекули 2-метил-2-бутену:**

- а) 1-бром-2-метилбутан; б) 2-бром-2-метилбутан;  
в) 2-бром-3-метилбутан; г) алкен не приєднує HBr?

**6. Пропанол утворюється з пропену внаслідок реакції ...**

- а) ізомеризації;                      в) гідрогенізації (гідрування);  
б) гідратації;                      г) дегідрогенізації?

**7. Мономером для одержання полівінілхлориду служить ...**

- а)  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ ;                      б)  $\text{CH}_2=\text{CH-CN}$ ;  
в)  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$ ;              г)  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{Cl}$ ?

**8. Яка речовина X є учасником такого перетворення  
1-бромобутан  $\rightarrow$  X  $\rightarrow$  2-бромобутан:**

- а) 1-бутанол; б) 2-бутен; в) 1-бутен; г) 1-бутин?

**9. Унаслідок дії якого реагенту 2-бутанол перетворюється в 2-бутен:**

- а)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.); б) Na; в) водний розчин NaOH; г) Zn?

**10. Дегідрогалогенування 2-бром-2-метилбутану відбувається при дії ...**

- а) водного розчину NaOH;        в) Zn;  
б) спиртового розчину NaOH;    г)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.)?

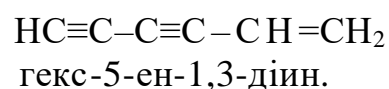
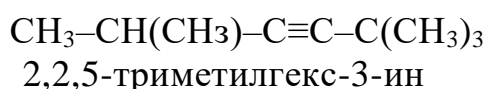
### Питання до теми «Алкени»

1. Електронна природа, геометрія і властивості подвійного зв'язку.
2. Номенклатура алкенів та алкадієнів.
3. Ізомерія алкенів (ізомерія скелета; положення подвійного зв'язку; геометрична ізомерія).
4. Хімічні властивості алкенів: а) реакції приєднання водню, галогенів, галогеноводнів, води, сульфатної кислоти; б) реакції окиснення; в) реакції полімеризації. Механізм реакції електрофільного приєднання. Правило Марковникова.
5. Методи одержання алкенів: з алканів, спиртів, галогенопохідних. Правило Зайцева.

## Тема 20. АЛКІНИ

Алкіни – вуглеводні, що містять потрійний зв'язок між атомами Карбону та мають загальну формулу  $C_nH_{2n-2}$ . Атоми Карбону при потрійному зв'язку знаходяться в стані  $sp$ -гібридизації.

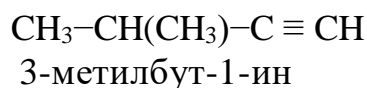
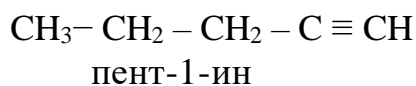
За номенклатурою IUPAC назви алкінів формуються так само як і назви алкенів. Для алкінів до складу головного ланцюга повинен входити потрійний зв'язок (якщо в молекулі є декілька потрійних зв'язків, то головний ланцюг має максимально можливу їх кількість). За наявності у молекулі потрійних і подвійних зв'язків, старшим при визначенні порядку нумерації є потрійний зв'язок. Наприклад, назви сполук:



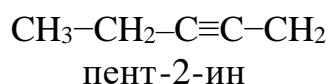
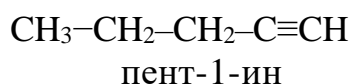
$C_2H_2$  (етин, ацетилен) – має велике промислове значення.

*Для алкінів притаманні такі типи ізомерії:*

1. Структурна ізомерія.

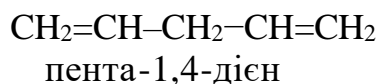
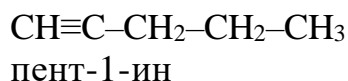


2. Ізомерія положення потрійного зв'язку.



3. Міжкласова ізомерія.

Алкіни мають міжкласову ізомерію з алкадієнами та циклоалкенами:

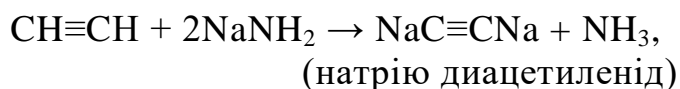


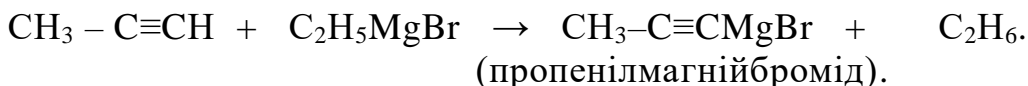
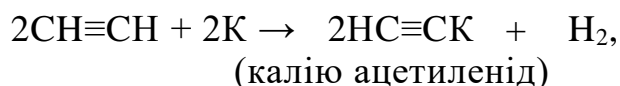
циклопентен

### *Хімічні властивості*

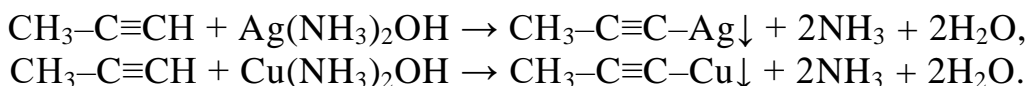
1. Отримання алкінідів.

Алкіни з потрійним зв'язком наприкінці ланцюга є  $C-H$  кислотами (сильніші, ніж амоніак і алкени, але слабкіші, ніж спирти), що здатні взаємодіяти з дуже сильними основами з утворенням солей (алкінідів):





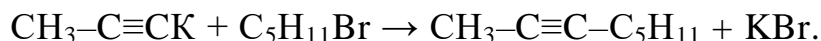
Реакція алкінів з аміаком аргентуму або одновалентного купруму є якісною на наявність потрійного зв'язку:



Алкініди аргентуму легко розчиняються при додаванні натрій ціаніду з виділенням відповідного алкіну:

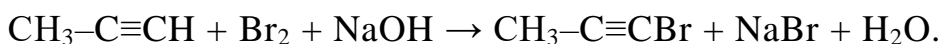


Алкініди є сильними нуклеофілами і легко вступають у реакції нуклеофільного заміщення, що широко застосовуються для отримання гомологів алкінів:



## 2. Отримання алкілгалогенідів.

Дією галогену на монозаміщенні ацетилену в лужному середовищі можна отримати галогеналкіни:

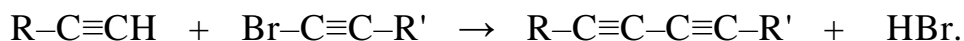


Хлоруванням ацетилену купрум (II) хлоридом у водних розчинах можна отримати дихлорацетилен:

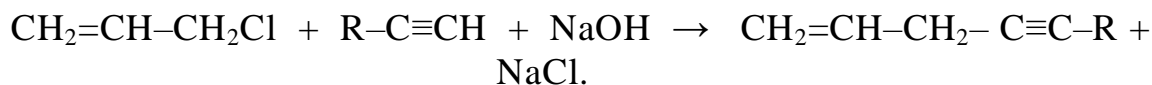


## 3. Ацетиленова конденсація.

Реакція Ходкевича-Кадіо полягає у взаємодії ацетиленових вуглеводнів з бром- або йодалкінами з утворенням діацетиленідів:

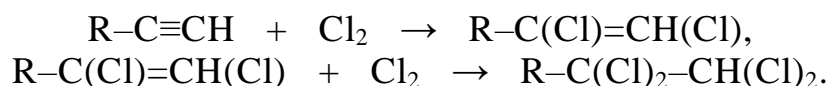


Аналогічно відбувається реакція Куртца (каталізатор – купрум ацетиленід):

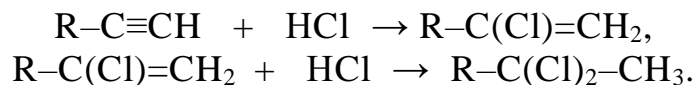


## 4. Реакція галогенування.

Алкіни здатні приєднувати одну або дві молекули галогену з утворенням відповідних галогенпохідних:



5. Приєднання гідроген галогенів відбувається за двома стадіями згідно з правилом Марковнікова:

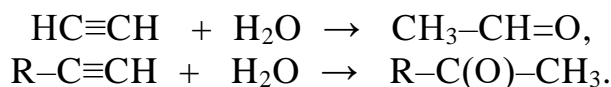


У присутності перекисів або за інших умов, що сприяють утворенню вільних радикалів, приєднання до алкіну відбувається проти правила Марковнікова:



6. Реакція гідратації (реакція Кучерова).

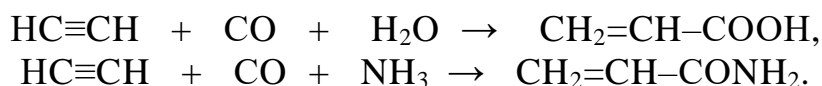
У присутності  $\text{HgSO}_4$  алкіни приєднують воду з утворенням ацетальдегіду (для ацетилену) або кетону (для інших алкінів):



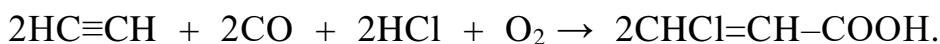
7. Реакція карбонілювання:



де X – OH, OR, OCOR,  $\text{NH}_2$  і т. ін. Наприклад:



8. Реакція окислювального карбохлорування:



9. Приєднання карбонових кислот з утворенням диестерів:



Оцтова кислота разом з ацетиленом утворює вінілацетат:



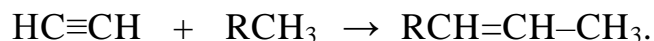
10. Алкіни приєднують  $\text{CO}_2$  і вторинні аміни з утворенням амідів:



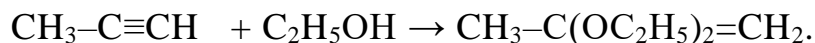
11. Алкіни приєднують HCN у присутності солей одновалентного купруму. У випадку ацетилену отримують акрилонітрил:



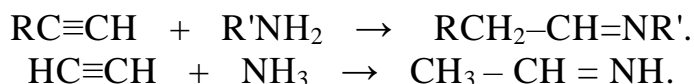
12. Ацетилен здатен у присутності каталізаторів приєднувати вуглеводні з утворенням нових С–С зв'язків:



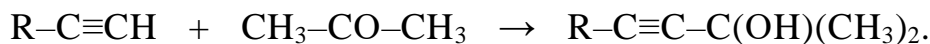
13. Приєднання спиртів у присутності лугів з утворенням алкенільних естерів:



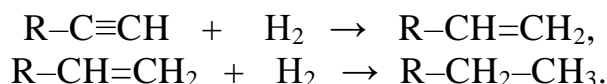
14. Первинні аміни під впливом основ приєднуються до алкінів з утворенням імінів:



15. У присутності сильних основ алкіни, що мають потрійний зв'язок наприкінці ланцюга здатні приєднувати карбонільні сполуки з утворенням спиртів:

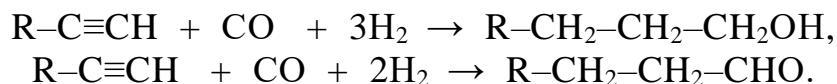


16. Гідрування алкінів у присутності Ni, Pd, Pt, а також у присутності оксидів або комплексів Ir, Rh, Ro:



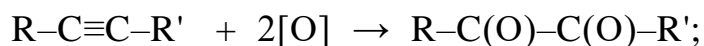
17. Карбоксилювання алкінів.

Залежно від умов реакції і типу каталізаторів кінцевими продуктами є спирти, альдегіди або алкани:

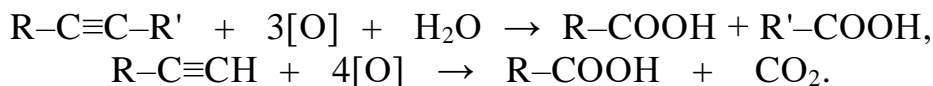


18. Реакції окиснення.

– алкіни окиснюються важче ніж алкени, однак при контрольованому окисненні можна зберегти С – С зв'язок і отримати як продукти реакції карбонільні сполуки:

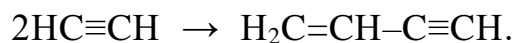


– під дією сильних окисників алкіни окиснюються з розривом потрійного зв'язку з утворенням карбонових кислот і  $\text{CO}_2$ :

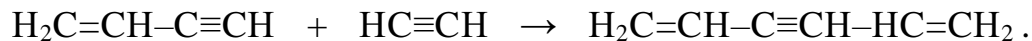


### 19. Реакція олігомеризації.

У присутності солей купрум (I) і амоній хлориду у водному середовищі ацетилен вступає в реакцію олігомеризації з утворенням вінілацетилену:

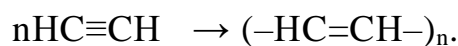


При подальшому розвитку реакції утворюється дивінілацетилен:



### 20. Реакція полімеризації.

Полімеризація ацетилену відбувається в присутності каталізатора  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{-Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$  з отриманням напівкристалічного поліацетилену:

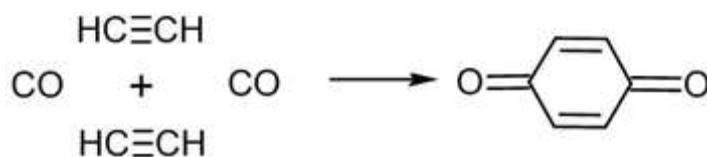


### 21. Реакція утворення циклів.

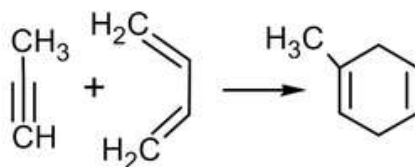
Ацетилен під впливом каталізаторів легко цикломеризується з утворенням бензену чи циклооктатетраену:



Циклоутворення в присутності карбон (II) оксиду приводить до утворення бензохінону:

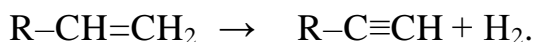


Алкіни вступають у реакцію Дільса-Альдера:

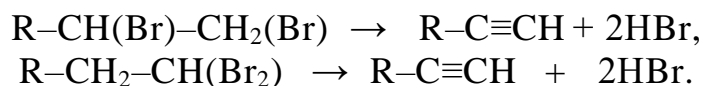


### *Методи отримання*

1. Термокatalітичне дегідрування (каталізатори –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $t = 650^\circ\text{C}$ ):



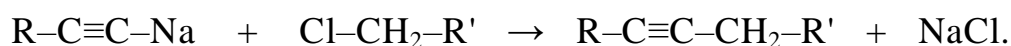
2. Відщеплення галогенводню від дигалогеналканів у присутності спиртового розчину KOH:



3. Дегалогенування тетрагалогенопохідних алканів при нагріванні їх з порошкоподібним цинком:

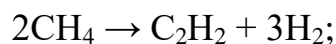


4. Дією галогенпохідних на металорганічні похідні алкінів отримують алкіни з більш довгим ланцюгом:



5. Отримання ацетилену:

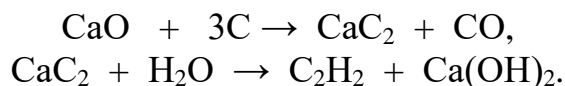
– електрокрекінг під впливом вольтової дуги ( $t = 1500^\circ\text{C}$ ):



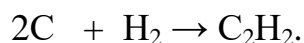
– термоокисний крекінг. У цьому методі використовується часткове окиснення метану завдяки використанню теплоти, що утворюється при його спалюванні:



– карбідний метод. Прожарювання суміші кальцій оксиду з вугіллям при  $t = 1800 - 2000^\circ\text{C}$  з отриманням кальцій карбїду. При подальшому гідролізі кальцій карбїду отримують ацетилен:



– метод прямого синтезу. Вуглець безпосередньо взаємодіє з воднем при дуже високих температурах:



## Задачі з теми «Алкіни»

- Скласти структурні формули таких вуглеводнів:  
а) 4-метил-1-пент-1-ин; б) 4-ізопропіл-2-гепт-2-ин;  
в) 3,3-диметил-1-бут-1-ин.
- Знайти помилку в назвах вуглеводнів:  
а) 4-ізопропілгекс-2-ин; б) 2,5,5-триметилгекс-3-ин.
- Скласти структурні формули усіх алкінів складу  $C_6H_{10}$  і назвати їх.  
Чому в алкінах відсутня геометрична ізомерія?
- Скласти структурні формули усіх алкінів складу  $C_7H_{12}$ , які мають п'ять атомів Карбону в головному ланцюзі. Назвати їх.
- Які вуглеводні можна одержати при дії надлишку спиртового розчину натрій гідроксиду на: а) 1,1-дибромпропан; б) 2,2-дибромбутан;  
в) 3,3-диметил-1,2-дихлоробутан?
- З яких дигалогенопохідних можна одержати:  
а) бут-2-ин; б) 3-метилбут-1-ин; в) гекс-3-ин.  
Указати умови реакції.
- Як можна з натрій ацетиленіду і відповідних галогенопохідних отримати: а) 3-метилбут-1-ин; б) 4-метилпент-2-ин?
- Які сполуки утворюються при дії на пропін таких реагентів:  
а) бром; б) хлороводню; в) води (які умови?); г) натрій амід?
- Як реагує бут-1-ин з: а) водою; б) хлором; в) Гідроген бромідом за стадіями?
- Які з названих нижче речовин здатні реагувати з аміачним розчином аргентум нітрату: а) ацетилен; б) пент-2-ин; в) бут-1-ен; г) пропін?
- У результаті яких реакцій можна перейти від бут-1-ину до:  
а) кетону; б) спирту; в) дигалогенопохідного вуглеводню?
- За допомогою яких реакцій можна відрізнити:  
а) етан від етилену; б) етилен від ацетилену;  
в) бут-1-ин від бут-2-ину; г) бутан, бут-1-ен і бут-1-ин?

## Тести з теми «Алкіни»

**1. Між якими атомами Карбону в молекулі пент-2-ину  $\pi$ -зв'язки утворюються внаслідок перекривання *sp*-гібризованих атомних орбіталей:**

- а) першим і другим;      б) другим і третім;  
в) третім і четвертим;    г) четвертим і п'ятим?

**2. Який вид ізомерії не характерний для алкінів:**

- а) ізомерія карбонового скелету; б) ізомерія положення кратного зв'язку;  
в) геометрична ізомерія; г) міжвидова ізомерія?

**3. Яка речовина є гомологом 3-метилпент-1-ину:**

- а) 3-метил-1-бутин; б) 1,3-пентадієн; в) 4-метил-1-пентин; г) циклопентан?

**4. Дією якої речовини на пропін можна одержати 2,2-дибромпропан:**

а) бром; б) води; в) бромоводню; г) фосфору (V) пента-броміду?

**5. Унаслідок гідратації якого алкіну утворюється альдегід:**

а) пропіну; б) 2-бутину; в) 1-бутину; г) ацетилену (етину)?

**6. Які з речовин реагують з аміачним розчином аргентум (I) нітрату:**

а) 1-бутин; б) 2-бутин; в) 1-бутен; г) бутан?

**7. Яка речовина  $x$  є учасником такого перетворення**

**етин  $\rightarrow$   $x$   $\rightarrow$  бут-2-ин:**

а)  $\text{NaC}\equiv\text{CNa}$ ; б)  $\text{NaC}\equiv\text{C-CH}_3$ ; в)  $\text{HC}\equiv\text{CNa}$ ; г)  $\text{H-C}\equiv\text{C-CH}_3$ ?

**8. На повне гідрогалогенування 10,8 г алкіну потрібно 14,6 г хлороводню. Яка формула відповідає цій сполуці:**

а)  $\text{C}_2\text{H}_2$ ; б)  $\text{C}_3\text{H}_4$ ; в)  $\text{C}_4\text{H}_6$ ; г)  $\text{C}_5\text{H}_8$ ?

**9. Із якої речовини дією спиртового розчину  $\text{NaOH}$  можна одержати 2-бутин:**

а) 1,4-дихлоробутану;

б) 2,2-дихлоробутану;

в) 1,1-дихлоробутану;

г) 1,3-дихлоробутану?

### **Питання до теми «Алкіни»**

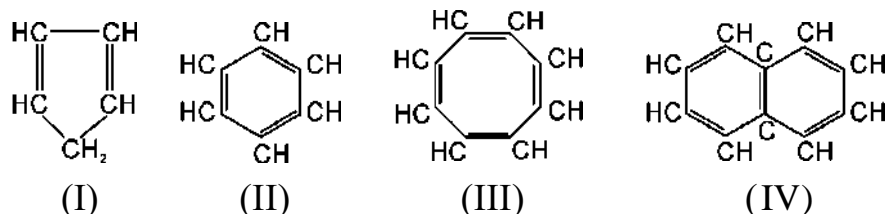
1. Електронна природа, геометрія і властивості потрійного зв'язку.  
2. Номенклатура алкінів.  
3. Ізомерія алкінів (ізомерія скелета; положення потрійного зв'язку).  
4. Хімічні властивості алкінів: а) реакції приєднання (гідрогенування; галогенування; гідрогеногалогенування; гідратації); б) кислотність ацетиленового атома гідрогену: реакції заміщення на метал.

5. Методи одержання алкінів: з дигалогенопохідних; алкілгалогенідів і ацетиленідів одновалентних металів.

## Тема 21. АРЕНИ

Згідно з *правилом Хюккеля*, до *ароматичних систем* належать циклічні структури з площинною будовою, між атомами яких існує замкнена спряжена система  $\pi$ -зв'язків, яка утворена  $(4n + 2)$  електронами.

Розглянемо на прикладі таких структур:



Якщо прийняти, що усі наведені вище структури плоскі (атоми, що їх утворюють, знаходяться в одній площині), то головним критерієм ароматичності буде кількість електронів, що утворюють  $\pi$ -спряжену систему. Їх може бути 6, 10, 14 і т. д., якщо  $n = 1, 2, 3...$  Цій вимозі відповідають структури II, III і V. У структурах II і V спряжена система  $\pi$ -зв'язків утворюється при взаємодії одноелектронних  $p$ -орбіталей усіх атомів Карбону, а в структурі III в цьому процесі бере участь також двоелектронна  $p$ -орбіталь атома Оксигену.

Структури I і IV неароматичні, оскільки у першому випадку в молекулі не утворюється замкнута спряжена система  $\pi$ -зв'язків, а в структурі V, незважаючи на утворення формально спряженої системи  $\pi$ -зв'язків, кількість електронів у ній 8, що не відповідає правилу Хюккеля.

*Бензенове кільце* – замкнена система спряжених  $\pi$ -зв'язків, що містить шість атомів Карбону.

Залежно від кількості ароматичних циклів розрізняють:

1. Одноядерні (моноциклічні) арени. Наприклад, бензен ( $C_6H_6$ ), толуен, ксилен, кумен, стирен.

2. Багатоядерні (поліциклічні) арени:

– арени з конденсованими циклами. Багатоядерні арени з конденсованими бензеновими циклами залежно від способу з'єднання циклів поділяють на: конденсовані системи з лінійним розміщенням циклів, наприклад, нафтален, антрацен та конденсовані системи з ангулярним (кутовим) розміщенням циклів, наприклад, фенантрен;

– арени з ізольованими циклами. Багатоядерні арени з ізольованими циклами містять два чи декілька бензенових ядер, сполучених між собою  $\sigma$ -зв'язком або через аліфатичний карбоновий ланцюг, наприклад, біфеніл, трифенілметан.

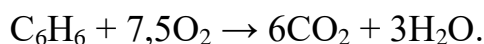
За номенклатурою ІUPAC за наявності в бензеновому циклі двох або більше замісників їх положення вказують цифрами, для дизаміщеного бензену часто застосовують позначення положення замісників префіксами: *орто-* (*o-*) – 1,2 положення, *мета-* (*m-*) – 1,3 положення, *пара-* (*p-*) – 1,4 положення. Для деяких з них збережені тривіальні назви: толуен, кумен, ксилен, цимен, мезитилен, стирен та ін.

Назви неконденсованих багатоядерних похідних бензену складають за замісниковим або з'єднуючим типом, наприклад, трифенілметан  $C_6H_5CH(C_6H_5)_2$ , біфеніл  $C_6H_5C_6H_5$ . Для багатьох конденсованих ароматичних сполук збережені тривіальні назви, наприклад, нафтален, антрацен, фенантрен.

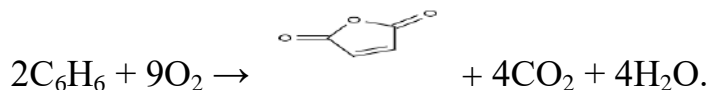
### Хімічні властивості бензену

1. Бензен і бензолне ядро стійкі до окиснювачів.

На повітрі горить кіптявим полум'ям; у кисні згорає до  $CO_2$  і  $H_2O$ :

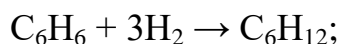


При частковому окисненні бензену киснем при температурі  $450\text{ }^\circ\text{C}$  та каталізаторі  $V_2O_5$  відбувається утворення малеїнового ангідриду:

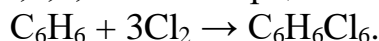


2. Реакції приєднання:

– реакція гідратації відбувається в присутності нікелевого каталізатора при температурі  $150\text{ }^\circ\text{C}$  з утворенням циклогексану:

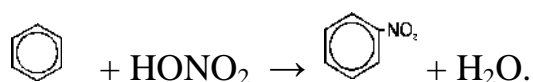


– реакція хлорування бензену, що відбувається в присутності світла призводить до утворення 1,2,3,4,5,6 гексахлорциклогексану:

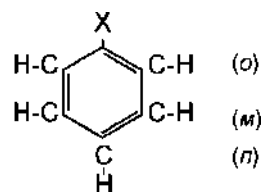


3. Реакції заміщення:

– реакція нітрування бензену відбувається в присутності сульфатної кислоти та здійснюється за механізмом електрофільного заміщення. Електрофільною частинкою реагенту є катіон  $NO_2^+$ , який утворюється в суміші нітратної і сульфатної кислот (“нітруюча суміш”). У реакції нітрування бензену, в молекулі якого усі атоми Карбону рівноцінні і  $\pi$ -електрони повністю делокалізовані, утворюється тільки одна мононітропохідна сполука (нітробензен):



У реакціях електрофільного заміщення монопохідних бензену  $C_6H_5-X$  необхідно брати до уваги вплив замісника  $X$  на реакційну активність різних положень ароматичного ядра. Відносно до замісника в ароматичному циклі виділяють орто-, мета- і пара-положення (*o*, *m*, *p*):



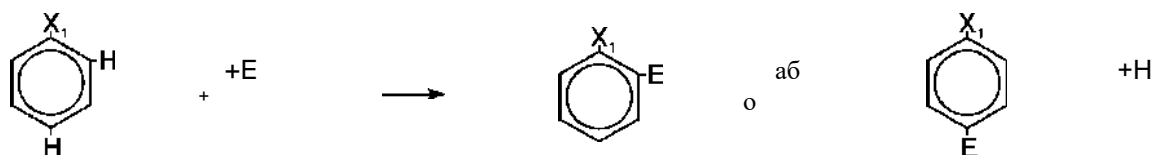
Замісники можуть впливати на реакційну здатність ароматичного циклу таким чином:

1. Активують усі положення ароматичного ядра. Активація в орто- і пара-положеннях більша, ніж у мета-положенні. Прикладом таких замісників можуть служити електродонорні групи:  $-OH$ ,  $-OR$ ,  $-NR_2$ , вуглеводневі радикали.

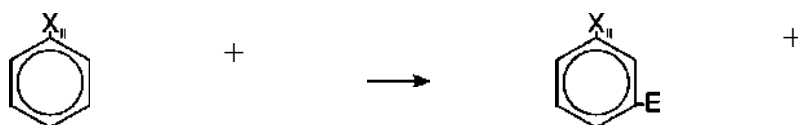
2. Дезактивують усі положення ядра, але дезактивація орто- і пара-положень менша, ніж у мета-положенні. До таких замісників належать галогени.

3. Дезактивують усі положення ядра так, що дезактивація в орто- і пара-положеннях більша, ніж у мета-положенні. Прикладом таких замісників є електронно-акцепторні групи:  $-NO_2$ ,  $-COOH$ ,  $-SO_3H$ .

Замісники, які впливають на ядро за типами 1 і 2, належать до замісників I роду або орто- і пара-орієтантів ( $X_I$ ). Ці замісники в реакціях заміщення направляють електрофільну частинку ( $E^+$ ) в орто- і пара-положення:

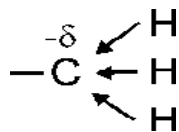


Замісники, які впливають на ядро за типом 3, належать до замісників II роду або мета-орієтантів ( $X_{II}$ ) і направляють реагент у мета-положення:



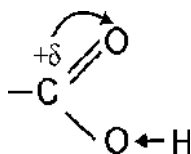
Замісник можна віднести до тієї чи іншої групи орієтантів за дещо формальними ознаками, беручи до уваги полярність зв'язків між атомами

замісника. Якщо на атомі замісника, який зв'язаний з Карбоном ароматичного циклу, в результаті полярності зв'язків виникає частковий негативний заряд ( $-\delta$ ), то такий замісник належить до I роду (*o*-, *n*-орієтант). Так, у групі  $-\text{CH}_3$  електронна густина зв'язків  $\text{C}-\text{H}$  деякою мірою зміщується до атома Карбону і на ньому виникає частковий негативний заряд:



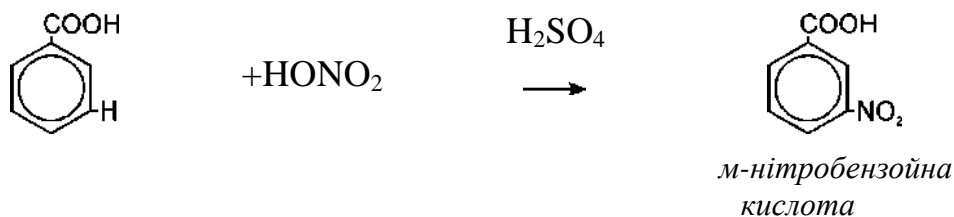
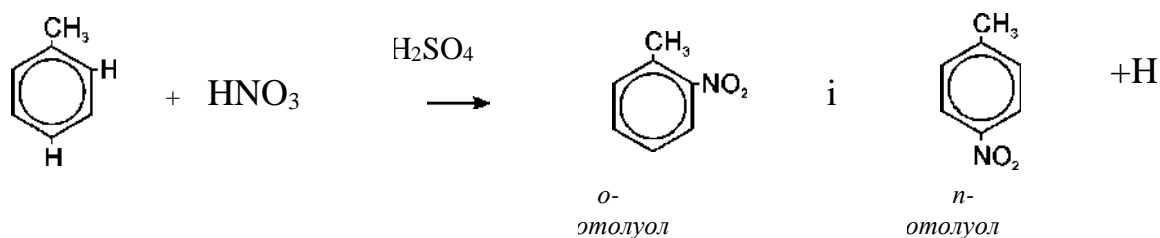
Таким чином, радикал метил належить до замісників I роду.

У випадку, коли на атомі замісника, зв'язаному з ароматичним ядром, виникає частковий позитивний заряд, то такий замісник належить до замісників II роду (*m*-орієтантів). Так, у групі  $-\text{COOH}$  за рахунок більшої електронегативності Оксигену електронна густина зміщується від Карбону до Оксигену і на атомі Карбону виникає заряд  $+\delta$ :

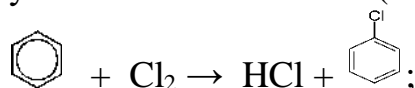


Таким чином, карбоксильна група є замісником II роду.

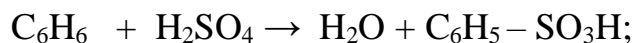
Приймаючи до уваги вплив замісників на хід реакції електрофільного заміщення, можна передбачити, що в реакції нітрування толуолу утворюються переважно *o*- і *n*-нітротолуол, а при нітруванні бензойної кислоти, *m*-нітробензойна кислота.



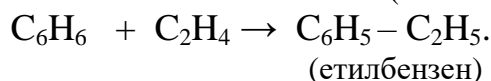
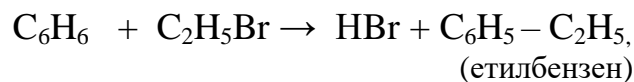
– галогенування у присутності кислот Льюїса ( $\text{AlCl}_3$  або  $\text{FeCl}_3$ ):



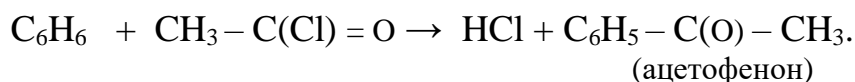
– сульфування. При дії на бензен концентрованої сульфатної кислоти відбувається його сульфування з утворенням бензенсульфонової кислоти:



– алкілювання. Реакція алкілювання бензену здійснюється алкілгалогенідами, алкенами та спиртами в присутності  $\text{AlCl}_3$  та  $\text{FeBr}_3$ :

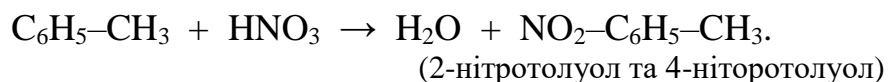
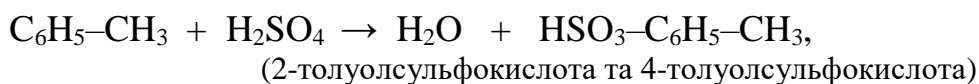
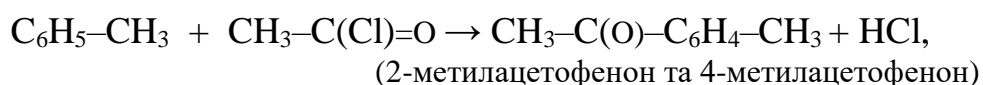
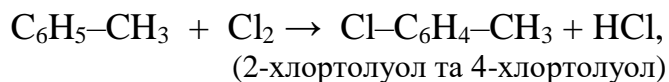


– ацилювання. Реакція ацилювання бензену здійснюється карбоновими кислотами, галогенангідридами та ангідридами кислот у присутності  $\text{AlCl}_3$  та  $\text{FeBr}_3$ :

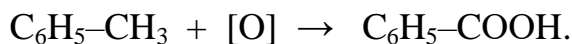


### *Хімічні властивості похідних бензену*

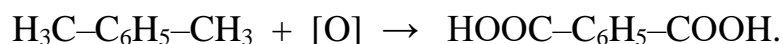
Толуол (метилбензен) містить орієнтан першого роду, що викликає заміщення атомів Гідрогену в *o*- та *p*-положеннях відносно метильного замісника та утворення суміші 2- та 4- заміщених продуктів.



Алкілбензени, на відміну від бензену, легко окиснюються сильними окисниками ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{O}_2$ ). При цьому, незалежно від довжини бічного карбонового ланцюга, завжди утворюється бензойна кислота:

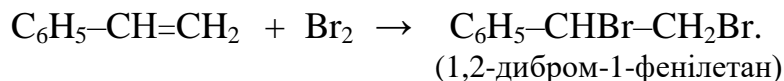
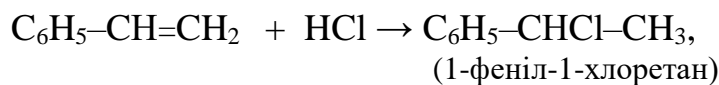
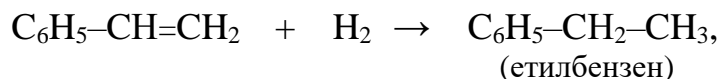


При окисненні діалкілбензенів утворюються бензенидикарбонові кислоти:

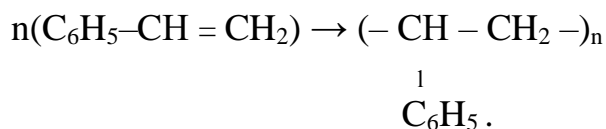


Стирол (вінілбензен) – арен, що має формулу  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$ .

Для стиrolу притаманні реакції приєднання, що супроводжуються розривом подвійного зв'язку у вінільному заміснику:



Полімеризація стиrolу приводить до утворення полістиrolу:



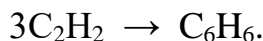
### *Методи отримання*

Бензен та його похідні отримують фракціонуванням нафти та кам'яного вугілля. Лабораторні методи отримання:

1. Декарбоксілювання натрій бензоата:

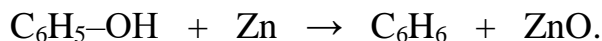


2. Реакція тримеризації ацетилену при нагріванні у присутності активованого вугілля:



Із заміщених ацетиленів отримують відповідні заміщені бензену.

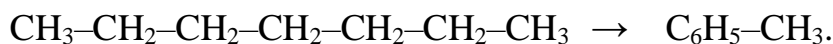
3. Перегонка фенолу з цинком:



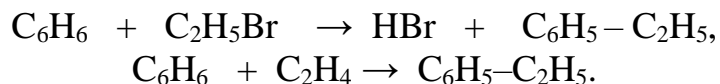
4. Дегідрування циклоалканів над нагрітою платиною:



5. Дегідроциклізація алканів над оксидними каталізаторами:



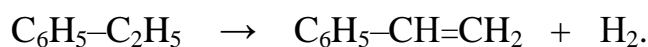
6. Алкілування бензену (реакція Фріделя-Крафтса) галогеноалканами, алкенами, спиртами призводить до утворення алкілбензенів. Реакції відбуваються у присутності кислот Льюїса:



7. Синтез Фіттіга–Вюрца:



8. Стирол у промисловості добувають дегідрогенізацією етилбензену над цинк оксидом при температурі 600 °С:



### Задачі з теми «Арени»

1. Написати структурні формули таких вуглеводнів:  
а) *m*-ксилен; б) етилбензен; в) ізопропілбензен;  
г) мезитилен; д) *o*-бутилтолуен.
2. Знайти помилку в назвах вуглеводнів:  
а) 1,3,4-триметилбензен; б) 1-етил-2,3-диметилбензен;  
в) 1-бутил-4-етил-3-метилбензен.
3. Написати структурні формули і назви ізомерів загального складу:  
а)  $\text{C}_8\text{H}_{10}$  (чотири ізомери); б)  $\text{C}_9\text{H}_{12}$  (вісім ізомерів).
4. Які арени утворюються при дії натрію на суміш: а) хлоробензену і етилхлориду; б) *n*-бромтолуену та ізопропілброміду? Назвіть їх.
5. Як можна одержати з бензену: а) пропілбензен; б) *n*-ксилен.
6. Які речовини утворюються при каталітичному гідруванні:  
а) толуену; б) стирену; в) фенілацетилену? Назвіть їх.
7. Написати рівняння реакції бензену з: а) нітратною кислотою; б) ізопропілохлоридом; в) сульфатною кислотою. Які умови проведення реакцій?
8. Які мононітросполуки утворюються в результаті реакції нітрування:  
а) хлоробензену; б) фенолу; в) бензойної кислоти?  
Які з цих вихідних речовин нітруються важче, ніж бензен, і чому?
9. Які речовини утворюються при сульфуванні:  
а) толуену; б) нітробензену; в) бензенсульфокислоти?  
Які з цих речовин реагують гірше ніж бензен і чому?
10. Як можна одержати з бензену:  
а) *m*-толуенсульфокислоту; б) *n*-нітрохлоробензен;  
в) *m*-нітрохлоробензен?
11. У яких умовах у толуені буде відбуватися реакція заміщення атомів Гідрогену в бензеновому циклі та боковому ланцюзі? Напишіть рівняння реакцій.

### Тести з теми «Арени»

**1. Вуглеводень належить до ароматичних, якщо для нього характерні такі особливості хімічної будови молекул:**

- а) плоский циклічний карбоновий скелет;
- б) замкнута спряжена система  $\pi$ -зв'язків;

в) кількість електронів, що утворюють  $\pi$ -спряжену систему, дорівнює  $4n+2$ ;

г) одночасно наявні усі перелічені ознаки.

**2. Яка кількість ізомерних аренів відповідає формулі  $C_8H_{10}$ :**

а) 2; б) 3; в) 4; г) 5?

**3. Радикалу фенілу відповідає формула:**

а)  $CH_3-CH_2-$ ; б)  $CH_2=CH-$ ; в)  $C_6H_5-$ ; г)  $C_6H_5-CH_2-$ .

**4. За допомогою якої реакції із бензену можна одержати толуен?**

а) алкілування; б) гідрування; в) нітрування; г) окиснення.

**5. За яких умов слід проводити реакцію бромовання ізопропілбензену для введення атома Галогену в ароматичне ядро:**

а)  $Br_2(H_2O)$ ; б)  $Br_2(AlBr_3)$ ; в)  $Br_2$ (УФ-опромінення); г)  $HBr$ ?

**6. Яка з наведених сполук характеризується найбільшою реакційною здатністю в реакціях електрофільного заміщення:**

а)  $C_6H_5OH$ ; б)  $C_6H_5NO_2$ ; в)  $C_6H_5COOH$ ; г)  $C_6H_5Cl$ ?

**7. Яка речовина утворюється внаслідок послідовної дії на бензен нітруючої суміші (конц.  $HNO_3 + H_2SO_4$ ) та хлору (каталізатор  $AlCl_3$ ):**

а) 1-нітро-3-хлоробензен; б) 1-нітро-2-хлоробензен;

в) 1-нітро-4-хлоробензен?

**8. Які речовини (X і Y) беруть участь у такому перетворенні:**



а) X : толуен; Y : *o*-нітротолуен; б) X : нітробензен; Y : *m*-нітротолуен;

в) X : бензойна кислота; Y : *m*-нітробензойна кислота;

г) X : толуен; Y : бензойна кислота?

**9. Продуктом окиснення пропілбензену кислим розчином  $KMnO_4$  є:**

а)  $C_6H_5COOH$ ; б)  $C_6H_5CH_2CH_2COOH$ ; в)  $C_6H_5CH_2COOH$ ; г)  $CO_2$  і  $H_2O$ ?

**10. Із якої речовини не можна в одну стадію одержати бензен:**

а) ацетилену; б) метилциклогексану;

в) гексану; г) натрій бензоату  $C_6H_5COONa$ ?

### Питання до теми «Арени»

1. Ароматичність, правило Хюккеля.  
2. Гомологічний ряд аренів. Ізомерія і номенклатура.  
3. Реакції електрофільного заміщення. Електрофільні реагенти. Роль каталізаторів.

4. Правила орієнтації в реакціях електрофільного заміщення. Електронно-донорні (I роду) та електронноакцепторні (II роду) замісники, їх спрямовувальна дія.

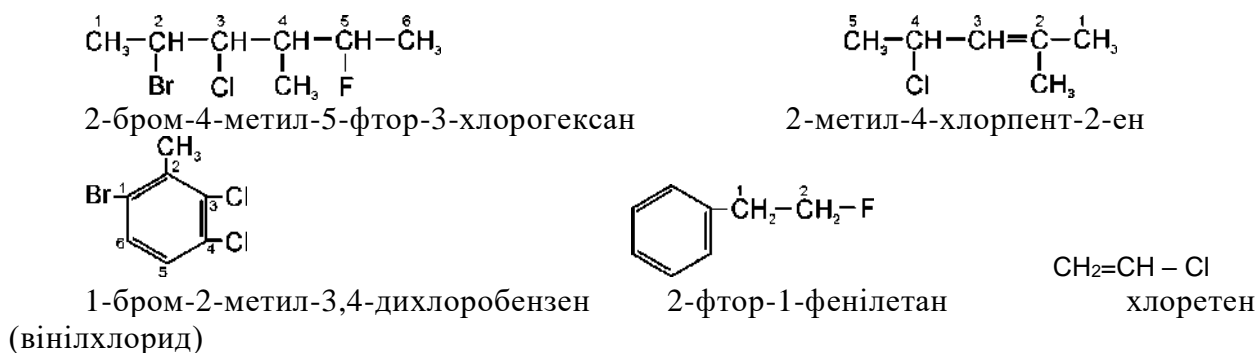
5. Реакції приєднання та окиснення.

## Тема 22. ГАЛОГЕНПОХІДНІ ВУГЛЕВОДНІВ

Галогенопохідні вуглеводнів – це продукти заміщення одного або декількох атомів Гідрогену в молекулах вуглеводнів на атоми галогену. Залежно від того, який галоген входить до складу сполуки, розрізняють флуор-, хлор-, бром- і йодпохідні.

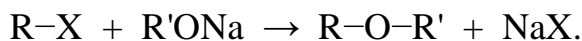
### Номенклатура галогенопохідних

Номенклатура галогенопохідних має ту особливість, що назви галогенів у назвах речовин указуються у вигляді: флуор-, хлор-, бром-, йод-. Радикали і галогени за старшинством однакові і якщо в молекулі немає старших груп (наприклад, у галогеналканах), то атоми Карбону нумерують таким чином, щоб порядок номерів, які отримують замісники, відповідав алфавітному порядку початкових літер їх назв. Якщо назви замісників починаються з однакової літери, то порівнюють наступні літери назв, наприклад:



### Хімічні властивості

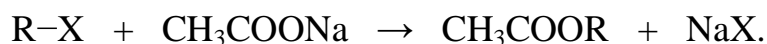
1. Отримання етерів (реакція Вільямсона):



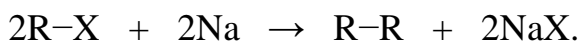
2. Дегідрогалогенування згідно з правилом Марковникова в присутності спиртового розчину луку:



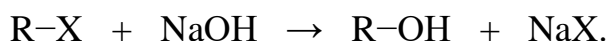
3. Взаємодія з солями органічних кислот з утворенням естерів:



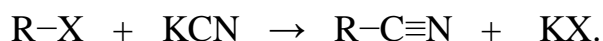
4. Синтез Вюрца:



5. Взаємодія з водним розчином лугів з отриманням спиртів:

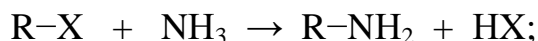


6. Взаємодія з калій ціанідом з отриманням нітрилу:

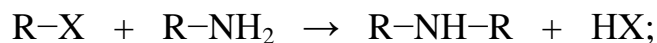


7. Взаємодія з амоніаком з утворенням амінів:

– первинних



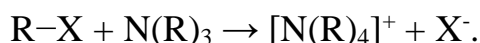
– вторинних



– третинних

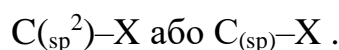


– четвертинних



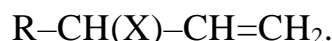
Для галогенопохідних, у молекулах яких є  $\pi$ -зв'язки, рухливість атома галогену залежить від його положення відносно  $\pi$ -зв'язку. Можна розглянути три основних варіанти:

I. Атом Галогену має зв'язок з Карбоном, що утворює  $\pi$ -зв'язок:



У цьому випадку атом Галогену стає менш рухливим, ніж у галогеналканах, оскільки його  $p$ -орбіталь перекривається з  $p$ -орбітальною атома Карбону, внаслідок чого виникає додатковий зв'язок між цими атомами, наприклад, для речовин  $Cl-CH=CH-CH_3$ ,  $C_6H_5-Cl$ .

II. Атом Галогену знаходиться біля сусіднього з  $\pi$ -зв'язком атомом Карбону ( $\alpha$ -карбоновий атом):



Як правило,  $\pi$ -зв'язок впливає на зв'язок  $C-X$  таким чином, що нуклеофільне заміщення стає більш легким, ніж для галогеналканів, тобто рухливість атома Галогену збільшується ( $CH_2=CH-CH_2-Cl$ ). Аналогічну дію має і потрійний зв'язок.

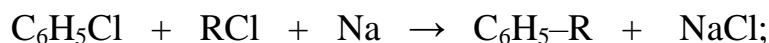
III. Атом галогену знаходиться біля інших атомів Карбону в ланцюгу.

У цьому випадку поведінка галогену в реакціях нуклеофільного заміщення мало чим відрізняється від аналогічних реакцій у галогеналканах.

Для галогенаренів притаманні два типи хімічних реакцій:

1. Реакція заміщення галогену:

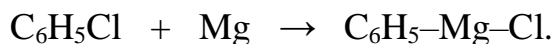
– реакція Фіттіга:



– отримання натрій феноляту:



– отримання магній органічних сполук:



2. Реакція заміщення Гідрогену у фенільному кільці:

Галогени є орієнтантами першого роду, тому заміщення відбувається в орто- та пара- положеннях.

– взаємодія з галогенами в присутності  $\text{AlCl}_3$  та  $\text{FeBr}_3$ :



– реакція ацилювання в присутності  $\text{AlCl}_3$ :



– реакція алкілювання в присутності  $\text{AlCl}_3$ :



– взаємодія з сульфатною кислотою:

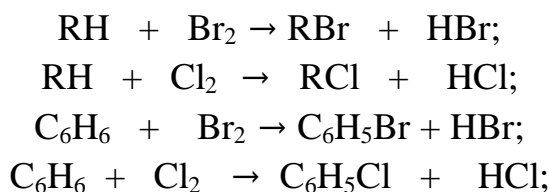


– взаємодія з нітратною кислотою:

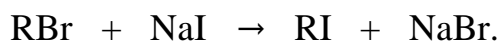


### *Методи отримання*

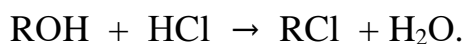
1. Галогенування алканів та бензену:



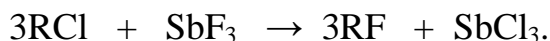
2. Взаємодія галогеналканів з натрій галогенідами:



3. Взаємодія спирту з галогеноводнем у присутності цинк хлориду:



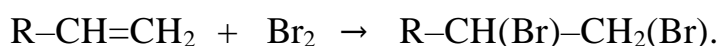
4. Флуоралкани отримують взаємодією хлоралканів з стибій (III) флуоридом у присутності стибій (V) хлориду:



5. Приєднання галогеноводню до алкену:



6. Дигалогенування алкенів:

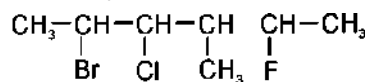


## Задачі з теми «Галогенопохідні вуглеводнів»

- Скласти структурні формули таких речовин:
  - 1-бром-2-метил-2-хлоропентан; б) 4-метил-1-хлорпент-1-ен;
  - 3-бромпент-4-ен-1-ин; г) 1-метил-2-хлороциклогексан;
  - бензилхлорид.
- Скільки ізомерних моноклоропохідних 3,3-диметилгексану? Назвіть їх.
- Написати структурні формули ізомерів складу:
  - $C_4H_9Br$ ; б)  $C_4H_7Br$ ; в)  $C_4H_5Br$ . Назвіть ці речовини.
- Як можна одержати третбутилхлорид з:
  - спирту; б) ненасиченого вуглеводню; в) алкану?
- З яких ненасичених вуглеводнів можна одержати:
  - 2-хлоробутан; б) 2-метил-2-хлор-2-метилбутан;
  - 2,3-дихлоробутан; г) 2,2-диметил-3,3-дихлоробутан?Написати рівняння відповідних реакцій.
- За допомогою яких реакцій і за яких умов можна здійснити такі перетворення:
  - етанол  $\rightarrow$  1,2-дихлоретан; б) етанол  $\rightarrow$  1,1-дихлоретан;
  - 4,4-диметилпент-1-ен  $\rightarrow$  2,2-диметил-3,4-дихлоропентан;
  - бензен  $\rightarrow$  трихлорбензен
  - бензен  $\rightarrow$  гексахлороциклогексан  $\rightarrow$  1,3,5-трихлоробензен.
- Розташувати в порядку збільшення рухливості Хлору в реакціях нуклеофільного заміщення такі речовини:
  - 3-хлоропропен; б) вінілхлорид; в) хлоридетан.
- Які сполуки утворюються в результаті гідролізу трьох продуктів послідовного хлорування толуену при опроміненні УФ-світлом?
- Написати схеми реакцій бромізобутану з:
  - воднем; б) спиртовим розчином натрій гідроксиду;
  - амоніаком; г) натрій метилатом.До яких класів належать речовини, що утворюються в результаті реакцій?

## Тести з теми «Галогенопохідні вуглеводнів»

1. Яка назва відповідає такому галогенопохідному:



- 2-бром-3-хлор-4-метил-5-фторогексан;
- 2-фтор-3-метил-4-хлор-5-бромогексан;
- 2-бром-4-метил-5-фтор-3-хлорогексан;
- 2-бром-5-фтор-3-хлор-4-метилгексан?

**2. Яка з галогенопохідних речовин має геометричні ізомери:**

- а) 1-хлоропропан; б) 1-хлоропропен;  
в) 2-хлоропропен; г) 3-хлоропропен?

**3. У молекулі якої речовини атом Хлору найбільш рухливий у реакціях нуклеофільного заміщення:**

- а) 1-хлоропропан; б) хлоробензен; в) 1-хлоропропен; г) 3-хлоропропен?

**4. Результатом взаємодії ізопропілброміду з натрієм є утворення ...**

- а) 2,3-диметилбутану; б) пропену; в) пропано-2-лу; г) пропіну?

**5. Дія спиртового розчину натрій гідроксиду на 1-бром-2-метилбутан приводить до утворення ...**

- а) алкєну; б) спирту;  
в) алкану з подвоєним числом атомів Карбону; г) етеру?

**6. Ізопропілбензен можна одержати взаємодією бензену з ...**

- а) пропаном; б) 1-хлоропропаном ( $\text{AlCl}_3$ );  
в) 2-хлоропропаном ( $\text{AlCl}_3$ ); г)  $\text{Cl}_2(\text{AlCl}_3)$ ?

**7. Бромобензен утворюється при дії на бензин ...**

- а) бромоводню; б)  $\text{Br}_2(\text{FeBr}_3)$ ; в)  $\text{Br}_2(h\nu)$ ; г) бромометану?

**8. 2-хлоробутан можна отримати дією хлороводню на ...**

- а) бутан; б) 2-бутин; в) 1-пропанол; г) 2-бутен?

### **Питання до теми «Галогенопохідні вуглеводнів»**

1. Особливість хімічної будови молекул галогенопохідних. Полярність зв'язків карбон — галоген. Індуктивний ефект.

2. Ізомерія і номенклатура галогенопохідних.

3. Реакції заміщення атома галогену. Реакції нуклеофільного заміщення. Порівняльна характеристика рухливості атома галогену в похідних алканів, ненасичених вуглеводнів, аренів.

4. Методи одержання галогенопохідних з вуглеводнів і спиртів. Добування галогенопохідних ароматичних вуглеводнів з галогеном в ароматичному циклі та в боковому ланцюзі.

## Тема 23. СПИРТИ, ФЕНОЛИ, ЕТЕРИ

*Спирти* – органічні сполуки, що містять одну чи декілька гідроксильних груп (–ОН), безпосередньо зв'язаних із атомом Карбону, що знаходиться у стані  $sp^3$ -гібридизації.

*Феноли* – органічні сполуки, молекули яких містять гідроксильну групу, що приєднана до бензенового кільця.

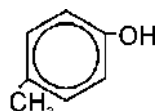
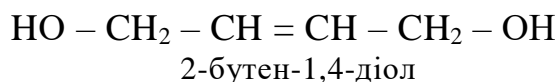
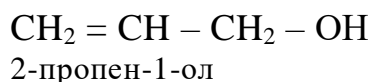
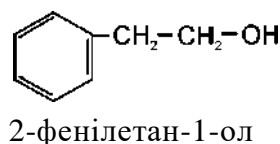
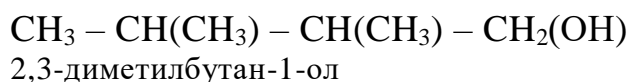
### Класифікація спиртів

1. За кількістю гідроксогруп:
  - одноатомні – молекула спирту містить одну гідроксогрупу,
  - двоатомні – молекула спирту містить дві гідроксогрупи,
  - багатоатомні – молекула спирту містить три та більше гідроксогруп.
2. За характером радикала:
  - насичені,
  - ненасичені,
  - ароматичні.
3. За типом атома Карбону, до якого приєднана гідроксильна група:
  - первинні,
  - вторинні,
  - третинні.

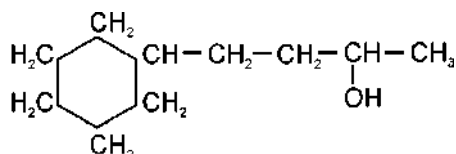
Спирти утворюють гомологічні ряди. Кожний наступний член цього ряду відрізняється від попереднього на гомологічну різницю  $-\text{CH}_2-$ . Загальна формула одноатомних насичених спиртів:  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$  або  $\text{R}-\text{OH}$ .

### Номенклатура спиртів

Для номенклатури спиртів характерним є те, що при нумерації атомів головного скелета атом Карбону, біля якого знаходиться гідроксильна група, повинен отримати найменший номер. Гідроксильна група, як старша, позначається в назві суфіксом *-ол*. У назвах фенолів гідроксильну групу позначають префіксом *гідрокси-* (іноді *окси-*). Наприклад:



*p*-метилфенол (*p*-кресол)



4-циклогексил-2-бутанол

Номенклатура багатоатомних спиртів майже не відрізняється від номенклатури одноатомних спиртів, крім одного додаткового правила, пов'язаного з більшою кількістю гідроксильних груп: перед суфіксом -ол, що означає гідроксильну групу, у назві спирту вказують кількість цих груп. Крім того, за традицією, двоатомні спирти також називають гліколями, наприклад:

HOCH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>OH етандіол (етиленгліколь)  
 HOCH<sub>2</sub>-CH(OH)-CH<sub>3</sub> пропан-1,2-діол  
 HOCH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>OH пропан-1,3-діол  
 HOCH<sub>2</sub>-CH(OH)-CH<sub>2</sub>OH пропантріол (гліцерол).

### *Ізомерія спиртів*

1. Ізомерія спиртів:

– структурна ізомерія пов'язана зі структурою карбонового ланцюга:

CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>OH                      CH<sub>3</sub>-CH(CH<sub>2</sub>)-CH<sub>2</sub>OH  
 бутан-1-ол    2-метилпропан-1-ол

– ізомерія положення гідроксогрупи:

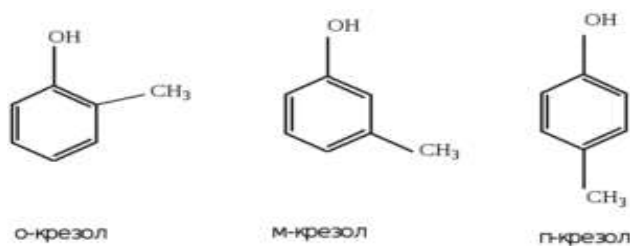
CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>OH                      CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH(OH)-CH<sub>3</sub>  
 бутан-1-ол    бутан-2-ол

– міжкласова ізомерія з етерами:

Наприклад, ізомерами бутан-1-олу та бутан-2-олу є діетиловий та метилпропіловий етери: C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>-O-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, CH<sub>3</sub>-O-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>.

2. Ізомерія фенолів:

– ізомерія положення замісників у ядрі (о-, м-, п- крезолі)

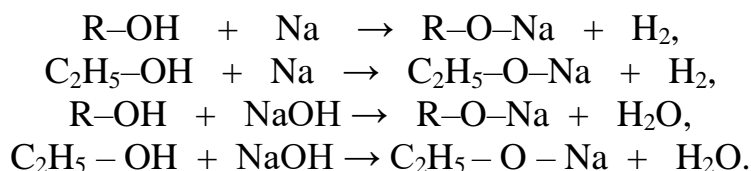


– міжкласова ізомерія з ароматичними спиртами. Так, крезолі ізомерні з етиленовим спиртом.

### *Хімічні властивості*

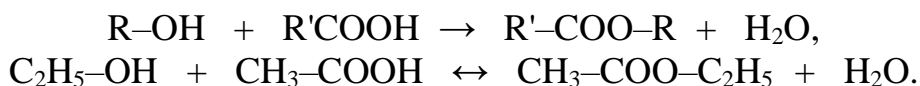
1. Реакції з розривом О-Н зв'язку.

– взаємодія з лугами та лужними металами з утворенням алкоголятів:

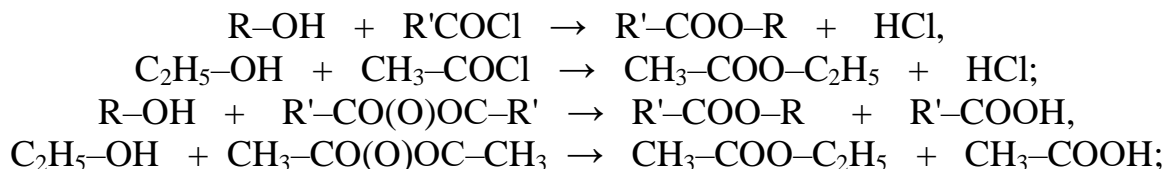


Алкоголяти натрію легко гідролізуються з утворенням спирту та натрій гідроксиду.

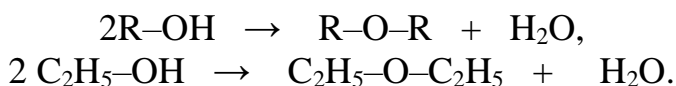
– реакція естерифікації – реакція утворення естерів. Каталізатором реакції є концентрована сульфатна кислота:



Реакція естерифікації обернена. За участі ангідридів та хлорангідридів кислот реакція естерифікації необернена:



– реакція етерифікації – процес утворення етерів у присутності сульфатної кислоти ( $t < 140^\circ C$ ):



2. Реакції з розривом R–OH зв'язку:

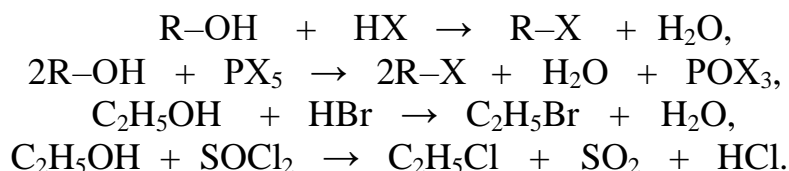
– реакція внутрішньомолекулярної дегідратації відбувається в присутності концентрованої сульфатної кислоти при  $t > 140^\circ C$ :



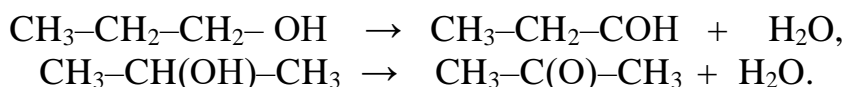
У випадку несиметричних спиртів дегідратація відбувається згідно з правилом Зайцева:



– реакція заміщення гідроксигрупи на галоген відбувається при взаємодії з HX або  $PX_5$ , де X – галоген. Найлегше відбувається заміщення гідроксигрупи біля третинного атома Карбону:

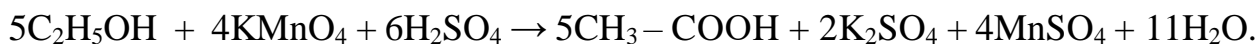


3. Спирти окиснюються під дією окисників:  $H_2CrO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7+H_2SO_4$ ,  $KMnO_4$ , Cu. У результаті окиснення первинних спиртів утворюються альдегіди, вторинних – кетони:

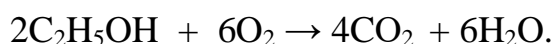


Третинні спирти більш стійкі до дії окисників. Вони окиснюються лише за жорстких умов (кисле середовище, підвищена температура), що призводить до руйнування карбонового скелета молекули й утворення суміші продуктів (карбонівих кислот і кетонів з меншою молекулярною масою).

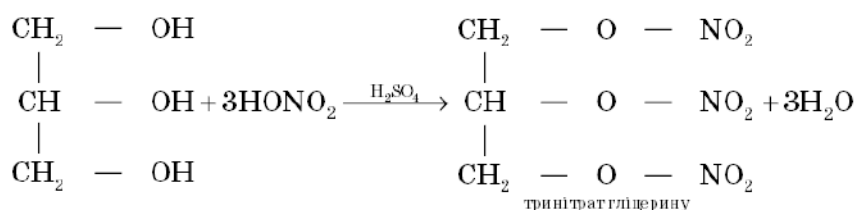
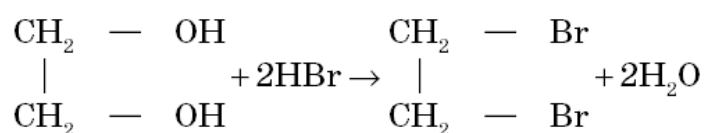
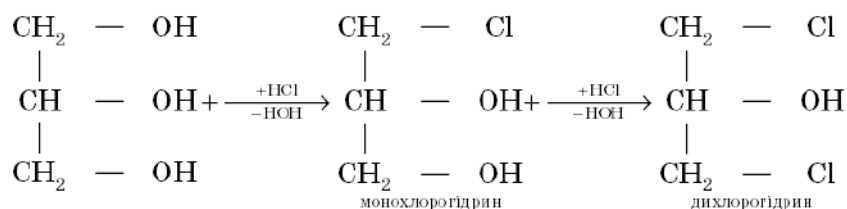
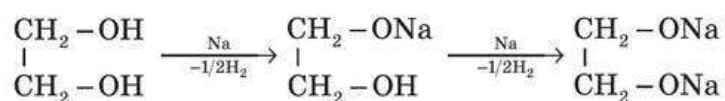
Альдегіди легко окиснюються до кислот, тому за реакцією окиснення первинних спиртів одержують відповідні кислоти:



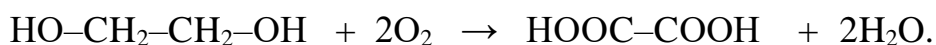
4. При повному окисненні спиртів утворюються вуглекислий газ та вода:



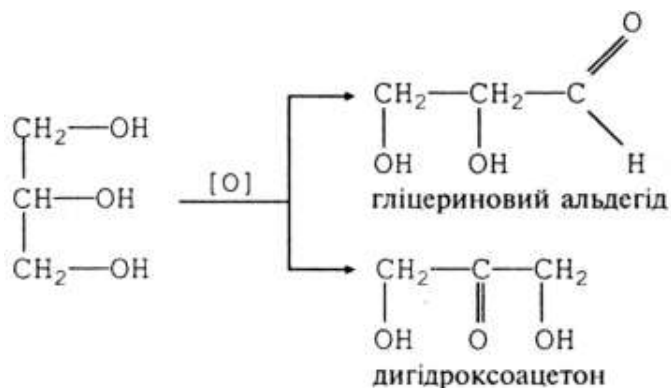
Хімічні властивості багатоатомних спиртів аналогічні властивостям одноатомних насичених спиртів і визначаються наявністю двох (трьох) гідроксогруп. У реакції можуть брати участь як одна, так і дві (три) групи  $-\text{OH}$ .



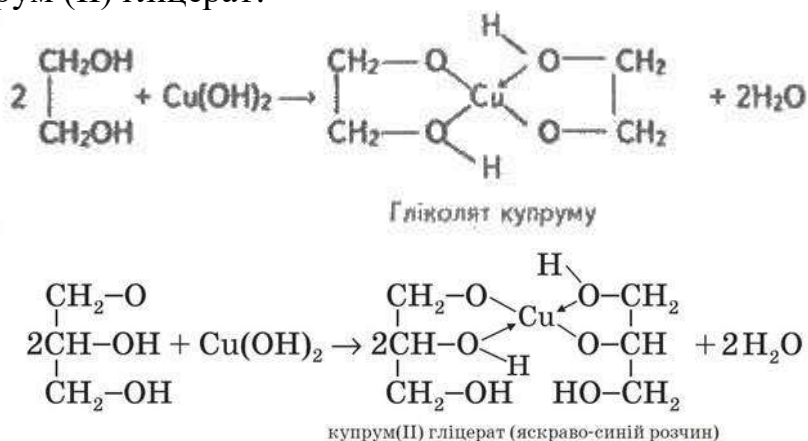
Окиснення етиленгліколю відбувається доволі легко за участю неорганічних окисників та приводить до утворення щавлевої кислоти:



Окиснення гліцерину приводить до утворення гліцеринового альдегіду та дигідроксоацетону:



На відміну від одноатомних спиртів етиленгліколь та гліцерин легко взаємодіють з купрум (II) гідроксидом, утворюючи яскраво-сині купрум (II) гліколят та купрум (II) гліцерат:



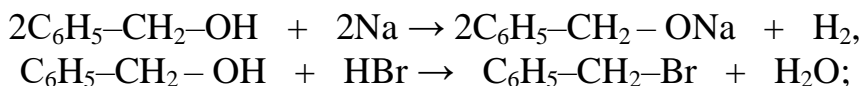
Купрум (II) гліколят та купрум (II) гліцерат – комплексні сполуки – стрілками вказано виникнення хімічних зв'язків за донорно-акцепторним механізмом.

### ***Хімічні властивості ароматичних спиртів***

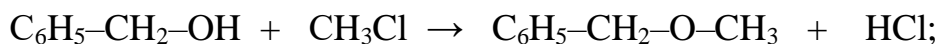
Хімічні властивості ароматичних спиртів обумовлені наявністю гідроксогрупи та бензенового кільця.

#### **1. Реакції гідроксогрупи.**

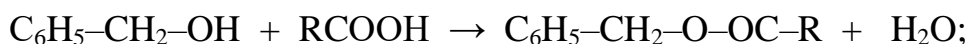
– так само, як і спирти мають і кислотні та основні властивості:



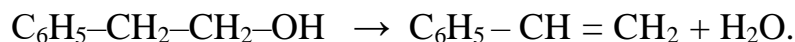
– взаємодія з галогеналканами з утворенням етерів:



– взаємодія з карбоновими кислотами з утворенням естерів:



– дегідратація у присутності концентрованої сульфатної кислоти:



2. При окисненні ароматичних спиртів відбувається руйнування карбонового ланцюга та утворення бензойної кислоти:



3. Реакції заміщення в бензеновому кільці.

При взаємодії з галогенами відбувається заміщення атомів Гідрогену в орто- та пара- поженнях з утворенням суміші продуктів реакції:

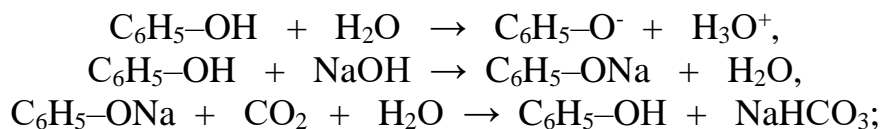


### 23.1. Феноли

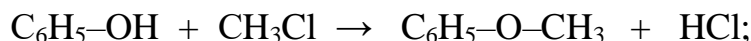
#### *Хімічні властивості фенолу*

1. Реакції гідроксогрупи.

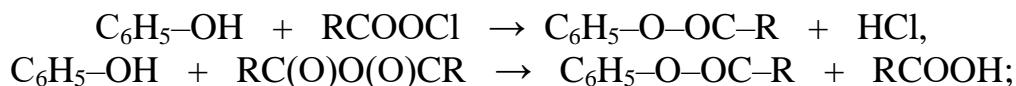
Фенол – слабка кислота, навіть у порівнянні з карбонатною кислотою:



– взаємодія з галогеналканами в лужному середовищі з утворенням етерів (створення лужного середовища необхідне для утворення фенолят-іонів, які є значно активнішими за фенол):



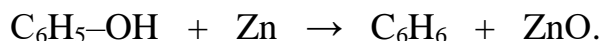
– взаємодія з галогенангідрідами або ангідридами карбонових кислот приводить до утворення естерів:



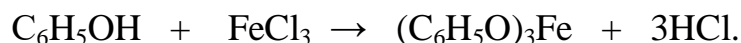
– при взаємодії з фосфор (V) хлоридом відбувається заміщення гідроксогрупи на атом Хлору:



– при взаємодії з металевим цинком відбувається відновлення фенолу до бензену:

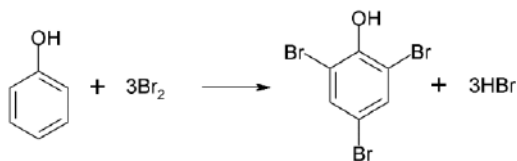


– взаємодіє з ферум (III) хлоридом з утворенням сполуки фіолетового кольору (якісна реакція на фенол):



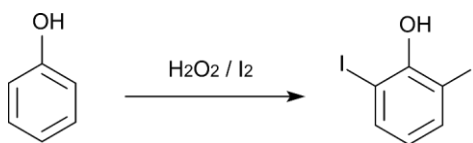
#### 4. Реакції заміщення в бензеновому кільці.

– гідроксогрупа є орієтантом першого роду. Фенол більш активний ніж бензен та взаємодіє з бромною водою без каталізаторів з утворенням 1,3,5 – трибромфенолу:

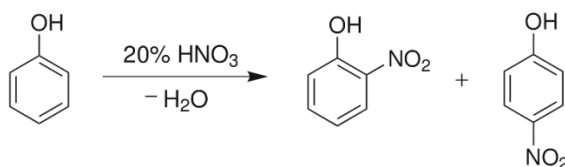


Взаємодія фенолу з хлором відбувається в присутності  $\text{CCl}_4$  з утворенням суміші о-хлорфенолу та п-хлорфенолу.

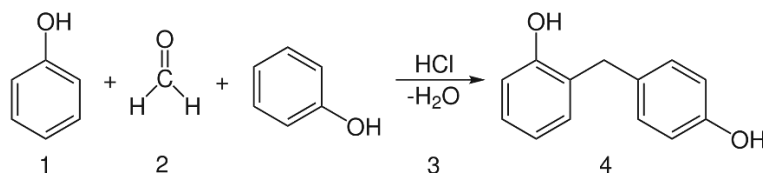
Введення у цикл Йоду можливе у присутності окисників на кшталт пероксиду водню або нітритної кислоти:



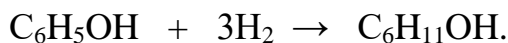
– взаємодія фенолу з концентрованою сульфатною кислотою приводить до утворення суміші о-сульфофенолу та п-сульфофенолу, а при взаємодії з 20 % нітратною кислотою утворюється суміш о-нітрофенолу та п-нітрофенолу:



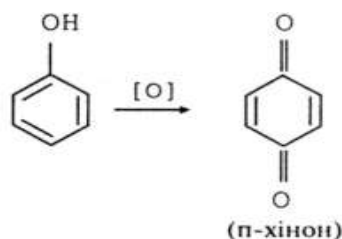
– сополімеризація із формальдегідом з утворенням фенолоформальдегідних смол:



– реакція гідрування в присутності нікелевого каталізатора з утворенням циклогексанолу:

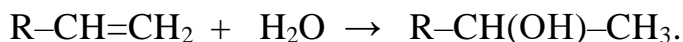


5. При окисненні фенолу розчином  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  у присутності  $\text{H}_2\text{SO}_4$  утворюється хінон:

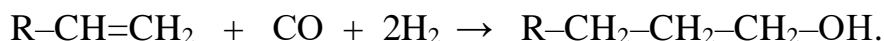


### **Методи отримання**

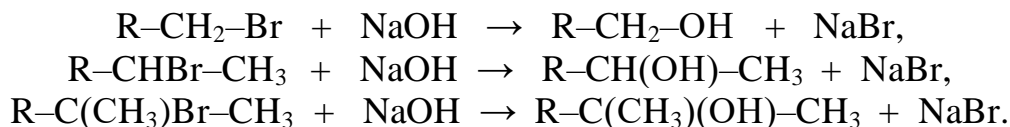
1. Гідратація алкенів у присутності фосфатної кислоти при  $t = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 70\text{ атм}$ :



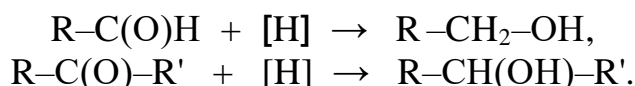
2. Гідроформілірування алкенів у присутності кобальтового каталізатора при  $t = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 20\text{ МПа}$ :



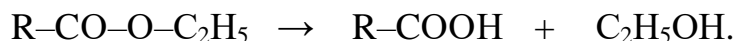
3. Взаємодія галогеналкану з лугом (отримують первинні, вторинні та третинні спирти):



4. При відновленні альдегідів у присутності нікелевого каталізатора отримують первинні спирти, при відновленні кетонів – вторинні:



5. Гідроліз естерів у присутності лугу або кислоти:



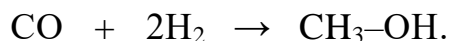
6. Відновлення кислот приводить до утворення первинних спиртів:



7. Етанол добувають спиртовим бродінням вуглеводів (глюкози, фруктози, крохмалю, хлібних злаків або целюлози) під дією природних ферментів (дріжджів):

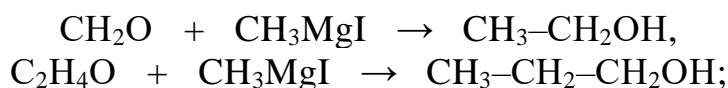


8. Метанол добувають, пропускаючи синтез-газ над змішаним цинк-хромовим каталізатором ( $\text{ZnO/Cr}_2\text{O}_3$ ):



9. Реакцією Гріньяра з альдегідів та кетонів отримують спирти:

– з метаналю та етаналю утворюються первинні спирти:



– всі інші альдегіди утворюють вторинні спирти:

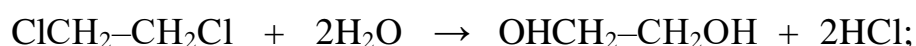


– кетони утворюють третинні спирти

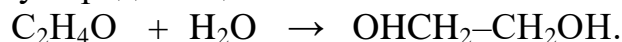


10. Етиленгліколь отримують:

– гідролізом дігалогенпохідних (атоми галогену повинні знаходитись біля різних атомів Карбону):

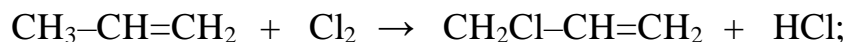


– гідролізом етилен оксиду при  $t = 200\text{ }^\circ\text{C}$  в присутності срібного каталізатора в кислому середовищі:



11. Гліцерин отримують з пропілену в три стадії:

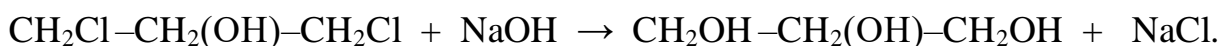
– хлорування пропілену при  $t = 200\text{ }^\circ\text{C}$ :



– утворення дихлоргідрину:

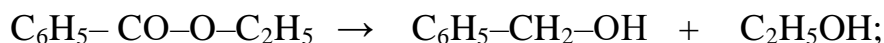


– взаємодія дихлоргідрину з водним розчином натрій гідроксиду з утворенням гліцерину:

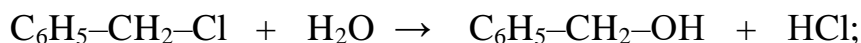


12. Отримання ароматичних спиртів:

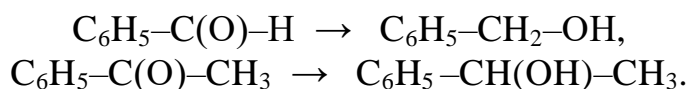
– відновлення естерів у присутності  $\text{LiAlH}_4$ :



– гідроліз галогенідів алкілбензенів у присутності лугів:

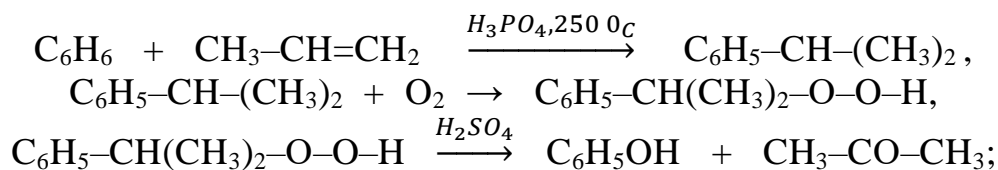


– відновлення ароматичних альдегідів та кетонів у присутності  $\text{NaBH}_4$ :



### 13. Отримання фенолу:

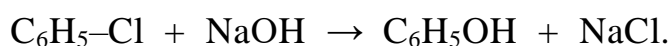
– кумоловий спосіб:



– взаємодія сульфобензену з лугом при  $t = 300\text{ }^\circ\text{C}$ :



– взаємодія хлорбензену з лугом при  $t = 200\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $P = 2\text{ МПа}$ :

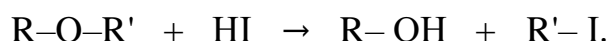


## 23.2. Етери

*Етери* – органічні речовини, молекули яких складаються з двох вуглеводневих радикалів, сполучених між собою атомом Оксигену, загальна формула  $\text{R-O-R}'$ .

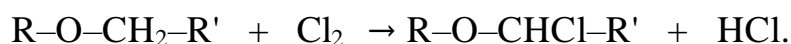
### *Хімічні властивості етерів*

1. Взаємодія з йодидною кислотою з утворенням йодидів відповідних алканів:

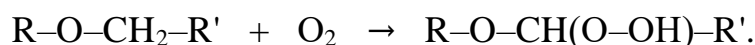


Взаємодія з хлоридною та бромідною кислотами відбувається важче.

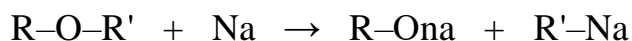
2. При взаємодії з галогенами утворюють галогенпохідні етерів:



3. Окиснення етерів відбувається під дією ультрафіолетового випромінювання з утворенням пероксидів:



4. Взаємодіють з лужними металами з утворенням алкоголятів та металорганічних сполук:

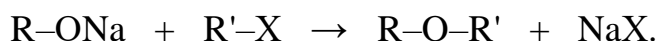


### *Методи отримання етерів*

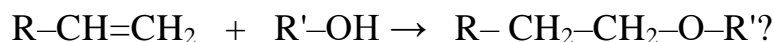
1. Міжмолекулярна дегідратація спиртів у присутності сульфатної кислоти при  $t < 140\text{ }^\circ\text{C}$ . Реакцію використовують для отримання симетричних етерів:



2. Взаємодія алкоголятів з галогенпохідними вуглеводнів (реакція Вільямсона). Реакцію використовують для отримання несиметричних етерів:



3. Реакцією спиртів з алкенами:



### Задачі з теми «Спирти, феноли, етери»

1. Написати структурні формули таких сполук:  
а) 3,5-диметил-3-гексанол; б) 2-феніл-2-бутанол;  
в) бензиловий спирт; г) *m*-крезол; д) *n*-бромфенол; е) резорцин.
2. Скласти структурні формули етерів (простих ефірів):  
а) діетилового; б) етилізопропілового; в) дифенілового;  
г) метилфенілового.
3. Скласти формули усіх ізомерних спиртів складу  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$  (8 ізомерів). Які з них є первинними, вторинними або третинними спиртами.
4. Написати структурні формули ненасичених спиртів складу  $\text{C}_4\text{H}_7\text{OH}$  і назвати їх. Які з них не можуть бути виділені у вільному стані? Для таких структур напишіть схему ізомеризації в карбонільну сполуку.
5. Які речовини утворюються в результаті гідролізу:  
а) ізопропілброміду; б) 1,2-дихлоропропану; в) бензилхлориду;  
г) *n*-хлоротолуену? Укажіть умови реакцій.
6. Як з пропену можна одержати в одну стадію:  
а) одноатомний спирт; б) гліколь?
7. Які речовини утворюються в результаті відновлення таких сполук:  
а)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CHO}$ ; б)  $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ ; в)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CO-CH}_3$ ?
8. Написати рівняння реакцій 2-пропанолу з:  
а) натрієм; б) фосфатною кислотою;  
в) оцтовою кислотою (у присутності сульфатної кислоти).
9. Написати схеми реакцій бензилового спирту з:  
а) бромоводнем; б) нітратною кислотою;  
в) концентрованою сульфатною кислотою.
10. Які продукти утворюються у разі окиснення спиртів:  
а) 2-пропанолу; б) 1,2-бутандіолу; в) 2-метил-2-бутанолу?

## Тести з теми «Спирти, феноли, етери»

- 1. Які з наведених речовин не належать до гідроксильних похідних:**  
а)  $\text{CH}_3\text{OH}$ ; б)  $\text{CH}_3\text{-C}_6\text{H}_4\text{-OH}$ ; в)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{OH}$ ; г)  $\text{CH}_3\text{CHO}$ ?
- 2. Які з наведених спиртів не можна виділити у вільному стані:**  
а)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ ; б)  $\text{CH}_2=\text{CH-OH}$ ; в)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-OH}$ ; г)  $\text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$ ?
- 3. Скільки ізомерних фенолів мають молекулярну формулу  $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ :**  
а) два; б) три; в) чотири; г) п'ять?
- 4. До вторинних спиртів належить:**  
а) 1-пропанол; б) етандіол; в) 2-бутанол; г) 2-метил-2-бутанол.
- 5. У результаті внутрішньомолекулярної дегідратації 3-метил-2-бутанолу утворюється ...**  
а) 2-метил-2-бутан; б) ди(3-метилбутил-)овий етер;  
в) 3-метил-1-бутен; г) 3-метил-2-бутанон?
- 6. З якими з названих речовин спирти реагують, а феноли – ні:**  
а) Na; б) NaOH; в) HCl; г)  $\text{Br}_2(\text{H}_2\text{O})$ ?
- 7. За допомогою якого реагенту можна якісно визначити гліцерин (пропантріол):**  
а) Na; б)  $\text{FeCl}_3$ ; в)  $\text{Br}_2(\text{H}_2\text{O})$ ; г)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  ?
- 8. За допомогою якого реагенту можна якісно визначити *n*-крезол:**  
а) Na; б)  $\text{FeCl}_3$  ; в)  $\text{Br}_2(\text{H}_2\text{O})$ ; г)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  ?
- 9. Етери утворюється зі спиртів унаслідок....**  
а) міжмолекулярних дегідратації; б) окиснення;  
в) внутрішньомолекулярної дегідратації; г) реакції солеутворення?
- 10. Яка речовина окиснюється до альдегіду:**  
а) 2-пропанол; б) 2-метил-3-пентанол;  
в) 2-метил-1-бутанол; г) 2-бутанол?
- 11. Кислотні властивості найбільше виражені у ...**  
а) 2-пропанолу; б) етандіолу; в) фенолу; г) *n*-крезолу?
- 12. Дія  $\text{PCl}_5$  на гідроксипохідні вуглеводнів призводить до утворення ...**  
а) алканів; б) хлоропохідних; в) кетонів; г) хлорангідридів?
- 13. 2-бутанол утворюється внаслідок дії на 2-хлоробутан ...**  
а) Na; б) NaOH ( $\text{H}_2\text{O}$ ); в)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.); г) NaOH (спирт. розчину)?
- 14. Унаслідок відновлення кетонів утворюються ... спирти:**  
а) первинні; б) вторинні; в) третинні; г) ароматичні?

### Питання до теми «Спирти, феноли, етери»

1. Визначення та класифікація спиртів і фенолів.
2. Будова спиртів. Характер зв'язків C—O і O—H.
3. Гомологічні ряди, ізомерія, номенклатура. Первинні, вторинні, третинні спирти.
4. Асоціація і водневі зв'язки, їхній вплив на фізичні властивості спиртів.
5. Хімічні властивості спиртів. Кислі й основні властивості. Реакції заміщення: а) атома гідрогену в гідроксилі; б) гідроксилу. Дегідратація: внутрішньо- і міжмолекулярна. Окиснення спиртів.
6. Ненасичені спирти. Аліловий спирт: реакції за гідроксилем і подвійним зв'язком.
7. Багатоатомні спирти. Залежність фізичних властивостей спиртів від кількості гідроксильних груп у молекулі. Хімічні властивості: взаємний вплив сусідніх гідроксильних груп, якісна реакція.
8. Феноли. Взаємний вплив гідроксильної групи і ароматичного циклу. Особливості хімічних властивостей фенолів. Реакції фенолів по гідроксильній групі і ароматичному циклу. Кислотність фенолів. Якісні реакції на феноли.
9. Методи добування спиртів і фенолів.

## Тема 24. АМІНИ

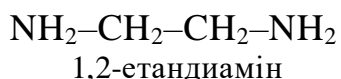
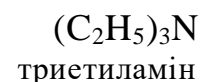
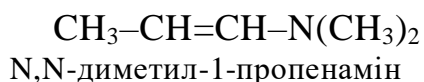
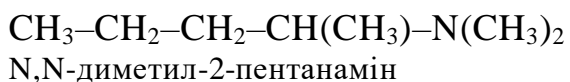
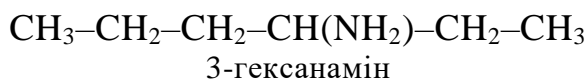
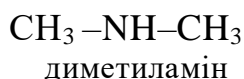
*Аміни* – нітрогеновмісні органічні сполуки, похідні амоніаку, в якому щонайменш один атом Гідрогену заміщений аліфатичним або ароматичним радикалом.

### *Класифікація амінів*

1. Залежно від кількості карбонових радикалів:
  - первинні аміни – аміни, які містять один вуглеводневий радикал (загальна формула  $RNH_2$ );
  - вторинні аміни – аміни, які містять два вуглеводневих радикали (загальна формула  $R_2NH$  або  $R'NHR$ );
  - третинні аміни – аміни, які містять три вуглеводневих радикали (загальна формула  $R_3N$  або  $R'N R''R$ );
  - четвертинні аміни – аміни, які містять чотири замісника біля атома Карбону (загальна формула  $R_4N^+$  або  $(R''')(R'')(R')(R)N^+$ ).
2. Залежно від природи радикалів:
  - аліфатичні;
  - ароматичні;
  - гетероциклічні.

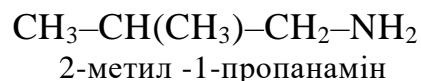
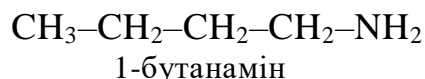
### *Номенклатура амінів*

Назви амінів зазвичай утворюють переліком назв радикалів, які зв'язані з Нітрогеном аміногрупи, з додаванням закінчення **-амін**. Якщо до складу молекули аміну входять складні радикали, то за основу назви беруть назву вуглеводня, від якого походить найдовший з них, і безпосередньо зв'язаний з атомом Нітрогену аміногрупи. Інші радикали позначаються в назві префіксами: N-алкіл для  $-NHR$  і N,N-діалкіл для  $-NR_2$  груп. Положення аміно- або алкіламіно-груп у назві показує цифра, що відповідає номеру відповідного атома Карбону головного ланцюга. У випадку наявності в молекулі органічної сполуки крім аміногруп також старших груп (гідроксильної, карбоксильної тощо) назву аміногруп (**аміно-**) ставлять попереду назви головного ланцюга. Наприклад:

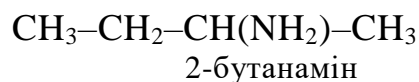
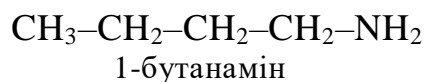


## Ізомерія амінів

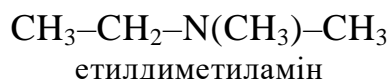
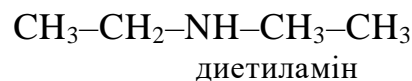
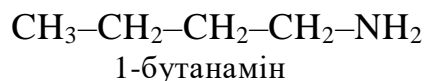
1. Структурна ізомерія:



2. Ізомерія положення аміногрупи:

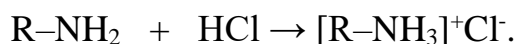


3. Міжвидова (первинні, вторинні, третинні):

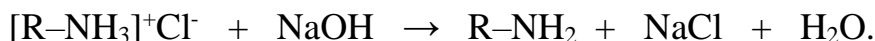


## Хімічні властивості аліфатичних амінів

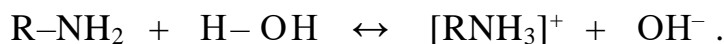
1. Аміни мають основні властивості, що пов'язано з наявністю у атома Нітрогену неподіленої електронної пари. При взаємодії з кислотами вони утворюють солі амонію:



Солі амонію легко руйнуються при взаємодії з розчином лугу:



Основність амінів характеризується здатністю утворювати хімічні зв'язки за донорно-акцепторним механізмом за участю електронної пари Нітрогену та вільних орбіталей атомів катіону Гідрогену та кислот Льюїса:



Протоновані аміни  $[\text{RNH}_3]^+$  можна записати у вигляді  $\text{BH}^+$ . Для оцінки основності використовують константи зворотнього процесу – константи дисоціації амонійних іонів  $\text{BH}^+$ :



Значення констант рівноваги можна представити у вигляді –  $\text{p}K_{\text{BH}^+} = -\lg K_{\text{BH}^+}$ . Таким чином, чим більше значення має  $\text{p}K_{\text{BH}^+}$ , тим менший процес дисоціації для іонів  $\text{BH}^+$ , амін більш сильно взаємодіє з йоном  $\text{H}^+$  і є більш сильною основою.

Основність буде тим сильніша, чим більша електронна густина на атомі Нітрогену аміногрупи, що виникає унаслідок електронних ефектів у молекулах амінів. У ряду  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{NH}$  збільшуються

основність за рахунок позитивного індукційного ефекту (+I) метильних груп, що підтверджується значеннями  $pK_{\text{BH}^+}$ :

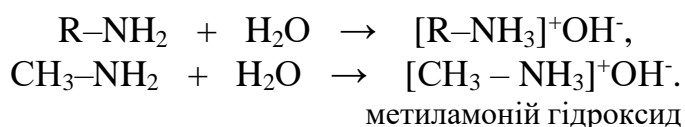
Сполука:	$\text{NH}_3$	$\text{CH}_3\text{NH}_2$	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$
$pK_{\text{BH}^+}$ :	9,25	10,6	10,7

Аміни, в молекулах яких Нітроген аміногрупи зв'язаний з атомом Карбону у стані *sp*-гібридизації (ненасичені і ароматичні аміни), мають слабші основні властивості в порівнянні з аліфатичними амінами. Це пояснюється ефектом спряження неподіленої пари електронів Нітрогену з  $\pi$ -електронами радикала, що зменшує електронну густину на Нітрогені та зменшує його здатність приєднувати протон. Особливо помітним ефект спряження стає в ароматичних амінах, які з цієї причини є слабкими основами:

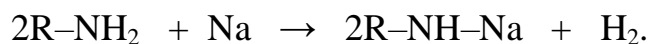
Сполука:	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH}_2$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-N}(\text{CH}_3)_2$	$\text{NO}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-NH}_2$
$pK_{\text{BH}^+}$ :	4,6	5,1	1,0

Як свідчать значення  $pK_{\text{BH}^+}$ , основність N,N-диметиланіліну більша, ніж в аніліні, що пояснюється появою двох електронодонорних метильних груп біля Нітрогену аміногрупи. При введенні в ароматичний цикл електроноакцепторної нітрогрупи основність *n*-нітроаніліну сильно зменшується в порівнянні з аніліном.

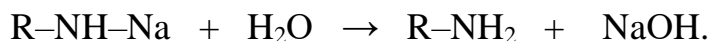
2. Взаємодіють з водою утворюючи відповідні гідроксиди:



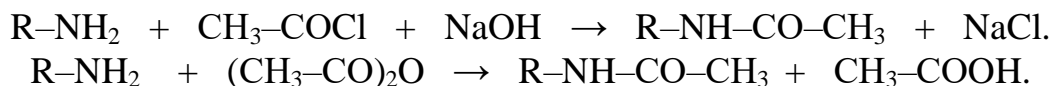
3. Слабокислотні властивості амінів проявляються у взаємодії з лужними металами з утворенням алкіламідів:



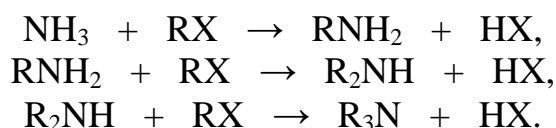
Алкіламіді легко гідролізуються:



4. Первинні та вторинні аміни вступають у реакцію ацилювання з хлорангідридами та ангідридами кислот:

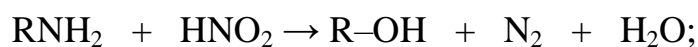


5. Аміни вступають у реакцію алкілювання з галогенвуглеводнем, за виключенням ароматичних галогенідів:

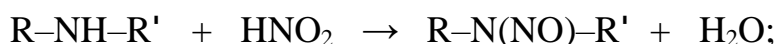


6. Взаємодія з нітритною кислотою:

– первинні аміни утворюють відповідні спирти:



– вторинні аміни утворюють нітрозаміни:



– третинні аміни з нітритною кислотою не реагують.

7. Аміни, на відміну від амоніаку, горять на повітрі:



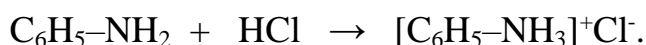
*Ароматичні аміни* – це похідні вуглеводнів, у яких атом (атоми) Гідрогену заміщені на аміногрупу. Ароматичні аміни можна розглядати також як похідні амоніаку, в якому атоми Гідрогену (один, два або всі три) заміщені на ароматичні радикали. Найпростіший представник ароматичних амінів – анілін ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ).

### ***Хімічні властивості ароматичних амінів***

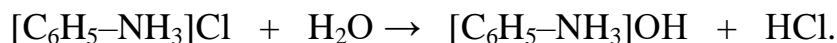
1. Реакції аміногрупи:

Ароматичні аміни – більш слабкі основи, ніж амоніак і аліфатичні аміни. Розчин аніліну не змінює забарвлення індикаторів.

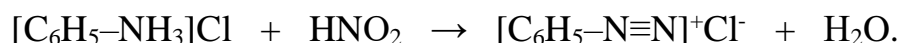
– як і аліфатичні аміни анілін взаємодіє з кислотами утворюючи солі:



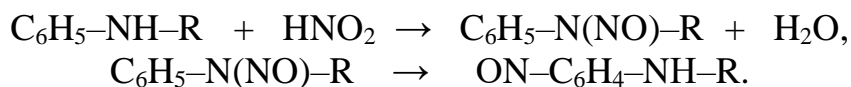
Солі ароматичних амінів легко гідролізують у воді – їх водні розчини мають кислу реакцію:



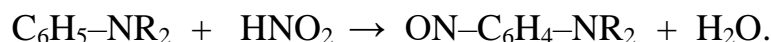
– ароматичні аміни також по-різному реагують з нітритною кислотою залежно від порядку аміну. Первинні ароматичні аміни у кислому середовищі утворюють діазосполуки. Так при взаємодії солей аніліну з нітритною кислотою утворюється катіон фенілдіазонію:



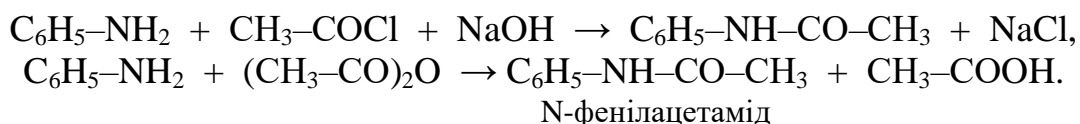
Вторинні ароматичні аміни так само, як і аліфатичні, утворюють нітрузоаміни. При нагріванні нітрузогрупа вступає в реакцію перегрупування, внаслідок чого утворюються *n*-нітрузоалкіл (або арил) аніліни:



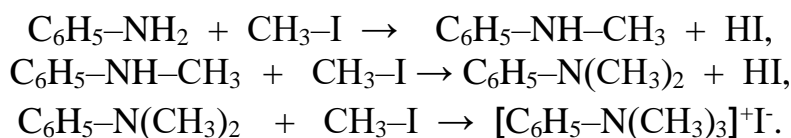
Третинні ароматичні аміни утворюють *n*- (або *o*-, якщо *n*-положення зайняте) нітрозопохідні:



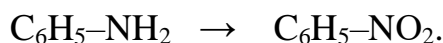
– вступають у реакцію ацилювання з хлорангідрідами та ангідрідами кислот:



– анілін вступає в реакцію алкілювання з галогенвуглеводнем, за виключенням ароматичних галогенідів:

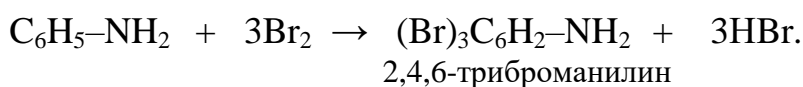


– аміногрупа аніліну може бути окиснена до нітрогрупи в присутності перекису водню, калій перманганату, хром (VI) оксид:



## 2. Реакції за участю бензенового ядра.

Оскільки аміногрупа є електронодонорним замісником на бензеновому кільці, анілін є дуже реакційно здатною сполукою в реакціях електрофільного ароматичного заміщення (орієтант першого роду).

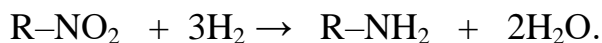


При взаємодії аніліну з концентрованою сульфатною кислотою при  $t = 180^\circ\text{C}$  утворюється 4-амінобензенсульфокислота:



### *Методи отримання амінів*

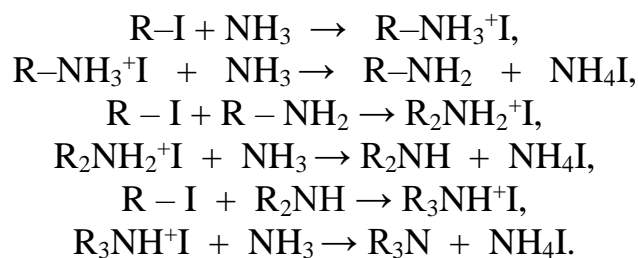
1. Відновлення нітроалканів у присутності нікелевого каталізатора:



2. Відновлення нітрилів у присутності каталізаторів: Ni, Pt, Pd:

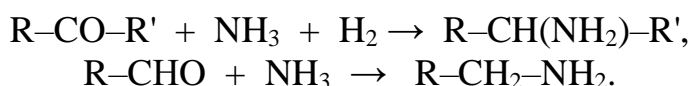


3. Взаємодія галогеноалканів з амоніаком (аміноліз):

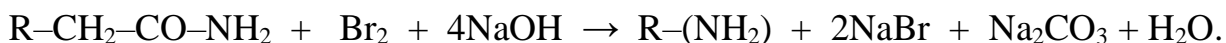


Суміш амінів різної будови розділяють, використовуючи різну реакційну здатність первинних, вторинних амінів.

4. Приєднання амоніаку до альдегідів та кетонів в присутності нікель-хромового каталізатора:



5. Взаємодія амідів з бромом в присутності концентрованого розчину луку:

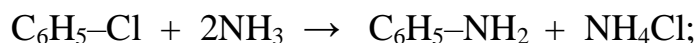


6. Отримання ароматичних амінів:

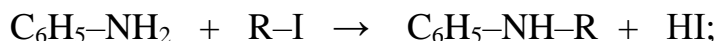
– реакція відновлення ароматичних нітросполук в ароматичні аміни (реакція Зініна). Цю реакцію М.М. Зінін відкрив у 1842 р., використавши амоній сульфід як відновник:



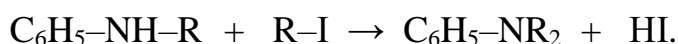
з галогенопохідних ароматичних вуглеводнів і амоніаку. Реакцію проводять з надлишком амоніаку під тиском і за наявності мідного каталізатора:



– вторинні ароматичні аміни одержують алкілуванням або арилуванням первинних ароматичних амінів:



– третинні ароматичні аміни одержують, як правило, алкілуванням або арилуванням вторинних ароматичних амінів:



### Задачі з теми «Аміни»

- Скласти структурні формули сполук:
  - третбутиламіну; б) тетраметиламоній хлориду;
  - 3-аміноциклогексанолу; г) моноетаноламіну;
  - диметиламоній гідрогенсульфату.
- Написати структурні формули таких сполук:
  - аніліній сульфату; б) *n*-аміно-*N,N*-діетиланіліну;
  - N,N*-диметил-*n*-толуїдину; г) бензилметиламіну.
- Написати структурні формули усіх ізомерних амінів складу:
  - $C_3H_9N$  (чотири ізомери); б)  $C_4H_{11}N$  (вісім ізомерів).Назвіть їх і вкажіть, які з них первинні, вторинні і третинні.
- Скласти структурні формули і назвати ароматичні й аліфатично-ароматичні аміни складу  $C_7H_9N$  (чотири ізомери).
- Які аміни утворюються при відновленні:
  - 2-нітробутану; б) *n*-нітротолуєну; в) *o*-нітробензойної кислоти;
  - $CH_3CH_2CN$ ; д)  $C_6H_5-CN$ ? Назвати ці аміни.
- Як можна за допомогою реакції Гофмана одержати такі аміни:
  - пропіламін; б) діетиламін; в) дибензиламін?
- Розташувати наведені нижче аміни в ряд відповідно до збільшення їх основності: *n*-толуїдин; *n*-нітроанілін; анілін; диметиламін; метиламін. Водні розчини яких з цих амінів будуть мати лужну реакцію? Написати схеми реакцій.
- Як реагують з азотистою (нітритною) кислотою такі аміни:
  - діетиламін; б) триетиламін; в) ізопропіламін; г) *n*-толуїдин?
- Напишіть формули амінів складу  $C_4H_{11}N$ , які при взаємодії з нітритною кислотою утворюють спирт з виділенням азоту.
- Один з амінів загального складу  $C_3H_9N$  у реакції алкілування може взаємодіяти тільки з 1 моль хлористого етилу, а його ізомер – з двома молями. Напишіть структурні формули цих ізомерів.

### Тести з теми «Аміни»

- Який з наведених амінів є вторинним:**
  - ізопропіламін; б) третбутилдиметиламін;
  - діетиламін; г) *N,N* – диметиланілін?
- Скільки існує ароматичних амінів складу  $C_7H_9N$ :**
  - два; б) три; в) чотири; г) п'ять?
- Який колір має лакмусовий папірець у водних розчинах : метиламіну; метиламоній хлориду:**
  - синій і червоний; б) червоний і синій;
  - синій і синій; г) червоний і червоний?
- У якого із наведених амінів найменше виявлені основні властивості:**
  - пропіламіну; б) триетиламіну; в) аніліну; г) дифеніламіну?

**5. Етиламоній гідрогенсульфат утворюється внаслідок взаємодії з сульфатною кислотою ...**

- а) етиламіну;                      б) диметиламіну;  
в) етилметиламіну;              г) аніліну?

**6. Первинні аліфатичні аміни можна відрізнити від вторинних за допомогою реакції:**

- а) «срібного дзеркала»;      б) з бромною водою;  
в) з нітритною кислотою;    г) з сульфатною кислотою?

**7. Стійкі діазосполуки утворюються при взаємодії з азотистою кислотою ...**

- а) метиламіну;                      б) диметиламіну;  
в) N-метиланіліну;                г) *n*-аміноаніліну?

**8. Алкілування амінів відбувається внаслідок дії на них ...**

- а) галогеналканів;                б) галогенацилів;  
в) ацетатної кислоти;              г) нітритної кислоти?

**9. Який амін утворюється при повному відновленні 2- нітробутану:**

- а) вторбутиламін;                б) бутиламін;  
в) третбутиламін;                г) ізобутиламін?

**10. Реакція відновлення нітробензену до аніліну називається реакцією:**

- а) Кучерова;                      б) Вагнера;  
в) Зініна;                          г) Гофмана?

**11. Яка речовина X бере участь у такому перетворенні:**

**етилбромід → X → пропіламід:**

- а) пропан;                          б) калій ціанід;  
в) ацетонітрил;                      г) нітроетан?

### **Питання до теми «Аміни»**

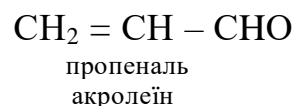
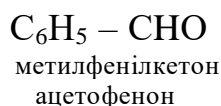
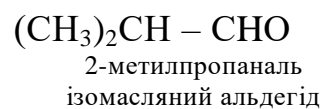
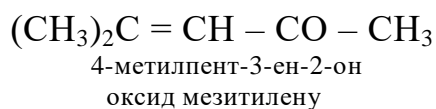
1. Назвати особливості ізомерії і номенклатури амінів.
2. Дати визначення основності амінів.
3. Назвати хімічні властивості амінів.
4. Назвати методи одержання амінів (реакції алкілування аміаку й амінів; відновлення нітросполук, нітрилів, амідів, оксидів).

## Тема 25. КАРБОНІЛЬНІ СПОЛУКИ (АЛЬДЕГІДИ І КЕТОНИ)

*Альдегіди* – аліфатичні та ароматичні органічні хімічні сполуки, що містять альдегідну групу  $-\text{CHO}$ . *Кетони* – органічні сполуки, в молекулах яких міститься група атомів  $>\text{C}=\text{O}$ , яка пов'язана з двома аліфатичними або ароматичними вуглеводневими радикалами.  $>\text{C}=\text{O}$  група – функціональна група, яку називають *карбонільною* або *оксогрупою*. Стан гібридизації атомних орбіталей атома С в карбонільній групі –  $sp^2$ . Хімічний зв'язок  $\text{C}=\text{O}$  – високополярний, енергія зв'язку – 750 кДж/моль, довжина зв'язку – 0,122 нм.

### Номенклатура альдегідів та кетонів

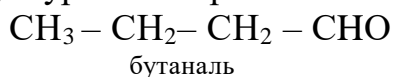
Назви альдегідів і кетонів за номенклатурою IUPAC утворюються від назви головного ланцюга, до якого входить також і Карбон карбонільної групи, додаванням відповідного суфікса: **-аль** для альдегідів і **-он** для кетонів. Для кетонів, у молекулах яких з карбонільною групою пов'язані прості радикали, назва може складатися з переліку назв радикалів і слова “кетон”. Крім того, як для альдегідів, так і для кетонів часто використовують історично утворені назви. Наприклад:



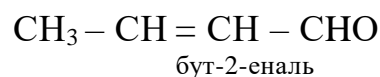
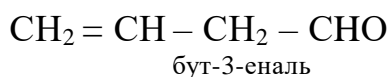
### Ізомерія альдегідів та кетонів

1. Для альдегідів та кетонів притаманні:

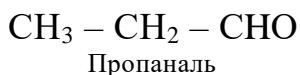
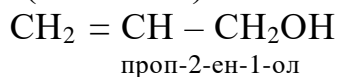
– структурна ізомерія:



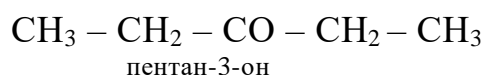
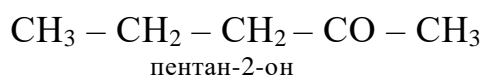
– положення кратних зв'язків:



– міжкласова ізомерія з ненасиченими одноатомними спиртами та етерами, а також з альдегідами (кетонами):



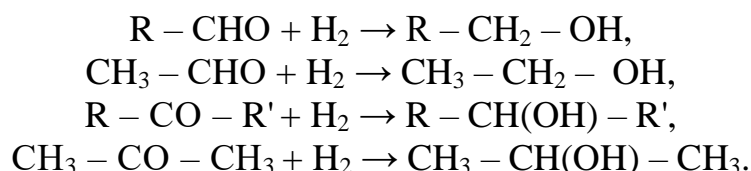
2. Для кетонів притаманна ізомерія положення карбонільної групи:



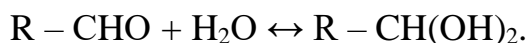
### *Хімічні властивості аліфатичних альдегідів та кетонів*

Внаслідок поляризації карбонільної групи альдегіди та кетони мають велику реакційну здатність.

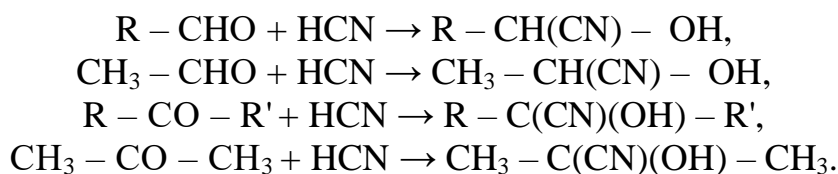
1. Вступають в реакцію відновлення в присутності нікелевого, кобальтового, платинового або паладієвого каталізатору. Альдегіди відновлюються до первинних спиртів, кетони – до вторинних:



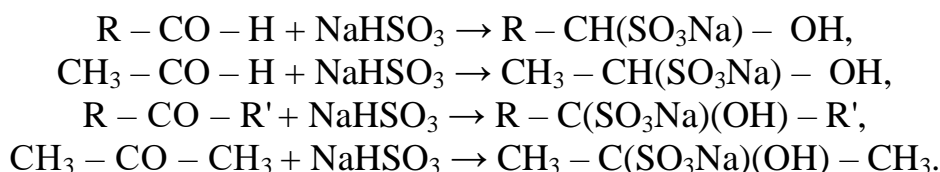
2. Реакція гідратації відбувається легко при кімнатній температурі з утворенням гідратів. Гідрати альдегідів є нестійкими та знаходяться в динамічній рівновазі з альдегідом:



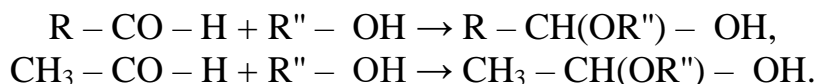
3. Синильна (ціановоднева) кислота приєднується до карбонільних сполук, утворюючи ціангідрини, або *α*-гідроксинітрили:



4. Приєднання натрій гідросульфїту. Альдегіди та кетони взаємодіють з натрій гідросульфїтом, утворюючи бісульфїтні сполуки:

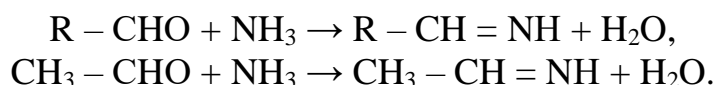


5. Приєднання спиртів. При взаємодії альдегідів зі спиртами утворюються напівацеталі, а в присутності домішок мінеральних кислот – ацеталі:

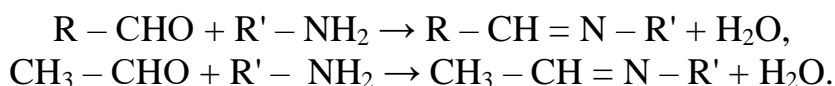


Напівацеталі малостійкі сполуки. Ацеталі стійкі в лужному середовищі, але легко гідролізуються до вільного альдегіду в розведених кислотах. Кетони через низьку реакційну здатність і просторові перешкоди зі спиртами не взаємодіють.

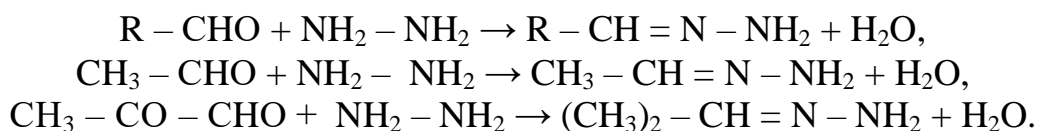
6. Взаємодія з амоніаком:



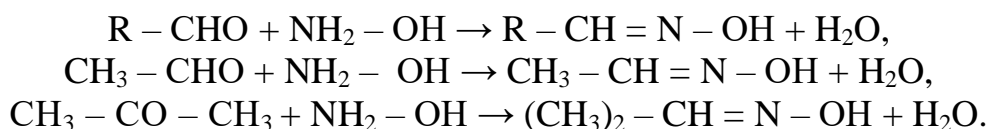
7. Взаємодія з амінами. Первинні аміни приєднуються до альдегідів або кетонів з утворенням основ Шиффа:



8. Взаємодія з гідразинном. Гідразин взаємодіє з альдегідами та кетонами з утворенням гідразонів:

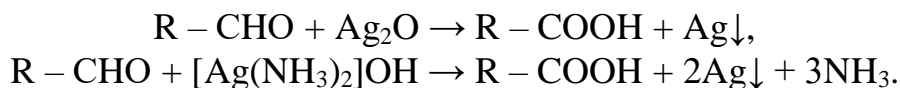


9. Взаємодія з гідроксиламіном. Гідроксиламін взаємодіє з альдегідами та кетонами з утворенням оксимів:



10. Реакція окиснення.

Альдегіди легко окиснюються до карбонових кислот навіть слабкими окисниками, такими, як аміачний розчин аргентум оксиду або купрум (II) гідроксиду:

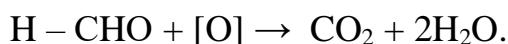


Реакція відбувається з виділенням металічного срібла (реакції «срібного дзеркала») та є якісною реакцією на альдегіди.



У наслідок реакції утворюється осад купрум (I) оксиду червоного кольору.

Метаналь може окиснюватися за місцем двох атомів Гідрогену з утворенням карбонатної кислоти, яка розкладається на карбон (IV) оксид та воду:



Кетони, не маючи атома Гідрогену біля карбонільної групи, погано окиснюються – не реагують ні з аргентум оксидом, ні з купрум (II) гідроксидом. Під дією сильних окисників, наприклад, концентрованої нітратної кислоти, кетони руйнуються з утворенням суміші кислот:

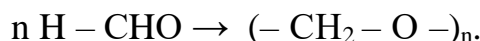


Ацетон горить з утворенням карбон (IV) оксиду та води:

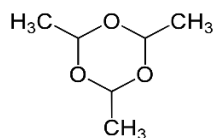


### 11. Полімеризація.

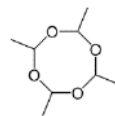
Формальдегід полімеризується з утворенням поліформальдегіду – полімеру лінійчастої будови:



Полімеризація ацетальдегіду в присутності сульфатної кислоти призводить до утворення, залежно від умов, двох циклічних продуктів – паральдегіду та метальдегіду:



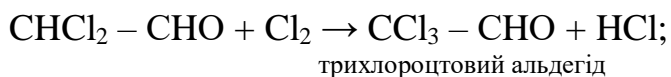
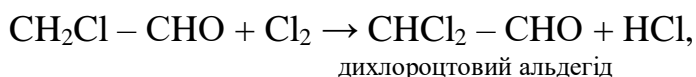
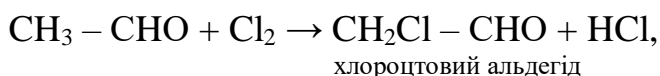
паральдегіду



метальдегіду

12. Карбонільна група підвищує рухливість атома Гідрогену в  $\alpha$ -положенні.

– реакція заміщення  $\alpha$ -Гідрогенових атомів:

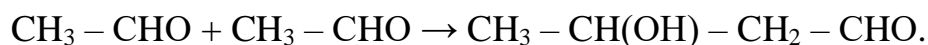


– реакція конденсації.

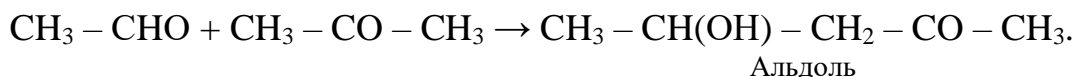
Альдегіди та кетони вступають у реакцію конденсації – процес утворення нового зв'язку між атомами Карбону, що супроводжується виділенням простих речовин. Конденсація відбувається переважно в лужному середовищі при нагріванні. У реакції альдольної конденсації можуть брати участь: молекули однакових або різних альдегідів, молекули кетонів з молекулами альдегідів, молекули кетонів один з одним. Кетони менш реакційноздатні, ніж альдегіди.

Першою фазою реакції конденсації альдегідів і кетонів є *альдольна конденсація* – приєднання  $\alpha$ -ланки однієї молекули до карбонільної групи

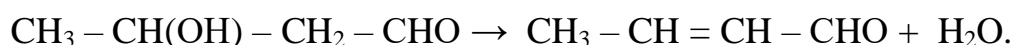
іншої молекули. Продуктами альдольної конденсації є альдоли ( $\beta$ -оксиальдегіди) – сполуки, які містять карбонільну та гідроксогрупи:



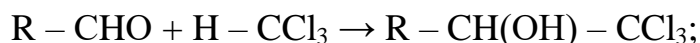
При конденсації різних молекул як карбонільний компонент виступає більш активна сполука – при конденсації альдегідів з кетонами роль карбонільного компонента виконують альдегіди:



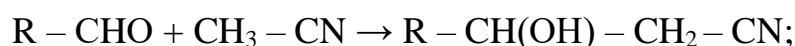
При нагріванні альдолів відбувається відщеплення молекули води з утворенням ненасиченого альдегіду – *критонова конденсація*. Свою назву такий тип конденсації отримав за назвою найпростішого ненасиченого альдегіду – кротонового альдегіду (бут-2-еналь), що має формулу  $\text{CH}_3 - \text{CH}=\text{CH} - \text{CHO}$ :



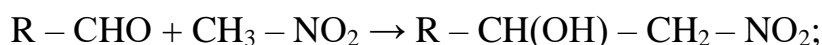
За аналогічним механізмом протікають такі реакції карбонільних сполук: – з хлороформом:



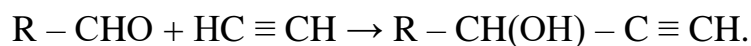
– з ацетонітрилом:



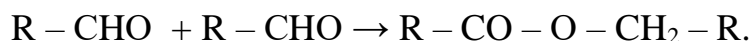
– з нітросполуками:



– з ацетиленом:

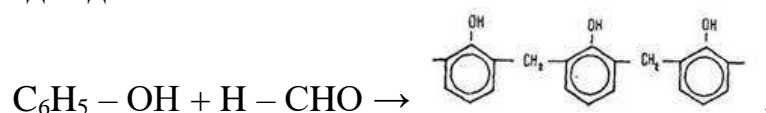


Для альдегідів, які містять атом Гідрогену в  $\alpha$ -положенні можлива естеровна конденсація (конденсація Тищенко) в присутності каталізатора  $\text{Al}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$ :



#### 6. Поліконденсація.

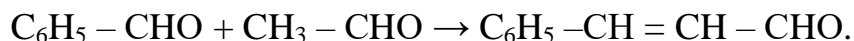
Під час нагрівання суміші альдегідів і фенолів за наявності каталізаторів (кислот або лугів) відбувається реакція поліконденсації – утворюються вода та фенолоформальдегідна смола:



## 25.1. Ароматичні карбонільні сполуки

### *Хімічні властивості ароматичних альдегідів і кетонів*

1. Ароматичні альдегіди, на зразок бензойного, та кетони, на зразок ацетофенона, не вступають в альдольну конденсацію – в  $\alpha$ -положенні відносно карбонільної групи не має атомів Гідрогену. Такі альдегіди і кетони не можуть бути метиленовою компонентою. Однак як карбонільні компоненти вони реагують з тими аліфатичними сполуками, які є метиленовими компонентами. При цьому спочатку утворюється альдоль, а потім, завдяки дегідратації, – кінцевий продукт конденсації:



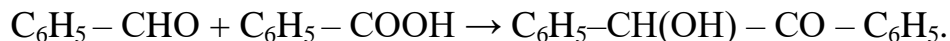
2. Реакція Перкіна.

Різновид альдольної конденсації – взаємодія ароматичного альдегіду, на зразок бензойного, з ангідридами карбонових кислот у присутності основ:



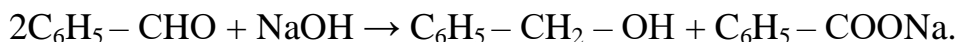
3. Бензоїнова конденсація.

При взаємодії бензальдегіду з бензойною кислотою утворюється бензоїн:

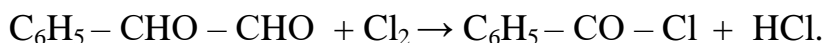


4. Реакція Канніццаро.

Реакція диспропорціювання, що відбувається в присутності лугів:



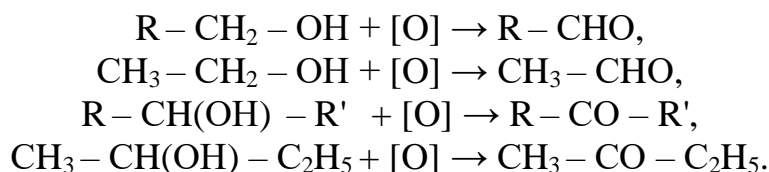
При використанні як відновника метаналю:



### *Методи отримання аліфатичних альдегідів та кетонів*

1. Окиснення спиртів.

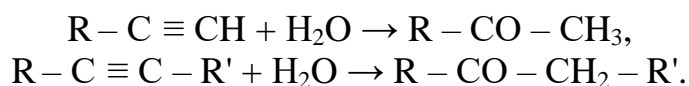
Первинні спирти окиснюються до альдегідів. Вторинні – до кетонів:



2. Гідратація алкінів (реакція Кучерова).

Реакція відбувається в присутності солей  $\text{Hg}^{2+}$  та сульфатної кислоти. При гідратації ацетилену утворюється оцтовий альдегід, усі інші алкіни дають кетони:

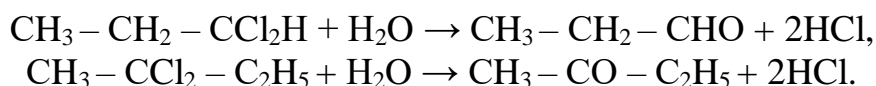




### 3. Гідроліз гемінальних дигалогеналканів.

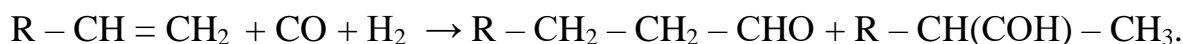
Дигалогеналкани містять у своєму складі два атоми галогену. Атоми галогенів можуть знаходитись біля одного того самого атома Карбону – *гемінальні дигалогеналкани*, біля сусідніх атомів Карбону – *віцинальні дигалогеналкани* або розділені декількома С – С зв'язками.

Під час гідролізу гемінальних дигалогеналканів з атомами галогену при первинному атомі Карбону утворюються альдегіди, а при вторинному – кетони:

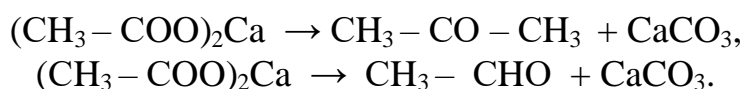


### 4. Оксосинтез.

У промисловості альдегіди одержують взаємодією алкенів з карбон (II) оксидом та воднем при підвищених температурі і тиску в присутності платинового або кобальтового каталізаторів. Зазвичай утворюється суміш ізомерів:

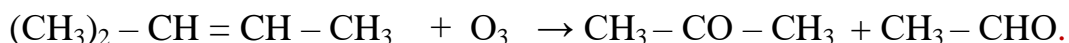


5. Піроліз солей карбонових кислот. Під час піролізу (термічний розклад) кальцієвих, барієвих або торієвих солей карбонових кислот утворюються відповідні карбонільні сполуки. Зі змішаної солі мурашиної та іншої карбонової кислоти добувають альдегіди, а у решті випадків утворюються кетони:



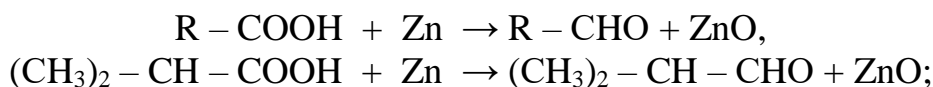
### 6. Озоноліз алкенів.

Продукти озонолізу залежать від будови алкену:

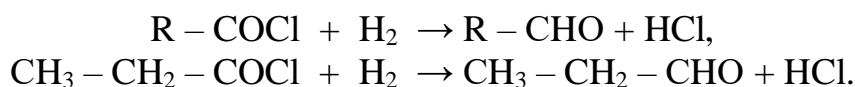


### 7. Альдегіди отримують:

– відновленням відповідних карбонових кислот у присутності цинкового каталізатора:



– взаємодією галогенангідридів карбонових кислот з воднем у присутності Pb або BaSO<sub>4</sub>:

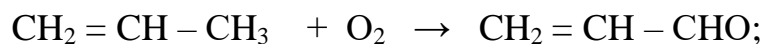


8. Метаналь отримують окисненням метану при температурі 400 °С і тиску 2 МПа у присутності каталізатора  $\text{AlPO}_4$ :

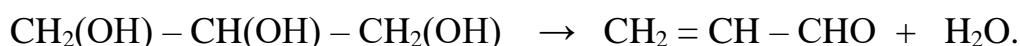


9. Акриловий альдегід отримують:

– окисненням пропену при температурі 350 °С і тиску 1 МПа у присутності каталізатора  $\text{Cu}(\text{Mo})$ :

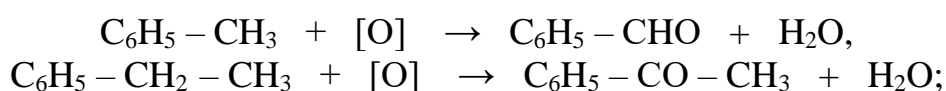


– дегідратацією гліцерину:

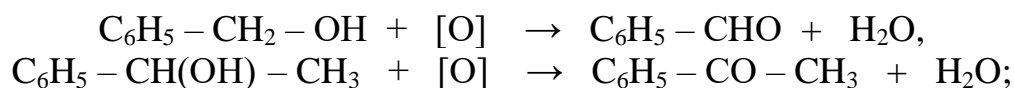


10. Ароматичні альдегіди та кетони отримують:

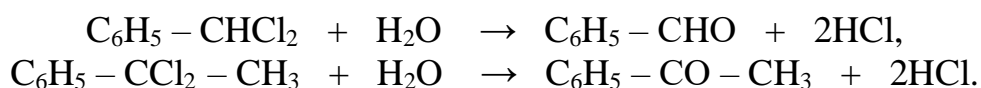
– окисненням ароматичних вуглеводнів:



– окисненням ароматичних спиртів:



– гідролізом ароматичних дигалогенпохідних:



### Задачі з теми «Карбонільні сполуки (альдегіди і кетони)»

1. Назвати такі сполуки:

- $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2 - \text{CHO}$ ;
- $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$ ;
- $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2 - \text{CHO}$ ; г)  $\text{CH}_3 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CO} - \text{CH}_3$ ;
- $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH} - \text{CHO}$ ; е)  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CHO}$ .

2. Написати структурні формули карбонільних сполук:

- 3,3-диметилбутанону;
- 2-метил-2-фенілбутаналу;
- пентан-2,4-діону;
- 2-гідроксибутаналу.

3. Знайдіть помилки у назвах речовин:

- 2-метилбутаналь; б) 4-метилпентан-3-он;
- 2-етилпентан-3-он.

4. Написати структурні формули усіх ізомерних карбонільних сполук:

- складу  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$  (три ізомери);
- ароматичних складу  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$  (п'ять ізомерів).



**8. Унаслідок бромовання бутаналу утворюється ...**

- а)  $\alpha$ -бромобутаналь; б)  $\beta$ -бромобутаналь;  
в)  $\gamma$ -бромобутаналь; г) 1,1-дибромобутан?

**9. Які речовини (А і Б) беруть участь у такому перетворенні:**

**пропаналь  $\rightarrow$  А  $\rightarrow$  Б  $\rightarrow$  ацетон:**

- а) А: пропан-1-ол і Б: пропен;  
б) А: пропан-1-ол і Б: пропан-2-ол;  
в) А: 1,1-дибромпропан і Б: 2,2-дибромобутан;  
г) А: 1,1-дибромпропан і Б: пропін?

**10. Альдегіди можна одержати внаслідок дії на первинні спирти...**

- а) CuO; б) Na; в) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; г) HCl?

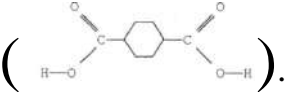
**Питання до теми «Карбонільні сполуки (альдегіди і кетони)»**

1. Ізомерія й номенклатура.
2. Будова карбонільної групи. Розподіл електронної густини в молекулах оксосполук. Реакційні центри в молекулах альдегідів і кетонів.
3. Хімічні властивості. Типи реакцій: реакції приєднання за  $\pi$ -зв'язком карбонільної групи; реакції заміщення атома кисню карбонілу; реакція заміщення біля  $\alpha$ -карбонного атома радикала. Механізми реакцій.
4. Окиснення альдегідів і кетонів.
5. Ароматичні альдегіди і кетони. Реакції карбонільної групи й ароматичного радикала. Бензальдегід і ацетофенон.
6. Добування альдегідів і кетонів з алкінів, спиртів, кислот, дигалогенопохідних.

## Тема 26. КАРБОНОВІ КИСЛОТИ. ЕСТЕРИ

*Карбонові кислоти* – це органічні сполуки, до складу молекул яких входять одна або декілька *карбоксильних груп* ( $-\text{COOH}$ ).

### *Класифікація карбонових кислот*

1. За кількістю карбоксильних груп:
  - монокарбонові ( $\text{HCOOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ );
  - дикарбонові ( $\text{HOOC}-\text{COOH}$ ,  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ );
  - полікарбонові.
2. За природою радикала, сполученого з карбоксильною групою:
  - насичені ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ );
  - ненасичені ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$ );
  - ароматичні ( $\text{C}_6\text{H}_5-\text{COOH}$ );
  - аліциклічні (  ).
3. За кількістю атомів Карбону в радикалі:
  - низькомолекулярні (метанова, етанова, пропанова, пентанова, гексанова);
  - високомолекулярні – природні та синтетичні одноосновні карбонові кислоти аліфатичного ряду, які містять не менше 6 атомів Карбону.
4. За функціональними групами в радикалах:
  - за наявності аміногрупи ( $-\text{NH}_2$ ) – амінокислоти;
  - за наявності гідроксо- групи – гідроксикислоти;
  - за наявності карбонільної групи – оксокислоти (альдегідо- та кетокислоти).

### *Номенклатура карбонових кислот*

1. Номенклатура насичених карбонових кислот.

Назви насичених карбонових кислот утворюють від назви вуглеводнів з тією ж кількістю карбонових атомів, включаючи і Карбон карбоксильної групи, додаючи закінчення **-ова** та слово **кислота**, наприклад:

$\text{HCOOH}$  – метанова кислота (мурашина кислота)  
 $\text{CH}_3\text{COOH}$  – етанова кислота (оцтова кислота)  
 $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$  – пропанова кислота (пропіонова кислота)  
 $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$  – бутанова кислота (масляна кислота)  
 $\text{C}_4\text{H}_9\text{COOH}$  – пентанова кислота (валеріанова кислота)  
 $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{COOH}$  – гексанова кислота (капронова кислота)  
 $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$  – гексадеканова кислота (пальмітинова кислота)  
 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  – октадеканова кислота (стеарінова кислота).

2. Номенклатура ненасичених карбонових кислот.

Назви ненасичених карбонових кислот утворюють від назви вуглеводнів з тією ж кількістю карбонових атомів, включаючи і Карбон

карбоксильної групи, додаючи закінчення **-ова** та слово **кислота** із зазначенням положення кратного зв'язку, наприклад:

$\text{CH}_2 = \text{CHCOOH}$  – проп-2-єнова кислота (акрилова кислота);

$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$  – окт-9-єнова кислота (олеїнова кислота).

### 3. Номенклатура полікарбонів кислот.

Назви ненасичених карбонів кислот утворюють від назви вуглеводнів із тією ж кількістю карбонів атомів, включаючи і Карбон карбоксильної групи, додаючи суфікс **-діова** для двоосновних кислот, суфікс **-тріова** для триосновних кислот, наприклад:

$\text{HOOC} - \text{COOH}$  – етандіова кислота (щавлева кислота)

$\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$  – пропандіова кислота (малєнова кислота)

$\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$  – бутандіова кислота (бурштинова кислота)

$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$  – гександіова кислота (адипінова кислота).

4. Номенклатура ароматичних карбонів кислот. Назви ароматичних кислот базуються на назві бензойної кислоти з зазначенням усіх інших функціональних груп, наприклад:

$\text{C}_6\text{H}_5 - \text{COOH}$  – бензойна кислота

$\text{SO}_3\text{H} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COOH}$  – (м-, о-, п-) сульфобензойна кислота

$\text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2 - \text{COOH}$  – (м-, о-, п-) нітробензойна кислота.

Назви ароматичних кислот з карбоксилем у бічному ланцюгу базуються на назві кислот аліфатичного ряду із зазначенням фєнільного замісника ( $\text{C}_6\text{H}_5-$ ), наприклад:  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$  – фєнілоцтова кислота.

### *Ізомерія карбонів кислот*

1. Структурна ізомерія:

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$   
бутанова кислота

$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COOH}$   
2-метилпропанова кислота

2. Для ароматичних кислот – ізомерія положення замісника при бензойному кільці:

$\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$   
фєнілоцтова кислота

$\text{CH}_3 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COOH}$   
м-(о-,п-) метилбензойна кислота

3. Міжкласова ізомерія з естерами:

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$   
бутанова кислота

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COO} - \text{CH}_3$   
метилпропанеат

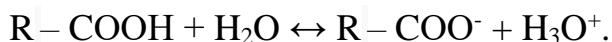
$\text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
етилетанеат

$\text{HCOO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
пропілформіат

## 26.1. Монокарбонові насичені кислоти

### Хімічні властивості монокарбонових насичених кислот

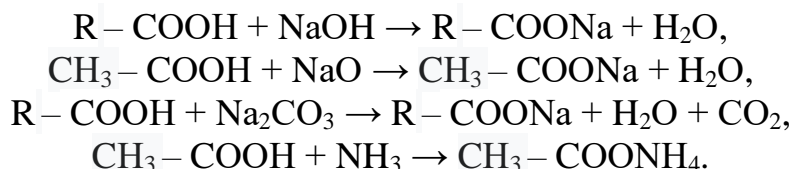
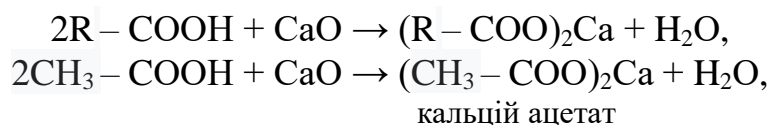
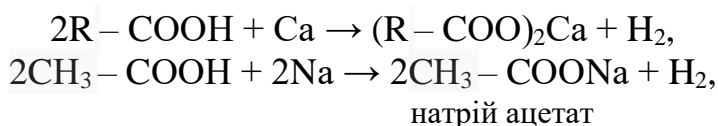
Карбонові кислоти є слабкими кислотами, що дисоціюють у воді та інших полярних розчинниках:



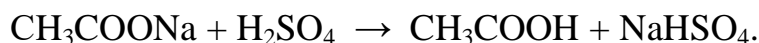
Кислотність підсилюється зі збільшенням електроноакцепторності замісника R, ароматичні карбонові кислоти сильніші за насичені аліфатичні.

#### 1. Реакції за участю атома Гідрогену карбоксильної групи.

При взаємодії з лужними металами, основними оксидами, основами, солями карбонатної кислоти та амоніаком утворюють солі:

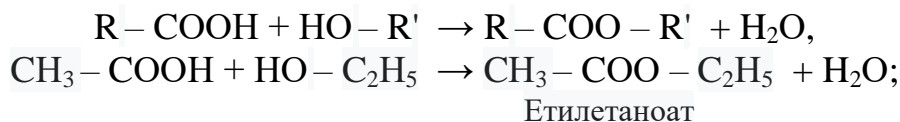


Карбонові кислоти слабші за багато сильних мінеральних кислот (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> і т. ін.) і тому витісняються ними з солей:

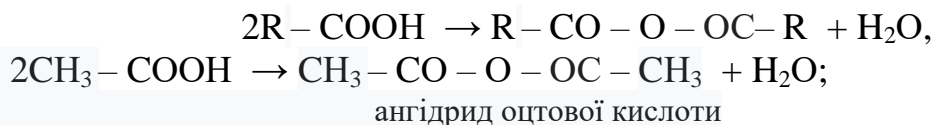


#### 2. Реакції за участю групи -OH:

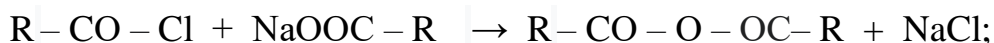
– реакція естерифікації у присутності сульфатної кислоти:



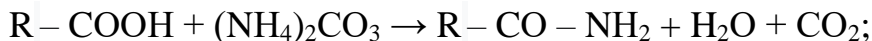
– відщеплення води від двох молекул кислоти з утворенням ангідридів кислот:



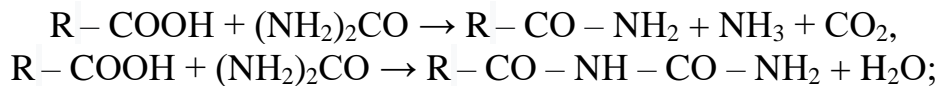
Ангідриди кислот також утворюються при взаємодії хлорангідридів кислот з солями карбонових кислот:



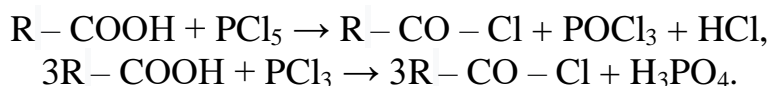
– при взаємодії кислот з амоній карбонатом при температурі 200 °C утворюються відповідні алканаміди:



– взаємодія з сечовиною з утворенням залежно від умов уреїду або алканаміду карбонової кислоти:



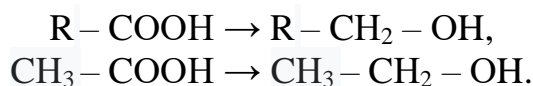
– взаємодія з фосфор (V) хлоридом та фосфор (III) хлоридом з утворенням хлорангідридів кислот:



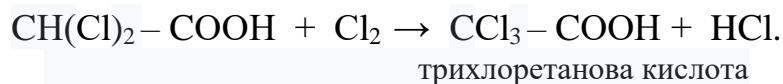
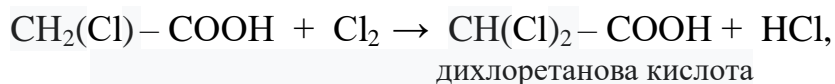
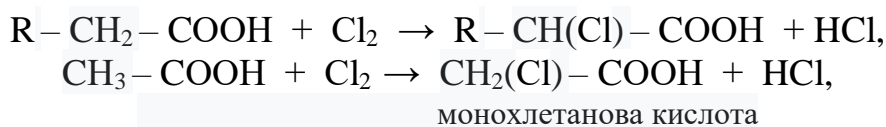
3. Реакція руйнування карбоксильної групи (декарбоксілування) при нагріванні у присутності концентрованого розчину натрій гідроксиду:



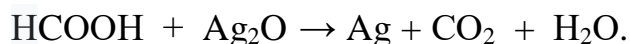
4. Відновлення кислот відбувається у присутності  $LiAlH_4$  до відповідних спиртів:



5. Галогенування. При дії галогенів (у присутності червоного фосфору) утворюються  $\alpha$ -галогензаміщені кислоти:



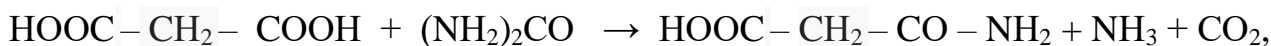
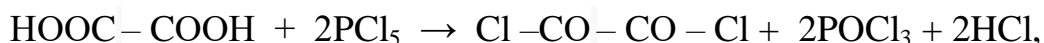
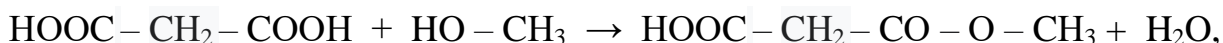
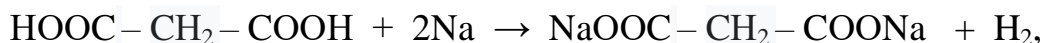
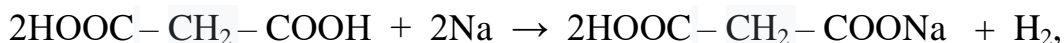
6. Насичені кислоти не окиснюються, виключенням є мурашина кислота. Мурашина кислота містить альдегідну групу та є сильним відновником у реакції срібного дзеркала, перетворюючись у  $CO_2$  і  $H_2O$ :



## 26.2. Дикарбонові насичені кислоти

### *Хімічні властивості дикарбонових насичених кислот*

За хімічними властивостями дикарбонові кислоти схожі до монокарбонових, але утворюють два ряди похідних. Дикарбонові кислоти дисоціюють поступово з утворенням кислих та середніх солей, повних і неповних естерів, а також галогенангідридів та амідів:



Крім того, дикарбонові кислоти мають цілу низку специфічних властивостей:

– при нагріванні декарбоксілюються по одній з карбоксильних груп з утворенням монокарбонових кислот:



– починаючи з бурштинової кислоти при нагріванні утворюють циклічні ангідриди:

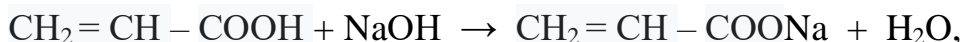


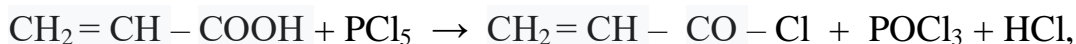
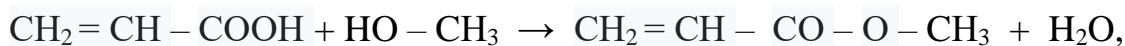
## 26.3. Ненасичені карбонові кислоти

### *Хімічні властивості ненасичених кислот*

Ненасичені карбонові кислоти є більш сильними кислотами ніж насичені, особливо ті, у яких подвійний зв'язок знаходиться поряд з карбоксильною групою.

Хімічні властивості ненасичених кислот пов'язані з наявністю карбоксильної групи та подвійного зв'язку. Реакції по карбоксильній групі схожі з реакціями для насичених карбонових кислот – вони здатні утворювати солі, хлорангідриди, ангідриди, естери та аміди, наприклад:



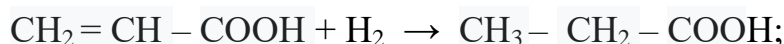


Малеїнова кислота – джерело отримання maleїнового ангідриду:

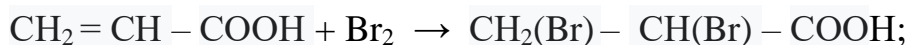


Характер реакції подвійного зв'язку залежить від взаємного розташування подвійного та карбоксильного зв'язків. При  $\alpha$ ,  $\beta$  – розташуванні подвійного і карбоксильного зв'язків у молекулі утворюється спряжена система зв'язків.

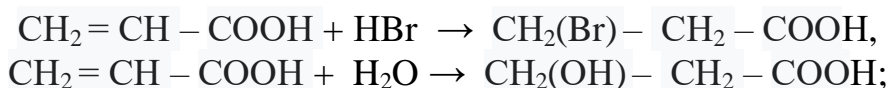
– гідратування в присутності нікелевого каталізатора:



– приєднання галогену:



– приєднання води та галогенводню відбувається всупереч правилу Морковнікова:



– при окисненні перманганатом у лужному середовищі утворюються діоксикислоти:

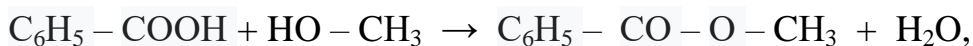
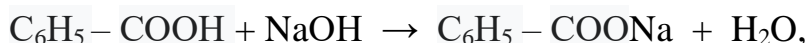


– реакції полімеризації. Характерною особливістю ненасичених кислот є здатність до полімеризації, наприклад: акрилова кислота легко полімеризується, утворюючи високомолекулярну поліакрилову кислоту.

## 26.4. Ароматичні кислоти

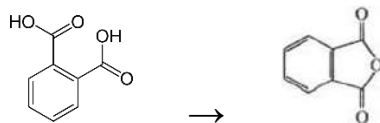
### *Хімічні властивості ароматичних кислот*

Хімічні властивості ароматичних кислот обумовлені наявністю карбоксильної групи та бензенового кільця. Ароматичні кислоти мають усі реакції, які притаманні карбоксильній групі – утворюють солі, хлорангідриди, ангідриди, естери та аміді, наприклад:

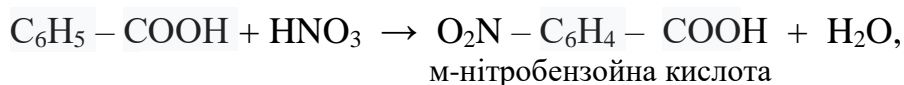
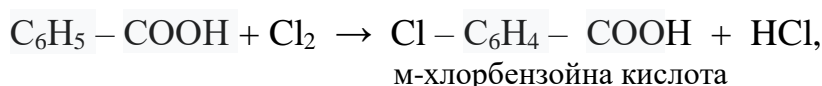




Деякі двоосновні ароматичні кислоти утворюють ангідриди при відщепленні однієї молекули води від молекули кислоти, наприклад, утворення фталевого ангідриду:

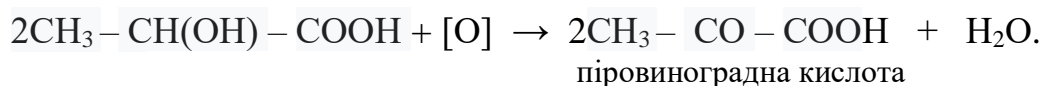


Карбоксильна група знижує електронну густину бензенового кільця переважно в ортота пара-положеннях та є орієтантом другого роду:



## 26.5. Гідроксикислоти

*Гідроксикислоти* – похідні карбонових кислот, в яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на гідроксильні групи. Вони є хімічно активними речовинами, які легко вступають у реакції, що притаманні спиртам та карбоновим кислотам. На відміну від карбонових кислот, гідроксикислоти легко вступають у реакції окиснення за спиртовими групами, що зумовлює утворення оксикислот, наприклад:



Гідроксикислоти вступають у реакцію дегідратації, продукт дегідратації залежить від положення гідроксогрупи:

– дегідратація  $\alpha$ -гідроксикислот у присутності мінеральних кислот призводить до утворення циклічних естерів (лактидів);

– дегідратація  $\beta$ -гідроксикислот призводить до утворення ненасичених карбонових кислот;

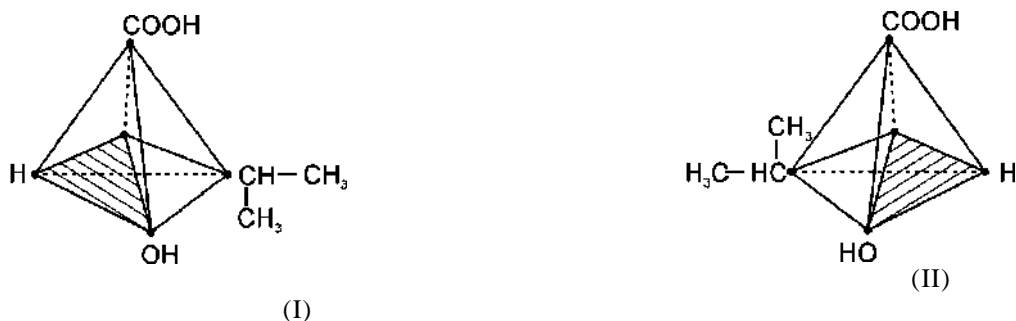
– дегідратація  $\gamma$ - та  $\delta$ -гідроксикислоти при нагріванні призводить до утворення внутрішніх циклічних естерів (лактонів).

Для гідроксикислот притаманна оптична ізомерія. Оптична ізомерія є одним з видів просторової ізомерії. Можливість існування оптичних

ізомерів зумовлюється наявністю в молекулі асиметричного (хірального) центру. Таким асиметричним центром може бути атом Карбону, якщо він відповідає двом вимогам: 1) усі його чотири зв'язки одинарні ( $sp^3$ -гібридизація електронних орбіталей); 2) усі чотири замісники у нього різні. У молекулі 2-гідрокси-3-метилбутанової кислоти другий атом Карбону відповідає цим вимогам, він є асиметричним і позначається зірочкою (\*):

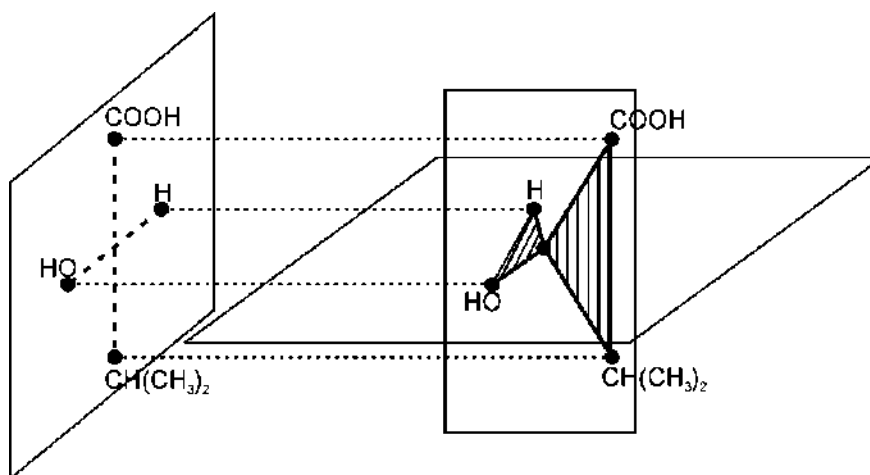


Кількість оптичних ізомерів (N) залежить від кількості асиметричних атомів Карбону в молекулі (n) і обчислюється за допомогою формули Фішера:  $N = 2^n$ . Таким чином, 2-гідрокси-3-етилбутанова кислота існує у вигляді двох ізомерів, які відрізняються різним взаємним просторовим положенням замісників відносно  $\text{C}^*$ . Зважаючи на тетраедричне розташування  $sp^3$ -гібридизованих орбіталей асиметричного атома Карбону, оптичні ізомери 2-гідрокси-3-метилбутанової кислоти можна записати у вигляді двох таких тетраедрів ( $\text{C}^*$  знаходиться в центрі тетраедра):

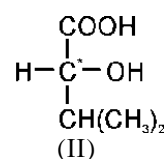
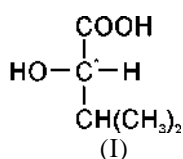


Тетраедричні структури I і II несумісні одна з одною та є дзеркальними відображеннями і називаються *енантімерними конфігураціями*.

Просторові тетраедричні структури оптичних ізомерів зображають у вигляді площинних проєкційних формул (*формули Фішера*) або за допомогою R, S-проєкцій (конфігурацій). Для того, щоб записати проєкційну формулу Фішера, тетраедр оптичного ізомеру (наприклад, структура I) умовно орієнтують відносно площини рисунка так, щоб які-небудь два замісники знаходилися у вертикальній площині і виступали вперед відносно до площини рисунка (наприклад,  $\text{COOH}$ ,  $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ ). Тоді два інших замісники будуть знаходитися в горизонтальній площині і виступатимуть за площину рисунка (H і OH). Після такої орієнтації тетраедра роблять проєкцію асиметричного атома Карбону і його замісників на площину рисунка. У таких проєкціях досить часто верхньою групою беруть старшу із замісників.

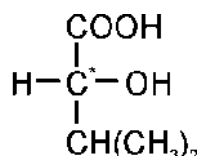


Таким чином, просторовим структурам I і II відповідають такі проєкції Фішера:

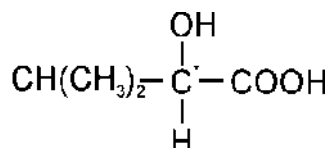


Слід пам'ятати, що проєкційну формулу не можна: а) виводити з площини рисунка; б) повертати на  $90^\circ$  і  $270^\circ$ ; в) міняти місцями два замісники. Узагалі з формулою не можна робити непарне число дій (перестановок) тому, що це призводить до перетворення її у формулу енантіомера. Результати таких дій показані на прикладі проєкційної формули I оптичного ізомеру 2-гідрокси-3-метилбутанової кислоти.

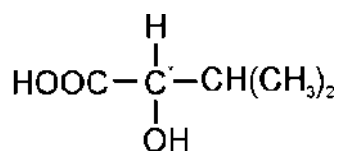
1) перетворення з виведенням формули з площини рисунка (а):



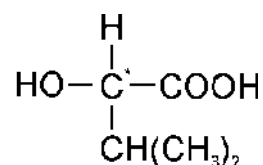
2) перетворення з поворотом формули відносно  $\text{C}^*$  на  $90^\circ$  (б):



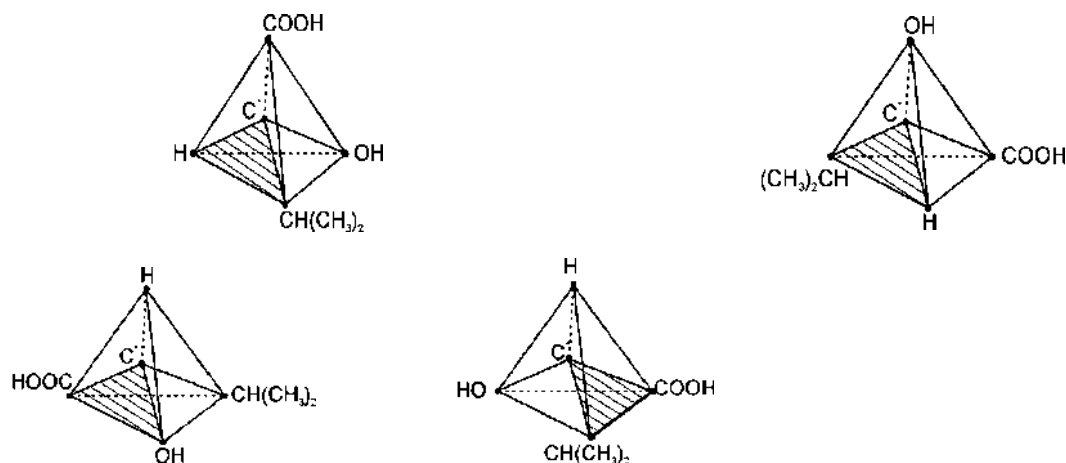
3) перетворення з поворотом формули відносно  $\text{C}^*$  на  $270^\circ$  (в):



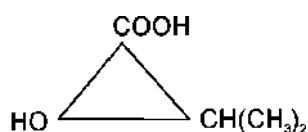
5) перетворення з перестановкою двох замісників біля  $\text{C}^*$  (г):



Використовуючи правила утворення проєкційних формул з відповідних просторових тетраедрів, про які йшла мова вище, наведемо тетраедри, які відповідають формулам *a*, *b*, *v*, *z*:



Умовно орієнтуючи усі тетраедри однаково відносно трикутника можна помітити, що тетраедри *a*, *b*, *v*, *z* однакові та відповідають одному й тому ж оптичному ізомеру II. Отже, виконавши наведені вище дії 1-4 над проєкційною формулою оптичного ізомеру I, отримуємо проєкційну формулу ізомеру II 2-гідрокси-3-метилбутанової кислоти.



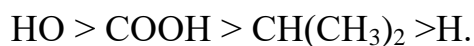
Для написання формул R, S-конфігурацій оптичних ізомерів замісники біля асиметричного карбонового атома поділяють за старшинством. Старшинство замісників визначають таким чином:

1. Якщо асиметричний Карбон має зв'язки з різними атомами, то старшинство замісників визначається за величиною їх атомного номера: чим більший атомний номер, тим старший замісник, до складу якого входить цей атом.

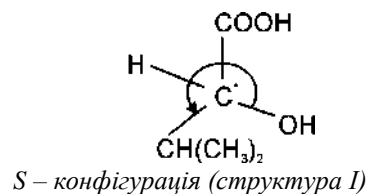
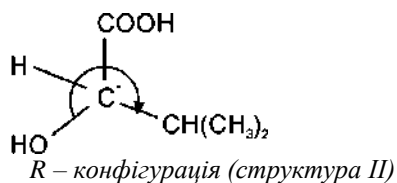
2. Якщо C\* має зв'язки з однаковими атомами, то для визначення старшинства замісника порівнюють атомні номери наступних атомів.

3. Якщо в заміснику є кратні зв'язки, то атом, який їх утворює, береться за стільки атомів, скільки кратний зв'язок.

Так, у молекулі 2-гідрокси-3-метилбутанової кислоти старшинство замісників асиметричного карбонового атома буде таким:



При створенні формул R, S-конфігурацій поміщують асиметричний Карбон у центрі кола, а найменший замісник направляють від спостерігача. Три інших замісники розміщуються по колу під кутом  $120^\circ$  відносно один одного за старшинством. Якщо при цьому старшинство зменшується за напрямом руху годинникової стрілки, то формула відповідає R-конфігурації, а якщо проти – S-конфігурації. Для 2-гідрокси-3-метилбутанової кислоти формули R, S-конфігурацій мають вигляд:



## 26.6. Оксокислоти

*Оксокислоти* – похідні карбонових кислот, у молекулах яких окрім карбоксильної групи міститься карбонільна група.

### *Класифікація оксокислот*

1. За характером розташування в ланцюгу розрізняють альдегідо- та кетокислоти.

2. За кількістю карбонільних груп розрізняють моноальдегідо- і діальдегідокислоти, моно- і дикетокислоти тощо.

3. За кількістю карбоксильних груп оксокислоти поділяють на одно-, дво- і багатоосновні.

4. За відстанню карбонільної групи від карбоксильної оксокислоти поділяються:

- $\alpha$ -оксокислоти – карбонільна група приєднана до карбоксильної;
- $\beta$ -оксокислоти – карбонільну та карбоксильну групу розділяє один атом Карбону;

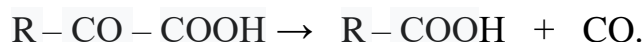
- $\gamma$ -оксокислоти – карбонільну та карбоксильну групу розділяє два атоми Карбону та ін.

*Оксокислоти* – гетерофункціональні сполуки, що одночасно мають властивості карбонових кислот і карбонільних сполук. Як карбонові кислоти, вони здатні утворювати солі, галогенангідриди, естери, ангідриди кислот. Маючи у складі карбонільну групу, вони здатні утворювати оксими, гідрозони, ціангідрини тощо.

Так,  $\alpha$ -оксокислоти при нагріванні легко декарбоксілюються з утворенням альдегідів:



У присутності концентрованої сульфатної кислоти утворюються карбонові кислоти та карбон (II) оксид:



$\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -оксокислоти при декарбоксілюванні утворюють внутрішньомолекулярні цикли.

## 26.7. Методи отримання карбонових кислот

### *Методи отримання аліфатичних карбонових кислот*

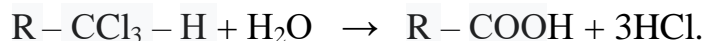
1. Окиснення насичених вуглеводнів повітрям або киснем у присутності каталізаторів, тиску і високої температури відбувається з розривом карбонового ланцюга:



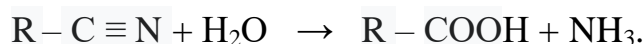
2. Окиснення первинних спиртів та альдегідів:



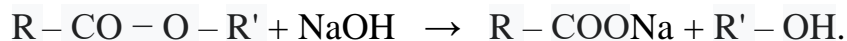
3. Гідроліз гемінальних тригалогенопохідних насичених вуглеводнів:



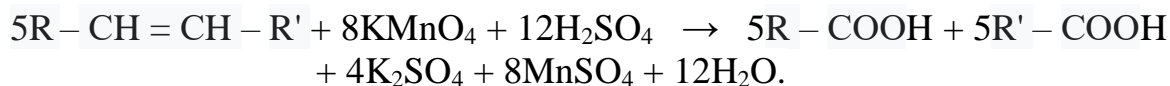
4. Гідроліз нітрilів:



5. Лужний гідроліз естерів:

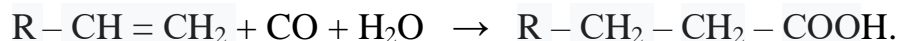


6. Окиснення алкенів розчином калій перманганату в кислому середовищі:

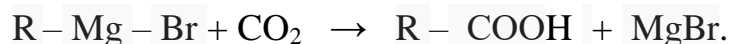


7. Реакція оксосинтезу (карбонілування).

Оксосинтез проводять за участю суміші CO і H<sub>2</sub>O над каталізатором Ni(CO)<sub>4</sub> або в присутності фосфатної кислоти при  $t = 100-200$  °C і  $P = 200$  атм:



8. Синтез за допомогою металоорганічних сполук:



### **Методи отримання ароматичних карбонових кислот**

1. Окиснення похідних бензену незалежно від довжини карбонового ланцюга призводить до уворення бензойної кислоти:



2. Гідроліз ароматичних нітрилів у кислому середовищі:



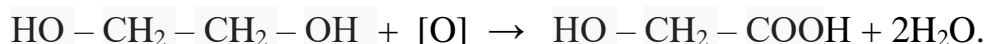
3. Лужний гідроліз ароматичних тригалогенпохідних:



### **Методи отримання гідрокси- та оксокислот**

Гідроксикислоти отримують:

1. Частковим окисненням двохатомних спиртів:



2. Реакцією обміну галогену в  $\alpha$ -галогенозаміщених кислотах на гідроксильну групу:

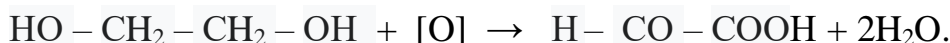


Оксокислоти отримують:

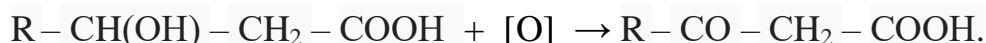
1. Гідролізом дигалогенкарбонових кислот:



2. Частковим окисненням двохатомних спиртів:



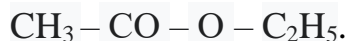
3. Окисненням гідроксикислот:



## **26.8. Естери**

*Естери* – похідні карбонових кислот, гідроксигрупи яких заміщені залишком спирту або фенолу із загальною формулою  $\text{R} - \text{CO} - \text{O} - \text{R}'$ .

Назва естерів складається із зазначенням групи  $\text{R}'$ , яка приєднана до кислоти, потім, указують назву кислоти із суфіксом -ат. Наприклад, етилацетат:

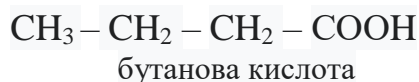


### **Ізомерія естерів**

1. Структурна ізомерія:

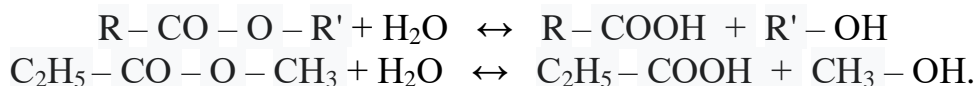


2. Міжкласова ізомерія з карбоновими кислотами:

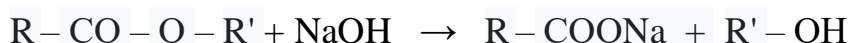


### *Хімічні властивості естерів*

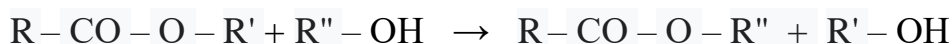
1. Під час гідролізу естерів у присутності мінеральних кислот отримують відповідну карбонову кислоту та спирт:



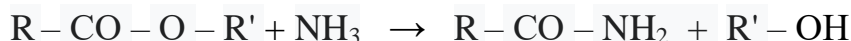
2. При взаємодії з лугом естери утворюють сіль та спирт:



3. Реакція переестерифікації – реакція взаємодії естерів зі спиртом:



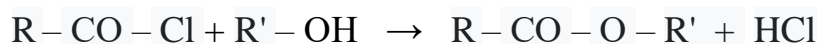
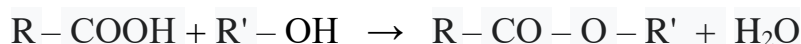
4. Аміноліз естерів. Під дією амоніаку молекули естерів розщеплюються з утворенням амідів кислот:



### *Методи отримання естерів*

1. Взаємодія хлорангідридів кислот зі спиртами:

2. Реакція естерифікації:



3. Взаємодія спиртів з ангідридами кислот:



### **Задачі з теми «Карбонові кислоти. Естери»**

1. Написати структурні формули сполук:

- а) *цис*-2-бутенової кислоти; б) *транс*-бутендіової кислоти;  
в) ацетилхлориду; г) ізопропілформіату; д) акрилонітрилу.

2. Скласти структурні формули геометричних ізомерів 2-бутенової кислоти. Які умови повинні виконуватися для ненасичених кислот, щоб вони існували у вигляді геометричних ізомерів?

3. Написати структурні формули усіх ізомерних дикарбонових кислот складу  $C_5H_8O_4$  (чотири ізомери) і назвати їх за тривіальною і систематичною номенклатурами.

4. Які кислоти утворюються при окисненні:

а) пропан-1,2-діолу; б) пропан-1,3-діолу?

Скласти схеми поступового окиснення цих спиртів.

5. Написати рівняння постадійного гідролізу ацетонітрилу в кислому і лужному середовищах.

6. Як можна отримати з 1-хлоропропану:

а) пропіонову кислоту; б) масляну кислоту?

7. Як можна перейти до оцтової кислоти від: а) етилену; б) ацетилену?

8. Як можна отримати з оцтової кислоти малонову кислоту?

9. Написати рівняння реакцій перетворення етилену в такі кислоти:

а) щавлеву; б) малонову; в) янтарну.

10. Скласти рівняння реакцій добування бензойної кислоти:

а) окисненням толуену; б) окисненням бензальдегіду;

в) гідролізом бензонітрилу.

11. Розташувати в ряд за збільшенням кислотності кислоти:

а)  $\alpha$ -хлоромасляну; б)  $\beta$ -хлоропропіонову;

в)  $\gamma$ -хлоромасляну; г) трифтороцтову.

12. Скласти схеми реакцій масляної кислоти з:

а)  $NH_4OH$ ; б)  $CaCO_3$ ; в)  $Ca(OH)_2$ .

### Тести з теми «Карбонові кислоти. Естери»

#### 1. Карбонові кислоти – це ...

а) органічні сполуки, молекули яких унаслідок електролітичної дисоціації в розчинах утворюють катіони  $H^+$ ;

б) органічні сполуки, молекули яких містять у своєму складі одну або декілька карбоксильних груп –  $COOH$ ;

в) похідні вуглеводнів, в яких атоми Карбону знаходяться в максимальному ступені окиснення;

г) кінцевий продукт окиснення вуглеводнів?

#### 2. Яка з найпростіших карбонових кислот має ізомери:

а) метанова; б) етанова; в) пропанова; г) пропенова?

#### 3. Для яких з названих кислот характерна геометрична ізомерія:

а) акрилової (пропанової); б) бензойної;

в) маленової (пропандіової); г) бутендіової?

#### 4. Яка з наведених карбонових кислот має найбільшу константу електролітичної дисоціації?

а) пропіонова; б)  $\alpha$ -хлоропропіонова;

в) 2,2-дихлоропропіонова; г)  $\beta$ -хлоропропіонова.

**5. Солі бензойної кислоти називають...**

а) ацетатами; б) оксалатами; в) акрилатами; г) бензоатами?

**6. При взаємодії ацетатної кислоти із 2-пропанолом утворюється:**

а) амід; б) естер; в) ангідрид; г) галогенацил?

**7. Ацетилхлорид утворюється при взаємодії ацетатної кислоти з ...**

а)  $\text{NH}_3$ ; б)  $\text{PCl}_5$ ; в)  $\text{Cl-CH}_3$ ; г)  $\text{Cl}_2$ ?

**8. Які речовини є вихідною і кінцевою сполукою в такому перетворенні  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2\text{Cl} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_{10}\text{O}_2\text{N}_2$ :**

а) пропіонова кислота і діамінопропіонова кислота;

б) пропіонова кислота і амоній амінопропіонат;

в) метилацетат і діамін ацетат;

г) пропандіол і амоній пропандіолят?

**9. Продуктами гідролізу ізопропілацетату є ...**

а) 1-пропанол і оцтова кислота; б) 2-пропанол і оцтова кислота;

в) етанол і пропіонова кислота; г) метанол і масляна кислота?

**10. При взаємодії натрій ацетату і ацетилхлориду утворюється ...**

а) оцтовий ангідрид;

б) етилацетат;

в) оцтова кислота;

г) хлороцтова кислота?

### **Питання до теми «Карбонові кислоти. Естери»**

1. Класифікація карбонових кислот за числом карбоксильних груп (основність) і за характером вуглеводневого радикала (насичені, ненасичені, ароматичні).

2. Ізомерія кислот. Тривіальна і систематична номенклатура.

3. Електронна будова карбоксильної групи. Взаємний вплив гідроксильної і карбонільної груп. Мезомерна будова аніону.

4. Водневий зв'язок у кислотах і його вплив на фізичні властивості.

5. Хімічні властивості: реакції за участю атома гідрогену карбоксильної групи (дисоціація, солеутворення); реакції заміщення гідроксилу в карбоксильній групі (утворення функціональних похідних кислот: естерів, амідів, галогенангідридів, ангідридів, нітрilів); реакції декарбоксилювання за участю вуглеводневого радикала.

6. Двохосновні карбонові кислоти. Взаємний вплив карбоксильних груп. Поведінка під час нагрівання. Особливі властивості метиленової групи малонового ефіру. Ангідриди й амідиди дикарбонових кислот.

7. Ненасичені кислоти. Акрилова кислота і її естери, амідиди, нітрilи. Олеїнова, лінолева, ліноленова кислоти. Малейнова та фумарова кислоти. Геометрична ізомерія як вид просторової ізомерії. Умови і механізм взаємного перетворення цис- і транс-ізомерів.

8. Взаємоперетворення функціональних похідних карбонових кислот.

9. Визначення, основність і атомність гідроксикислот.
10. Ізомерія та номенклатура одноосновних гідроксикислот.
11. Методи одержання (при неповному окисненні гліколей, з галогенокислот, з альдегідів і кетонів через гідроксинітрили).
12. Хімічні властивості гідроксикислот: реакції карбоксильної і спиртової груп. Відношення гідроксикислот до нагрівання.
13. Найбільш важливі представники гідроксикислот: гліколева, молочна, яблучна, винна, лимонна.
14. Оптична ізомерія, її визначення. Асиметричні органічні молекули. Асиметричні центри. Оптична активність, оптично активні речовини.
15. Оптичні ізомери з одним асиметричним атомом карбону. Дзеркальні ізомери (енантіомери, оптичні антиподи). Рацемати. Проекційні формули Фішера. D і L-ряди.

## Тема 27. АМІНОКИСЛОТИ

*Амінокислоти* – це органічні сполуки, що містять одночасно карбоксильну та амінну групи.

### *Класифікація амінокислот*

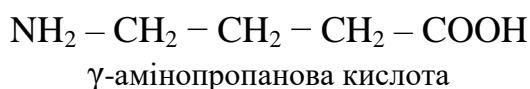
1. Залежно від кількості карбоксильних груп:
  - монокарбонові амінокислоти ( $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ );
  - дикарбонові амінокислоти ( $\text{HOOC} - \text{CH}_2 - (\text{NH}_2)\text{CH} - \text{COOH}$ ).
2. Залежно від кількості аміногруп:
  - моноамінокислоти ( $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ );
  - діамінокислоти ( $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - (\text{NH}_2)\text{CH} - \text{COOH}$ ).
3. Залежно від взаємного розміщення амінної та карбоксильної груп:
  - $\alpha$ -амінокислоти ( $\text{R} - (\text{NH}_2)\text{CH} - \text{COOH}$ );
  - $\beta$ -амінокислоти ( $\text{R} - (\text{NH}_2)\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ );
  - $\gamma$ -амінокислоти ( $\text{R} - (\text{NH}_2)\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ ).

### *Ізомерія амінокислот*

1. Структурна ізомерія карбонового скелета:

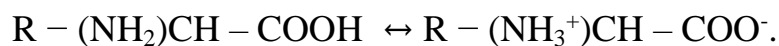


2. Ізомерія взаємного розміщення аміногрупи і карбоксильної групи:

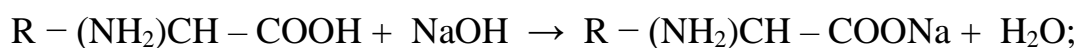


### *Хімічні властивості амінокислот*

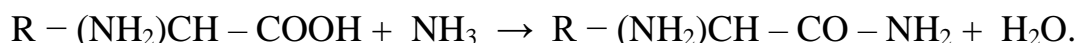
*Амінокислоти* – амфотерні сполуки, які в розчинах утворюють цвіттеріони:



1. Реакції карбоксильної групи:
  - утворення галогенангідридів:
$$\text{R} - (\text{NH}_2)\text{CH} - \text{COOH} + \text{PCl}_5 \rightarrow \text{R} - (\text{NH}_2)\text{CH} - \text{CO} - \text{Cl} + \text{POCl}_3 + \text{HCl};$$
  - реакція естерифікації:
$$\text{R} - (\text{NH}_2)\text{CH} - \text{COOH} + \text{R}' - \text{OH} \rightarrow \text{R} - (\text{NH}_2)\text{CH} - \text{CO} - \text{O} - \text{R}' + \text{H}_2\text{O};$$
  - реакція взаємодії з основами з утворенням солей:

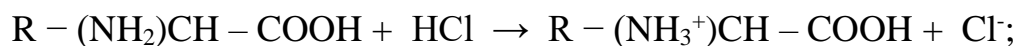


– реакція взаємодії з моніаком з утворенням амідів:



## 2. Реакції аміногрупи:

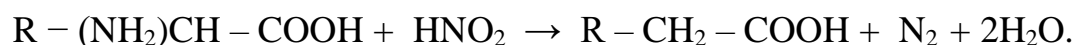
– утворення солей з кислотами:



– ацилювання:

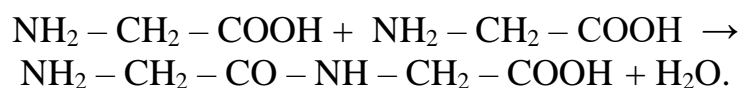


– дія нітритної кислоти:

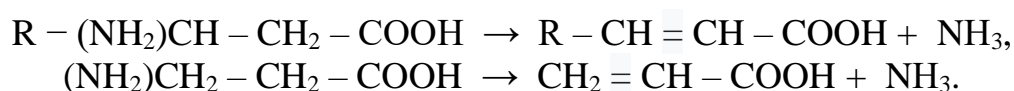


## 3. Реакції з одночасною участю карбоксильної групи і аміногрупи.

– для  $\alpha$ -амінокислот відщеплення води призводить до утворення пепетидного зв'язку ( $-CO - NH-$ ):



– для  $\beta$ -амінокислот відщеплення амоніаку призводить до утворення ненасичених карбонових кислот:

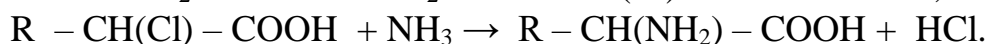
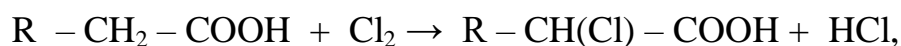


– для  $\gamma$ -,  $\delta$ - та  $\epsilon$ -амінокислот відбувається внутрішньомолекулярна дегідратація з утворенням циклічних сполук лактамів.

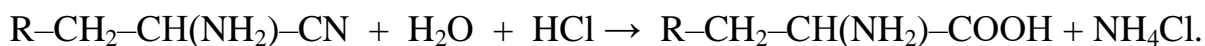
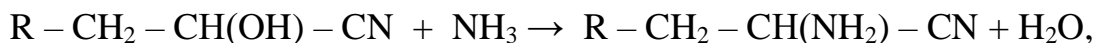
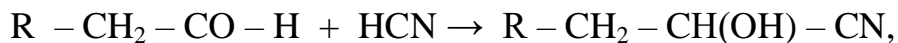
### **Методи отримання амінокислот**

1. Промисловий спосіб отримання амінокислот – гідроліз білків, що призводить до отримання суміші різних амінокислот, залишки яких входять до складу цього білка.

2. Спосіб отримання  $\alpha$ -амінокислот з карбонових кислот складається з двох стадій:



3. Спосіб отримання  $\alpha$ -амінокислот, що базується на взаємодії синільної кислоти з альдегідом складається з трьох стадій:



### Задачі з теми «Амінокислоти»

1. Написати структурні формули таких амінокислот: аланіну, серину, цистеїну, глутамінової кислоти, лізину, фенілаланіну. Які назви відповідають цим амінокислотам за номенклатурою IUPAC? Позначте у формулах асиметричні атоми Карбону.

2. Написати формули амінокислот, що входять до складу білкових молекул і мають рН водних розчинів: а)  $> 7$ ; б)  $< 7$ .

3. Чим відрізняються амідні кислот і амінокислоти? Напишіть формули сполук: а) амідів пропіонової та ізомасляної кислот;

б)  $\beta$ -амінопропіонової та  $\alpha$ -аміномасляної кислот;

в) амідів  $\alpha$ -аміноізовалеріаної кислоти і N-ацил- $\alpha$ -аміноізовалеріаної кислоти.

4. Скласти структурні формули усіх ізомерних амінокислот складу  $C_4H_9NO_2$  і назвати їх за номенклатурою IUPAC.

5. За допомогою яких реакцій з етанолу можна одержати гліцин? Написати формулу гліцину у вигляді біполярного йона.

6. Написати рівняння реакцій утворення аланіну з:

а) етанолу; б) 1-пропанолу.

7. Написати рівняння добування усіх амінобензойних кислот з бензолу.

8. Написати молекулярні та іонні рівняння реакцій гліцину, валіну і орнітину з розчинами: а) HCl; б) NaOH.

9. У вигляді яких частинок знаходяться у водних розчинах: аланін, лізин, глутамінова кислота? Яка реакція цих розчинів?

10. Які значення рН відповідають ізоелектричному стану аспарагінової і глутамінової кислот?

11. Написати рівняння реакцій гліцину з: а)  $Ca(OH)_2$ ; б)  $H_2SO_4$ ; в)  $PCl_5$ ; г) пропан-1-олом.

12. Скласти схеми реакцій аланіну з: а) нітритною кислотою; б) йодистим метилом; в) оцтовим ангідридом.

### Тести з теми «Амінокислоти»

1. До складу молекул амінокислот входять такі функціональні групи:

а)  $-OH$  і  $-CHO$ ; б)  $-OH$  і  $-COOH$ ;

в)  $-NH_2$  і  $-COOH$ ; г)  $-NH_2$  і  $-OH$ ?

2. Скільки оптичних ізомерів може бути серед амінокислот, загальна молекулярна формула яких  $C_3H_7NO_2$ :

а) два; б) чотири; в) шість; г) вісім?

**3. У молекулах  $\alpha$ -амінокислот обов'язково повинні бути аміно- і карбоксильна групи, що знаходяться біля ...**

- а) одного атома Карбону;
- б) сусідніх атомів Карбону;
- в) крайніх атомів Карбону в головному ланцюзі;
- г) взаємне розташування груп немає значення?

**4. Ізоелектричний стан молекул амінокислоти в розчині спостерігається, коли ...**

- а) переважають йонізовані карбоксильні групи;
- б) переважають протоновані аміногрупи;
- в) спостерігається однакова кількість йонізованих карбоксильних груп і протонованих аміногруп;
- г) такий стан не характерний для амінокислот?

**5. У вигляді якої частинки знаходиться амінокислота в розчині (рН = 13), якщо ізоелектрична точка її знаходиться при рН = 9,7:**

- а) аніона; б) катіона; в) цвіттер-іона; г) молекули?

**6. Амфотерність амінокислот виявляється в реакціях із ...**

- а) кислотами; б) основами; в) солями; г) кислотами і основами.

**7.  $\alpha$ -амінокислоти перетворюються в аміни внаслідок реакції ...**

- а) декарбоксілювання; б) дегідрогенізації;
- в) дегідратації; г) електролітичної дисоціації?

**8.  $\alpha$ -амінокислоти в білкових молекулах з'єднані ...**

- а) водневим зв'язком; б) пептидним зв'язком;
- в) іонним зв'язком; г) ефірним зв'язком?

**9. Наяність пептидного зв'язку в молекулах пептидів і білків виявляється ... реакцією:**

- а) біуретовою; б) ксантопротеїновою; в) нінгідриновою; г) Міллона?

**10. У результаті гідролізу простих білків утворюються:**

- а)  $\alpha$ -амінокислоти; б)  $\beta$ -амінокислоти;
- в)  $\gamma$ -амінокислоти; г) суміш усіх цих амінокислот?

### **Питання до теми «Амінокислоти»**

1. Навести хімічні властивості амінокислот.
2. Навести методи одержання амінокислот з альдегідів і кетонів, з галогенозаміщених кислот.
3. Дати визначення поліпептидів і білків.
4. Навести класифікацію білків.
5. Охарактеризувати будову білків (первинна, вторинна, третинна і четвертинна структури) та їх хімічні властивості.

## Тема 28. ВУГЛЕВОДИ

*Вуглеводи* – органічні сполуки, що складаються з Карбону, Оксигену, Гідрогену та за хімічною природою є полігідроксиальдегідами або кетонами (тобто мають кілька гідроксильних груп й одну карбонільну), або перетворюються на них шляхом гідролізу. Вуглеводи класифікуються на моносахариди, олігосахариди та полісахариди.

Класифікація вуглеводів:

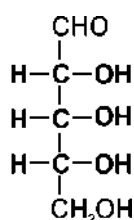
1. Прості сахари (моносахариди (монози)).
2. Складні сахари (полісахариди):
  - сахароподібні (олігосахариди);
  - несахароподібні.

*Моносахариди* – вуглеводи, молекули яких складаються із однієї полігідроксиальдегідної або кетонної одиниці, що містить переважно від 3 до 9 атомів Карбону та мають загальну формулу  $C_nH_{2n}O_n$ .

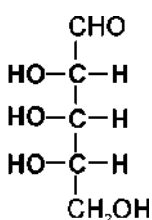
Будову молекули моносахариду можна описати таким чином: нерозгалужений карбоновий скелет, що складається від 3 до 9 атомів Карбону до яких приєднано гідроксильні групи та карбонільна група, яка може бути розташована на кінці молекули (сполука є *альдозою*) або посередині (сполука є *кетозою*). Моносахариди з трьома атомами Карбону – тріози, наприклад, гліцеральдегід (альдотріоза) та дигідроксиацетон (кетотріоза). Моносахариди з чотирма атомами Карбону – тетрози, з п'ятьма атомами Карбону – пентози, з шістьма атомами Карбону – гексози, з сьома атомами Карбону – гептози. Найпоширеніші у природі – гексози, наприклад, глюкоза (альдогексоза) і фруктоза (кетогексоза).

Моносахариди мають оптичну ізомерію, утворюючи D- та L-ряди. Опис оптичних властивостей моносахаридів проводять з використанням формули Фішера. Розглянемо на прикладі лінійних ізомерів вуглеводів загальної формули  $C_5H_{10}O_5$ . Моносахариди пентози за характером карбонільної групи утворюють два ряди ізомерів: альдопентози та кетопентози. В альдопентозах  $CH_2OH - CHON - CHON - CHON - CHO$  є три асиметричних атоми Карбону ( $C^*$ ) і тому альдопентози існують у вигляді восьми оптичних ізомерів (чотири пари дзеркальних антиподів), які відрізняються між собою різними конфігураціями біля  $C^*$ . У молекулах кетопентоз  $CH_2OH - CHON - CHON - CO - CH_2OH$  таких атомів два, тому кетопентози утворюють чотири оптичних ізомери (дві пари антиподів).

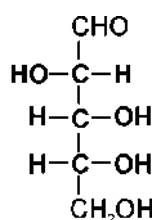
Альдопентози:



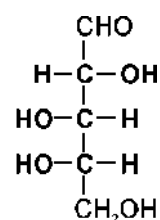
1)



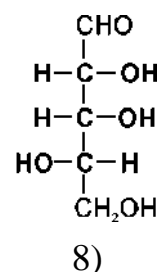
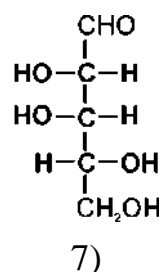
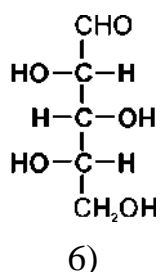
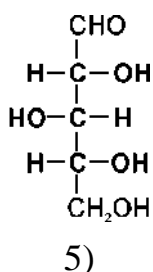
2)



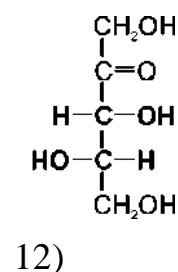
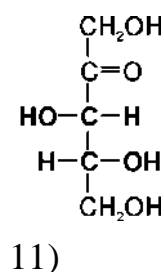
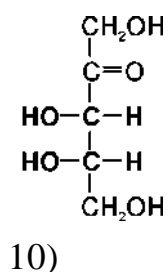
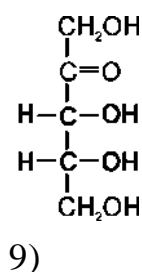
3)



4)



Кетопентози:



Положення Н і ОН біля останнього в ланцюзі С\* визначає належність оптичних ізомерів моносахаридів до D-ряду (H-CHO) або L-ряду (HO-C-H). У наведених парах антиподів формули D-пентоз написані зліва.

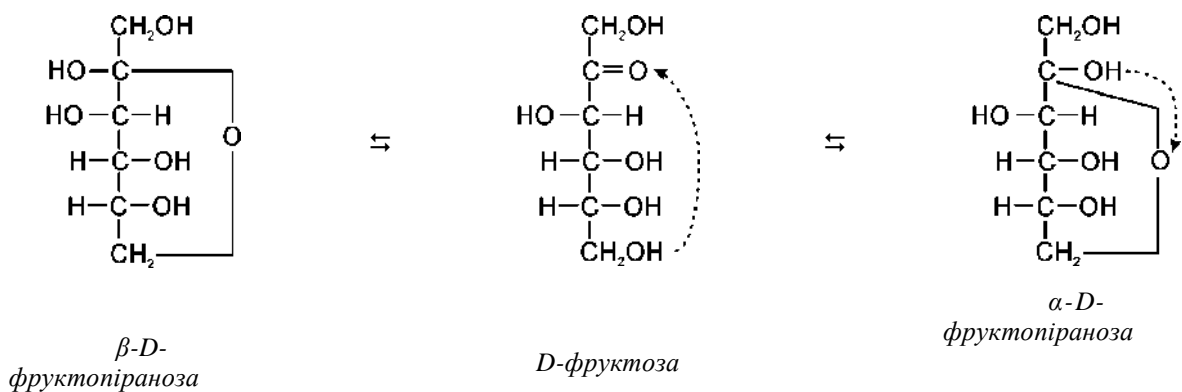
Речовини, які складають пари оптичних антиподів, називаються енантіомерами. Так, для альдопентози 1 енантіомером є речовина 2, а всі інші альдопентози – її діастереомери. Пари 1 і 3, а також 5 і 7 в альдопентозах належать до епімерів, вони відрізняються конфігурацією тільки біля асиметричного вуглецевого атома, сусіднього з Карбоном карбонільної групи.

Кут обертання площини поляризації світла свіжого розчину моносахариду при відстоюванні змінюється (збільшується, або зменшується) доки не досягне сталої величини, характерної для певного моносахариду. Це явище отримало назву – *мутаротація*.

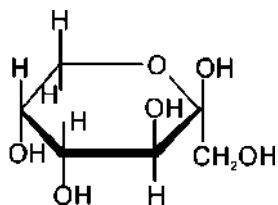
Моносахариди містять карбонільну й спиртові групи, які здатні взаємодіяти між собою, з формуванням ковалентних зв'язків між Карбоном карбонільної групи й Оксигеном однієї з гідроксильних груп, молекула стає циклічною, а згаданий атом Карбону – асиметричним (хіральним). Лінійна та циклічна форми моносахаридів є ізомерними формами, які перетворюються одна в одну в результаті міграції атома Гідрогену від Оксигену спиртової групи до Оксигену карбонільної групи. Явище взаємоперетворення ізомерів називається *динамічною ізомерією* або *таутомерією*, а такі перетворення – таутомерними.

У розчинах моносахаридів унаслідок таутомерії з лінійних форм утворюються циклічні, серед яких найбільш часто трапляються п'ятичленні або шестичленні гетероцикли. П'ятичленні цикли називають *фуранозними* (нагадує фуранове кільце), а шестичленні – *піранозними* (нагадує піранове

кільце). Гідроксильна група, яка виникає в результаті утворення циклічної форми, має назву глікозидної (для фруктози: фруктозидним) гідроксильом. Співіснують два стереоізомери, так звані  $\alpha$  і  $\beta$ -форми (аномери). В  $\alpha$ -формі напівацетальна (напівкетальна) гідроксильна група розміщена з протилежного боку до групи  $\text{CH}_2\text{OH}$  біля  $\text{C}_5$ , у  $\beta$ -формі – з одного боку.  $\alpha$ - і  $\beta$ -ізомери отримали назву *аномери*. Для альдогексоз піранозна форма значно стабільніша, ніж фуранозна, кетогексози і альдотетрози ж можуть формувати тільки п'ятичленний цикл.



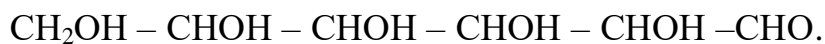
Циклічні форми моносахаридів часто записують у вигляді формул Хеурса. Для цього потрібно записати відповідний гетероцикл у площині рисунка. Якщо порядок атомів Карбону в циклі відповідає напрямку руху годинникової стрілки, то замісники біля цих атомів записують так, щоб ті, які у формулі О. Коллі-Б. Толленса були зліва, знаходилися б у формулі Хеурса зверху відносно площини циклу. Ті ж замісники, які у формулі О. Коллі-Б. Толленса були справа, у формулі Хеурса стають внизу площини циклу:



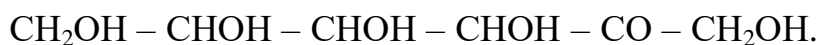
Моносахариди (монози) не гідролізуються. У розчинах моносахаридів у стані рівноваги знаходяться дві таутомерні форми цих сполук: карбонільна і напівацетальна. Тому під час виконання вправ з хімічних властивостей моносахаридів у рівняннях реакцій, які проходять за участю карбонільної групи, необхідно користуватися формулами карбонільної (лінійної) форми, а в реакціях з гідроксильними групами користуватися формулами напівацетальних (циклічних) форм.

Найважливіші представники моносахаридів – глюкоза (виноградний цукор) та її ізомер фруктоза (фруктовий цукор), які мають загальну формулу  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

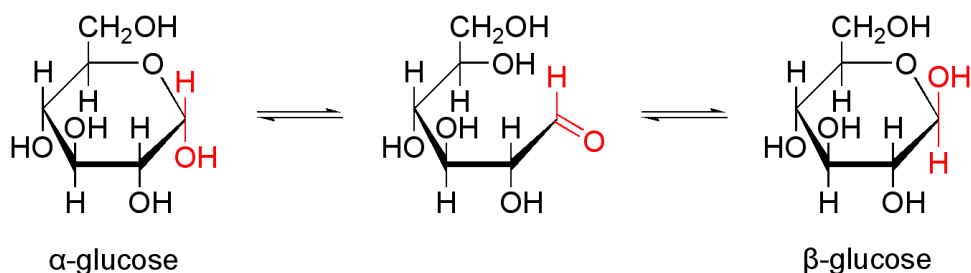
Глюкоза – це альдегідоспирт, що містить п'ять OH-груп і альдегідну групу:



Фруктоза – це п'ятиатомний кетоноспирт:



У кристалічному стані молекули глюкози мають циклічну будову, а у водних розчинах у стані динамічної рівноваги існують альдегідна і циклічні форми ( $\alpha$ -глюкози і  $\beta$ -глюкози).



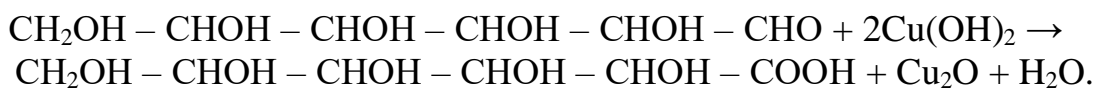
### *Хімічні властивості глюкози*

Хімічні властивості глюкози як альдегіду:

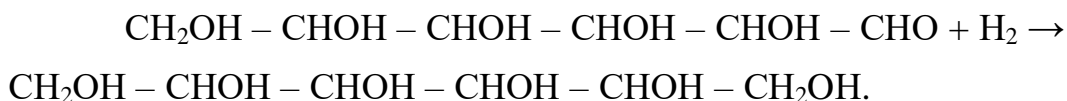
1. Як альдегід глюкоза окиснюється (наприклад, у реакції «срібного дзеркала») до глюконової кислоти:



Під час кипіння глюкоза також окислюється купрум (II) гідроксидом до глюконової кислоти:



2. Як альдегід глюкоза відновлюється в присутності водню до шестиатомного спирту сорбіту:

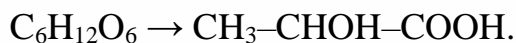


Бродіння глюкози:

1. Спиртове бродіння відбувається під дією ферментів дріжджів. Продуктами є етиловий спирт  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  і вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ :



2. Молочнокисле бродіння глюкози відбувається під дією молочнокислих бактерій. Продуктами бродіння є молочна кислота:



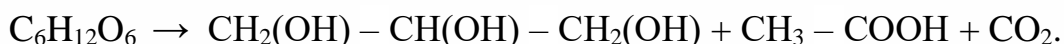
3. Маслянокисле бродіння відбувається під дією багатьох анаеробних бактерій:



4. Лимонокисле бродіння відбувається під дією пліснявих грибів *Aspergillus* або *Citromyces* за наявності кисню повітря:

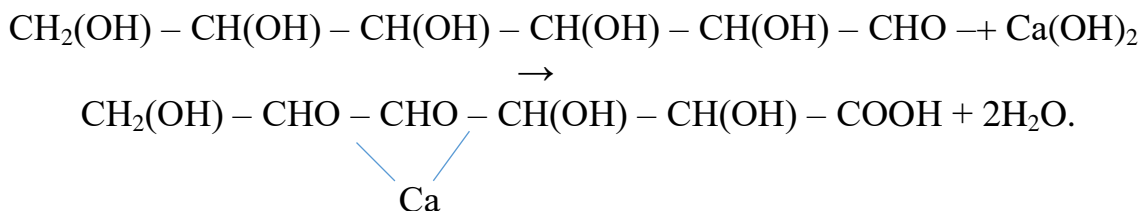


5. Гліцеринове бродіння:



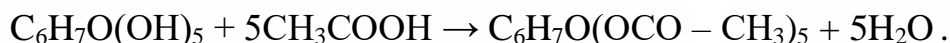
Хімічні властивості глюкози як спирту:

1. Взаємодія з гідроксидами металів з утворенням сахаратів:

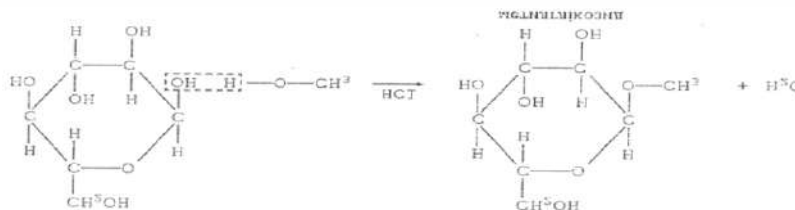


Сахарат купруму – комплексна сполука синього кольору – використовують для виявлення цукру в сечі.

2. З карбоновими кислотами глюкоза утворює естери за реакцією естерифікації. Наприклад, одна молекула глюкози взаємодіє з п'ятьма молекулами оцтової кислоти:



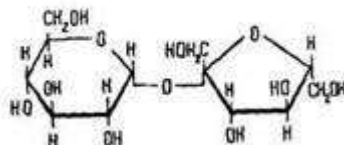
3. Реакції за участю напівацетальної гідроксигрупи. Глюкоза взаємодіє із спиртами з утворенням речовин, подібних до естерів, – глікозидів:



*Дисахариди* – результат сполучення двох моносахаридів між собою. Найважливіші дисахариди: сахароза (глюкоза + фруктоза); лактоза (глюкоза + галактоза); мальтоза (глюкоза + глюкоза) мають загальну формулу  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .

Природна сахароза є правообертаючим ізомером. Найбільш поширені її природні ізомери – мальтоза та лактоза, молекулярна формула яких така ж, як у сахарози. Мальтоза (солодкий цукор) утворюється з крохмалю під дією солоду. Лактоза (молочний цукор) міститься в молоці, має високу поживність.

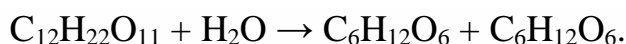
Молекула сахарози складається із залишків глюкози та фруктози (циклічна альфа-форма), сполучених між собою атомами кисню:



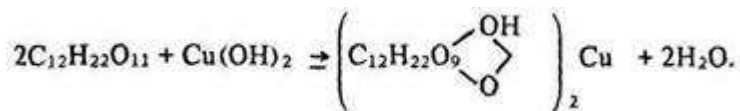
У молекулі сахарози немає альдегідної, карбонільної та напівацетальної гідроксильної груп. Тому хімічні властивості сахарози відрізняються від властивостей моносахаридів.

### *Хімічні властивості сахарози*

1. Гідроліз сахарози. Під час нагрівання за наявності іонів водню сахароза гідролізується з утворенням двох моносахаридів – глюкози та фруктози:



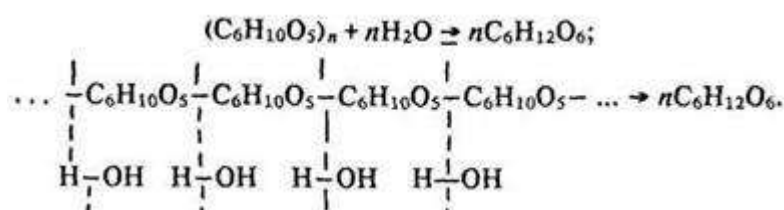
2. Сахароза, як і глюкоза, легко взаємодіє з гідроксидами металів. Якщо до розчину сахарози долити розчин купрум (II) гідроксиду, утворюється яскраво-синій розчин комплексної сполуки – сахарату купруму, яка за будовою подібна до сполуки глюкози з купрумом:



У розчині сахарози суспензія гідроксиду кальцію розчиняється з утворенням сахарату кальцію, який за будовою подібний до сполуки глюкози з кальцієм. Оскільки сахароза не має вільної карбонільної групи, сахароза не вступає в реакцію «срібного дзеркала» та не відновлюється іншими відновниками.

Молекули полісахаридів містять велику кількість залишків моносахаридів, найчастіше глюкози, сполучених між собою. Найпоширеніші полісахариди: крохмаль, глікоген, целюлоза. Загальна формула перелічених полісахаридів –  $C_6(H_{10}O_5)_n$ .

*Крохмаль* – природний полімер. Макромолекули в крохмалю неоднакові за структурою та розмірами – молекули лінійної структури містять кілька сотень ланок  $C_6H_{12}O_5$ , їх молекулярна маса становить кілька сотень тисяч, молекули розгалуженої структури складаються з кількох тисяч ланок  $C_6H_{10}O_5$ , їх молекулярна маса – кілька мільйонів. Крохмаль не має відновних властивостей альдегідів – не відновлює купрум (II) гідроксид, не вступає в реакцію «срібного дзеркала». Під час нагрівання з водою за наявності кислоти або під дією ферментів крохмаль гідролізується. Спочатку утворюються проміжні продукти з меншою відносною молекулярною масою, ніж у крохмалю, – полісахариди декстрини, потім – ізомер сахарози – мальтоза. Кінцевим продуктом гідролізу є глюкоза. Сумарне рівняння гідролізу має такий вигляд:



Під дією йоду на крохмаль утворюється речовина синього кольору. Ця дуже чутлива реакція використовується для визначення крохмалю та йоду.

*Целюлоза*, подібно до крохмалю, є природним полімером. Молекули деяких видів целюлози містять до 40 тисяч ланок  $C_6H_{10}O_5$  (відносна молекулярна маса – кілька мільйонів). Макромолекули крохмалю та целюлози різняться за структурою. Макромолекули крохмалю складаються із залишків молекул  $\alpha$ -глюкози і мають лінійну та розгалужену структуру. Молекули целюлози утворені залишками молекул  $\beta$ -глюкози і характеризуються лише лінійною структурою.

### *Хімічні властивості целюлози*

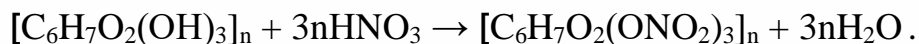
У молекулах целюлози немає альдегідної, карбонільної та напівацетатної гідроксигруп. Вони містять лише спиртові гідроксигрупи, які обумовлюють її властивості багатоатомного спирту. Целюлоза, як і крохмаль, не виявляє відновних властивостей альдегіду – не окиснюється купрум (II) гідроксидом та не вступає в реакцію «срібного дзеркала».

1. Гідроліз целюлози. Целюлоза, подібно до крохмалю, гідролізується під дією розведених кислот. Кінцевим продуктом гідролізу є глюкоза. Сумарне рівняння гідролізу целюлози має такий вигляд:

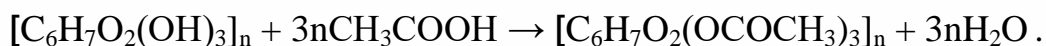
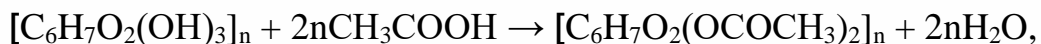


2. Реакція етерифікації. Целюлоза в кожній ланці  $C_6H_{10}O_5$  має по три спиртові гідроксигрупи, завдяки яким може утворювати етери та естери.

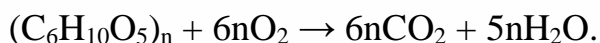
Під час взаємодії целюлози з концентрованою нітратною кислотою за наявності концентрованої сульфатної кислоти утворюються естери – моно-, ди- та тринітратцелюлози (піроксилін):



3. Целюлоза з оцтовою кислотою утворює оцтовокислі естери:



4. Горіння. Целюлоза добре горить:



### Задачі з теми «Вуглеводи»

1. Перерахувати види ізомерії моносахаридів і навести приклади кожного з них, використавши глюкозу.

2. Чим відрізняються альдози від кетоз? Написати схеми перетворення глюкози у фруктозу в лужному середовищі.

3. Написати формули трьох оптичних ізомерів альдогексози. Позначити асиметричні атоми Карбону. Скільки всього оптичних ізомерів може бути у альдогексози?

4. Скласти схеми реакцій окиснення D-глюкози:

а) бромною водою; б) нітратною кислотою. Назвати продукти окиснення.

5. Скласти схеми окиснення (до альдонових кислот) і відновлення:

а) D-галактози; б) D-рибози.

6. Написати рівняння реакцій D-ксилози з надлишком: а) оцтового ангідриду; б) йодистого етилу.

7. Чим відрізняються відновлюючі дисахариди від невідновлюючих (будовою і властивостями)? Вивести формули відновлюючого і невідновлюючого дисахариду, який складається з двох молекул D-фруктози.

8. Яка різниця в будові мальтози і целобіози? Написати альдегідні форми цих дисахаридів.

9. Написати можливі таутомерні форми лактози. Які реакції підтверджують існування карбонільної і напівацетальної форм лактози в розчині?

10. Чим відрізняється будова крохмалю від будови клітковини? Написати будову частини глюкозного ланцюга, який є основним структурним елементом молекул крохмалю і клітковини.

11. Які продукти утворюються при гідролізі крохмалю? Скласти схему реакції поступового гідролізу трисахариду, в якому залишки глюкози зв'язані за мальтозним типом.

## Тести з теми «Вуглеводи»

**1. На які групи поділяються моносахариди за типом функціональних груп:**

- а) альдози і кетози; б) монози і біози;  
в) пентози і гексози; г) глюкози і фруктози?

**2. Скільки асиметричних атомів Карбону в молекулі альдопентози:**

- а) один; б) два; в) три; г) чотири?

**3. Чим відрізняються  $\alpha$ - і  $\beta$ -аномери D-глюкози:**

- а) кількістю асиметричних атомів Карбону;  
б) просторовим розташуванням глікозидного гідроксилу;  
в) величиною внутрішньомолекулярного циклу  
г) положенням гідроксилу біля останнього в ланцюзі асиметричного атому Карбону?

**4. D-глюкоза і D-фруктоза – це ...**

- а) міжвидові ізомери; б) гомологи;  
в) *цис*- і *транс*-ізомери; г) конформери?

**5. Оптична активність вуглеводів характеризується ...**

- а) розсіюванням світла; б) поглинанням світла;  
в) відбиванням світла; г) повертанням площини поляризованого світла?

**6. Явище мутаротації у свіже приготованих розчинах моносахаридів пояснюється ...**

- а) електролітичною дисоціацією; б) таутомерією;  
в) гідролізом; г) окисненням; д) відновленням?

**7. Глікозидний гідроксил у молекулі моносахариду знаходиться біля ...**

- а) першого атома Карбону; б) другого атома Карбону;  
в) атома Карбону, що входив до складу карбонільної групи;  
г) останнього в ланцюзі асиметричного атома Карбону?

**8. Фуранозна і піранозна форми моносахаридів відрізняються ...**

- а) просторовим положенням глікозидного гідроксилу;  
б) кількістю атомів Карбону, що утворюють внутрішньомолекулярний гетероцикл;  
в) кількістю асиметричних атомів Карбону в молекулі;  
г) положенням карбонільної групи в ланцюзі.

**9. Якісною реакцією на альдозу є реакція з ...**

- а)  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$ ; б)  $\text{H}_2$ ; в)  $\text{NaHSO}_3$ ; г)  $\text{HCN}$ ?

**10. Метил- $\alpha$ -D-глюкозид утворюється при взаємодії моносахариду з ...**

- а)  $\text{H}_2\text{O}$ ; б)  $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HCl}$ ; в)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; г)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{HCl}$ ?

### Питання до теми «Вуглеводи»

1. Дати класифікацію вуглеводів.
2. Охарактеризувати будову та ізомерію моносахаридів.
3. Дати класифікацію моносахаридів.
4. Дати визначення оптичної ізомерії в моносахаридах.
5. Навести формули Фішера для оптичних ізомерів моносахаридів.
6. Навести приклади таутомерів моносахаридів.
7. Назвати хімічні властивості моносахаридів (реакції за участю карбонільної групи, глікозидного гідроксилу, гідроксильних спиртових груп).
8. Навести хімічні властивості пентоз (рибози, дезоксирибози, ксилози, арабінози).
9. Навести хімічні властивості гексоз (глюкози, манози, галактози, фруктози).
10. Навести класифікація дисахаридів.
11. Описати характер зв'язку в дисахаридах між залишками моносахаридів.
12. Назвати хімічні властивості відновлюючих дисахаридів.
13. Назвати хімічні властивості невідновлюючих дисахаридів.
14. Описати хімічні властивості та методи отримання окремих представників дисахаридів (мальтози, трегалози, целобіози, лактози, сахарози).
15. Навести класифікацію полісахаридів.
16. Описати хімічні властивості полісахаридів (гідроліз, реакції спиртових груп).
17. Описати хімічні властивості та методи отримання окремих представників полісахаридів (крохмаль, клітковини (целюлози), інуліну, пентозану, пектинових речовин).
18. Назвати біологічну роль і розповсюдження в природі вуглеводів.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Берзен О. В. Органічна хімія : підручник. Київ : Абрис, 2000. 304 с.
2. Гомонай В. І., Мільович С. С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова Кн., 2016. 448 с.
3. Загальна та біонеорганічна хімія: підручник / О. Карнаухов та ін. Київ : Фенікс, 2001. 577 с.
4. Загальна та неорганічна хімія: підручн. для студ. вищ. навч. закл. / О. Степаненко та ін. 2-ге вид. Київ : Пед. преса, 2000. 784 с.
5. Іващенко О., Копанцева Л. Органічна хімія : навч. посіб. [для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Фармація»]. Полтава : ПДМУ, 2023. 192 с.
6. Колоїдна хімія : підручник / М. Мchedлов-Петросян та ін. Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2012. 500 с.
7. Ластухін Ю. О., Воронов С. А. Органічна хімія : підручник. Львів : Центр Європи, 2006. 864 с.
8. Лебідь В. Фізична хімія : підручник. Харків : Гімназія, 2008. 478 с.
9. Левітін Є., Бризицька А., Ключова Р. Загальна та неорганічна хімія : підруч. для студ. вищ. навч. закл. Харків : Золоті сторінки, 2017. 512 с.
10. Панчук Т.К., Лаврик Р.В., Галімова В.М. Конспект лекцій з неорганічної та аналітичної хімії для студентів факультету захисту рослин, біотехнологій та екології ОС Бакалавр спеціальності 202 Захист і карантин рослин. Част. 1 Київ : Експо-друк, 2022. 160 с.
11. Свіцова Я.О., Дубина О.М., Хищенко Н.Л. Хімія: посібник для здобувачів галузей знань 20 «Аграрні науки і продовольство» та 10 «Природничі науки» (спец. 103 «Науки про Землю»). Харків: ХНАУ, 2021. 302 с.
12. Дубина О.М., Панченко В.Г., Свіцова Я.О. Лабораторний практикум з органічної хімії: навчальний посібник. Харків: ХНАУ, 2019. 117 с.
13. Свіцова Я.О., Бондаренко І.Б., Васюков О.Є. Хімія з основами біохімії: практикум. Харків: ХНАУ, 2010. 101 с.

## СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

<p>Абсолютне значення похибки</p> <p>Absolute value of error</p>	<p>значення похибки без врахування її знаку (модуль похибки): <math>(\Delta x_i =  x_i - \mu </math>, де <math>x_i</math> – результат аналізу; <math>\mu</math> – істинний вміст у пробі компонента, який аналізується)</p> <p>the error value without taking into account its sign (error modulus): <math>(\Delta x_i =  x_i - \mu </math>, где <math>x_i</math> – where is the result of the analysis, <math>\mu</math> – the true content in the sample of the analyzed component)</p>
<p>Абсолютна похибка вимірювання</p> <p>Absolute measurement error</p>	<p>похибка вимірювання, розмірність якої має тіж самі одиниці що її величина, яка вимірюється</p> <p>measurement error, expressed in units of the measured value</p>
<p>Абсорбційна спектроскопія</p> <p>Absorption spectroscopy</p>	<p>фізико-хімічний метод дослідження, який базується на вимірюванні зменшення інтенсивності випромінювання, яке пройшло крізь досліджувану речовину</p> <p>physicochemical method of investigation, based on measuring the decrease in radiation intensity transmitted through analyte</p>
<p>Авогадро стала</p> <p>Avogadro constant</p>	<p>показує яка кількість частинок (молекул, іонів, атомів) міститься в одному молі речовини: <math>N_A = 6,02 \cdot 10^{23}</math></p> <p>shows how many particles (molecules, ions, atoms) are contained in one mole of matter: <math>N_A = 6,02 \cdot 10^{23}</math></p>
<p>Автокаталіз</p> <p>Autocatalysis</p>	<p>різновид каталітичної реакції. В якості каталізатору є продукти реакції або початкові речовини</p> <p>kind of catalytic reaction. The catalysts reaction products or starting reactants</p>
<p>Аддитивні властивості</p> <p>Additive properties</p>	<p>властивості суміші, які є арифметичним доданком відповідних властивостей складових частин в чистому вигляді</p> <p>mixture properties, which arithmetically add up from the corresponding properties of the individual constituents taken in pure form</p>
<p>Адсорбат</p> <p>Adsorbate</p>	<p>речовина, яка поглинається адсорбентом, продукт взаємодії адсорбента з адсорбтивом.</p> <p>substance that is absorbed by the adsorbent, the product of the interaction of the adsorbent with adsorbent</p>
<p>Адсорбент</p> <p>Adsorbent</p>	<p>Речовина, яка поглинає іншу речовину; речовина, на поверхні якої відбувається адсорбція.</p> <p>substance that absorbs another substance; substance on the surface of which adsorption takes place</p>

Адсорбтив	речовина, що адсорбується на поверхні адсорбента.
Adsorptive	substance adsorbed on the surface of the adsorbent.
Адсорбційна рівновага	динамічна рівновага між молекулами адсорбтива, що знаходяться на поверхні адсорбента і в об'ємі розчину
Adsorption equilibrium	dynamic equilibrium between adsorbent molecules located on the surface of the adsorbent and in the volume of the solution
Адсорбція	зміна концентрації розчиненої речовини в поверхневому шарі порівняно з концентрацією всередині фази
Adsorption	change in the concentration of the substance in the surface layer as compared with the concentration inside the phase
Адсорбція ізотерма	графічна залежність адсорбції від концентрації речовини при постійній температурі
Isotherm Adsorption	graphical dependence of adsorption on the concentration of matter at a constant temperature
Адсорбція молекулярна	адсорбція розчиненої речовини з розчинів неелектролітів, а також з розчинів слабких електролітів у вигляді молекул
Adsorption molecular	adsorption of solute from solutions of nonelectrolytes, and also from solutions of weak electrolytes in the form of molecules
Адсорбція негативна	адсорбція, при якій концентрація речовини в поверхневому шарі менша ніж всередині фази
Adsorption negative	adsorption, at which substance concentration in the surface layer is less than within the phase
Адсорбція обмінна	адсорбція, при якій адсорбент поглинає з розчину йони певного знака, що супроводжується переходом з адсорбента в розчин еквівалентної кількості іонів того ж самого знаку
Adsorption exchange	change in the substance concentration in the surface layer as compared with the concentration inside the phase
Адсорбція позитивна	адсорбція, при якій концентрація речовини в поверхневому шарі більша ніж всередині фази
Adsorption positive	adsorption, at which the substance concentration in the surface layer is greater than within the phase
Адсорбція специфічна	з різних іонів, що містяться в розчині на поверхні кристала адсорбуються ті іони, що входять до складу кристала та можуть добудовувати його кристалічну ґратку
Adsorption specific	with the ions contained in the ions solution on the crystal surface adsorbed those ions that are part of the crystal and can complete crystal lattice
Адсорбція фізична	адсорбція, при якій речовини на поверхні адсорбента утримуються за рахунок сил Ван-дер-Ваальса
Adsorption physical	adsorption, in which substances on the adsorbent surface are retained by van der Waals forces

Адсорбція хімічна	адсорбція, при якій речовини на поверхні адсорбента утримуються за рахунок хімічних сил
Adsorption chemical	adsorption, in which substances on the adsorbent surface are retained by chemical forces
Аерозолі	дисперсні системи з газоподібним дисперсійним середовищем та рідкою чи твердою дисперсною фазою
Aerosol	disperse systems with a gaseous dispersion medium and a liquid or solid dispersed phase
Аквакомплекси	комплексні сполуки, у яких лігандами є молекули води
Aquacomplexes	complex compounds in which ligands are water molecules
Активація енергія	енергія, яку треба надати молекулам речовин, що реагують, роблячи їх активними
Activation of energy	the energy that must be reported to the molecules of the reacting substances in order to convert them into active
Активованій комплекс	нестабільна групівка, яка складається з частинок, які реагують. Розклад активованого комплексу призводить до утворення кінцевого продукта реакції.
Activated complex	an unstable intermediate grouping of particles of reacting substances, the subsequent decomposition of which leads to the formation of the final reaction product.
Активність йона (молекули)	концентрація йона (молекули), відповідно до якої вони діють в хімічній реакції ( $a$ )
Activity ion (molecules)	ion (molecule) concentration, respectively, which they act in the chemical reaction ( $a$ )
Активність коефіцієнт	відношення активності йона (молекули) до концентрації $f = \frac{a}{c}$
Activity coefficient	ratio of the ion (molecule) activity to its concentration $f = \frac{a}{c}$
Активні центри	атом чи група атомів (іонів) каталізатора, при взаємодії яких з молекулами (іонами, радикалами) реагентів відбувається збільшення швидкості хімічної реакції
Active centers	atom or group of atoms (ions) of the catalyst, in the interaction with molecules (ions, radicals) of reactants, when chemical reactions accelerate
Актиноїди	елементи з порядковими номерами 90-103, які розташовані в сьомому періоді
Actinides	elements with ordinal numbers 90–103, which are located in the seventh period
Актиноїдне стиснення	зменшення атомного радіусу з ростом порядкового номера елементів в ряду актиноїдів
Actinide compression	atomic radius decrease as the number of elements in the series of actinides increases

Акумулятор	обернений гальванічний елемент, що утворюється при електролізі в наслідок хімічної поліризації електродів
Battery	reversible galvanic cell formed during electrolysis as a result of chemical polarization
Акцептор	атом, який надає для донорно-акцепторного зв'язку вільну орбиталь
Acceptor	atom that provides a free orbital for the donor-acceptor bond
Аліквота	частина розчину, яку використовують для аналізу
Aliquot	part of the solution used for analysis
Алкадієни	ациклічні ненасичені вуглеводні, що містять два подвійних зв'язки у карбоновому ланцюгу та утворюють гомологічний ряд із загальною формулою $C_nH_{2n-2}$
Alkadiene	acyclic unsaturated hydrocarbons containing two double bonds between carbon atoms forming a homologous series with the general formula $C_nH_{2n-2}$
Алкадієни з ізольованими зв'язками	алкадієни, у яких подвійні зв'язки розділені двома чи більшою кількістю простих зв'язків
Alkadiene with isolated bonds	alkadienes, in which double bonds are separated by two or more simple bonds
Алкадієни з кумульованими зв'язками	алкадієни, у яких подвійні зв'язки знаходяться біля одного атому карбону
Alkadiene with cumulative bonds	alkadienes, in which double bonds are located on one carbon atom
Алкадієни з кон'югованими зв'язками	алкадієни, у яких подвійні зв'язки розділені одним простим зв'язком
Alkadienes with conjugated bonds	alkadienes, in which double bonds are separated by a single bond
Алкани	аліфатичні вуглеводні, в молекулі яких атоми зв'язані між собою простим $\sigma$ - зв'язком, а інші їх валентності максимально насичені атомами Гідрогену ( $C_nH_{2n+2}$ )
Alkans	aliphatic hydrocarbons, in the molecule of which the atoms are linked by a simple bond, and the remaining of their valences are maximally saturated by hydrogen atoms ( $C_nH_{2n+2}$ )
Алкени	ациклічні ненасичені вуглеводні, що містять один подвійний зв'язок між сусідніми атомами Карбону та утворюють гомологічний ряд ( $C_nH_{2n}$ )
Alkenes	acyclic unsaturated hydrocarbons containing one double bond between adjacent carbon atoms forming a homologous series (general formula $C_nH_{2n+2}$ )

Алкини Alkines	ациклічні ненасичені вуглеводні, що містять потрійний зв'язок між сусідніми атомами Карбону та утворюють гомологічний ряд ( $C_nH_{2n-2}$ ) acyclic unsaturated hydrocarbons containing a triple bond between adjacent carbon atoms forming a homologous series ( $C_nH_{2n-2}$ )
Алкоголяти Alcoholates	див. Спирти see. Alcohols
Альдегіди Aldehydes	органічні сполуки, які містять карбонільну групу, яка зв'язана з атомом Гідрогену або вуглецевим радикалом organic compounds that contain carbonil group which bound to a Hydrogen atom or a Carbon radical
Аміакати Ammonia	комплексні сполуки, які в якості ліганду містять молекули амоніаку complex compounds that contain ammonia molecules as ligands
Аміни Amine	органічні сполуки, що містять в своєму складі аміногрупу ( $-NH_2$ ), Нітроген якої безпосередньо зв'язано з атомом Карбону organic substances containing in the molecule amino group ( $-NH_2$ ), the Nitrogen with which is Carbon directly bonded atom
Амінокислоти Amino acids	гетерофункціональні органічні сполуки, що містять в своєму складі аміногрупу ( $-NH_2$ ) та карбоксильну групу ( $-COOH$ ) heterofunctional organic substances containing in the molecule amino group ( $-NH_2$ ) and carboxyl group ( $-COOH$ )
Аналітична хімія Analytical chemistry	наука про методи якісного і кількісного визначення складу речовин або їх сумішей thescience about the methods qualitative and quantitative determination of substances or their mixtures composition
Аналітичні якісні реакції Analytical qualitative reactions	реакції, які реакції супроводжуються певним зовнішнім ефектом: зміною кольору розчину, виділенням газу, утворенням осаду these reactions are accompanied by a certain external effect: a change solution color, gas release, precipitate formation
Аніон Anion	негативно заряджений іон negatively charged ion
Аніоніти Anion exchangers	іоніти, поверхня яких заряджена позитивно, вони адсорбують з розчину аніони ion exchangers, the surface of which is positively charged, adsorb anions from the solution

Ароматичні вуглеводні (арени) Aromatic hydrocarbons (arenas)	сполуки, що містять в молекулі особливу циклічну групування з шести атомів Карбону (бензенове кільце) compounds containing in the molecule there is connected 6 Carbon atoms in the ring (benzene core)
Ароматичні багатоядерні вуглеводні Aromatic multinucleated hydrocarbons	сполуки, що містять в молекулі два чи більше зв'язаних між собою бензенових кілець compounds containing in the molecule two or more linked benzene rings
Асоціація Association	процес з'єднання іонів в молекулу process of joining ions into a molecule
Атом Atom	найменша, хімічно цілісна частина хімічного елемента, яка є носієм його властивостей smallest, chemically indivisible part of a chemical element
Атомна маса відносна Atomic mass relative	дорівнює відношенню середньої маси атому природнього ізотонічного складу елемента до $1/12$ маси атома Карбона $^{12}\text{C}$ ( $A_r$ ) value equal to the ratio of the atom average mass to the natural isotonic composition of the element to the $1/12$ mass of the $^{12}\text{C}$ ( $A_r$ )
Атомна орбіталь Atomic orbital	простір навколо ядра, в якому найбільш вірогідне знаходження електрону space around the nucleus, in which the most likely is an electron (90 %)
Атомний радіус Atomic radius	радіус шароподібних частинок, які зближуються між собою. при утворенні кристала radius, which characterizes the approximate size of the atom.
Атомно-адсорбційний аналіз Atomic-adsorption analysis	різновид оптичних методів аналізу, що базується на вимірюванні поглинання випромінювання від стандартного джерела світла атомами елемента, що досліджується kind of optical methods of analysis, based on measuring the absorption by of radiation atoms from a standard light source
Ацидокомплекси Acidocomplexes	комплексні сполуки, в яких в якості лігандів є кислотні залишки: $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$ complex compounds in which ligands are acid residues: $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$
Аерозоль Aerosol	гетерогенна дисперсна система, у якій тверда або рідка речовини дисперговані в газовому середовищі

	heterogeneous dispersed system in which solid or liquid substances are dispersed in a gaseous medium
Багатоядерні комплекси Multi-core systems	комплексні сполуки, які містять два чи декілька атомів комплексоутворювача одного чи різних елементів з'єднаних між собою за допомогою певних груп complex compounds containing two or more atoms of the complexing agent of one or different elements joined together by means of certain groups
Бертоліди Bertollids	хімічні сполуки змінного складу chemical compounds of variable composition
Бімолекулярні реакції Bimolecular reactions	реакції, в яких в елементарному акті приймають участь дві молекули різного чи однокового типу reactions in which two molecules of a different or a new kind participate in an elementary act
Буферна ємність Buffer capacity	кількість еквівалентів кислоти чи лугу, що необхідно додати до 1 л буферного розчину для зміни рН на одну одиницю number of equivalents of acid or alkali that must be added to 1 liter of the buffer solution to change the pH per unit
Буферні розчини Buffer solutions	розчини з певною концентрацією іонів Гідрогену (рН), яка майже не змінюється при розведенні, концентруванні, додаванні невеликої кількості кислоти або лугу solutions in which the concentration of hydrogen ions (pH) does not change when small amounts of acid or alkali are added, when diluted or concentrated
Бюретка Burette	скляна трубка, градуйована на цілі та десяті частини мілілітра, що перекривається внизу скляним краном, або гумовим перехідником із пружинним металевим затискачем glass tube, graduated to the whole and tenths of a milliliter, which is covered by a glass faucet below or a rubber adapter with a spring metal clip
Ваговий аналіз Weight analysis	див. гравіметричний аналіз see gravimetric analysis
Вагова форма Weight form	сполука, яку зважують після прожарювання та масу якої безпосередньо використовують для остаточних розрахунків в гравіметричному аналізі substance that is weighed after calcination and is directly used for final calculations in gravimetric analysis
Валентність Valence	кількість хімічних зв'язків, яким певний атом з'єднаний з іншим

	the number of chemical bonds by which this atom is connected to others
Визрівання осаду Maturation of sediment	збільшення розмірів кристалів осаду протягом певного часу за рахунок переходу речовини з маленьких кристалів на великі increase in crystal size over time due to matter transition from small crystals to large ones
Випадкова вибірка (вибіркова сукупність) Random selection (sample collection)	число паралельних вимірювань (сукупність одержаних результатів) number of parallel measurements (set of obtained results)
Випадкова похибка вимірювання Accidental measurement error	складова похибки результату вимірювання, яка змінюється випадковим чином (за знаком та значенням) при вимірюваннях однієї і тієї самої фізичної величини, які повторюються та проведені однаково ретельно component of the measurement result error, changing randomly (by sign and value) with repeated measurements carried out with equal care and the same physical quantity
Виправлений результат вимірювання Corrected measurement result	значення величини, яке отримано при вимірюванні та яке уточнювали шляхом введення в нього необхідних даних на дію систематичних похибок value obtained in the measurement and refined by introducing into it the necessary corrections to systematic errors effect
Відкриваний мінімум Opening minimum	найменша кількість речовини або іона, яка може бути визначена даною реакцією при певних умовах її виконання: $\gamma$ , мкг minimum amount of a substance or ion that can be determined by a given reaction under certain conditions of its conduct: $\gamma$ , <i>mkg</i>
Відновлення Reduction	процес приєднання електронів атомом, молекулою чи іоном electron attachment process by an atom, molecule or ion
Відновник Reducing agent	атом, молекула чи іон, що віддає електрони в реакції окиснення-відновлення atom, molecule or ion, which gives off electrons in the oxidation-reduction reaction
Відносна густина газу Relative density of gas	показує в скільки разів один газ важчий за інший при рівних об'ємах. Дорівнює: $D = \frac{M_2}{M_1}$

	tingles how many times one gas is heavier than the second with equal volumes of gases: $D = \frac{M_2}{M_1}$
Відносне пересичення Relative re-dumping	$\frac{Q-S}{S}$ , де $Q$ – концентрація речовини, яка розчинена, в який-небудь час; $S$ – розчинність речовини при рівновазі $\frac{Q-S}{S}$ , where $Q$ – is the concentration of the dissolved substance at a time; $S$ – its solubility at equilibrium moment
Відтворюваність результатів вимірювання Reproducibility of measurement results	близкість результатів вимірювання однієї і тієї ж самої величини, які отримані в різних місцях, різними методами, різними засобами, різними операторами, в різний час, але приведені до одних умов вимірювання (температурі, тиску, вологості та т. ін.) the proximity of measurement results of the same value obtained in different places, different methods, different means, different operators, at different times, but reduced to the same measurement conditions (temperature, pressure, humidity, etc.)
Внутрішня сфера комплексу Internal sphere of the complex	складають комплексоутворювач та ліганди constitute a complexing agent and ligands
Внутрішня енергія системи Internal energy of system	загальний запас енергії, що включає енергію усіх форм руху молекул, атомів, іонів, електронів, міжмолекулярної взаємодії та інші види, за виключенням потенціальної енергії, яка обумовлена положенням системи у просторі та кінетичною енергією руху системи, як цілого: $U$ , $\kappaДж/моль$ the total energy reserve of the system, including the energy of all forms molecule, atoms, electrons, intermolecular interactions motion and other types, with the exception of the potential energy due to the position of the system in space and the kinetic energy of system motion as a whole: $U$ , $\kappaDg/mol$
Водневий зв'язок Hydrogen bond	різновид донорно-акцепторного зв'язку, який виникає між атомом Гідрогену та атомом сильно електронегативного елемента (Флуора, Оксигена, Нітрогена) a kind of donor-acceptor bond that arises between hydrogen atom and the atom of a highly electronegative element (fluorine, oxygen, nitrogen)
Водневий показник The hydrogen index	від'ємний десятковий логарифм концентрацій іонів Гідрогену: $pH = -\lg[H^+]$

	decimal logarithm of hydrogen ions concentration taken with the opposite sign: $pH = -\lg[H^+]$
Вольтамперометричний метод аналізу Voltammetric analysis method	метод кількісного аналізу, що базується на вивченні залежності інтенсивності струму від прикладеної напруги. Метод використовують для визначення органічних сполук з певними функціональними групами та простих елементів quantitative analysis method is based on intensity current dependence of the on the applied voltage. The method is used to determine organic compounds with certain functional groups and simple elements
Воски Waxes	сполуки, що входять до складу ліпідів, та представляють собою складні етери високомолекулярних одноосновних кислот та одноосновних високомолекулярних спиртів compounds that are the part of lipids and are esters of high-molecular monobasic acids and monohydric high-molecular alcohols
Вуглеводні Hydrocarbons	найбільш прості за складом органічні сполуки, які складаються лише з атомів Карбону та Гідрогену ( $C_nH_m$ ) simplest in composition organic compounds, consisting only of carbon and hydrogen atoms ( $C_nH_m$ )
Газоволюметричний аналіз Gas analysis	метод кількісного аналізу, який базується на визначенні об'єму окремих компонентів газової суміші, які поглинаються при проходженні їх крізь спеціальні реактиви quantitative analysis method based on volume determination of gas mixture individual components absorbed passing through special reagents
Гальванічний елемент Galvanic cell	пристрій, в якому за допомогою окисно-відновної реакції отримують електричний струм device in which an electric current is produced on the basis of an oxidation-reduction reaction
Гальванічний концентраційний елемент Galvanic Concentration Element	гальванічний елемент, в якому електрична енергія виникає за рахунок різниці концентрацій розчинів, в який занурено такий же метал: $Cu   Cu^{2+}    Cu^{2+}   Cu$ galvanic cell in which the electric energy arises from the difference in the concentration of solutions into which the same metal is dropped: $Cu   Cu^{2+}    Cu^{2+}   Cu$ ,
Гальванічний обернений елемент Galvanic reversible element	гальванічний елемент, в якому зворотній рух струму викликає зворотню хімічну реакцію

		galvanic cell in which the reverse flow of current causes a reverse chemical reaction
Гальванічний елемент	хімічний	гальванічний елемент, в якому джерелом електричної енергії є хімічні окисно-відновні процеси, що відбуваються на електродах
Galvanic chemical element		galvanic cell, in which the source of electrical energy is the chemical oxidation-reduction processes occurring on electrodes
Генеральне середнє		арифметичне середнє сукупності усіх спостережень, що можуть бути уявлені при даних умовах
General secondary		arithmetic aggregate mean of all the results that can be represented under given conditions
Гетерогенний каталіз		каталізатор утворює самостійну фазу, яка відокремлена межею розподілу від фази в якій знаходяться речовини, які реагують
Heterogeneous catalysis		the catalyst forms an independent phase separated from the reacting substances by the interface
Галогенопохідні вуглеводнів		похідні вуглеводнів, що містять замість одного чи декількох атомів Гідрогена атоми галогену: Флуору, Хлору, Брому, Йоду
Halogenated hydrocarbons		Hydrocarbon derivatives containing, instead of one or more hydrogen atoms, halogens: fluorine, chlorine, bromine, iodine
Гелі (драгли)		желеподібні маси з твердою дисперсною фазою та рідким дисперсійним середовищем
Gel		jelly-like masses with a solid dispersed phase and a liquid dispersion medium
Гетерогенні хімічні реакції		хімічні реакції, які відбуваються в багатофазних системах (двох чи більше)
Heterogeneous chemical reactions		chemical reactions occurring in multiphase systems (two or more)
Гетероциклічні сполуки		органічні сполуки, що складаються з циклів, що містять разом з атомом Карбону, атоми інших елементів (гетеро атоми – S, N, P )
Heterocyclic compounds		organic substances, in the molecule of which there are cycles containing along with the atoms of carbon atoms of other elements (heteroatoms - S, N, P)
Гідроксильна група		ОН – група
Hydroxyl group		ОН – group
Гібридизація орбіталей		гіпотетичний процес змішування різних (s, p, d) орбіталей центрального атома багатоатомної молекули з виникненням тієї ж самої кількості орбіталей, еквівалентних за своїми характеристиками

Hybridization of orbitals	hypothetical process of mixing different (s, p, d) orbitals of the central atom of a polyatomic molecule with the appearance of the same number of orbitals equivalent in their characteristics
Гідратна оболонка Hydrated shell	орієнтовані молекули води навколо іона oriented molecules of water around the ion
Гідроксиди Hydroxides	складні сполуки, до складу яких входять атоми металу та одна чи декілька гідроксильних груп ОН. При дисоціації в розчині дають аніони тільки одного виду ОН <sup>-</sup> complex compounds consisting of metal atoms and one or more OH hydroxyl groups OH. At dissociation in solution have anions of only one OH type
Гідроксильний показник Hydroxyl index	від'ємний десятковий логарифм концентрації гідроксильних іонів: $pOH = -\lg[OH^-]$ the decimal logarithm of hydroxyl ions concentration, taken with the opposite sign: $pOH = -\lg[OH^-]$
Гідроліз солі Salt hydrolysis	взаємодія іонів солі з водою, що призводить до утворення слабкого електроліта interaction of salt ions with water, leading to weak electrolyte formation
Гідрофільна поверхня Hydrophilic surface	поверхня твердого тіла, що добре змочується водою, кут змочування гострий ( $\varphi < 90^\circ$ ) solid surface, well wetted by water, wetting angle is sharp ( $\varphi < 90^\circ$ )
Гідрофільні групи Hydrophilic groups	полярні групи -ОН, -СООН, -NH <sub>2</sub> , -SO <sub>3</sub> H, що є складовими поверхнево-активних речовин та мають велику спорідненість до полярних рідин polar groups, surfactant constituents with a high affinity for polar liquids: -OH, -COOH, -NH <sub>2</sub> , -SO <sub>3</sub> H
Гідрофобна поверхня Hydrophobic surface	поверхня твердого тіла, що погано змочується водою, кут змочування тупий ( $\varphi > 90^\circ$ ) surface of a solid, well wetted by water, angle of wetting blunt ( $\varphi > 90^\circ$ )
Гідрофобні групи Hydrophobic groups	неполярні вуглеводневі радикали, що є складовими поверхнево-активних речовин та мають спорідненість до неполярних рідин non-polar hydrocarbon radicals, surfactant constituents having an affinity non-polar liquids
Головне квантове число Main quantum number	характеризує енергію електрона, а також розмір електронної хмари (n) characterizes the electron energy, as well as electron cloud dimensions (n)

Гліцериди Glycerides	складні етери гліцерола та високомолекулярних карбонових кислот esters of glycerol and high molecular weight carboxylic acids
каталіз Гомогенний Homogeneous catalysis	каталізатор знаходиться в одній фазі з реагуючими речовинами catalyst is in the same phase as the reactants
Гомогенні хімічні реакції Homogeneous chemical reactions	хімічні реакції, які відбуваються в однофазних системах chemical reactions occurring in single-phase systems
Гомологи Homologues	речовини, які належать до одного класу, близькі за своїм складом, будовою та властивостями, але відрізняються на одну чи декілька груп $\text{CH}_2$ substances belonging to the same class, similar in composition, structure and properties, but differing in the $\text{CH}_2$ group
Гравіметричний аналіз Gravimetric analysis	метод кількісного аналізу, який базується на вимірюванні маси речовини відомого складу, що хімічно зв'язана з компонентом, який досліджується quantitative analysis method, based on substance mass measurement of a known composition chemically related to the component
Граничне розведення Boundary dilution	показує, в якому об'ємі розчину ( $\text{cm}^3$ ) повинен міститися 1 г речовини, щоб аналітична реакція була ще помітною shows how much of the solution ( $\text{cm}^3$ ) should contain 1 g of material, so that the effect of the analytical reaction was seen
Груповий реагент Group reagent	реагент, який використовують в групових реакціях reagent used in group reactions
Групова реакція Group reaction	аналітична реакція за допомогою якої осаджується певна група йонів analytical reaction, by which a certain group of ions is deposited
Дальтоніди Daltonids	хімічні сполуки постійного складу permanent chemical compounds
Делокалізований хімічний зв'язок Delocalized chemical bonding	електронна густина розподілена між трьома чи більшою кількістю ядер electron density is distributed among three or more nuclei

Десорбція  Desorption	процес видалення адсорбованої (адсорбату) або абсорбованої речовини з поверхні адсорбенту або із об'єму абсорбенту  process of removing adsorbed or absorbed substans from the surface of the adsorbent or from the volume of the absorbent
Диполь  Dipole	молекула, в якій електричні центри важкості позитивних та негативних зарядів не співпадають в одній точці  molecule in which the electric gravity centers of positive and negative charges do not coincide at one point
Дисоціація електролітична  Electrolytic dissociation	процес розпаду речовини на іони  decay process of matter into ions under. the action of the solvent in the solution or the electric current in the melt
Дисперсійна взаємодія  Dispersion interaction	міжмолекулярна взаємодія між двома неполярними молекулами.  intermolecular interaction between two nonpolar molecules.
Дисперсія Вибіркова  Selective variance	квадрат середньої квадратичної похибки результатів вимірювань середнього арифметичного:  $S_x^2 = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}$  square of the mean square error of measurements result  arithmetic mean: $S_x^2 = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}$
Дисперсна система  Dispersive system	система, що містить одно чи декілька речовин у вигляді частинок, розташованих в іншому середовищі  system containing one or more substances in the form of particles distributed in a given medium
Дисперсна гетерогенна система  Heterogeneous dispersive system	система, яка утворюється при змішуванні кількох речовин, які не рочиняються одна в іншій і не вступають в реакції між собою  system formed by mixing several substances that do not dissolve in each other and do not react with each other
Дисперсна система колоїдна  Dispersed system colloidal	система, яка складається з твердої дисперсної фази розмірами від 1-100 нм та рідкого дисперсійного середовища  system consisting of a solid dispersed phase with sizes from 1 to 100 nm and a liquid dispersion medium

Дисперсна мікрогетерогенна система	система	гетерогенна система, в якій розмір частинок дисперсної фази більше $10^{-6}$ м
Dispersive microheterogeneous system	system	heterogeneous systems in which the particle size of the dispersed phase is greater than $10^{-6}$ m
Дисперсна монодисперсна система	система	дисперсійні системи, що містять частинки дисперсної фази однакових розмірів
Dispersed monodispersion system	system	Dispersive systems containing particles of a dispersed phase of identical dimensions
Дисперсна система однофазна		система, що містить частинки у вигляді молекул чи іонів, що знаходяться в одній фазі
Disperse system single-phase		system containing particles in the form of molecules or ions, що знаходяться в одній фазі
Дисперсна полідисперсна система	система	дисперсні системи, що містять частинки дисперсної фази різних розмірів
Dispersed system polydisperse		disperse systems containing particles of various sizes dispersed phase
Дисперсійне середовище		частина дисперсної системи, що є однорідною речовиною, в якій розташована дисперсна фаза
Dispersion medium		part of the disperse system, which is a homogeneous substance in which the disperse phase is distributed
Дисперсна ультрамікрогетерогенна система	система	гетерогенна система, в якій розмір частинок дисперсної фази знаходиться в межах $10^{-9}$ – $10^{-7}$ м (1–100 нм)
The dispersive system is ultra microheterogeneous		heterogeneous systems in which the particle size of the dispersed phase is in the range of $10^{-9}$ – $10^{-7}$ m (1–100 nm)
Дисперсна фаза		частина дисперсної системи, що є розподіленою в дисперсійному середовищі та не вступає з нею у взаємодію
Dispersive phase		part of the disperse system, which is a finely divided substance (gas droplets, liquid or solid particles)
Дисперсія		квадрат середньої квадратичної похибки вимірювань:
Dispersion		square of the mean square error of measurements:
		$S^2 = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1},$ $S^2 = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$

Дифузійний бар'єр  Diffusion barrier	перешкода між об'ємами різних речовин, яка заважає чи уповільнює дифузію для одного з компонентів системи, який нерівномірно розподілений між зазначеними об'ємами. В наслідок цього, процес вирівнювання концентрації компонента уповільнюється чи стає неможливим  obstacle between adjacent volumes of the substance, preventing diffusion or slowing it down for a component of the system that is unevenly distributed between the volumes indicated. As a result, the process of the component concentration equalization slows down or becomes impossible
Дифузійний потенціал  Diffusion potential	стрибок потенціала на межі між розчинами різними за складом або концентраціями  the potential jump at the boundary between the solutions that are not the same in composition or in concentration
Дифузія  Diffusion	процес взаємопроникнення атомів (молекул) однієї речовини між атомами (молекулами) іншої, що призводить до вирівнювання концентрацій  mutual penetration process of atoms (molecules) of one substance between atoms (molecules) of another one, leading to spontaneous equalization of their concentrations throughout the occupied volume
Дифузія швидкість  Diffusion speed	кількість речовини, що дифундує крізь перетин, перпендикулярний потоку дифузії за одиницю часу  amount of a substance diffusing through a cross section perpendicular to the diffusion flux per time unit
Діаліз  Dialysis	метод очищення золів від електролітів, що базується на використанні напівпроникненої мембрани, яка пропускає іони та невеликі молекули розчинних речовин та затримує більш великі колоїдні частинки  method of cleaning sols from electrolytes, which is based on the use of a semipermeable membrane, which transmits ions and small molecules of truly dissolved substances, but which retards larger colloidal particles
Діапазон визначення електрода  Electrode definition range	область електродної функції, у якій відхилення від лінійності не перевищують певного значення (приблизно 0,2 мВ)  electrode function region in which the deviation from linearity does not exceed a certain value (approximately 0.2 mV)

Дійсне значення фізичної величини	значення фізичної величини, знайдене експериментально, яке настільки наближається до істинного значення, що для певного дослідження може бути використане замість нього
Actual value of the physical quantity	experimentally found value of a physical quantity approaching the true value so much that for this purpose it can be used instead of it
Добуток розчинності	добуток концентрацій іонів в насиченому розчині малорозчинного електроліта
Solubility multiplication	ion concentrations product in a saturated solution of a poorly soluble electrolyte
Довжина діполя	відстань між електричними центрами позитивних та негативних зарядів ( $l$ )
Dipole length	distance between centers of positive and negative charges ( $l$ )
Довжина зв'язку	відстань між ядрами атомів в молекулі, яка визначається експериментально
Connection length	distance between the nuclei of atoms in a molecule, determined experimentally
Довірчі межі похибки результату вимірювання	найбільше та найменше значення похибки вимірювання, що обмежують інтервал, всередині якого з заданою вірогідністю знаходиться істинне значення похибки результатів вимірювання
Confidence limits of measurement result error	the greatest and smallest values of the measurement error limiting the interval within which, with a given probability, the true value of the error in the measurement result
Донор	атом, який надає для зв'язку двухелектронну хмару (неподілену пару електронів)
Donor	atom, representing for communication a two-electron cloud
Донорно-акцепторна взаємодія	механізм утворення ковалентного зв'язку за рахунок двухелектронної хмари одного атома (донора) та вільної орбіталі іншого атома (акцептора)
Donor-acceptor interaction	covalent bond formation mechanism due to the two-electron cloud of one atom (molecule?) (Donor) and free orbitals of another atom (molecule?) (Acceptor)
Дробний аналіз	відкриття іонів за допомогою специфічних реакцій в окремих порціях розчину, що аналізують, в будь-якій послідовності
Fractional analysis	ions discovery using specific reactions in any sequence in individual portions of analyzed solution
Ебуліоскопія	метод вимірювання підвищення температури кипіння розчину порівняно з температурою кипіння чистого розчинника
Ebullioscopy	method for studying solutions based on measuring the increase in their boiling point as compared to a pure solvent

Ебуліоскопічна стала	показує підвищення температури кипіння розчину при його молярній концентрації 1 <i>моль/кг</i>
Ebullioscopic constant	constant shows an increase in the solution boiling point at its molar concentration 1 <i>mol/kg</i> .
Еквівалент	реальна або умовна частка, яка в кислотно-основних реакціях приєднує (або віддає) один іон $H^+$ або $OH^-$ , в окислювально-відновних реакціях приймає (або віддає) один електрон, реагує з одним атомом Гідрогену або одним еквівалентом іншої речовини
Equivalent	real or conditional particle that adds (or gives) one $H^+$ or $OH^-$ ion in acid-base reactions, accepts (or gives) one electron in oxidation-reduction reactions, reacts with one hydrogen atom or one equivalent of a second substance
Еквівалент відновника	кількість відновника, яка віддає 1 моль електронів в певній окисно-відновній реакції
Reducing agent equivalent	reducing agent amount that gives 1 mole of electrons in a given oxidation-reduction reaction
Еквівалент електрохімічний	кількість речовини, що виділяється на електроді при проходженні крізь розчин електроліту одного кулона електрики
Electrochemical equivalent	amount of material released on the electrode when passing through an electrolyte solution of one electricity pendant
Еквівалент елемента	така кількість елемента, яка приєднує чи заміщує 1 моль атомів Гідрогену або заміщує таку ж саму кількість атомів Гідрогену в реакціях
Element equivalent	such element amount that attaches or replaces 1 mole of hydrogen atoms or replaces the same amount in hydrogen reactions
Еквівалент окисника	кількість окисника, яка приєднує 1 моль електронів в певній окисно-відновній реакції
Oxidizer equivalent	oxidant amount that attaches 1 mole of electrons in a given oxidation-reduction reaction
Еквівалент (речовини) сполуки	така кількість сполуки, яка в певній реакції взаємодіє з одним еквівалентом Гідрогену чи з одним еквівалентом іншої речовини
Equivalent substance	amount of a compound that reacts in this reaction with one hydrogen cation equivalent or one equivalent of another substance

<p>Еквівалентна концентрація (молярна концентрація еквівалента, «нормальність»)</p> <p>Molar concentration of equivalent</p>	<p>концентрація розчину, що дорівнює відношенню кількості розчиненої речовини до об'єму розчину. Показує кількість речовини, яка міститься в 1 л розчину: <math>C_H = \frac{n}{V}</math></p> <p>solution concentration, equal to the ratio of the amount of equivalent of the dissolved substance to the solution volume. Indicates the equivalent substance amount that is contained in 1 liter of solution: <math>C_H = \frac{n}{V}</math></p>
<p>Електрод (напівелемент)</p> <p>Electrode</p>	<p>частина електрохімічної системи, що складається щонайменше з двох фаз, одна з яких є провідником першого роду, а інша – другого</p> <p>part of an electrochemical system consisting of at least two phases, one of which is a first kind conductor and the other is of the second kind</p>
<p>Еквівалентна маса</p> <p>Equivalent mass</p>	<p>маса одного еквівалента елемента чи речовини</p> <p>one equivalent mass of an element or substance</p>
<p>Еквівалентна маса відновника</p> <p>Equivalent mass of reducing agent</p>	<p>дорівнює молярній масі відновника поділеної на кількість електронів відданих однією молекулою</p> <p>is equal to the molar mass of the reducing agent divided by the number of electrons given by one molecule</p>
<p>Еквівалентна маса елемента</p> <p>Equivalent mass of the element</p>	<p>дорівнює атомній масі елемента А, яка поділена на його валентність В (<math>E = \frac{A}{B}</math>)</p> <p>is equal to the element atomic mass A divided by the element valence B (<math>E = \frac{A}{B}</math>)</p>
<p>Еквівалентна маса кислоти</p> <p>Equivalent mass of acid</p>	<p>дорівнює відношенню молярної маси кислоти до основності кислоти (кількість атомів Гідрогену): для кислоти <math>H_nX</math>, <math>E = \frac{M(H_nX)}{n}</math> або <math>E = E_{H^+} + E_X = 1 + E_X</math></p> <p>is equal to the ratio of the molar acid mass to the basicity of the acid (the number of hydrogen atoms): for the acid <math>H_nX</math>, <math>E = \frac{M(H_nX)}{n}</math> or <math>E = E_{H^+} + E_X = 1 + E_X</math></p>
<p>Еквівалентна маса окисника</p> <p>Equivalent mass of oxidizing agent</p>	<p>дорівнює відношенню молярної маси окисника до кількості електронів, приєднаних однією молекулою</p> <p>is equal to the ratio of the molar mass of the oxidizer to the number of electrons attached by one molecule or ion</p>

Еквівалентна маса основи	дорівнює відношенню молярної масі основи до кількості гідроксогруп: для гідроксида $Me(OH)_n$ , $E = \frac{M(Me(OH)_n)}{n}$ або $E = E_{Me} + E_{OH} = E_E + 17$
Equivalent mass of basis	is equal to the ratio of the molar basis weight to the number of hydroxo groups: for the base $Me(OH)_n$ , $E = \frac{M(Me(OH)_n)}{n}$ or $E = E_{Me} + E_{OH} = E_E + 17$
Еквівалентна маса оксиду	дорівнює відношенню молярної маси оксиду до добутку кількості атомів елементу на його валентність: для оксиду $E_nO_m$ $E = \frac{M(Me_nO_m)}{n \cdot B}$ , $E = E_E + E_O = E_E + 8$
Equivalent mass of oxide	is equal to the ratio of the molar mass of the oxide to the product of the number of element atoms per its valence: for the oxide $E_nO_m$ , $E = \frac{M(Me_nO_m)}{n \cdot B}$ or $E = E_E + E_O = E_E + 8$
Еквівалентна маса солі	дорівнює відношенню молярної масі солі до добутку кількості атомів металу на його валентність: для солі $Me_nX_m$ , $E = \frac{M(Me_nX_m)}{n \cdot B}$ або $E = E_{Me} + E_X = E_{Me} + E_X$
Equivalent mass of salt	is equal to the molar mass of salt divided by the number of metal atoms and its valency: for salt $Me_nX_m$ , $E = \frac{M(Me_nX_m)}{n \cdot B}$ or $E = E_{Me} + E_X = E_{Me} + E_X$
Екзотермічні реакції	реакції, які відбуваються з виділенням тепла
Exothermic reactions	reactions proceeding with heat release
Ексикатор	скляний хімічний посуд, що містить гігроскопічну речовину та використовується для охолодження бюксів, тиглів, зберігання гігроскопічних речовин
Desiccator	glass chemical ware, inside of which there is a hygroscopic substance, used for cooling bucks, crucibles, hygroscopic substances storage
Екстракція	витяг речовини з водного розчину органічним розчинником, що має обмежену розчинність у воді
Extraction	extraction of a substance from an aqueous solution by an organic solvent having limited solubility in water
Електричний момент диполя	кількісна міра полярності молекули: $p = \sigma \cdot l$
Dipole electric moment	molecule quantitative polarity measure: $p = \sigma \cdot l$

Електрогравіметричний аналіз  Electrogravimetric analysis	використовується для гравіметричного визначення металів – метал кількісно відновлюють (реакціями електролізу) на попередньо зваженому платиновому електроді.  is used for gravimetric metals analysis. Basically, the metal under investigation is quantitatively reduced by electrolysis reactions on a previously weighed platinum electrode.
Електрод (напівелемент)  Electrode	частина електрохімічної системи, що складається щонайменше з двох фаз, одна з яких є провідником першого роду, а інша – другого  part of an electrochemical system consisting of at least two phases
Електрод водневий  Hydrogen electrode	платиновий електрод, який насичено воднем під тиском 1 атм та занурено в розчин з активністю іонів Гідрогену 1 моль/л: $\text{Pt}(\text{H}_2) \mid \text{H}^+$  platinum electrode saturated with hydrogen at a pressure of 1 atm and immersed in a solution with hydrogen ion activity of 1 mol / l: $\text{Pt}(\text{H}_2) \mid \text{H}^+$
Електрод газовий  Gas electrode	містить інертний провідник (наприклад, платину), який насичено газом, який обмінюється іонами з розчином  contain an inert conductor (for example, platinum) saturated with a gas that exchanges ions with a solution
Електрод другого рода  Type II electrode	частина електрохімічної системи, яка складається з провідника, що має провідність 1-го роду (металева пластина) на який нанесено важкорозчинну сіль цього металу, який занурено у розчин, що має іонну провідність та такий самий аніон, що входить до складу солі: $\text{Ag} \mid \text{AgCl} \mid \text{KCl}$ ; $\text{Hg} \mid \text{Hg}_2\text{Cl}_2 \mid \text{KCl}$  part of the electrochemical system including a conductor having the first conductivity kind (metal plate), a sparingly soluble salt applied thereto and immersed in a solution having an ionic conductivity and containing the same anion as the salt: $\text{Ag} \mid \text{AgCl} \mid \text{KCl}$ ; $\text{Hg} \mid \text{Hg}_2\text{Cl}_2 \mid \text{KCl}$
Електрод індикаторний  Indicator electrode	електрод, потенціал якого залежить від концентрації іона, що досліджується  electrode which potential depends on the concentration of the ion being studied
Електрод каломельний  Calomel electrode	металевий ртутний дріт з нанесеним шаром каломелі ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ), що занурено в насичений розчин калій хлориду: $\text{Hg}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2 \mid \text{KCl}$  metal mercury wire with a calomel layer ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ) deposited in a saturated potassium chloride solution: $\text{Hg}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2 \mid \text{KCl}$
Електрод нітратний  Nitrate electrode	іонселективний електрод з рідкою мембраною, який складається зі спеціального буферного розчину  ion-selective electrode with a liquid membrane consisting special buffer solution

Електрод окисно-відновний Oxidation-reduction electrode	частина електрохімічної системи, яка складається з інертного металевого провідника, що занурено в розчин іонів однієї речовини, але різних валентностей: $Pt   Sn^{2+}, Sn^{4+}; Pt   Fe^{2+}, Fe^{3+}$ part of the electrochemical system, consisting of an inert metal conductor immersed in ions solution of one substance, but of different valencies: $Pt   Sn^{2+}, Sn^{4+}; Pt   Fe^{2+}, Fe^{3+}$
Електродіаліз Electrodialysis	процес очищення колоїдних розчинів від електролітів під дією електричного струму process of cleaning colloidal solutions from electrolytes under the action of electric current
Електрод хлораргентатний Chlorine silver electrode	металевий дріт з нанесеним шаром аргентум хлориду, який занурено в насичений розчин калій хлориду: $Ag, AgCl   KCl (нас.)$ metal wire with a silver chloride layer deposited on it in a nylon solution of potassium chloride: $Ag, AgCl   KCl$
Електродний потенціал Electrode potential	різниця електричних потенціалів між електродом та електролітом (найчастіше між металом та розчином електроліту) electrical potentials difference between the electrode and the electrolyte that is in contact with it (most often between the metal and the electrolyte solution)
Електродний потенціал стандартний Standard electrode potential	електрорушійна сила гальванічного елемента, що складається з електрода, зануреного в розчин іонів, до яких він обернений, з концентрацією 1 моль/дм <sup>3</sup> та стандартного водневого електрода electromotive force of a galvanic cell consisting of an electrode dropped into a selective ions solution with a concentration of 1 mol/dm <sup>3</sup> and a standard hydrogen electrode
Електроліти Electrolytes	речовини, що в розчинах чи розплавах розпадаються на іони та внаслідок чого проводять електричний струм substances that decompose in solutions or melts into ions; conducting electric current
Електроліти сильні Strong electrolytes	речовини, що при розчиненні у воді практично повністю дисоціюють на іони substances that dissolving in water almost completely dissociate into ions
Електроліти слабкі Weak electrolytes	речовини, що при розчиненні у воді частково дисоціюють на іони substances which dissociating into ions in water dissolution

Електрон Electron	негативно заряджена елементарна частинка з зарядом $-1,602176565(35) \cdot 10^{-19}$ Кл і масою $9,10938291 \cdot 10^{-31}$ кг negatively charged elementary particle with a charge of $-1.602176565 (35) \cdot 10^{-19}$ Kl and mass $9,10938291 \cdot 10^{-31}$ kg
Електроліз Electrolysis	окисно-відновний процес, який відбувається на електродах при проходженні електричного струму крізь розчин чи розплав електроліту oxidation-reduction process proceeding on electrodes at passage of an electric current through a solution or a melt of electrolyte
Електронегативність Electronegativity	здатність атома в молекулі притягувати до себе електрони (eВ) ability of an atom in a molecule to attract electrons (eV)
Електрони кількість на підрівні Electrons number at the sublevel	$N_l = 2(2l + 1)$ , $l$ – орбітальне квантове число $N_l = 2(2l + 1)$ , $l$ – orbital quantum number
Електрони кількість на рівні Electrons number at the level	$N_n = 2n^2$ , $n$ – головне квантове число $N_n = 2n^2$ , $n$ – principal quantum number
Електрони спарені Electrons paired	два електрона з однаковими значеннями квантових чисел $n, l, m$ , але з антипаралельними спінами two electrons with the same quantum numbers, but with oppositely directed (antiparallel) spins
Електронна хмара Electronic cloud	квантово-механічна модель руху електрону в атомі quantum-mechanical model of the electron motion in atom
Електронно-графічні формули Electronic graphic formulas	відображають розподіл електронів в атомі по рівням та підрівням за допомогою квантових комірок show the electrons distribution in an atom by levels and sublevels using quantum cells
Електронні формули Electronic formulas	відображають розподіл електронів в атомі по рівням та підрівням show the electrons distribution in an atom by levels and sublevels
Електроосмос Electroosmosis	рух дисперсійного середовища під впливом зовнішнього електричного поля у напрямку до електроду, що має однаковий заряд з поверхнею твердої фази roughly dispersed of the middle part of the sidewalk of the electric field called up by a straight line to the electrodes, but only the charge in the surface of the solid phase

Електропровідність еквівалентна (молярна)	електропровідність стовпа розчину, що містить 1 г екв електроліту, що знаходиться між двома електродами з відстанню 1 см: $\lambda_v = 1000 \cdot \chi \cdot V$
Equivalent electrical conductivity	the electrical column solution conductivity containing 1 g-ekv electrolyte and enclosed between electrodes located at a distance of 1 cm from each other: $\lambda_v = 1000 \cdot \chi \cdot V$
Електропровідність питома	електропровідність стовпа розчину довжиною 1 см та площею поперечного перерізу 1 см <sup>2</sup> : $\chi = \frac{1}{\rho}$
Specific electrical conductivity	electrical solution column conductivity of 1 cm in length and a cross-sectional area of 1 cm <sup>2</sup> : $\chi = \frac{1}{\rho}$
Електропровідність розчину	кількість електрики, що проходить за одиницю часу крізь розчин електроліта, якщо електрорушійна сила дорівнює одиниці: $L = \frac{1}{R}$
Solution Conductivity	amount of electricity passing per time unit through the electrolyte solution with an electromotive force equal to unity: $L = \frac{1}{R}$
Електрорушійна сила гальванічного елемента	різниця потенціалів електродів, що утворюють цей елемент: $E = E_n - E_{in}$
Electromotive force of a galvanic cell	difference in potentials of the electrodes forming this element: $E = E_n - E_{in}$
Електрофорез	рух частинок дисперсної фази під дією зовнішнього електричного поля у напрямку до протилежно зарядженого електроду
Electrophoresis	the motion of the particles of the dispersed phase under the action of an external electric field towards the oppositely charged electrode
Електрохімічні методи аналізу	базуються на дослідженні процесів на електродах або в міжелектродному просторі при виникненні потенціалу або при пропусканні електричного струму крізь розчин
Electrochemical methods of analysis	based on the study of processes at the electrodes or in the interelectrode space when a potential occurs or when an electric current passes through a solution
Електрохімічні процеси	хімічні процеси, які супроводжуються виникненням електричного струму
Electrochemical processes	chemical processes, which are accompanied by electric current appearance

Електрохімія Electrochemistry	розділ фізичної хімії, що вивчає закономірності, які пов'язані з взаємно перетворенням хімічної енергії в електричну і навпаки physical chemistry section, studying the patterns associated with the mutual conversion of chemical energy into electrical energy, and vice versa
Елементорганічні сполуки Organometallic compounds	органічні сполуки, в молекулі яких атом Карбону безпосередньо зв'язаний з атомами будь-яких елементів, окрім Гідрогену та Оксигену organic compounds in whose molecule the carbon atom is directly connected with the atoms of any elements (except hydrogen and oxygen)
Елювання Elution	процес вимивання з хроматографічної колонки розчиненої речовини за допомогою введення нових порцій чистого розчинника process of elution from the chromatographic column of the solute by passing a pure solvent
Емісійний спектральний аналіз Emission spectral analysis	базується на вивченні спектрів випромінювання різних речовин based on the study of the emission spectra of various substances
Емульсія Emulsion	мікрогетерогенна система, що складаються з двох рідин, які не змішуються одна з одною microheterogeneous system consisting of two immiscible liquids
Ендотермічні реакції Endothermic reactions	реакції, які відбуваються з поглинанням тепла reactions that take place with heat absorption
Енергія активації Activation energy	енергія, яку треба надати молекулам (частинкам) речовин, які реагують, щоб перетворити їх в активні: $E_a$ , кДж/моль energy that must be given to the molecules (particles) of the reacting substances in order to convert them into active substances: $E_a$ , kJ/mol
Енергія Гельмгольца Helmholtz energy	вільна енергія системи при постійному об'ємі та температурі (ізохорно-ізотермічний потенціал): $F$ , кДж/моль free energy of the system at constant volume and temperature (isochoric-isothermal potential): $F$ , kJ/mol
Енергія Гіббса Gibbs energy	вільна енергія системи при постійному тиску та температурі (ізобарно-ізотермічний потенціал) $G$ , кДж/моль free energy of the system at constant pressure and temperature (isobaric-isothermal potential) $G$ , kJ/mol

Енергія зв'язку	кількість енергії, яка необхідна для розрива хімічного зв'язку
Connection power	amount of energy that is needed to break the chemical bond
Енергія іонізації	енергія, необхідна для відриву найбільш слабо пов'язаного електрона від атома з утворенням відповідного іона (eV)
Ionization energy	the energy required to detach the most weakly bound electron from the atom to form the corresponding ion (eV)
Енергія кристалічної ґратки	енергія, яка виділяється при утворенні 1 моль кристалів певної речовини з частинок, які знаходяться в газоподібному стані (кДж/моль)
Crystal lattice energy	energy that is released when 1 crystals mole of a given substance is formed from particles in a gaseous state (kJ/mol)
Енергетичний рівень	$N_n = 2n^2$ $n$ – головне квантове число
Energy level	$N_n = 2n^2$ $n$ – principal quantum number
Ентальпія	тепловий ефект реакції при постійному тиску ( $\Delta H$ , кДж/моль)
Enthalpy	thermal reaction effect at constant pressure ( $\Delta H$ , kJ/mol)
Ентропія	міра безладу системи, яка відображує рух частинок: $S = \kappa \cdot \ln W$
Entropy	measure of the disorder of the system, which reflects the motion of the particles: $S = \kappa \cdot \ln W$
Естери	органічні сполуки загальною формулою R-CO-O-R <sub>1</sub> , де R та R <sub>1</sub> – вуглеводневі радикали
Esters	organic compounds of general formula R-CO-O-R <sub>1</sub> , where R and R <sub>1</sub> are hydrocarbon radicals
Етери	органічні сполуки загальною формулою R-O-R <sub>1</sub>
Ethers	organic compounds of general formula R-O-R <sub>1</sub>
Ефективний заряд	заряд атома в молекулі ( $\sigma$ )
Effective charge	an atom charge in a molecule ( $\sigma$ )
Жири	див. тригліцериди
Fats	see Triglycerides
Закон Авогадро	в рівних об'ємах різних газів при однакових умовах міститься однакова кількість молекул
Avogadro's Law	n equal volumes of different gases under the same conditions there is the same number of molecules

Закон Авогадро (наслідок I) Consequence of Avogadro's law (first)	один моль будь-якого газу при однакових умовах займає один і той самий об'єм one mole of any gas under the same conditions occupies the same volume
Закон Авогадро (наслідок II) Consequence of Avogadro's law (second)	молярна маса будь якого газу дорівнює його подвійній густині за воднем molar mass of any gas is equal to twice its hydrogen density
Закон Бойля-Маріотта Boyle-Mariott Law	добуток тиску ідеального газу на його об'єм при постійній температурі має сталі значення: $P \cdot V = const$ multiplication of the ideal gas pressure at its volume at a constant temperature is constant: $P \cdot V = const$
Закон Бугера-Ламберта-Бера Bouguer-Lambert-Bera's law	при проходженні монохроматичного випромінювання крізь розчин, який містить забарвлену сполуку, спостерігається зменшення інтенсивності випромінювання, що прямо пропорційно залежить від концентрації забарвленої речовини та довжини шляху рідини, крізь який проходить промінь: $A_\lambda = \lg \frac{I_0}{I} = \varepsilon_\lambda \cdot C_M \cdot l$ when monochromatic radiation passes through a solution containing a colored substance, the radiation intensity decreases directly depends on the colored matter concentration and the absorbing layer length: $A_\lambda = \lg \frac{I_0}{I} = \varepsilon_\lambda \cdot C_M \cdot l$
Закон Вант-Гоффа Van't Hoff's Law	осмотичний тиск розведеного розчину дорівнює тому газовому тиску, який би створювала речовина, яка розчинена, якщо б при той самій температурі знаходилась в газоподібному стані та займала об'єм, який дорівнює об'єму розчину: $\pi = C \cdot R \cdot T$ the diluted solution osmotic pressure is equal to the gas pressure produced by the dissolved substance if it were in a gaseous state at the same temperature and occupied a volume equal to the volume of the solution: $\pi = C \cdot R \cdot T$
Закон Генрі Henry's Law	при сталій температурі розчинність газу пропорційна його парціальному тиску: $c_{жс} = \kappa \cdot p$ the gas solubility at a constant temperature is proportional to its partial pressure: $c_{жс} = \kappa \cdot p$

Закон Гесса  Hessian's Law	тепловий ефект реакції залежить лише від початкового та кінцевого стану речовин, які реагують та не залежить від шляху переходу  The reaction thermal effect depends only on the initial and final states of the reacting substances and does not depend on the transition path
Закон Гесса (наслідок II)  Consequence of Hessian's Law (second)	тепловий ефект реакції дорівнює різниці між сумами теплот утворення продуктів реакції і теплот утворення початкових речовин з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів. Для реакції $mA + nB \leftrightarrow pC + qD$ , $\Delta H = (p \cdot \Delta H_{\text{утв.}C} + q \cdot \Delta H_{\text{утв.}D}) - (m \cdot \Delta H_{\text{утв.}A} + n \cdot \Delta H_{\text{утв.}B})$  thermal effect of the reaction is equal to the difference between the sums of the heats of formation of the reaction products and the heat of formation of the starting materials, taking into account the stoichiometric coefficients. For reactions $mA + nB \leftrightarrow pC + qD$ $\Delta H = (p \cdot \Delta H_{\text{утв.}C} + q \cdot \Delta H_{\text{утв.}D}) - (m \cdot \Delta H_{\text{утв.}A} + n \cdot \Delta H_{\text{утв.}B})$
Закон Гесса (наслідок I)  Consequence of Hessian's Law (first)	тепловой эффект обратной реакции равен тепловому эффекту прямой реакции, взятому с противоположным знаком  thermal effect of the reverse reaction is equal to the thermal effect of the direct reaction taken with the opposite sign
Закон еквівалентів  Law of equivalentents	речовини взаємодіють між собою в кількості пропорційній їх еквівалентам  substances interact with each other in quantities proportional to their equivalentents
Закон збереження маси речовини  Mass matter conservation law	маса речовин, що вступили в хімічну реакцію дорівнює масі речовин, що утворилися внаслідок реакції  substances mass entering into a chemical reaction is equal to the substances mass formed as a reaction result
Закон Кирхгофа  Kirchhoff's Law	температурний коефіцієнт теплового ефекта реакції дорівнює термодинамічній сумі теплоємностей усіх речовин, що приймають участь в реакції  temperature coefficient of the reaction thermal effect is equal to the thermodynamic sum of the all substances heat capacities participating in the reaction
Закон кратних співвідношень  Multiple ratio law	якщо два елементи утворюють між собою декілька хімічних сполук, то маси одного елемента, які відносяться до одної і той самий маси іншого елемента, співвідносяться між собою як невеликі цілі числа  if two elements form several chemical compounds among themselves, then the masses of one element belonging to the same mass of the other element are treated as small integers

Закон Менделєєва-Клайперона Mendeleev-Clapeyron's law	відношення добутку тиску ідеального газу на його питомий об'єм при абсолютній температурі має сталі значення ratio of the multiplication of the pressure of an ideal gas to its specific volume to absolute temperature is a constant
Закон постійного складу Law of constancy composition	будь-яка складна речовина незалежно від способу її отримання має постійний якісний та кількісний склад any complex substance, regardless of its preparation method, has a constant qualitative and quantitative composition
Закон простих об'ємних співвідношень Law of simple volumetric relations	об'єми газів, що вступили в реакцію відносяться один до одного, а також до об'ємів газоподібних продуктів, що утворились в наслідок реакції, як невеликі цілі числа volumes of reacting gases refer to each other and to the volumes of the resulting gaseous products as small whole numbers
Закон Рауля (другий) Raoul's law (the second)	зниження температури кристалізації, так і підвищення температури кипіння розчину пропорційне молярній концентрації розчиненої речовини: $\Delta t = K \cdot C_m$ ; $\Delta t' = E \cdot C_m$ as a decrease in the crystallization temperature, and an increase in the solution boiling point is in proportion to the molar concentration of the dissolved substance: $\Delta t = K \cdot C_m$ ; $\Delta t' = E \cdot C_m$
Закон Рауля (перший) Raoul's law (the first)	відносне зниження тиску насиченої пари розчинника над розчином дорівнює мольній частці розчиненої речовини: $\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{n}{n + n_0}$ relative decrease in the saturated vapor pressure of the solvent over the solution is equal to the molar fraction of the dissolved substance: $\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{n}{n + n_0}$
Закон розведення Law of dilution	ступінь дисоціації слабкого електроліта пропорційна кореню квадратному з розведення розчину: $\alpha = \sqrt{K \cdot V}$ dissociation degree of a weak electrolyte is proportional to the square root of the solution dilution: $\alpha = \sqrt{K \cdot V}$
Закон Кольрауша	еквівалентна (молярна) електропровідність електроліта при бескінечному розведенні дорівнює сумі рухомостей катіона і аніона: $\lambda_{\infty} = \lambda_+ + \lambda_-$

Kohlrausch's law	equivalent electrical conductivity of the electrolyte at infinite dilution is equal to the sum of the mobility of the cation and anion: $\lambda_{\infty} = \lambda_{+} + \lambda_{-}$
Закон Стокса  Stokes's law	швидкість руху іону в рідкому середовищі під впливом зовнішнього електричного поля, напруга якого дорівнює одиниці зворотньо пропорційна радіусу іона: $U = \kappa \frac{e}{r \cdot \eta}$ speed of movement of an ion in a liquid medium under the action of an external electric field, the strength of which is equal to unity, is inversely proportional to the radius of the ion: $U = \kappa \frac{e}{r \cdot \eta}$
Закон термодинаміки (перший)  Thermodynamics first law	енергія ізольованої системи має сталі значення: $Q = \Delta U + A$ energy of an isolated system is a constant value: $Q = \Delta U + A$
Закон термодинаміки (другий)  Thermodynamics second law	самовільно енергія передається від місця з більшим фактором інтенсивності до місця з більш низьким фактором інтенсивності energy is spontaneously transferred from a place with a higher intensity factor to a place with a lower intensity factor
Закон Фарадея (перший)  Faraday's law (the first)	кількість речовини, що виділяється на електроді при електролізі прямо пропорційна кількості електрики, що пройшла крізь розчин електроліта: $m_T = K \cdot Q$ the amount of electricity released on the electrode during electrolysis is directly proportional to the amount of electricity that has passed through $m_T = K \cdot Q$
Закон Фарадея (другий)  Faraday's law (second)	хімічний еквівалент речовини прямо пропорційний його електрохімічному еквіваленту: $E = K \cdot F$ the substance chemical equivalent is directly proportional to its electrochemical equivalent $E = K \cdot F$
Закон Шарля-Гей-Люссака  Charles-Gay-Lussac's law	для певної маси ідеального газу тиск при постійному об'ємі та об'єм при постійному тиску прямо пропорційні абсолютній температурі: $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}; \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ for a given ideal gas mass, the pressure at constant volume and volume at constant pressure are directly proportional to the absolute temperature: $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}; \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

Збіжність вимірювання	результатів	близкість один до одного результатів вимірювання однієї і той самої величини, які виконані повторно одними і тими самими засобами, одним и тим самим методом в однакових умовах
Measurement convergence	results	the close to each other the measurements results of the same value, carried out repeatedly by the same means, by the same method under the same conditions
Збуджений стан атома		роз'єднання спарених електронів і перехід на вільні орбіталі
Atom excited state		disconnection of paired electrons (two-electron clouds decay into one-electron clouds) and transition to free orbitals
Зворотнє титрування		титрування, що полягає в додаванні надлишку стандартного розчину до речовини, що досліджується та наступним визначення за допомогою іншого стандартного розчину кількості першого стандартного розчину, який не прореагував
Reverse titration		titration based on addition to the analyte of the excess of the standard solution and then using a different standard solution to determine the unreacted excess of the first
Зовнішня сфера комплексу		іони, що не входять до складу внутрішньої сфери комплексної сполуки
Complex outer sphere		ions that are not included to the inner sphere of the complex compound
Ідеальний газ		газ, який знаходиться в таких умовах, при яких можна не зважати на сили взаємодії між молекулами та власним об'ємом молекул порівняно з об'ємом, який займає газ
Ideal gas		gas under such conditions, at which the forces of interaction between molecules and the intrinsic volume of molecules can be neglected in comparison with the entire volume occupied by the gas
Ізобари		атоми, які мають однакову відносну атомну масу, але відрізняються зарядом ядра
Isobars		atoms having the same relative atomic mass, but differing by the nuclear charge
Ізобарний процес		хімічний процес, який відбувається при постійному тиску (у відкритому посуді): $P = const$
Isobaric process		chemical process occurring at constant pressure (in an open vessel): $P = const$
Ізобарно-ізотермічний процес		хімічний процес, який відбувається при постійному тиску та температурі ( $P = const, T = const$ )
Isobaric isothermal process		chemical process occurring at constant pressure and temperature ( $P = const, T = const$ )

Ізобарно-ізотермічний потенціал	див. Енергія Гіббса
Isobaric isothermal potential	see Gibbs Energy
Ізомери	речовини, які мають однаковий якісний та кількісний склад але мають різну будову
Isomers	substances having the same qualitative and quantitative composition, but differing in structure
Ізомери оптичні	просторові ізомери, молекули яких співвідносяться між собою як предмет та несумісне з ним дзеркальне відображення
Optical isomers	spatial isomers, the molecules of which are related to each other as an object and incompatible with it mirror image
Ізомери просторові	сполуки, що мають однакову молекулярну формулу, однаковий порядок зв'язування атомів в молекулі, але відрізняються один від одного розташуванням атомів у просторі
Spatial isomers	compounds having the same molecular formula, the same order of atomic binding in the molecule, but differing from each other by the arrangement of atoms in space
Ізомери структурні	сполуки однакового якісного та кількісного складу, що відрізняються порядком зв'язування атомів (хімічною будовою)
Structural isomers	compounds of the same qualitative and quantitative composition, differing in the order of atomic binding, i.e. their chemical structure
Ізомерія	існування <u>сполук</u> , однакових за хімічним складом, але різних за будовою і властивостями
Isomerism	compounds of the same chemical composition, but differing in chemical structure and properties
Ізомерія геометрична	ізомерія, яка обумовлена різним просторовим положенням лігандів, замісників відносно один одного
Geometric isomerism	isomerism due to different positions of ligands, substituents relative to each other
Ізомерія гідратна	ізомерія, яка обумовлена неоднаковим розподілом молекул води між внутрішньою та зовнішньою сферами комплексної сполуки
Hydrate isomerism	isomerism, caused by the unequal water molecules distribution between the inner and outer spheres of a complex compound

Ізомерія іонізаційна Ionization isomerism	ізомерія, яка пов'язана з розподілом кислотних залишків між внутрішню та зовнішню сферами комплексної сполуки isomerism due to the distribution of acid residues between the inner and outer spheres of a complex compound
Ізотермічний процес Isothermic process	хімічний процес, який відбувається при сталій температурі ( $T = const$ ) chemical process occurring at a constant temperature ( $T = const$ )
Ізотонічні розчини Isotonic solutions	розчини з однаковим осмотичним тиском solutions with the same osmotic pressure
Ізотонічний коефіцієнт Isotonic coefficient	показує міру відхилення властивостей розчинів електролітів від закономірностей для неелектролітів: $i$ shows the measure of the deviation electrolytes of properties of solutions of from the regularities for nonelectrolytes: $i$
Ізотони Isotones	атоми з однаковим числом нейтронів, але з різним числом протонів atoms with the same number of neutrons, but with a different number of protons
Ізотопи Isotopes	різновид атомів, які мають однаковий заряд ядра, але відрізняються відносною атомною масою a variety of atoms having the same nucleus charge, but differing in relative atomic mass
Ізохорний процес Isochoric process	хімічний процес, який відбувається при сталому об'ємі ( $V = const$ ) chemical process occurring at a constant volume ( $V = const$ )
Ізохорно-ізотермічний потенціал Isochoric isothermal potential	див. Енергія Гельмгольца see Helmholtz Energy
Ізохорно-ізотермічний процес Isochoric isothermal process	хімічний процес, який відбувається при сталих об'ємі та температурі ( $V = const, T = const$ ) chemical process occurring at constant volume and temperature ( $V = const, T = const$ )
Інгібітор Inhibitor	речовина, яка уповільнює або запобігає перебігу певної хімічної реакції substance that slows or prevents the course of a certain chemical reaction

Індикатор  Indicator	з'єднання, що дозволяє візуалізувати зміне концентрації певної речовини або компонента, наприклад, в розчині при титруванні, або швидко визначити рН і ін. параметри.  compound that allows one to visualize the change in the concentration of a substance or component, for example, in a solution during titration, or to quickly determine the pH and other parameters.
Індикатор адсорбційний  Adsorption indicator	органічна сполука, яка адсорбується осадом або десорбується з поверхні осаду, що утворюється в процесі титрування  organic compound adsorbing by the precipitate or desorbed from its surface, which is formed by titration
Індикатор кислотно-основний  Acid-base indicator	органічна речовина, що здатна змінювати своє забарвлення в залежності від рН розчину  organic substance changing its color depending on the pH solution
Індикатор металохромний  Metalochromium indicator	органічна сполука, що використовується для фіксації кінцевої точки титрування в комплексонометричних визначеннях та здатна утворювати забарвлену комплексну сполуку з катіоном, вміст якого встановлюється  an organic compound used to fix the end point of titration in complexometric determinations and capable to form a colored complex substance with an analyzed cation
Індикатор проміжної сили  Intermediate force indicator	індикатор, що характеризується $K_{Hnd} \approx 10^{-7}$ і змінює своє забарвлення при $pH \approx 7$  indicator characterized by $K_{Hnd} \approx 10^{-7}$ and changing its color at $pH \approx 7$
Індикатор редокс  Redox indicator	окисно-відновна система, що змінює своє забарвлення при переході відновленої форми в окиснену та навпаки; використовується для фіксації кінцевої точки титрування в окисно-відновному титруванні  an oxidation-reduction system that changes color when the reduced form is converted to oxidized, or vice versa
Індикатор сильний  Strong indicator	індикатор, що характеризується $K_{Hnd} > 10^{-7}$ і змінює своє забарвлення в кислому середовищі $pH < 7$  indicator characterized by $K_{Hnd} > 10^{-7}$ and changing its color in acidic $pH < 7$
Індикатор слабкий  Weak indicator	індикатор, що характеризується $K_{Hnd} < 10^{-7}$ і змінює своє забарвлення в лужному середовищі $pH > 7$  indicator characterized by $K_{Hnd} < 10^{-7}$ and changing its color in an alkaline medium $pH > 7$

Індикатор у титриметричних визначеннях	речовина, що дозволяє фіксувати кінцеву точку титрування
Indicator in titrimetric definitions	substance that allows to fix the titration final point
Індикація власна	фіксація кінцевої точки титрування індикаторів за забарвленням продуктів реакції, які мають забарвлення, що суттєво відрізняється від забарвлення речовин, що реагують
Self-identification	fixation of the titration end point by the color change of reaction products, different from the reacting substances color
Індукований диполь	миттєво наведений диполь під впливом електричного поля іншої молекули
Induced dipole	instantly induced dipole under the electric field action of another molecule
Індукційна взаємодія	різновид міжмолекулярної взаємодії. Виникає між полярною та неполярною молекулами. Під впливом електричного поля полярної молекули деформується електронна хмара неполярної молекули і виникає тимчасовий електричний момент диполю
Induction interaction	kind of intermolecular interaction. It occurs between polar and nonpolar molecules. Under the action of the electric field of the polar molecule, the electron cloud of the nonpolar molecule deforms and a temporary electric dipole moment arises
Інклюзія	співосадження на кристалічних осадах індивідуальних іонів або молекул, які гомогенно розповсюджуються по всьому кристалу
Inclusion	coprecipitation on crystalline precipitation of individual ions or molecules homogeneously distributed throughout the crystal
Інтервал переходу забарвлення індикатора	інтервал кислотності розчину, в межах якого відбувається помітна для ока зміна забарвлення індикатора: $pH = pK_{Hnd} \pm 1$
Interval of color transition of the indicator	solution acidity interval, within which a change in the indicator color is noticeable to the eye: $pH = pK_{Hnd} \pm 1$ ,
Іоніти (катіоніти, аніоніти)	адсорбенти, що можуть обмінним шляхом поглинати іони з розчину
Ionites	adsorbents possessing the property of absorbing exchange ions from a solution
Іонний зв'язок	хімічний зв'язок між іонами, який здійснюється за рахунок електростатичної взаємодії
Ionic bonding	chemical bond between ions, carried out by electrostatic attraction

Іонна сила розчину	дорівнює напівсумі добутку молярних концентрацій усіх іонів: $\mu = \frac{1}{2} \sum C_i z_i^2$
Ionic strength of solution	iequal to half the sum of molar concentrations products of all ions: $\mu = \frac{1}{2} \sum C_i z_i^2$
Іонні сполуки	сполуки, які утворені шляхом притяжіння іонів
Ionic compounds	these are compounds that are formed by the attraction of ions, which are held together due to the ionic type of bond
Істинне значення фізичної величини	значення фізичної величини, що ідеальним чином відображає у якісному та кількісному відношенні відповідну властивість об'єкту
True value of a physical quantity	physical quantity value that ideally reflects in a qualitative and quantitative sense the corresponding object property
Калориметр	прилад, який призначено для вимірювання теплового ефекту хімічної реакції
Calorimeter	device designed to measure the thermal effect of a chemical reaction
Капілярна конденсація	процес, при якому речовина проникає в тіло, що пронизане капілярами та утримується в них
Capillary condensation	process by which a substance penetrates into the body penetrated by the capillaries and is held within them
Каталіз	процес зміни швидкості реакції під впливом каталізатору
Catalysis	process of rate reaction changing under the catalyst action
Каталіз гетерогенний	каталізатор та речовини, що реагують знаходяться в різних фазах
Heterogeneous catalysis	catalyst and substances participating in the reaction are in different phases
Каталіз гомогенний	каталізатор та реагуючі речовини знаходяться в одній фазі
Homogeneous catalysis	catalyst and substances participating in the reaction are in the same phase
Каталізатор	речовина, яка змінює швидкість хімічної реакції, приймає участь в хімічній реакції, але при цьому не витрачається
Catalyst	substance that changes the reaction rate, takes part in a chemical reaction, but is not consumed at the same time
Каталізатор негативний	див. Інгібітор
The catalyst is negative	see Inhibitor

Каталізатор позитивний The catalyst is positive	каталізатор, що збільшує швидкість хімічної реакції catalyst, increasing the chemical reaction rate
Каталітичні хімічні реакції Catalytic chemical reactions	хімічні реакції, які відбуваються в присутності каталізатора chemical reactions taking place at the catalyst presence
Каталітичні отрути Catalytic poisons	речовини, які знижують, або повністю дезактивують поверхню каталізатору substances that reduce the activity or completely deactivate the catalyst surface
Катіон Cation	позитивно заряджений іон positively charged ion
Катіоніти Cation exchangers	іоніти, поверхня яких заряджена негативно, адсорбують з розчину катіони ion exchangers whose surface is negatively charged adsorb cations from the solution
Квартування Quartering	метод підготовки первинної середньої проби до аналізу preparation method for primary mean sample analysis
Кетони Ketones	органічні сполуки, які містять карбонільну групу, яка зв'язана з двома вуглеводневими радикалами organic compounds containing a carbonyl group bound to two hydrocarbon radicals
Кислоти Acids	електроліти, які при дисоціації утворюють в якості катіонів лише катіони <u>Гідрогену</u> electrolytes, which when dissociated as cations form only hydrogen cations
Кислоти карбонові Carboxylic acids	органічні сполуки, які містять карбоксильну групу – COOH, яка зв'язана з вуглеводневим радикалом organic compounds containing a carboxyl group – COOH bonded to a hydrocarbon radical
Кислі солі Acid Salts	солі, до складу яких окрім металу та кислотного залишку входять іони Гідрогену (NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ) salts, which in addition to the metal and acid residue include hydrogen ions (NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> )
Кислотність основи Base acidity	обумовлюється кількістю гідроксильних груп в молекулі determined by the number of hydroxyl groups in its molecule

Кількісний аналіз Quantitative analysis	визначення кількісного вмісту окремих складових частин в речовині або окремих речовин в зразку, що досліджується individual constituents quantitative content determination of the substance or individual substances in the test sample
Кількість речовини Amount of substance	фізична величина, що характеризує кількість однотипних структурних одиниць, що містяться в речовині (атоми, молекули, іони, електрони або будь-які інші частинки): $n = \frac{m}{M}$ physical quantity that characterizes the identical structural units number contained in a substance (atoms, molecules, ions, electrons, or any other particles): $n = \frac{m}{M}$
Кінетика хімічних реакцій Kinetics of chemical reactions	розділ фізичної хімії, що вивчає закономірності протікання хімічних реакцій в часі, залежно цих закономірностей від зовнішніх умов, а також механізми хімічних перетворень section of physical chemistry, studying the regularities of the course of chemical reactions in time, the dependence of these regularities on external conditions, as well as the mechanisms of chemical transformations
Кінетичне рівняння реакції Kinetic equation of reaction	рівняння, яке зв'язує швидкість реакції з концентрацією речовин, які реагують. $V = k \cdot C_A^m \cdot C_B^n$ an equation that relates the reaction rate to the concentration reactants. $V = k \cdot C_A^m \cdot C_B^n$
Кінцева точка титрування Titration end point	точка кінця титрування, яку визначають зміною забарвлення індикатора titration point determined by changing the indicator color
Коагуляція Coagulation	об'єднання дрібних диспергованих частинок в великі за розміром агрегати fine dispersed particles combination of into larger aggregates
Коагуляція поріг Coagulation threshold	мінімальна концентрація електроліту, який додається до 1 л колоїдного розчину, щоб зупинити коагуляцію minimum electrolyte concentration added to 1 liter of a colloid solution, at which coagulation begins
Коагулюючі іони Coagulating ions	іони електроліта, які викликають коагулюючу дію та мають заряд протилежний заряду потенціалвизначальних іонів electrolyte ions that cause the coagulation process, the charge of which is counteracted by the colloidal particle charge

Ковалентний зв'язок Covalent bond	хімічний зв'язок, який здійснюється за рахунок утворення спільних (спільної) електронних пар chemical bonding, carried out by the common electronic pairs formation
Коефіцієнт Вант-Гоффа Vant Hoff's coefficient	показує у скільки разів збільшується (зменшується) швидкість хімічної реакції при підвищенні температури на кожні 10 ° shows how many times the chemical reaction rate increases (decreases) with increasing temperature by 10 °
Коефіцієнт розподілу Distribution coefficient	в рівноважній системі, що складається з двох рідин, які незмішуються та мають поверхню розподілу, відношення концентрацій (або активностей) речовини, що в них розчинена, залишається сталим при незмінній температурі: $K = \frac{C_1}{C_2} = \frac{a_1}{a_2}$ parameter is equal to the ratio of the concentrations (or activities) of the dissolved substance in an equilibrium system consisting of two immiscible liquids with an interface. The distribution coefficient remains constant at a constant temperature. $K = \frac{C_1}{C_2} = \frac{a_1}{a_2}$
Коефіцієнт розчинності Solubility coefficient	максимальна кількість грамів речовини, яку можна розчинити в 100г розчинника при певній температурі maximum number of grams of a substance that can be dissolved in 100 g of solvent at a given temperature
Колоїдна хімія Colloidal chemistry	наука про дисперсні системи та поверхневі явища, які виникають на поверхні розподілу фаз the science of disperse systems and surface phenomena arising at the phases interface
Колоїдний розчин (система) Colloidal system	див. Дисперсна система колоїдна see Dispersed system colloidal
Колориметрія Colorimetry	фізико-хімічний метод кількісного визначення концентрації речовини в розчині, яка здатна поглинати світло або УФ промені за певної довжини хвилі physico-chemical method of quantitative determination of substance concentration in a solution that can absorb light or UV rays at a certain wavelength
Комплексні солі Complex salts	солі, до складу яких входять складні (комплексні) іони (в формулах їх записують в квадратних дужках), які відщеплюються при дисоціації salts, which contain complex (complex) ions (in the formulas they are enclosed in square brackets), which are cleaved off during dissociation

Комплексні сполуки Complex compounds	сполуки, що мають в своєму складі декілька ковалентних зв'язків, що виникли по донорно-акцепторному механізму compounds characterized by the presence of at least one covalent bond, which arose through the donor-acceptor mechanism
Комплексоутворювач Complexing agent	позитивно заряджений іон, розташований у внутрішній сфері комплексної сполуки a positively charged ion that is located in the inner sphere of the complex
Кондуктометрія Conductometry	сукупність електрохімічних методів аналізу, заснованих на вимірюванні електропровідності розчинів set of electrochemical methods of analysis based on measuring the electrical conductivity of solutions
Константа дисоціації Dissociation constant	вид константи рівноваги, яка характеризує схильність об'єкта дисоціювати на іони kind of equilibrium constant that characterizes the ability of a substance to dissociate reversibly into particles
Константа дисоціації термодинамічна Thermodynamic dissociation constant	константа дисоціації, яка враховує активності іонів (молекул) dissociation constant, which takes into account ion activity
Константа Фарадея Faraday's constant	кількість електрики, яку треба пропустити крізь розчин електроліта, щоб на кожному з електродів виділилось по одному кілограм-еквіваленту речовини amount of electricity that must be passed through the electrolyte solution so that one kilogram-equivalent of the substance at each electrode was extracted
Константа хімічної рівноваги Chemical equilibrium constant	величина, яка визначає для певної хімічної реакції співвідношення між концентраціями вихідних речовин до продуктів в стані хімічної рівноваги відповідно до закону діючих мас value that determines for a given chemical reaction the ratio between the concentrations of starting substances and products in a state of chemical equilibrium
Константа швидкості реакції Reaction rate constant	швидкість хімічної реакції при концентраціях речовин, які реагують 1 моль/л. Залежить від природи реагуючих речовин, від температури, але не залежить від концентрації rate of chemical reaction at concentrations of reacting substances is 1 mol/l. It depends on the reactants nature, on temperature, but does not depend on concentration

Концентрація розчину	вміст розчиненої речовини в певній масовій чи об'ємній кількості розчину або розчинника
Solution concentration	dissolved substance content in a specific mass or bulk quantity of the solution or solvent
Концентрований розчин	містить розчинену речовину в кількості порівняною з кількістю розчинника
Concentrated solution	contains such quantities of solute that are comparable to the amount of solvent
Концентрування речовини	збільшення концентрації речовини шляхом упарювання розчину або екстрагування речовини розчинниками
Concentration of matter	increasing the concentration of a substance by evaporating the solution or extracting the substance with the solvents
Координаційне число	кількість найближчих частинок, які безпосередньо знаходяться біля певної молекули або іону
Coordination number	number of nearest neighboring particles closely adjacent to a given particle in a crystal or in a single molecule
Корозія	окисно-відновний процес, що супроводжується окисненням даного металу і відновленням окисника на його поверхні
Corrosion	oxidation-reduction process, accompanied by the given metal oxidation of a and the oxidant reduction on its surface
Корозія газова	різновид хімічної корозії при якій відбувається процес окиснення металу при високій температурі киснем чи будь-яким іншим газом
Gas corrosion	kind of chemical corrosion at which occurs metal oxidation at high temperature by oxygen or some other gas
Корозія електрохімічна	виникає при контакті металу з навколишнім середовищем, що є електролітично провідним
Electrochemical corrosion	occurs when the metal comes into contact with the surrounding electrolytically conductive medium
Корозія хімічна	різновид корозії, при якій метал взаємодіє з сухим (без вологи) газом (киснем, сірководнем, хлороводнем та ін.) або з рідким нелектролітом (бензином, смолою і т.ін.)
Chemical corrosion	type of corrosion, in which the metal interacts with the dry, i.e. deprived of moisture, gas (oxygen, hydrogen sulphide, hydrogen chloride, etc.) or liquid non-electrolyte
Кріоскопія	вимірювання зниження температури початку кристалізації розчину порівняно з температурою кристалізації чистого розчинника
Cryoscopy	measurement of the temperature decrease at the beginning of the solution crystallization as compared to the crystallization temperature of the pure solvent

Кріоскопічна стала Cryoscopic constant	показує зниження температури кристалізації розчину при його молярній концентрації 1 моль/кг. Залежить лише від властивостей розчинника, та не залежить від природи розчиненої речовини constant shows a crystallization temperature decrease of the solution at its molar concentration 1 mol/kg. Depends only on solvent properties and does not depend on the dissolved substance nature
Крива розчинності Solubility curve	графічна залежність розчинності речовини від температури graphical substance solubility dependence on temperature
Крива титрування Titration curve	графік залежності вмісту речовини, яку визначають в ході титрування, від обсягу доданого титранту dependence graph content of any components in the determined mixture on the added titrant
Кристалізаційна вода Crystallization water	вода, яка входить до складу кристалогідратів water, which is crystalline hydrates part
Кристалізація Crystallization	виділення речовини з розчину при зниженні температури this is the release of a substance from a solution when the temperature drops.
Кристалогідрат Crystal hydrate	кристалічна речовина, яка містить молекули води crystalline substances containing water molecules
Кристалічна ґратка Crystal cell	просторовий каркас, в вузлах якого знаходяться атоми (атомна кристалічна ґратка), іони (іонна кристалічна ґратка), молекули (молекулярна кристалічна ґратка) spatial framework at the nodes of which there are atoms (atomic crystal lattice), ions (ionic crystal lattice), molecules (molecular crystal lattice)
Кулонометричний аналіз Coulometric analysis	метод кількісного визначення, що ґрунтується на вимірюванні кількості струму, який необхідно витратити для електрохімічного перетворення речовини quantitative analysis method, based on measuring the amount of current necessary for the matter electrochemical conversion
Кювета Cuvette	скляна комірка, що використовується в спектрофотометрах та фотоколориметрах для вимірювання оптичної густини забарвленого розчину aglass cell used in spectrophotometers and photocolorimeters to measure the colored solution optical density

Лантаноїди Lanthanides	елементи з порядковими номерами 58–71, які розташовані в шостому періоді elements with ordinal numbers 58–71, which are located in the sixth period
Лантаноїдне стиснення Lanthanoid compression	зменшення атомного радіусу з ростом порядкового номера елементів в ряду лантаноїдів decrease in atomic radius as the elements number in the lanthanide series increases
Ланцюгові реакції Chain reactions	реакції, які відбуваються за участю вільних радикалів. Складаються з трьох етапів: зародження ланцюгу, розвиток ланцюгу, обрив ланцюгу reactions involving free radicals. Consist of three stages: the chain beginning, the chain development, the chain termination
Ліганди Ligands	негативно заряджені іони або нейтральні молекули, що координовані навколо комплексоутворювача negatively charged ions or neutral molecules coordinated around the complexing agent
Ліганди монодентатні Лиганды монодентатные Ligands monodentate	ліганди, які займають во внутрішній сфері одне місце these are ligands that occupy one place in the inner sphere of the complex (one atomic orbital of the complexing agent)
Ліганди полідентатні Ligands multidentate	ліганди, які займають у внутрішній сфері два, три та більше місць ligands occupying two, three or more places in the internal sphere
Ліозолі Liozoli	дисперсійні системи з рідким дисперсійним середовищем disperse systems with a liquid dispersion medium
Ліпіди Lipids	група природних органічних сполук, що складається з жирів і жироподібних речовин group of natural organic compounds, including fats and fat-like substances
Люмінісцентний аналіз Luminescent analysis	різновид оптичних методів аналізу, який базується на вимірюванні випромінювання об'єкту, що досліджується, під впливом ультрафіолетових променів kind of analysis optical methods, based on the object luminescence measuring of under investigation, which arises under the ultraviolet rays action
Магнітне квантове число Magnetic quantum number	характеризує орієнтацію орбіталі в просторі ( $m$ ) characterizes the orbital orientation in space ( $m$ )

Макроаналіз Macroanalysis	кількісний аналіз, коли для проведення визначення використовують 1-10 г сухої речовини чи 10-100 мл розчину for the analysis take 1-10 g (10-100 ml) of solution
Маскування іонів Ion masking	зв'язування іонів, що заважають визначенню певного іона, у комплексну сполуку або їх окиснення до іонів, які не вступають в реакцію зі специфічним реагентом ions binding that interfere with the determination of a given ion to a complex compound or their oxidation to ions that do not react with a specific reagent
Масова частка розчиненої речовини Mass fraction of solute	дорівнює відношенню маси розчиненої речовини до загальної маси розчину. Показує яка маса розчиненої речовини міститься в 100 г розчину: $\omega = \frac{m_B}{m}$ mass solute ratio to the total solution weight. It shows much how dissolved matter is contained in 100 g of solution: $\omega = \frac{m_B}{m}$
Масова теплоємність Mass heat capacity	кількість теплоти, яку необхідно підвести до одиниці маси речовини, щоб підігріти її на одиницю температури, Дж/(кг·К) heat amount that must be supplied to the mass unit of the substance in order to heat it per temperature unit, J/(kg · K)
Металічний зв'язок Metal bonding	зв'язок, який утворюють атоми металів за рахунок перетину валентних орбіталей атомів-сусідів, завдяки вільному руху електронів з однієї орбіталі на іншу bond that is formed by metal atoms by crossing the orbitals of neighboring atoms, so that electrons freely move from one orbital to another one
Металічний радіус атома Atom metallic radius	дорівнює половині відстані між ядрами атомів ( $d$ ) двох однакових частинок в металічному кристалі is equal to half the internuclear distance ( $d$ ) of two identical particles in a metallic crystal
Металорганічні сполуки Organometallic compounds	органічні сполуки, в молекулі яких атом Карбону безпосередньо зв'язаний з атомами металу organic compounds in which molecule the carbon atom is directly bonded to the metal atoms
Метод відгонки Distillation method	метод гравіметричного аналізу в якому компонент, що аналізується, виділяють з проби у вигляді газу. Аналіз базується або на визначенні маси речовини, яку відігнали, або на визначенні маси залишку method of gravimetric analysis, in which the component to be determined is extracted from the sample as a gas. In this case, the analysis is based either on determining the distilled substance mass or on determining the residue mass

Метод вимірювання Measurement method	спосіб чи сукупність способів порівняння фізичної величини, яка вимірюється з її одиницею у відповідності з принципом вимірювання reception or set of comparing methods the measured physical quantity with its unit in accordance with the realized principle of measurement
Метод осадження Method of precipitation	метод гравімеричного аналізу, в якому компонент, що аналізується, реагує з реагентом, утворюючи малорозчинний продукт. gravimetric analysis method, in which the component to be determined reacts chemically with the reagent to form a poorly soluble product.
Методика вимірювання Measurement technique	встановлена сукупність операцій та правил при вимірюванні, виконання яких забезпечує отримання результатів вимірювання з гарантованою точністю у відповідності з обраним методом established set of operations and rules in the measurement, the performance of which ensures the receipt of measurement results with guaranteed accuracy in accordance with the adopted method
Міжмолекулярна взаємодія Intermolecular interaction	взаємодія між нейтральними молекулами interaction between neutral molecules, which has an electrostatic nature
Мікроаналіз Microanalysis	для проведення аналізу беруть приблизно 1мг сухої речовини чи 0,1 мл розчину for the analysis take about 1 mg of dry matter or 0.1 ml of solution
Мінімальна концентрація Minimum concentration	мінімальна концентрація розчину, при якій аналітична реакція ще дає помітний результат: $c, \text{г/см}^3$ minimum solution concentration at which the analytical reaction still produces a noticeable result: $c, \text{g/cm}^3$
Мірна колба Volumetric flask	плоскодонна колба з довгою вузькою шийкою, на яку нанесена кільцева помітка, що відповідає об'єму, вказаному на клеймі колби, при температурі 20 °С flat bottom flask with a long narrow neck, on which a circular mark is placed, defining the volume indicated on the bulb stamp, at a temperature of 20 °C
Мірний циліндр Measuring cylinder	скляна широка трубка з нанесеними позначками цілих та десятих мілілітра, що призначена для відбору певного (приблизного) об'єму розчину glass tube, necessary for the selection of a certain (approximate) volume of the solution with the deposited notations of whole and tenth milliliters

Міцела золю	колоїдна частинка, що складається з агрегату молекул, атомів чи іонів, навколо якого знаходиться подвійний електричний шар
Micelle sol	colloid particle consisting of an molecules aggregate, atoms or ions surrounded by a double electric layer
Молекула	найменша частинка речовини, що зберігає усі її хімічні властивості
Molecule	the smallest substance particle possessing its chemical properties
Молекулярна маса відносна relative molecular weight	Величина, яка дорівнює відношенню середньої маси молекули до 1/12 маси атома Карбону $^{12}\text{C}$ : $M_r$ , <i>а.о.м</i>  value equal to the the average mass ratio of the molecule to 1/12 the carbon atom mass $^{12}\text{C}$ : $M$ , a.u.m.
Молекулярність реакції	мінімальна кількість молекул, які одночасно вступають у взаємодію
Molecularity of the reaction	minimum molecules number simultaneously entering interaction
Моль	кількість речовини, що містить стільки структурних одиниць (молекул, атомів, електронів чи інших) скільки міститься атомів в 0,012 кг ізотопу Карбона $^{12}\text{C}$
Mole	the substance quantity containing as many structural units (molecules, atoms, electrons or others) as it is contained in atoms in 0.012 kg of carbon isotope $^{12}\text{C}$
Моляльна концентрація	концентрація розчину, що дорівнює відношенню кількості розчиненої речовини до маси розчинника. Показує кількість речовини, яка відноситься до 1 кг розчинника: $C_m = \frac{n}{m}$
Mole concentration	solution concentration equal to the ratio of the amount of solute to the solvent mass. Shows the amount of substance that accounts for 1 kg of solvent: $C_m = \frac{n}{m}$
Молярна концентрація	концентрація розчину, що дорівнює відношенню кількості розчиненої речовини до об'єму розчину. Показує кількість речовини, яка міститься в 1 л розчину: $C_M = \frac{n}{V}$
Molar concentration	solution concentration is equal to amount solute ratio of the to the solution volume. Shows the amount of substance that is contained in 1 liter of solution: $C_M = \frac{n}{V}$

Молярна маса	маса речовини, яку взято в кількості 1 моль: $M$ , г/моль
Molar mass	substance mass taken in the amount of 1 mol: $M$ , g/mol
Молярна теплоємність	кількість теплоти, яку необхідно підвести до одного моль речовини, щоб підігріти його на одиницю температури, Дж/(моль·К)
Molar heat capacity	heat amount that must be supplied to one mole of the substance in order to heat it per temperature unit, J/(mol·K)
Молярний коефіцієнт поглинання	оптична густина розчину, який містить забарвлену речовину з концентрацією 1 моль/л при довжині шару, що поглинає світло 1 см: $\epsilon_\lambda$
Molar absorption coefficient	solution optical density containing a colored substance with a concentration of 1 mol/l, with an absorption layer length of 1 cm: $\epsilon_\lambda$
Молярний об'єм	об'єм, що займає один моль будь-якого газу при нормальних умовах: $V_m = 22,4$ л/моль
Molar volume	volume occupied by one mole of any gas under normal conditions $V_m = 22,4$ l/mol
Молярний розчин	розчин, в 1 л якого міститься 1 моль розчиненої речовини
Molar solution	solution in 1 liter of which there is 1 mole of dissolved substance
Мольна частка	відношення кількості розчиненої речовини чи розчинника до суми кількості усіх речовин, які входять до складу розчину: $N = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$
Mole fraction	amount of dissolved substance or solvent ratio to the sum of the quantities of all substances making up the solution: $N = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$
Мономолекулярні реакції	реакції, порядок яких дорівнює одиниці, тобто, приймає участь лише одна молекула (реакції розпаду, внутрішньомолекулярних перетворень)
Monomolecular reactions	reactions, the order of which is equal to one, i.e., only one molecule takes part (decomposition reactions, intramolecular rearrangements)
Монохроматичне випромінювання	електромагнітне випромінювання з певною довжиною хвилі
Monochromatic radiation	electromagnetic radiation with a certain wavelength

Монохроматор	частина спектрофотометру, що дозволяє отримати монохроматичне випромінювання
Monochromator	spectrophotometer part, which makes it possible to obtain monochromatic radiation
Наважка	маса речовини, яка досліджується, необхідна для проведення аналізу
Hitch	mass of the test substance required for analysis
Напівпроникла мембрана	перетинка, яка розділяє дві рідини або гази, крізь яку відбувається селективне проникнення компонентів цих фаз.
Semi-permeable membrane	membrane separating two liquid or gaseous phases through which a selective transfer of the components of these phases takes place
Насичений пар	пар, що знаходиться в рівновазі з рідиною
Saturated steam	vapor in equilibrium with a liquid
Насичений розчин	розчин, що знаходиться в динамічній рівновазі з надлишком розчиненої речовини
Saturated solution	solution that is in dynamic equilibrium with an solute excess
Насиченість	здатність атомів утворювати обмежену кількість ковалентних зв'язків
Saturability	atoms ability to form a limited of covalent bonds number
Неелектроліти	речовини, які на іони не розпадаються і тому не проводять електричний струм
Nonelectrolytes	substances that do not decay into ions and do not conduct an electric current
Ненасичений розчин	містить меншу кількість розчиненої речовини ніж в насиченому розчині
Unsaturated solution	contains less substance than in a saturated solution
Нейтрон	елементарна частинка, яка не має електричного заряду, масою $1,674927351 \cdot 10^{-27}$ кг
Neutron	an elementary particle that does not have an electric charge, with a mass of $1.674927351 \cdot 10^{-27}$ kg
Необернені реакції	реакції, які відбуваються до кінця і лише в одному напрямку
Irreversible reactions	reactions that occur only in one direction and go to the end
Неполярний ковалентний зв'язок	зв'язок, який утворюється між атомами одного і того ж самого хімічного елемента
Non-polar covalent bond	bond that is formed between atoms of the same chemical element

Нефелометр	прилад, що використовують при проведенні нефелометричних досліджень
Nephelometer	nephelometric instrument
Нітросполуки	органічні сполуки, що містять в своєму складі нітрогрупу ( $-\text{NO}_2$ ), Нітроген якої безпосередньо зв'язаний з атомом Карбону
Nitro compounds	organic substances containing in the molecule a nitro group ( $-\text{NO}_2$ ), nitrogen of which is directly bonded to the carbon atom
Нормальні умови	$P = 101,3 \text{ кПа}, T = 273\text{K}$
Normal conditions	$P = 101,3 \text{ кПа}, T = 273\text{K}$
Нуклони	загальна назва протонів і нейтронів, з яких складаються атомні ядра
Nucleons	are the general name for protons and neutrons that make up atomic nuclei
Обернені реакції	реакції, які відбуваються в протилежних напрямках і не до кінця
Reversible reactions	these are reactions that go in opposite directions
Об'ємна частка	частка об'єму, який певний складник займає в загальному об'ємі тіла: $\varphi = \frac{V_i}{V}$
Volume fraction	fraction of volume that a certain component occupies in the total volume of the body: $\varphi = \frac{V_i}{V}$
Окиснення	процес віддачі електронів часткою (атомом, молекулою, іоном)
Oxidation	process of electrons recoil by a particle (atom, molecule, ion)
Окисник	атом, молекула чи іон, що приєднують електрони в реакції відновлення
Oxidizer	atom, molecule or ion attaching electron in the reduction reaction
Окисно-відновні реакції	реакції, які відбуваються зі зміною ступеню окиснення атомів, що входять до складу реагуючих сполук
Oxidation-reduction reactions	reactions that occur with a change in the degree of atoms oxidation that make up the reactants
Окисно-відновні внутрішньомолекулярні реакції	реакції, які відбуваються зі зміною ступеню окиснення різних атомів, що входять до складу однієї і той самої молекули
Oxidation-reduction reactions intramolecular	reactions that occur with a change in the oxidation degree of different atoms in the same molecule

Окисно-відновні реакції диспропорціювання	реакції	перебіг таких реакцій супроводжується одночасним збільшенням та зменшенням ступеню окиснення атомів одного і тогож самого елемента
Oxidation-reduction disproportionation	reactions	such reactions course is accompanied by a simultaneous increase and a decrease in the atoms degree of oxidation of the same element
Окисно-відновні міжмолекулярні реакції	реакції	реакції, які відбуваються зі зміною ступеню окиснення атомів, що входять до складу різних сполук
Oxidation-reduction intermolecular	reactions	reactions that occur with a change in the degree of atoms oxidation that make up different substances
Оксикислоти		карбонові кислоти в яких одночасно міститься карбоксильна і гідроксильна групи
Oxyacids		carboxylic acids, which simultaneously contain carboxyl and hydroxyl groups
Оптичні методи аналіза		методи аналіза, що базуються на вимірюванні оптичних показників речовин, які аналізуються
Optical analysis methods		methods of analysis, based on measuring the optical parameters of the analytes
Орбітальне квантове число		характеризує енергетичний стан електрону на підрівні та форму електронної хмари ( $l$ )
Orbital quantum number		characterizes the electron energy state at the sublevel and the electron cloud shape ( $l$ )
Орієнтаційна взаємодія		різновид міжмолекулярної взаємодії. Здійснюється між двома полярними молекулами, які при зближенні орієнтуються одна відносно другої протилежно зарядженими частинами диполів
Orientalional interaction		kind of intermolecular interaction. It is realized between two polar molecules, which, when approaching, are oriented relative to each other by the oppositely charged dipoles ends
Осад аморфний		осад, який складається з частинок, що не мають певної структури і утворюють пухку пористу масу
Amorphous precipitate		precipitate consisting of particles with a disordered structure forming a loose porous mass
Осад кристалічний		швидко осідає, легко фільтруються і промивається
Crystalline precipitate		quickly precipitate, easily filtered and washed
Осаджувана форма		хімічний склад осаду, у вигляді якого осаджують визначальні компоненти
Precipitated form		chemical precipitate composition, in the form of which the components to be precipitated
Осмометр		прилад для вимірювання осмотичного тиску
Osmometer		osmotic pressure meter

Осмос	дифузія молекул (іонів) в одному напрямку крізь напівпроникненну мембрану
Osmosis	one-way molecules (ions) diffusion through a semipermeable membrane
Осмотичний тиск	тиск, який необхідно додати до розчину, щоб припинити осмос
Osmotic pressure	pressure that must be applied to the solution to stop osmosis
Основи	див. Гідроксиди
Base	see Hydroxides
Основні солі	солі, до складу яких, окрім металу та кислотного залишку, входять гідроксогрупи (Mg(OH)Cl, Al(OH)Cl <sub>2</sub> )
Basic salts	salts, which, in addition to the metal and acid residue, include hydroxo groups (Mg(OH)Cl, Al(OH)Cl <sub>2</sub> )
Основність кислоти	обумовлюється числом іонів Гідрогена, що утворюються при дисоціації однієї молекули кислоти
Acid basicity	determined by the hydrogen ions number that are formed at the dissociation of one acid molecule
Пептизація	розщеплення агрегатів, що виникли при коагуляції дисперсних систем, на первинні частинки під дією рідкого середовища
Peptization	agregates splitting that appeared during the coagulation of disperse systems to primary particles under the liquid medium action
Первинна середня проба	частина об'єкта, який аналізується, що складається з великої кількості дрібних порцій, що відібрані в різних місцях матеріалу
Primary mean sample	analyzed object part, composed of a large number of small portions taken in different material locations
Первинний стандарт (стандартний розчин)	розчин, який приготовано з точної наважки речовини для проведення титриметричних досліджень
Primary Standard	solution obtained from the precise substance weight
Перекристалізація	процес очищення речовини від домішок, що полягає в приготуванні насиченого розчину речовини при температурі 90-95°C, з подальшим фільтруванням та охолодженням розчину
Recrystallization	process of substance purification from impurities, consisting of saturated solution preparation at a temperature 90-95 ° C, followed by solution filtration and cooling
Переосадження	процес очищення осаду від домішок (адсорбованих іонів), що полягає в повторному розчиненні осаду та повторному його осадженні

Reprecipitation	sediment cleaning process from impurities (adsorbed ions) consisting in re-dissolution and precipitation
Пересичений розчин	містить більшу кількість розчиненої речовини, ніж в насиченому розчині
The supersaturated solution	contains more substance than in a saturated solution
Період напіврозкладу	час, протягом якого відбувається розклад половини ядер атомів ( $T_{1/2}$ )
Half life	the time during one half of the atomic nuclei decay ( $T_{1/2}$ )
Періоди	горизонтальні ряди елементів в періодичній системі
Periods	horizontal elements rows in the periodic table
Періоди великі	горизонтальні ряди елементів (з 4 по 7) в періодичній системі. Містять <i>s, p, d, f</i> елементи
Long periods	horizontal elements rows (from 4 to 7) in the periodic table. Contain <i>s, p, d, f</i> elements
Періоди малі	горизонтальні ряди елементів (з 1 по 3) в періодичній системі. Містять <i>s, p</i> елементи
Smaller periods	horizontal elements series (from 1 to 3) in the periodic system. Contain <i>s, p</i> elements
Періодичний закон	властивості елементів та їх сполук знаходиться в періодичній залежності від значень зарядів ядер їх атомів
Periodic Law	elements properties and their compounds are in a periodic dependence on the charges values of the their atoms nuclei
Періодична система елементів	графічне (табличне) відображення періодичного закону
Periodic system	graphic (tabular) image of the periodic law
Питомна теплоємність	теплоємність, яку віднесено до одиниці кількості речовини
Specific heat	heat capacity per unit substance quantity
Питомний опір	опір проводника довжиною 1 см з поперечним перерізом 1 см <sup>2</sup>
Specific resistance	conductor resistance 1 cm long with a cross-section 1 cm <sup>2</sup>
Піна	мікрогетерогенна система, яка складається з газоподібної дисперсної фази та рідкого дисперсійного середовища
Foam	microheterogeneous system consisting of a gaseous dispersed phase and a liquid dispersion medium
Піпетка градуйована	скляна трубка з нанесеними позначками цілих та десятих мілілітра, що призначена для відбору певного об'єму розчину

Graduated pipette	glass tube, necessary for the selection of a certain solution volume with the deposited notations of whole
Піпетка Мора  The Mora's pipette	скляна трубка з розширенням посередені, кільцевою поміткою на верхній частині та подовженою нижньою частиною, що призначена для відбору точного об'єму розчину, який зазначено на клеймі  glass tube with an extension in the middle, a ring mark on top and an elongated lower part. Used to select the exact solution volume indicated on the stigma
Поверхнева енергія  Surface energy	надлишкова енергія молекул поверхневого шару  excess energy of surface layer molecules
Поверхневий натяг  Surface tension	сила, що діє на одиницю довжини лінії, яка обмежує поверхню рідини  force acting per unit line length of the bounding the surface of the liquid
Поверхнево-активна речовина  Surfactant	речовина, що адсорбується з розчину (на поверхні розподілу розчин-повітря) позитивно и тим самим знижує поверхневий натяг розчинника  substance adsorbed from the solution (at the solution-air interface) is positive and therefore reduces the solvent surface tension. Its concentration on the solution surface is greater than inside the solution
Поверхнево-інеактивна речовина  Surface inactive substance	речовина, що адсорбується з розчину (на поверхні розподілу розчин-повітря) негативно і тим самим підвищує поверхневий натяг розчинника  substance adsorbed from the solution (at the solution-air interface) is negative and, as a result, increases the solvent surface tension. Its concentration on the solution surface is less than inside the solution
Подвійні солі  Double salts	складаються з іонів двох різних металів та кислотного залишку ( $KAl(SO_4)_2$ , $KCr(SO_4)_2$ )  consist of two different metals ions and an acidic residue ( $KAl(SO_4)_2$ , $KCr(SO_4)_2$ )
Показник титрування індикатора  Significative titration of indicator	значення рН, до якого титрують розчин з певним індикатором  pH value to which the solution is titrated with this indicator
Полігалогеніди  Polyhalides	комплексні сполуки в яких комплексоутворювачем і лігандами є молекули галогена: $K[I(I_2)]$  complex compounds in which the complexing agent and ligands are the halogen molecules: $K[I(I_2)]$

Поляризація зв'язку Bond polarization	зсув зв'язуючої електронної хмари при утворенні хімічного зв'язку displacement of the binding electron cloud in chemical bond formation
Поляризація електрода (концентраційна) Electrode polarization (concentration)	зсув потенціала електрода в той чи інший бік від рівноважного значення за рахунок зміни концентрації одноіменних іонів біля нього electrode potential displacement in one direction or another from the equilibrium value due to a change in the concentration of the same ions near it
Поляризація електрода хімічна Electrode chemical polarization	зсув потенціала електрода в той чи інший бік від рівноважного значення за рахунок зміни його природи displacement of the electrode potential in one direction or another from the equilibrium value due to a change in its nature
Полярний зв'язок кovalентний Polar covalent bonding	зв'язок, який утворюється між атомами різних елементів за рахунок утворення загальної електронної пари (пар) з різною електронегативністю bond that is formed between different elements atoms due to the formation of general electron pairs with different electronegativities
Полярна молекула Polar molecule	молекула, яка містить полярний ковалентний зв'язок. У такій молекулі зв'язуюча електронна хмара зсунута в бік більш електронегативного атому molecule containing a polar covalent bond. In such molecules, the binding electron cloud is shifted toward the more electromotive atom nucleus
Полярограма Polarogram	графік залежності інтенсивності струму від прикладеної напруги current intensity plot on the applied voltage, used in the voltammetric analysis
Полярографічна хвиля Polarographic wave	стрибок вольт-амперної кривої на полярограмі jump volt-ampere curve on a polarogram
Правило Шульца-Гарді Schulz-Hardy rule	чим більша валентність іонів, які викликають коагуляцію, тим більша їх коагулююча сила, тим менший поріг коагуляції greater the coagulating ions valence, the more is their coagulating force and the smaller the coagulation threshold
Порядок реакції Reaction order	дорівнює сумі показників ступеней концентрації в кінетичному рівнянні реакції is equal to the sum of exponent concentration degrees in the reaction kinetic equation
Потенціал іонізації Ionization potential	найменша напруга поля, при якій відбувається іонізація атомів the lowest field voltage at which ionization occurs is

Потенціалутворюючі іони Potential-determining ions	іони, що належать як твердій, так і рідкій фазі та їх концентрація в розчині зумовлює значення потенціалу на межі цих фаз ions that belong to both the solid and liquid phases and their concentration in the solution determines the potential magnitude at the interface between these phases
Потенціометр Potentiometer	прилади, принцип роботи якого базується на використанні компенсаційної схеми для вимірювання різниці потенціалів device, the principle of which is based on the compensation circuit use for potential difference measuring
Потенціометричний метод аналізу (потенциометрія) Potentiometric analysis method	фізико-хімічний метод аналізу, який ґрунтується на вимірі електрорухомих сил (ЕРС) гальванічних елементів physicochemical method of analysis based on the measurement of electromotive forces (EMF) of galvanic cells
Похибка абсолютне значення Absolute value of error	див. Абсолютне значення похибки See Absolute value of error
Похибка вимірювання абсолютна Absolute measurement error	див. Абсолютна похибка вимірювання see Absolute measurement error
Похибка вимірювання відносна Relative measurement error	похибка вимірювання, яку виражено відношенням абсолютним значенням похибки вимірювання до дійсного чи значення величини, що виміряно ( $\delta = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\%$ ) measurement error expressed by the ratio of the absolute value of the measurement error to the actual or measured measured quantity value ( $\delta = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\%$ )
Похибка вимірювання випадкова Accidental measurement error	див. Випадкова похибка вимірювання see Accidental measurement error
Похибка вимірювання гранична Limit of measurement error	максимальна похибка вимірювання (плюс, мінус), яку можна припустити для певного дослідження maximum measurement error (plus, minus) allowed for a given measurement problem
Похибка вимірювання інструментальна Instrumental error measurement	складова похибки вимірювання, яка обумовлена похибкою засобу вимірювання, що використовується measurement error component caused by the error of the used measuring instrument

<p>Похибка вимірювань середня квадратична</p> <p>Mean square error of measurements</p>	<p>оцінка розсіяння одиничних результатів вимірювань в ряді равноточних вимірювань одної і той самої фізичної величини коло середнього їх значення:</p> $S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ <p>evaluation of the scattering of single measurement results in a series of equal measurements of the same physical quantity near their mean value: <math>S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}</math></p>
<p>Похибка вимірювання, яка пов'язана із зміною умов</p> <p>Measurement error associated with conditions changing</p>	<p>складова систематичної похибки вимірювання, яка є наслідком неврахованого впливу відхилення в один бік якого-небудь з параметрів, що характеризують умови вимірювання, від встановленого значення</p> <p>systematic measurement error component, which is a consequence of the unaccounted deviation influence in one direction of any of the parameters characterizing the measurement conditions from the set value</p>
<p>Похибка індивідуальна</p> <p>Individual error</p>	<p>похибка, зумовлена суб'єктивними особливостями виконавця</p> <p>error due to subjective worker's characteristics</p>
<p>Похибка метода вимірювання</p> <p>Error of measurement method</p>	<p>складова систематичної похибки вимірювання, що обумовлена недосконалістю метода вимірювання, який використовується</p> <p>component of the systematic measurement error due to the accepted measurement method imperfection</p>
<p>Похибка результату вимірювання</p> <p>Error of measurement result</p>	<p>відхилення результату вимірювання від істиного значення величини, яку вимірюють (<math>\Delta x = x_{\text{вим.}} - x_{\text{д}}</math>)</p> <p>measurement result deviation from the true measured value (<math>\Delta x = x_{\text{изм.}} - x_{\text{д}}</math>)</p>
<p>Правило Вант-Гоффа</p> <p>Van't Hoff's rule</p>	<p>при збільшенні температури на кожні 10 градусів швидкість реакцій збільшується в 2-4 рази</p> $(V_{t_2} = V_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2-t_1}{10}})$ <p>when the temperature rises for every 10 degrees, the speed of most reactions increases by 2-4 times (<math>V_{t_2} = V_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2-t_1}{10}}</math>)</p>

Правило Клечковського Klechkovsky's rule	заповнення електронних підрівнів в атомі зі збільшенням порядкового номера елемента відбувається послідовно зі збільшенням суми $n+l$ , а за рівними значеннями заповнюється підрівень, якому відповідає більше значення $l$  electronic sublevels filling in an atom with increasing sequence number of the element sequentially occurs with the sum increase, and for equal values the sublevel is filled, to which there corresponds a large number
Правило Дюкло-Траубе Duclo's-Traube rule	поверхнева активність речовини на межі розподілу розчин-повітря збільшується з зростанням вуглеводневого радикала в середньому в 3,2 рази на кожен групу $\text{CH}_2$  substance surface activity at the solution-air interface increases with the elongation of the hydrocarbon radical by an average 3.2 times for each $\text{CH}_2$ group
Правило Хунда Hund's rule	на підрівні електрони розташовуються спочатку по одному, а потім спарюються  for a given orbital quantum number value, the electrons in the atom are arranged in such a way that their total spin number is maximal
Правильність вимірювання Correct of measurement	близькість середнього арифметичного бескінечно великого числа виміряних значень величин до її істинного значення  proximity of the arithmetic mean of an infinitely large number of measured values to its true value
Принцип Ле Шател'є Le Chatelier's principle	якщо на систему, що знаходиться в стані хімічної рівноваги вчинити зовнішній вплив, то рівновага зсунеться в напрямку тієї з двох протилежно направлених реакцій, яка послаблює цей вплив  if a system acting in equilibrium produces some external effect, then it favors the flow of the one of the two opposite reactions, which weakens this effect
Принцип Паулі Pauli's principle	в атомі не може бути навіть двох електронів з однаковими значеннями усіх чотирьох квантових чисел  there can not be two electrons in an atom with the same values of all four quantum numbers
Проба Sample	певна частина об'єкта, що вивчається, яка використовується в будь-якому якісному чи кількісному аналізі  certain investigated object part, which is used in qualitative and quantitative analysis
Провідники другого роду Conductors of the second kind	див. Електроліти  see Electrolytes

Промотори Promoters	речовини, які підсилюють дію каталізатору substances that enhance the catalyst effect
Пропускання світла Intensity transmission	відношення інтенсивності світлового потоку після проходження забарвленого розчину до інтенсивності світлового потоку з довжиною хвилі $\lambda$ , що падає на зразок: $T = \frac{I}{I_0}$ light flux intensity ratio after colored solution passage with a wavelength $\lambda$ incident to the sample: $T = \frac{I}{I_0}$
Прості речовини Simple substances	речовини, які складаються з атомів одного і того самого хімічного елементу substances consisting of the same chemical element atoms
Протон Proton	позитивно заряджена елементарна частинка масою $1,672\ 621\ 777 \cdot 10^{-27}$ кг positively charged elementary particle with a mass $1.672621777 \cdot 10^{-27}$ kg
Процес Process	зміна одного стану або декількох параметрів системи changing one or more parameters system
Процес зворотній Reverse process	процес, при якому система може повернутися в початковий стан без будь-яких змін, як у самій системі, так і у зовнішньому середовищі process in which the system can return to its initial state without any changes either in its own system or in the external environment
Процес нерівноважний Nonequilibrium process	процес, при якому порушується стан рівноваги process in which the equilibrium state is violated
Процес прямий Direct process	процес, при якому система переходить з початкового стану в кінцевий process, as a result of which the system passes from the initial state to the final one
Процес рівноважний Equilibrium process	процес, при якому система преходить з одного стану в інший без порушення стану рівноваги process in which the system passes from one state to another without the equilibrium state disturbing
Радикал Radical	атом або молекула, що містять один або декілька неспарених електронів atom or molecule having one or more unpaired electrons

Разгалужені ланцюгові реакції Branched chain reactions	різновид ланцюгової реакції, при якій вільний радикал утворює два чи більше нових радикалів, кожен з яких утворює окремий ланцюг kind of chain reaction in which a free radical forms two or more new radicals, each of which gives rise to a separate chain
Реакція автокаталітична Autocatalytic reaction	каталіз хімічної реакції одним з її продуктів або вихідних речовин catalysis of a chemical reaction by one of its products or initial substances
Реакція розділення Separation reaction	аналітична реакція, за допомогою якої відокремлюють одні іони від інших analytical reaction that separates ions from others
Динамічна рівновага Dynamic balance	рівновага між розчином та надлишком розчиненої речовини: кількість речовини, яка переходить у розчин дорівнює кількості речовини, яка викристалізується equilibrium between the solution and the excess of the dissolved substance: how many particles of the substance will pass into the solution, so many of them will be released
Рівняння адсорбції Гіббса Gibbs adsorption equation	залежність між адсорбцією і зміною поверхневого натягу розчину з концентрацією: $\Gamma = -\frac{c}{R \cdot T} \cdot \frac{d\sigma}{dc}$ expresses the relationship between adsorption and the change in the solution surface tension dependence on concentration: $\Gamma = -\frac{c}{R \cdot T} \cdot \frac{d\sigma}{dc}$
Рівняння адсорбції Ленгмюра Langmuir's adsorption equation	рівняння ізотерми адсорбції, виражає залежність адсорбції речовини на твердій поверхні від концентрації адсорбтива при постійній температурі: $\Gamma = \Gamma_{\max} \frac{c}{a + c}$ adsorption isotherm equation; substance adsorption dependence on a solid surface on the adsorption concentration at a constant temperature: $\Gamma = \Gamma_{\max} \frac{c}{a + c}$
Рівняння Фрейндліха Freundlich's adsorption equation	описує адсорбцію на твердій поверхні з розчинів середньої концентрації: $\frac{x}{m} = \kappa \cdot C^n$ adsorption on a solid surface in middle concentrated solution of the of the: $\frac{x}{m} = \kappa \cdot C^n$

Рівняння Арреніуса  Arrhenius equation	Алгебраїчна форма залежності константи швидкості хімічної реакції ( $k$ ) від температури: $\kappa = Ae^{\frac{E}{RT}}$  algebraic dependence form of the rate constant of chemical reaction ( $k$ ) on temperature: $\kappa = Ae^{\frac{E}{RT}}$
Рівняння об'єднаного закону Бойля-Мариотта-Гей-Люссака  Combined Boyle-Marriott's - Gay-Lussac's law equation	$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1}$
Рівняння Гемгольца  Helmholtz equation	$\Delta F = \Delta U - T \cdot \Delta S$
Рівняння Гіббса  Gibbs' equation	$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$
Рівняння ізотерми хімічної реакції Вант-Гоффа  Equation of the isotherm of the chemical reaction of Van't Hoff	$\Delta G^0 = -R \cdot T \cdot \ln K$
Рівняння Менделєєва-Клайперона  Mendeleev-Clapeyron equation	$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$
Рівняння Нернста  Nernst equation	$E = E^0 + \frac{2,3RT}{nF} \lg C_M(K^+, A^-)$
Рівняння Релея  Reley equation	інтенсивність розсіяного світла пропорційна четвертому ступеню довжини хвилі падаючого світла  intensity of the scattered light is proportional to the fourth power of the incident light wavelength
Розведений розчин  Diluted solution	розчин, який містить розчинену речовину в набагато меншій кількості порівняно з кількістю розчинника  solution that contains a very small amount of solute compared to the amount of solvent
Розведення  Dilution	такий об'єм розчину, в якому міститься 1 моль речовини  such a volume of solution, which contains 1 mole of the substance

Розчин-свідок Witness solution	суміш, що використовують для правильної фіксації кінцевої точки титрування; складається з води з декількома краплями розчину та індикатору mixture that I use to correctly fix the end point of titration; consists of water with a few drops of solution and an indicator
Розчин Solution	гомогенна (однофазна) система, яка складається з двох чи більше компонентів і продуктів їх взаємодії homogeneous single-phase system consisting of two or more components and products of their interaction
Розчинена речовина Solute	компонент, молекули або йон якого рівномірно розподілені в об'ємі розчинника component, molecules or ions of which are evenly distributed in the volume of the solvent
Розчин істиний True solution	фізично однорідна суміш двох чи декількох речовин, склад яких може змінюватись в широких межах без різкої зміни будь-якої властивості суміші physically a one-homogeneous mixture of two or more substances whose composition can vary over a wide range without dramatically changing any of the mixture properties
Розчинність Solubility	здатність речовини розчинятись у воді чи в будь-якому іншому розчиннику property of the substance to be dissolved in water or another solvent
Розчинність коефіцієнт Solubility coefficient	див. Коефіцієнт розчинності see Solubility coefficient
Розчинник Solvent	речовина, яка здатна розчиняти інші тверді, рідкі або газоподібні речовини, не змінюючи їх хімічно substance capable of dissolving other solid, liquid or gaseous substances without chemically altering them
Рухливість йона Ion mobility	добуток абсолютної швидкості йона на число Фарадея (96500), $cm^2 \cdot Om^{-1} \cdot g \cdot ekv^{-1}$ product of the absolute ion velocity by the Faraday number (96500), $cm^2 \cdot Om^{-1} \cdot g \cdot ekv^{-1}$
$\sigma$ – зв'язок $\sigma$ – bond	простий (одинарний) ковалентний зв'язок, що утворюється перекриванням електронних орбіталей по лінії, яка з'єднує атоми simple (single) covalent formed by the overlapping of electronic orbitals along the line connecting the atoms
$\pi$ – зв'язок $\pi$ – bond	ковалентний зв'язок, що утворюється перекриванням електронних <i>p</i> -орбіталей covalent formed by the overlapping of electronic <i>p</i> -orbitals

Седиментація	осадження колоїдних частинок під впливом сили тяжіння
Sedimentation	deposition of colloid particles by gravity
Селективні реагенти	реагенти, які використовують в селективних реакціях
Selective reagents	reagents used in selective reactions
Селективні реакції	реакції, що використовують в якісному аналізі; при проведенні яких відбувається осадження декількох іонів
Selective reactions	reactions that are used in qualitative analysis; in the course of which a simultaneous precipitation of several ions
Середнє арифметичне результату дослідження	сума варіантів, поділена на число варіант: $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
Arithmetic mean of the results of the study	sum of the options divided by the number of option: $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
Середня квадратична похибка вимірювань	див. Похибка вимірювань середня квадратична
Mean square error of measurements	see Mean square error of measurements
Середня сіль	сіль, до складу якої входять метал та кислотний залишок
Average salt	salt, which includes a metal and an acid residue
Синергія	підвищена результативність спільної дії чинників
Synergy	increased effectiveness of the joint action of factors
Система електрохімічна	пристрій, в якому відбуваються електрохімічні процеси, основними складовими яких є просторово розділені реакції окиснення і відновлення
Electrochemical sistem	a device in which electrochemical processes occur, the main components of which are spatially separated oxidation and recovery reactions
Система термодинамічна	тіло або група тіл, що знаходяться у взаємодії і виділені фізичними поверхнями поділу або уявними межами від від інших тіл, які утворюють навколишнього середовище: - відкрита система обмінюється з навколишнім середовищем речовиною та енергією; - замкнена система обмінюється з навколишнім середовищем лише енергією; - ізольована система не обмінюється з навколишнім середовищем речовиною і енергією

Thermodynamic system	physical surfaces of the section or the imaginary limits of all other bodies that form the environment: – an open system can exchange with the environment matter and energy; – a closed system can only exchange energy with the environment; – an isolated system can not communicate with the environment with matter and energy
Систематичний аналіз	якісний аналіз суміші, який включає в себе певну послідовність проведення аналітичних операцій по визначенню кожного йона
Systematic analysis	qualitative analysis of the mixture, which includes a certain sequence of analytical operations to determine each ion
Систематична похибка вимірювання	складова похибки результату вимірювання, яка залишається сталою чи закономірно змінюється при повторних вимірюваннях однієї і той самої фізичної величини
Systematic measurement error	component of the error of the measurement result, which remains constant or regularly changes with repeated measurements of the same physical quantity
Сіль	складна речовина, до складу якої входять іони метала та кислотний залишок. При дисоціації утворює катіон метала та аніон кислотного залишку
Salt	complex substance that contains metal and acidic equipment. During dissociation, it forms a metal cation and an anion of the acid residue
Скляні бюкси	спеціалізована посудина з пришліфованою кришкою, призначена для зважування матеріалів
Glass weighing bottle	specialized vessel with a ground cover designed for weighing materials
Сольовий ефект	підвищення розчинності малорозчинних сполук в присутності сильних електролітів
Salt effect	increase solubility of poorly soluble compounds in the presence of strong electrolytes
Сольватація	взаємодія між частинками розчиненої речовини та молекулами розчинника. Якщо розчинник вода – гідратація
Solvation	interaction of particles of the solute with solvent molecules. If the solvent water is hydration
Сольвати	продукти взаємодії розчиненої речовини з розчинником
Solvates	products of interaction of a dissolved substance with a solvent

Спектр лінійчастий  Linear spectrum	спектр елемента в емісійному аналізі, характеризується постійними спектральними смугами, що відповідають промінням з певною довжиною хвилі, що дає змогу зробити висновок про присутність елемента, що визначається  spectrum of the element during emission analysis, characterized by constant spectral lines corresponding to rays with a certain wavelength, which make it possible to conclude about the presence of an element in the analyte
Спектр поглинання  Absorption spectrum	співвідношення між оптичною густиною та довжиною хвилі випромінювання; має вигляд графіка  graph of the relationship between optical density and wavelength of radiation
Спектрофотометр  Spectrophotometer	прилад, що використовується при проведенні спектрофотометричного аналізу  instrument used for spectrophotometric analysis
Спектрофотометричний аналіз  Spectrophotometric analysis	різновид абсорбційного метода, що базується на використанні лише монохроматичного випромінювання  kind of absorption method based on the use of only monochromatic radiation
Специфічні реагенти  Specific Reagents	реагенти, які використовують для проведення специфічних реакцій  reagents that are used to conduct specific reactions
Специфічна реакція  Specific reaction	така реакція, яка дозволяє визначити певний іон у присутності будь-яких інших іонів  such a reaction, by means of which it is possible to determine this ion in the presence of other ions
Співосадження  Coprecipitation	процес захвату осадом, що утворився, тих компонентів, які зазвичай при умовах досліду знаходяться в розчині  process of capturing the formed sediment of those components that are normally under the condition of the experiment are in a dissolved form
Спирти  Alcohols	похідні вуглеводнів, що містять в своєму складі одну чи декілька гідроксильних груп (ОН-груп)  derivatives of hydrocarbons containing in the molecule one or more hydroxyl groups (OH-groups)
Спінове квантове число  Spin quantum number	характеризує власне обертання електрона навколо власної вісі ( $s$ )  characterizes the electron's own rotation around its own axis

Спорідненість до електрону Affinity for the electron	енергія, яка виділяється при приєднанні одного електрону до атому: $E, eV$ energy that is released upon accession to the atom of one electron: $E, eV$
Стан системи System state	сукупність термодинамічних властивостей системи (температура, тиск, об'єм, склад, внутрішня енергія ін.) set of thermodynamic properties of the system (temperature, pressure, volume, composition, internal energy etc.)
Стандартизація розчину Solution standardization	процес встановлення концентрації розчину вторинного стандарту шляхом титрування розчином первинного стандарту process of determining the concentration of a solution of the secondary standard by titration with a solution of the primary standard
Стандартна ентальпія процесу Standard enthalpy of the process	ентальпія процесу, якій відбувається при стандартних умовах ( $\Delta H_{298}^0$ , кДж/моль) enthalpy of the process occurring in the standard state ( $\Delta H_{298}^0, kJ/mol$ )
Стандартний електродний потенціал Standard electrode potential	електродний потенціал системи, що складається з металу, який занурено у розчин його солі з активністю іонів металів 1 моль/л electrode potential of the system consisting of a metal plate immersed in a solution of its salt with the activity of metal ions 1 mol/l
Стандартний зразок Standard sample	зразок речовини з точно визначеним вмістом компонента, що досліджується sample of a substance with a precisely defined content of the component to be determined
Стандартний розчин Standard solution	розчин реагенту, концентрація якого точно визначена та який використовують для титрування reagent solution with a known concentration, used for titration
Стандартні умови Standard state	$P = 101,3 \text{ kPa}, T = 298 \text{ K}$
Стаціонарний стан системи Stationary state of the system	такий стан системи, що характеризується незмінними параметрами, які підтримуються за рахунок якого-небудь зовнішнього процесу state of the system, characterized by the invariance of the parameters in time, maintained by some external process

Стрибок титрування Jump titration	область на графіку кривой титрування стрибкоподібної зміни вмісту якогось з компонентів в суміші, що титрують area on the graph of the titration curve for the hopping of any of the components in the titrated mixture
Ступінь дисоціації Dissociation degree	відношення кількості молекул, які розпались на іони ( $n$ ) до загальної кількості розчинених молекул ( $N$ ): $\alpha = \frac{n}{N}$ ratio of the number of molecules that have broken down into ions ( $n$ ) to the total number of solute molecules ( $N$ ): $\alpha = \frac{n}{N}$
Ступінь дисперсності системи Degree of disperse system	величина, зворотня розміру частинок дисперсійної фази ( $a$ ): $D = a^{-1}$ inverse of the size of the particles of the dispersed phase ( $a$ )
Ступінь окиснення Degree of oxidation	умовний заряд атома в сполуці, який розраховано з використанням припущення, що усі речовини складаються лише з іонів conditional charge of an atom in a compound, calculated on the assumption that the substance consists only of ions
Ступінь окиснення найбільша Highest oxidation degree	найбільше позитивне значення ступеню окиснення елемента, що дорівнює номеру групи періодичної системи greatest positive value of the oxidation state of the element. It is equal to the number of the group of the periodic table
Ступінь окиснення нища Lowest oxidation degree	найменше значення ступеню окиснення елемента, яке зустрічається в його сполуках lowest value of the degree of oxidation of an element that occurs in its compounds
Суб'єктивна похибка вимірювання Subjective measurement error	складова систематичної похибки вимірювання, яка обумовлена індивідуальними особливостями оператора component of the systematic error of measurements, due to the individual characteristics of the operator
Субмікроаналіз Submicroanalysis	для проведення аналізу беруть приблизно $10^{-9}$ - $10^{-12}$ г сухої речовини чи $10^{-7}$ - $10^{-10}$ мл розчину сухого вещества или $10^{-7}$ - $10^{-10}$ мл раствора
Субультрамикроаналіз Subultramicroanalysis	для проведення аналізу беруть приблизно $10^{-12}$ г сухої речовини чи $10^{-10}$ мл розчину for the analysis take about $10^{-9}$ - $10^{-12}$ g dry matter or $10^{-10}$ ml solution

Суспензія Suspension	мікрогетерогенна система з твердою дисперсною фазою (размери $10^{-7}$ - $10^{-5}$ м) та рідким дисперсійним середовищем microheterogeneous system with a solid dispersed phase (dimensions $10^{-7}$ - $10^{-5}$ m) and a liquid dispersion medium
Температурний коефіцієнт швидкості реакції Temperature coefficient of reaction rate	відношення, що показує в скільки разів збільшиться константа швидкості реакції при збільшенні температури на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ( $\gamma = \frac{\kappa_{T+10}}{\kappa_T}$ ) ratio that shows how many times the reaction rate constant is increased when the temperature is increased by $10\text{ }^{\circ}\text{C}$
Тепловий ефект реакції Heat effect of reaction	кількість теплоти, яка виділяється або поглинається внаслідок реакції amount of heat released or absorbed during the course of the reaction
Теплоємність речовини Heat capacity of the substance	фізична величина, яка дорівнює відношенню безкінечно малої кількості теплоти $\delta Q$ , яка отримана тілом до відповідної зміни температури $\delta T$ : $C = \frac{\delta Q}{\delta T}$ physical quantity that determines the ratio of the infinitesimal amount of heat $\delta Q$ received by the body to the corresponding increment of its temperature $\delta T$ : $C = \frac{\delta Q}{\delta T}$
Теплота змочування Heat of wetting	кількість теплоти, що виділяється при заглибленні 1 г порошкоподібного адсорбента в рідину amount of heat released when 1 g of powdered adsorbent is immersed in a liquid
Теплота розчинення Heat of dissolution	тепловий ефект розчинення одного молю речовини в достатньо великій кількості розчинника thermal effect of dissolving one mole of a substance in a sufficiently large amount of a solvent
Теплота спалювання (ентальпія) Heat of combustion	тепловий ефект реакції окиснення одного моля речовини в атмосфері чистого кисню з утворенням відповідних продуктів окиснення thermal effect of the reaction of oxidation of one mole of a substance to an atmosphere of pure oxygen with the formation of the corresponding products of the reaction
Теплота утворення (ентальпія) Heat of formation	тепловий ефект реакції утворення одного моля складної речовини з простих речовин. Теплоти утворення простих речовин, за визначенням, дорівнюють нулю thermal effect of the reaction of formation of one mole of matter from simple substances. The heats of formation of simple gases, by definition, are zero

Термодинаміка Thermodynamics	розділ фізичної хімії, що вивчає процеси взаємодії речовин методами термодинаміки section of physical chemistry, studying the processes of interaction of substances by methods of thermodynamics
Термодинамічно нерівноважний стан системи Thermodynamically nonequilibrium state of the system	такий стан системи, при якому, при відсутності зовнішнього впливу термодинамічні параметри системи змінюються state of the system in which, without any external influences on the system, its thermodynamic parameters change
Термодинамічно рівноважний стан системи Thermodynamically equilibrium state of the system	такий стан системи, при якому, при відсутності зовнішнього впливу термодинамічні параметри системи залишаються без змін state of the system in which, without any external influences on the system, its thermodynamic parameters remain unchanged
Термохімічне рівняння Thermochemical equation	рівняння хімічної реакції з зазначенням теплового ефекту equation of chemical reaction with the indication of the magnitude of the thermal effect
Термохімія Thermochemistry	розділ хімії, що вивчає теплові ефекти різних процесів section of chemistry, which studies the thermal effects of various processes
Тиксотропія Thixotropy	явище ізотермічного оборотного переходу золь ↔ гель phenomenon of isothermal reversible transition sol ↔ gel
Титр Titer	концентрація розчину, що дорівнює відношенню маси розчиненої речовини до об'єму розчину. Показує масу розчиненої речовини, яка міститься в 1 мл розчину: $T = \frac{m}{V}$ concentration of the solution is equal to the ratio of the mass of the dissolved substance to the volume of the solution. Shows the number of grams of solute that is contained in 1 ml of the solution: $T = \frac{m}{V}$
Титрант Titrant	див. Стандартний розчин see Standard solution
Титриметричний аналіз Titrimetric analysis	метод кількісного аналізу, що базується на вимірюванні об'ємів розчинів, які реагують, причому концентрація одного з розчинів повинна бути точно відома quantitative analysis method, based on the measurement of the volumes of reacting substances, the concentration of one of the solutions must be accurately known

Титрування Titration	метод, що базується на спостереженні повного проходження хімічної реакції між аналізованим компонентом і розчином реагенту з точно відомою концентрацією method based on observing the complete passage of a chemical reaction between the analyte and the reagent (titrating substance) of a known concentration added to the solution.
Титрування амперометрическое Amperometric titration	титрування, в якому за перебігом реакції спостерігають за допомогою індикаторного мікроелектрода, що знаходиться в парі з електродом порівняння; кінцеву точку титрування фіксують за мінімальним струмом titration, in which the course of the reaction is followed with the aid of an indicator microelectrode, paired with a reference electrode; The end point of titration is fixed by the minimum current
Титрування аргентометричне Argentometric titration	різновид осаджувального титрування, в якості стандартного розчину використовують розчин аргентум нітрата kind of precipitation titration, as a standard solution use a solution of arentum nitrate
Титрування діхроматометричне Dichromatometric titration	метод окисно-відновного титрування в якому в якості стандартного розчину використовують розчин калій діхромату redox titration method in which a solution of potassium dichromate is used as the standard solution
Титрування йодометричне Iodometric titration	метод окисно-відновного титрування, в якому про кількість речовини, що визначають, роблять висновок по кількості затраченого або виділеного йоду method of redox titration, in which the amount of the substance to be determined is determined by the amount of iodine consumed or released
Титрування кислотно-основне Acid-base titration	метод титриметричного аналізу, що базується на реакції між протонами ( $H^+$ ) та гідроксид-іонами ( $OH^-$ ) з утворення слабкодисоційованих молекул води method of titrimetric analysis, based on the reaction between protons ( $H^+$ ) and hydroxide ions ( $OH^-$ ) to form low-dissociative water molecules
Титрування комплексонометричне Complexometric titration	метод титриметричного аналізу, що базується на реакції, при якій речовина, що досліджується, утворює комплексну сполуку з певною органічною сполукою method of titrimetric analysis based on the reaction, the formation of a complex with the participation of the substance under study

Титрування кондуктометричне  Conductometric Titration	титрування, в якому за перебігом реакції спостерігають по електричній провідності середовища, яке титрують, що розташоване між двома інертними електродами; кінцеву точку титрування фіксують за збільшенням електричної провідності розчину  titration, in which the course of the reaction is monitored for the electrical conductivity of the titrated medium. The final titration point is fixed by a new increase in the electrical conductivity of the solution
Титрування меркуриметричне  Mercurimetric titration	різновид осаджувального титрування, в якості стандартного розчину використовують розчин меркурій (I) нітрату  type of precipitation titration. A solution of mercury (I) nitrate is used as a standard solution
Титрування окисно-відновне  Oxidation-reduction titration	метод титриметричного аналізу, що базується на окисно-відновних реакціях та дозволяє встановлювати кількісний вміст речовин, що мають окисні або відновні властивості  method of titrimetric analysis based on redox reactions and makes it possible to determine the quantitative content of substances with oxidizing or reducing properties.
Титрування осаджувальне  Precipitation titration	метод титриметричного аналізу, що базується на реакції утворення осаду між компонентом, вміст якого досліджується та стандартним розчином  method of titrimetric titration, based on the reaction of precipitate formation between the component, the content of which is investigated and the standard solution
Титрування перманганатометричне  Permanganatometric titration	метод окисно-відновного титрування в якому в якості стандартного розчину використовують розчин калій перманганату  method of oxidation-reduction titration in which a solution of potassium permanganate is used as a standard solution
Титрування потенціометричне  Potentiometric titration	титрування, при якому кінцеву точку титрування фіксують за стрибком електродного потенціала  titration, in which the end point of titration is fixed by the jump in the potential of the electrode by means of a potentiometer
Титрування пряме  Direct titration	титрування, при якому стандартний розчин безпосередньо додається до речовини, що досліджується  titration, during which the standard solution is directly added to the substance under study
Титрування тіоціанатометричне	різновид осаджувального титрування, в якості стандартного розчину використовують розчин амоній тіоціанату чи калій тіоціанату

Thiocyanatometric titration	kind of precipitation titration, as a standard solution use a solution of ammonium thiocyanate or potassium thiocyanate
Точка еквівалентності Equivalence point	момент титрування, коли кількість доданого титранту хімічно еквівалентна кількості речовини, яку титрують titration point in which the amount of added titrant is equivalent to the amount of titrated substance
Точність результату вимірювань Accuracy of measurement result	одна з характеристик якості вимірювання, що відображає близькість до нуля похибки результату вимірювання one of the characteristics of the quality of measurements, reflecting the proximity to zero of the error of the measurement result
Третій закон термодинаміки Thermodynamics third law	ентропія прямує до константи при абсолютному нулі температур entropy tends to a constant at absolute zero temperatures
Тримолекулярні реакції Trimolecular reactions	в елементарном акті приймають участь три молекули різного чи однокового типу in the elementary act three molecules of a different or a new kind participate
Ультрамикроаналіз Ultramicroanalysis	для проведення аналізу беруть приблизно $10^{-6}$ - $10^{-9}$ г сухої речовини чи $10^{-4}$ - $10^{-6}$ мл розчину for the analysis take about $10^{-6}$ - $10^{-9}$ g of dry matter or $10^{-4}$ - $10^{-6}$ ml of solution
Універсальна газова стала Universal gas constant	показує роботу розширення 1 кмоль ідеального газу, якщо його нагріти на $1^\circ$ при постійному тиску: $R = 8,31 \text{ кДж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ parameter that expresses the work of expansion of 1 kmole of ideal gas when it is heated by $1^\circ$ at constant pressure
Утворення центрів кристалізації Formation of crystallization centers	процес об'єднання певного мінімального числа іонів або молекул з утворенням стійкої твердої фази process of combining a minimum number of ions or molecules to form a stable solid phase
Фаза Phase	фізично однорідна частина системи physically homogeneous part of the system
Фіксанал Fixanal	промислово приготовані скляні ампули, які запаяні, що містять наважку речовини в точно визначеній кількості в сухому вигляді або розчині substances in a precisely defined amount in dry form or solution contained in sealed glass ampoules

Фільтрат	розчин, що залишився після фільтрування осаду, який містить окремі компоненти речовини, що аналізується, та надлишок осадника
Filtrate	solution remaining after filtering the sedimen
Фільтрування	процес відділення осаду від розчину
Filtering	process of separation of precipitate from solution
Хелатні комплекси	комплексні сполуки, які містять во внутрішній сфері цикли, що утворені бі- чи полідентатними лігандами
Chelated Complexes	complex compounds that contain in the inner sphere cycles formed by bi- or polydentate ligands
Хемосорбція	див. Адсорбція хімічна
Chemisorption	see Adsorption chemical
Хімічний елемент	вид атомів з однаковим позитивним зарядом ядра
Chemical element	type of atoms with the same positive charge of the nucleus
Хімічна кінетика	розділ хімії, в якому вивчається швидкість та механізм хімічної реакції
Chemical kinetics	section of chemistry, which studies the rate and mechanism of the chemical reaction
Хімічний потенціал	термодинамічна функція, яку використовують для опису стану системи зі змінним числом частинок ( $n_i$ ). Для системи, що складається з $i$ компонентів - прирощування будь-якого при різних сталих параметрах:
Chemical potential	$\mu_i = \left( \frac{\partial G}{\partial n_i} \right)_{P,T,n_j} = \left( \frac{\partial F}{\partial n_i} \right)_{T,V,n_j} = \left( \frac{\partial H}{\partial n_i} \right)_{S,P,n_j} = \left( \frac{\partial U}{\partial n_i} \right)_{S,V,n_j}$ <p>thermodynamic function used to describe the state of systems with a variable number of particles (<math>n_i</math>). In the case of a system consisting <math>i</math> components, it is defined as the increment of any of the potentials of the thermodynamic system at various constant parameters</p>
Хімічна рівновага	стан системи, при якому швидкість прямої реакції дорівнює швидкості оберненої
Chemical equilibrium	state of the system in which the rate of the forward reaction is equal to the rate of the inverse
Хімічна спорідненість	здатність речовини до хімічної взаємодії
Chemical affinity	ability of a substance to chemically interact

Хроматографія Chromatography	метод аналізу, що суть якого лежить у розподілі компонентів суміші між двома фазами: нерухомою та рухомою, яка проходить крізь нерухома фазу method of analysis, the essence of which lies in the distribution of the mixture components between two phases: stationary and mobile, which passes through the stationary phase
Хроматографія адсорбційна Adsorption chromatography	різновид хроматографії, що базується на рівновазі, що встановлюється при розподілі різних розчинних речовин між розчинником та поверхнею твердої фази type of chromatography based on the equilibrium established by the distribution of various solutes between the solvent and the surface of the solid phase
Хроматографія газо-рідинна Gas-liquid chromatography	різновид хроматографії, що базується на пропусканні суміші газів, які аналізують, або пари літких речовин крізь хроматографічну колонку, що заповнена твердим інертним носієм, який насичено неліткою рідиною kind of chromatography based on passing the analyzed mixture of gases or vapors of volatile substances through a chromatographic column with a solid porous inert carrier, which is impregnated with a non-volatile liquid.
Хроматографія газо-твердофазна Gas-solid phase chromatography	різновид хроматографії, що базується на пропусканні суміші газів, які аналізують, або пари літких речовин крізь хроматографічну колонку, що заповнена твердим пористим сорбентом kind of chromatography based on passing the analyzed mixture of gases or vapors of volatile substances through a chromatographic column filled with a solid porous sorbent
Хроматографія іонообмінна Ion exchange chromatography	різновид хроматографії, що базується на властивості рухомих іонів сорбента вступати в обмінні реакції з іонами розчину, що аналізується kind of chromatography based on the properties of the mobile ions of the sorbent to enter into exchange reactions with the ions of the analyzed solution
Хроматографія осаджувальна Sedimentary chromatography	різновид хроматографії, що базується на різній розчинності осадів, що утворені компонентами суміші, яка аналізується при зіткненні з реактивами, що нанесено на дисперсійний носій kind of chromatography based on different solubility of sediments
Хроматографія паперова Paper chromatography	різновид хроматографії, в якій роль хроматографічної колонки виконує фільтровальний папір kind of chromatography in which the role of a chromatographic column is performed by filter paper

Хроматографія рідинно-гелева	використовують в гель-фільтрації, в капілярном та планарном (хроматографія білків та нуклеїнових кислот в поліакріламідном гелі) електрофорезе. Базується на розподілі молекул різного розміру при проходженні крізь полімерну інертну матрицю
Liquid-gel chromatography	type of chromatography, which is based on the distribution of molecules of different sizes when passing through an inert polymer matrix
Хроматографія рідинно-рідинна	різновид хроматографії, в якості нерухомої фази є рідина, що нанесена на твердий сорбент, що заповнює хроматографічну колонку
Liquid-liquid chromatography	type of chromatography, as a stationary phase is a liquid deposited on a solid sorbent that fills the chromatographic column
Хроматографія розподільна	різновид хроматографії, що базується на різном розподілі речовин, що хроматографуються між двому рідинами, які не змішуються між собою
Distribution chromatography	type of chromatography, which is based on the different distribution of chromatographic substances between two immiscible liquids
Хроматографія тонкошарова	різновид хроматографії, в якій замість хроматографічної колонки використовують тонкодисперсний сорбент, що нанесено на скляну пластинку
Thin layer chromatography	type of chromatography, in which, instead of a chromatographic column, a finely dispersed sorbent applied to a glass plate is used
Циклоалкани	вуглеводні, що містять в своєму складі цикли та вміщують атоми Карбону, з'єднані між собою $\sigma$ -зв'язком
Cycloalkanes	hydrocarbons containing cycles that are built from carbon atoms that are connected to each other by a bond
Швидкість хімічної реакції	зміна концентрації однієї з реагуючих речовин чи одного з продуктів реакції за одиницю часу при сталому об'ємі системи: $V, \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}}$
Chemical reaction rate	change in the concentration one of the reactants or one of the reaction products per unit of time at a constant volume of the system
Якісний аналіз	визначення («відкриття») окремих елементів, іонів або сполук, що знаходяться в суміші
Qualitative analysis	determination ("discovery") of individual elements, ions or compounds found in a mixture

## ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Адсорбент	152	Галогенпохідні	194
Адсорбтив	152	Гібридизація	159
Адсорбція	151	Гідроксиди	11
ізотерма	153	Гомологи	159
іонна	153	Група	
мономолекулярна	152	карбокисьльна	189, 236
негативна	152	карбонільна	223, 240
позитивна	151	Дальтоніди	35
полімолекулярна	152	Дегідрування	165
Акцептор	28	Десорбція	153
Алкани	159	Дигалогеналкани	
циклоалкани	164	віцинальні	226
Алкени	168	гемінальні	226
Алкіни	178	Диполь	
Алотропія	32	електричний момент	27
Альдегіди	220	Дисахариди	256
Альдоза	251	Дисоціація	51, 103
Аміни	212	Диспергування	103, 110
аліфатичні	213	Дифузія	130, 145
ароматичні	215	Діаліз	110
Ангідрид	10, 190, 201	Донор	28
малеїновий	187	Еквівалент	37
Анілін	214	молярна маса	37
Аномери	253	об'єм	39
Арени	186	Елетроліти	134
Атом	32	Електрони	20
відносна маса	33	валентні	22
електронегативність	25	газ	34
ізобари	26	кількість	21
ізотопи	26	пара	27
збуджений стан	22	спарені	21
Бензен	187	спорідненість	24
бензенове кільце	186	Елемент	23
бензохінон	182	ступінь окиснення	43
Бертоліди	35	Емульсія	103
Валентність	27	Енергія	
кут	28, 169	Гіббса	117
Відновлення	45	внутрішня	116
Вуглеводи	251	активації	126
Газ		іонізації	24
відносна густина	36	поверхнева	150
Галогени	52, 95	Ентальпія	117

згорання	118	дифузійні	154
утворення	118	катіон	28, 50
Ентропія	118	компенсаційні	154
Етер	199	потенціал-визначальні	154
Закон		Іоніти	154
Авогадро	36	Каталіз	
Бойля-Маріотта	37	гетерогенний	127
Гей-Люссака	37	гомогенний	127
Гесса	117	Каталізатори	127
діючих мас	123	Кетоза	251
еквівалентів	37	Кетони	220
збереження енергії	116	Кислоти	9
збереження мас речовин	34	кротонові	224
періодичний	23	Льюїса	189
простих об'ємних		оксокислоти	240
співвідношень	35	Коагуляція	111
сталості складу	35	Комплексоутворювач	50
Заряд		Конденсація	
ефективний	28	альдольна	223
Зв'язок		ацетиленова	179
водневий	29	бензоїнова	225
довжина	27	кротонова	224
донорно-акцепторний	28	Тищенко	224
енергія	27	Константа	
ізольований	174	стійкості	51
іонний	28	хімічної рівноваги	129
ковалентний	27	швидкості	124
кумуляований	174	Конформація	33, 165
металічний	28	Концентрація	104
міжмолекулярний	29	рівноважна	136, 153
насиченість	27	Крекінг	162
спряжений	174	термоокисний	183
спрямованість	28	Кристалізація	104
Золь	111	Крохмаль	257
міцела	111	Ліганди	50
Ізомерія		Луги	11
геометрична	53	Метали	7
гідратна	53	лужні	25
просторова	170	Метод	
стереоізомерія	33	Лебедева	175
структурна	160	Міцели	111, 151
Інгібітори	127	Молекула	10, 29
Іони	51, 110, 134	відносна маса	33
аніон	28	Моносахариди	251

Мутаротація	252	Реакція	
Нейтрон	20, 26	алкілування	190
Нефелометрія	112	ацилювання	190
Озоноліз	172	Вагнера	172
Окиснення	43	Вільямсона	194
Оксиди	7	гетерогенна	123
Оксосинтез	173, 226	гідратації	171
Опалесценція	112	гідрогалогенування	171
Орбіталь		гідрування	163
атомна	20	гомогенна	123
Основи	11	дегідрування	162
амфотерні	12	Дільса-Альдера	182
кислотність	12	Дюма	164
Шиффа	222	екзотермічна	115
Основність	9	ендотермічна	115
ПАР	151	Зініна	217
Пептизація	110	ізомеризації	162
Періоди	22	Канніцаро	225
Піраноза	252	карбонілювання	173
Поверхня		конденсації	223
натяг	150	Куртца	179
розподілу	104, 127, 150	Кучерова	180
Полімеризація	173	каталітичні	127
сополімеризація	205	крекінг	162, 173, 183
Поляризація	27	ланцюгова	161
Правило		молекулярнісь	124
Вант-Гоффа	125	необернені	128
Дюкло-Траубе	152	обернені	128
Зайцева	173	окисно-відновні	43
електроселективності	155	оксосинтез	173, 226
Клечковського	21	Перкіна	225
Марковникова	171	полімеризації	173
Хунда	22	порядок	125
Хюккеля	186	тепловий ефект	115
Шульце-Гарді	111	Фіттіга-Вюрца	192
Принцип		Фріделя-Крафтса	191
Ле Шательє	129	Ходкевича-Кадіо	179
Паулі	21	циклоутворення	182
Промоутери	128	швидкість	124
Протон	20	Речовина	
Процес		кількість	34, 105
ізобарний	117	розчинність	110
ізохорний	117	складна	32
Радіус ефективний	24	Рівні валентні	22

Рівновага		Стала	
динамічна	263	Авогадро	34
зсув	120	Стійкість	
іонообмінна	154	агрегативна	111
хімічна	128	кінетична	111
Рівняння		Стирол	190
Арреніуса	126	Суспензія	103
кінетичне	124	Фенол	136, 199
Ленгмюра	153	Формула	
Менделєєва-Клаіперона	37	електронна	22
Нікольського	155	електронно-графічна	22
Релея	112	хімічна	32
термохімічне	115	Таутомерія	252
Фрейдліха	153	Хімія	
хімічне	34	властивості	32
Розчин		явища	32
колоїдний	112	Хмара	
насичений	104	електронна	20
розведений	104	Целюлоза	256
Седиментація	111	Числа	
Сила		квантові	20
адгезійна	150	координаційне	50
когезійна	150	магнітне	21
Синтез		орбітальне	20
Вюрца	163	спінове	21
Кольбе	163		
Фішера-Тропша	163		
оксосинтез	173, 226		
Система			
відкрита	115		
внутрішня енергія	116		
гомогенна	104		
дисперсна	103		
закрита	115		
ізольована	115		
періодична	23		
Солі	13, 135		
Спирт	162		
Сполуки			
комплексні	50		
неорганічні	7		
органічні	159		

Навчальне видання

**ХІМІЯ**  
**Навчально-методичний посібник**

**Укладачі:**  
**СВІЦОВА Яна Олександрівна**  
**ХИМЕНКО Наталя Львівна**

Формат 60x84 1/16. Папір офсет. Гарнітура Times New Roman.

Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. 22,67

Тираж