

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ М. П. ДРАГОМАНОВА**

**Факультет природничо-географічної освіти та екології**

**“Затверджено”**

На засіданні Приймальної комісії  
НПУ ім. М. П. Драгоманова  
Протокол № 3 від «1» березня 2021 р.  
Голова Приймальної комісії  
\_\_\_\_\_ Андрущенко В. П.

**Рекомендовано**

Вченою радою факультету природничо-  
географічної освіти та екології  
Протокол № 6 від «17» лютого 2021 р.  
Голова Вченої ради  
\_\_\_\_\_ Турчинова Г.В.

**Програма вступного фахового випробування (співбесіди)**

**з хімії**

для громадян України, іноземних громадян та осіб без громадянства,  
при вступі на навчання для здобуття освітнього ступеня

**«Магістр»**

на базі здобутого освітнього ступеня

**«Бакалавр»**

*галузь знань: 01 Освіта*

*спеціальність: 014.06 Середня освіта (хімія)*

*освітні програми: Середня освіта (хімія та біологія)*

*Середня освіта (хімія та іноземна мова)*

# 1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ВСТУПНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ (СПІВБЕСІДИ)

У програмі вступного фахового випробування для здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр на базі освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр висвітлено обсяг знань, умінь і навичок з теоретичних основ та практичних курсів хімічних дисциплін: загальної, неорганічної, органічної, біоорганічної, фізичної, колоїдної, аналітичної хімії та стереохімії, хімії гетероциклічних та високомолекулярних сполук, будови речовини, основ хімічних технологій, синтезу неорганічних та органічних сполук, фізичних методів дослідження, основ хроматографії, хімії Землі і проблеми екології, хімії навколишнього середовища, основ хімічної безпеки, інформаційних технологій в хімії, техніки демонстраційного експерименту та сучасної термінології і номенклатури хімічних сполук.

Вступне випробування з хімії передбачає виявити у абітурієнтів знання про:

- ☑ основні поняття і закони хімії, атомно-молекулярне вчення;
- ☑ класифікацію неорганічних та органічних сполук і реакцій;
- ☑ сучасну хімічну термінологію та номенклатуру;
- ☑ будову атома, періодичний закон і періодичну систему елементів Д.І. Менделєєва в світлі теорії будови атома;
- ☑ типи хімічних зв'язків і будову речовини;
- ☑ основні поняття і закони хімічної термодинаміки та кінетики;
- ☑ властивості розчинів, способи вираження їхнього складу;
- ☑ теорію електролітичної дисоціації;
- ☑ окисно-відновні процеси, стандартні електродні потенціали, ряд напруг металів;
- ☑ окисно-відновні властивості простих речовин та основних сполук елементів з різними ступенями окиснення;
- ☑ сучасні поняття про будову органічних сполук на основі теорії електронних зміщень: індукційного та мезомерного ефектів;
- ☑ основні типи ізомерії органічних сполук: структурну, просторову;
- ☑ сучасні теорії кислот і основ: Арреніуса – Оствальда, Бренстеда – Лоурі, Льюїса;
- ☑ ациклічні вуглеводні: алкани, алкени, алкадієни, алкіни;
- ☑ аліциклічні вуглеводні: циклоалкани, циклоалкени;
- ☑ ароматичні вуглеводні: бензен та його гомологи, багатоядерні арени з конденсованими та ізольованими кільцями бензену;
- ☑ галогенопохідні вуглеводнів: галогеноалкани, галогеноалкени, галогеноарени, арилалкілгалогеніди;
- ☑ нітрогеновмісні похідні вуглеводнів: нітро- та аміносполуки аліфатичного і ароматичного рядів;
- ☑ спирти, етери, феноли;
- ☑ альдегіди і кетони аліфатичного і ароматичного рядів;
- ☑ карбонові кислоти всіх типів та їхні функціональні похідні;
- ☑ білки;
- ☑ п'яти- та шестичленні гетероциклічні сполуки; піримідинові та пуринові

основи;

- ☑ моно-, ди-, полісахариди;
- ☑ нуклеотиди, нуклеозиди, нуклеїнові кислоти;
- ☑ природні сполуки: терпеноїди, стероїди, алкалоїди, фенольні сполуки;
- ☑ основи хімічних технологій;
- ☑ високомолекулярні сполуки;
- ☑ основні промислові та лабораторні методи синтезу неорганічних та органічних сполук;
- ☑ застосування неорганічних і органічних речовин в науці, техніці, побуті;
- ☑ процеси колообігу хімічних елементів, простих і складних речовин у природі, їхню екологічна роль;
- ☑ небезпечні для здоров'я людини та навколишнього середовища неорганічні та органічні токсиканти;

Вступне випробування з хімії дозволить перевірити сформовані вміння:

- ☑ на основі періодичної системи елементів, законів хімії, рівнянь хімічних реакцій виконувати стехіометричні розрахунки маси, об'єму, кількості речовини, з'ясовувати причинно-наслідкові зв'язки між різними поняттями, встановлювати загальні закономірності для розвитку теоретичного мислення;
- ☑ на основі основних законів хімії, вчення про періодичність визначати властивості атомів та їхню зміну за періодичною системою;
- ☑ на основі законів квантової хімії, вчення про періодичну систему визначати електронні конфігурації атомів, властивості атомів та їхню зміну в періодичній системі, передбачати тип хімічного зв'язку і на його основі властивості сполук елементів;
- ☑ за таблицями термодинамічних величин рівнянь хімічних реакцій, розраховувати теплові ефекти та зміну ентальпії, ентропії, енергії Гіббса в різних фізико-хімічних процесах для визначення реакційної здатності речовин, напрямку реакції;
- ☑ на основі знань термодинаміки аналізувати, інтерпретувати результати досліджень, встановлювати закономірності перебігу хімічних процесів для розвитку теоретичного мислення;
- ☑ на основі закону діючих мас, правила Вант-Гоффа, розраховувати швидкості хімічної реакції та їхню зміну в залежності від концентрації;
- ☑ за результатами експерименту, встановлювати залежність швидкості реакції від температури;
- ☑ на основі закону діючих мас, загальних умов рівноваги розраховувати рівноважні концентрації речовин і константи рівноваги, з'ясовувати вплив на неї різних факторів;
- ☑ на основі теоретичних знань з хімічної кінетики і рівноваги аналізувати, інтерпретувати результати досліджень, встановлювати закономірності перебігу хімічних процесів та явищ для розвитку теоретичного мислення;
- ☑ згідно впливу різних факторів на розчинність речовин, розраховувати концентрації розчинів, перераховувати одну концентрацію на іншу;

- ☑ згідно теорії електролітичної дисоціації, властивості відповідних солей розраховувати рН розчинів солей, ступінь та константи гідролізу;
- ☑ на основі сучасної теорії розчинів електролітів, йонообмінних реакцій аналізувати, інтерпретувати експериментальні дані;
- ☑ згідно стандартних електродних потенціалів розраховувати електрорушійні сили гальванічних елементів (ЕРС);
- ☑ на основі теорії гетерогенних окисно-відновних процесів аналізувати, інтерпретувати експериментальні факти;
- ☑ згідно величини окисно-відновного потенціалу, ступеня окиснення елемента прогнозувати його окисно-відновні властивості, розраховувати напрямок окисно-відновних реакцій;
- ☑ на основі окисно-відновних властивостей речовин складати схеми окисно-відновних реакцій, урівнювати їх методом електронного балансу та напів-реакцій;
- ☑ згідно особливостей окисно-відновних реакцій аналізувати, інтерпретувати результати досліджень, встановлювати закономірності перебігу хімічних процесів та явищ для розвитку теоретичного мислення;
- ☑ враховуючи алгоритм вивчення хімії елементів за періодичною системою Д.І. Менделєєва, складати електронну формулу атома елемента за його положенням в періодичній системі, визначати ковалентні можливості атома елемента, прогнозувати склад і властивості основних неорганічних сполук хімічного елемента, здатність атома до комплексоутворення, характеризувати основні типи комплексних сполук, окисно-відновні властивості простих речовин і сполук хімічного елемента;
- ☑ згідно основних законів хімії аналізувати, порівнювати, узагальнювати окремі факти, виявляти закономірності в зміні властивостей сполук, встановлювати зв'язки між ними з метою формування наукового світогляду;
- ☑ визначати тип гібридизації електронних орбіталей атомів та типи зв'язків у молекулах органічних сполук згідно з теорією напрямлених валентностей;
- ☑ визначати вплив індукційного і мезомерного ефектів замісників на реакційну здатність речовин згідно з теорією електронних зміщень;
- ☑ складати структурні формули сполук та їхніх ізомерів на основі електронної будови атомів, теорії будови органічних сполук і пояснювати їхні фізичні та хімічні властивості;
- ☑ класифікувати органічні сполуки згідно з теорією будови органічних сполук та особливостей будови характеристичних груп;
- ☑ утворювати назви органічних сполук за тривіальною, раціональною, радикально-функціональною та систематичною (IUPAC) номенклатурами;
- ☑ класифікувати органічні реакції згідно з теорією будови органічних сполук, особливостей хімічного зв'язку та теорії електронних зміщень;
- ☑ визначати в молекулах органічних сполук реакційні центри;
- ☑ визначати в молекулах кислотні і основні центри, порівнювати силу органічних кислот і основ, використовуючи теорії Арреніуса, Бренстеда-Лоурі та Льюїса;
- ☑ пояснювати та прогнозувати механізми хімічних перетворень,

використовуючи теорію будови органічних сполук, характер розподілу електронної густини у молекулах;

- ☑ на основі хімічних властивостей класів органічних сполук, здійснювати їх хімічні перетворення з метою одержання сполук з наперед зазначеними властивостями;
- ☑ на основі теоретичних знань пояснювати лабораторний експеримент як самостійне дослідження з постановкою наукової задачі, експериментальною перевіркою гіпотези і теоретичним обґрунтуванням висновків;
- ☑ встановлювати закономірності в зміні властивостей сполук, зазначати зв'язки між ними, виявляти спільне та відмінне з метою формування наукового світогляду;
- ☑ класифікувати хімічні речовини, явища та процеси, методи синтезу, виділення, очистки та ідентифікації хімічних сполук;
- ☑ використовуючи знання про функціональні можливості різних класів хімічних сполук, встановлювати залежність хімічних властивостей від будови, прогнозувати продукти перетворень речовин;
- ☑ здійснювати хімічні перетворення з метою одержання сполук різних класів та готувати реактиви для цих перетворень;
- ☑ розраховувати хімічні та фізико-хімічні величини за формулами, рівняннями реакцій хімічних процесів;
- ☑ аналізувати, порівнювати, узагальнювати окремі факти, аналізувати та інтерпретувати результати експериментальних досліджень та теоретичних розрахунків;
- ☑ з'ясовувати екологічні проблеми, пов'язані з антропогенними джерелами хімічних сполук, прогнозувати можливість зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище;
- ☑ на основі знань про реєстраційні номери, хімічні бази даних, служби та сервіси Інтернет здійснювати пошук специфічної хімічної інформації.

Вищезазначені знання і уміння забезпечують формування професійних компетенцій: базові знання про хімічні речовини та їхні перетворення, кінетичні та термодинамічні закономірності перебігу хімічних реакцій та фізико-хімічних процесів, фактори впливу на них; вміння прогнозувати властивості елементів, сполук та продуктів реакцій; володіння методами спостереження, опису, ідентифікації, класифікації хімічних об'єктів; вибір реагентів для забезпечення проведення аналізів речовин; сучасні уявлення про будову речовин; здатність застосовувати основні методи хімічного та фізико-хімічного аналізу для встановлення якісного та кількісного складу речовин, аналізу природних об'єктів; знання механізмів хімічних реакцій; сучасні уявлення про будову атома та хімічний зв'язок, про основи квантової механіки; найпростіші задачі та розрахунки квантової хімії; здатність здійснювати розрахунки на приготування розчинів, вираження складу розчинів, визначати концентрацію розчинів; здатність здійснювати розрахунки, використовуючи основні закони хімії; навички роботи з хімічним посудом та лабораторним обладнанням; уявлення про сучасні досягнення хімічної науки, розуміння її ролі в науковому світогляді; базові знання про методи лабораторного та

промислового синтезу хімічних сполук; сучасні уявлення про хімічне виробництво, його вплив на навколишнє середовище; уявлення про хімічні речовини – забруднювачі навколишнього середовища, їх трансформацію; базові знання про основи екології, принципи оптимального природокористування; сучасні уявлення про принципи екологічної оцінки ступеня забруднення навколишнього середовища; розуміння соціальних і екологічних наслідків своєї професійної діяльності; здатність аналізувати, інтерпретувати результати досліджень; здатність організувати роботу відповідно до вимог безпеки життєдіяльності й охорони праці; здатність використовувати теоретичні знання й практичні навички з хімії та фізики для дослідження хімічних, біохімічних, екологічних процесів; здатність використовувати теоретичні знання для оволодіння основами теорій й методів хімічних досліджень; знання традиційних і сучасних підходів до термінології та номенклатури неорганічних та органічних сполук; здатність визначати вимоги законодавчих і нормативних актів з охорони праці в межах функціональних обов'язків фахівця; здатність обґрунтовувати раціональні методи нормалізації умов праці у конкретній виробничій ситуації; здатність провести інструктаж на робочому місці з питань техніки безпеки та безпеки життєдіяльності; здатність визначати профілактичні заходи запобігання надзвичайним ситуаціям та надавати першу долікарську допомогу потерпілим.

## 2. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ АБІТУРІЄНТА НА ВСТУПНОМУ ФАХОВОМУ ВИПРОБУВАННІ (ТІЛЬКИ ДЛЯ ГРОМАДЯН УКРАЇНИ)

<i>За шкалою університету</i>	<i>Визначення</i>	<i>на питання теоретичного змісту</i>	<i>на питання практичного змісту</i>
<b>0 – 99 бали</b>	<b>Низький</b>	Абітурієнт має уявлення про основні поняття, закони і теорії хімії, відтворює окремі частини курсу хімії ВНЗ, але недостатньо володіє сучасною термінологією та номенклатурою хімічних сполук. Абітурієнт не достатньо мірою аналізує, узагальнює, обґрунтовує навчальний матеріал з хімії.	Обсяг правильних відповідей становить < 50%. Абітурієнт не повною мірою використовує теоретичні знання із загальної, неорганічної, органічної, аналітичної, фізикоїдної, біохімії, хімії природних та високомолекулярних сполук у нових ситуаціях при написанні хімічних формул і рівнянь хімічних реакцій під час розв'язування задач і ланцюжків перетворень.
<b>100 – 139 балів</b>	<b>Задовільний</b>	У абітурієнта сформовані поняття про основні закони і теорії хімії; він наводить переважно правильні відповіді, що пов'язані з відтворенням знань на рівні запам'ятовування та розуміння, але абітурієнт	Обсяг правильних відповідей становить у межах 50-75%. Абітурієнт допускає незначні помилки при складанні рівнянь хімічних реакцій, назв неорганічних та органічних речовин, написанні

		поверхнево володіє умінням аналізувати та використовувати набуті знання з курсу хімії ВНЗ.	механізмів реакцій, при розв'язуванні задач та обчисленнях.
<b>140 – 169 балів</b>	<b>Достатній</b>	Абітурієнт виявляє знання та розуміння навчального матеріалу з курсу хімії ВНЗ, але іноді допускає незначні неточності при застосуванні цих знань у нових ситуаціях та вирішенні завдань, які передбачають аналіз та узагальнення.	Обсяг правильних відповідей становить > 75%. У поясненнях під час відповіді та виконанні окремих завдань абітурієнт допускає деякі неточності.
<b>170 – 200 балів</b>	<b>Високий</b>	Абітурієнт наводить правильні відповіді на основі знань і розуміння основних понять, законів і теорій в хімії; уміє використовувати теоретичні знання у нових ситуаціях; аналізувати, синтезувати та оцінювати засвоєний навчальний матеріал при розв'язанні задач, складанні рівнянь хімічних, наведенні механізмів перетворень.	Обсяг правильних відповідей складає 100%. Відповіді та розв'язки задач, ланцюжків перетворень супроводжуються ґрунтовними, логічними поясненнями.

Оцінювання рівня знань абітурієнтів проводиться кожним із членів предметної комісії окремо, відповідно до критеріїв оцінювання. Загальний бал оцінювання рівня знань абітурієнта виводиться за результатами обговорення членами комісії особистих оцінок відповідей абітурієнтів. Бали (оцінки) вступного фахового випробування виголошуються головою предметної комісії усім абітурієнтам, хто приймав участь у випробуванні після закінчення іспиту.

### 3. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ СПІВБЕСІДИ

Фахова комісія аналізує результати співбесіди методом експертної оцінки й колегіально приймає рішення: про «рекомендовано до зарахування» або «не рекомендовано до зарахування», з урахуванням співбесіди з мови (української, російської).

## 4. ЗМІСТ ПРОГРАМИ ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ (СПІВБЕСІДИ)

### 4.1. ЗАГАЛЬНА ХІМІЯ. БУДОВА РЕЧОВИНИ

Поняття про матерію. Речовина та поле – конкретні види матерії. Рух як форма існування матерії; форми руху матерії; хімічна форма руху. Предмет і завдання хімії, місце загальної хімії в системі хімічних наук. Зв'язок хімії з біологією, математикою, фізикою та іншими науками про природу. Методи хімії. Хімія – експериментальна наука. Спостереження, експеримент. Основні принципи організації експерименту. Техніка безпеки при проведенні хімічного експерименту. Основні етапи розвитку хімії. Хімія і навколишнє середовище. Завдання хімії як навчального предмету у формуванні особистості вчителя.

Педагогічна діяльність великих учених-хіміків. Внесок українських вчених у розвиток хімічної науки.

Атомно-молекулярне вчення. Основні хімічні поняття і закони. Закон збереження маси і енергії. Атоми і молекули, їх розміри і маса. Відносні атомні і молекулярні маси. Хімічний елемент. Символи хімічних елементів. Проста речовина і хімічний елемент. Алотропія. Розповсюдження елементів у земній корі: поняття про геохімію. Складні речовини. Закон сталості складу. Закон кратних відношень. Закон простих об'ємних відношень. Закон Авогадро і висновки з нього. Число Авогадро. Моль – одиниця кількості речовини. Молярна маса і молярний об'єм. Методи визначення атомних і молекулярних мас. Еквівалент, закон еквівалентів. Валентність. Співвідношення між молярною масою, еквівалентом та молярною масою еквівалента. Встановлення формул хімічних сполук. Масова частка елемента в складній речовині. Виведення хімічної формули речовини за масовою часткою елементів, що входять до її складу. Рівняння хімічних реакцій та стехіометричні розрахунки. Поняття по чистоту речовини. Класифікація хімічних речовин за ступенем чистоти. Способи очистки речовин.

Будова атома. Основні положення квантово-механічної моделі атома. Періодичний закон і Періодична система хімічних елементів Д.І. Менделєєва. Перші спроби класифікації хімічних елементів. Відкриття періодичного закону Д.І. Менделєєвим. Зміст періодичного закону. Періодична система – конкретизований (табличний) вираз періодичного закону. Варіанти періодичної системи: “довгоперіодний” та короткий. Періоди, групи, підгрупи, родини елементів. Життя та науково-педагогічна діяльність Д.І. Менделєєва. Передбачення Д.І. Менделєєвим властивостей та виправлення атомних мас ще не відкритих елементів. Експериментальне підтвердження теоретичних передбачень Д.І. Менделєєва. Експериментальне обґрунтування уявлень про атом як складну систему. Відкриття електрона. Радіоактивність. Основні характеристики  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - променів. Перші атомні моделі: модель Дж. Томсона, модель Є. Резерфорда, модель Н. Бора та їх значення для розвитку теорії будови атома. Квантова механіка і корпускулярно-хвильовий дуалізм випромінювання. Кванти. Рівняння М. Планка. Пояснення фотоефекту А. Ейнштейном. Фотони. Корпускулярно-хвильовий дуалізм мікрочастинок. Хвилі де Бройля. Принцип невизначеності В. Гейзенберга. Рівняння Е. Шредінгера. Квантова модель атома Гідрогену. Квантові числа як параметри, що визначають стан електрона в атомі. Фізичний зміст квантових чисел. Поняття про електронну хмару. Атомні орбіталі (АО). Основний і збуджений стани атома. Вироджені стани. Форми і просторова орієнтація  $s$ -,  $p$ -,  $d$ -,  $f$ - атомних орбіталей. Багатоелектронні атоми. Характеристичні рентгенівські спектри атомів. Закон Г. Мозлі. Три принципи заповнення орбіталей в атомах: принцип найменшої енергії, принцип Паулі, правило Гунда. Порядок заповнення атомних орбіталей. Правило Клечковського. Електронні формули атомів. Ядро як динамічна система протонів і нейтронів. Стійкі та нестійкі ядра. Природна радіоактивність. Ядерні реакції та перетворення хімічних елементів. Період напіврозпаду. Типи радіоактивних перетворень. Енергія зв'язку в ядрі. Ізотопи. Ізобари. Ізотони. Розміри атомів та йонів; енергетичні характеристики атомів.



Енергія йонізації. Спорідненість атома до електрона. Електронегативність. Відносна електронегативність. Умовні йонні та атомні радіуси. Магнітні властивості атомів. Діамагнетизм, парамагнетизм. Періодичність властивостей хімічних елементів. Особливості електронних конфігурацій атомів елементів головних і побічних підгруп. Елементи *s*-, *p*-, *d*-, *f*- родин. Вплив електронної будови атомів на властивості елементів. Періодичність зміни властивостей елементів як прояв періодичної зміни електронних конфігурацій атомів. Значення відкриття періодичного закону в розвитку науки, формуванні діалектико-матеріалістичного світогляду.

Хімічний зв'язок. Метод валентних зв'язків (ВЗ) і метод молекулярних орбіталей (МО). Будова речовин з різним типом хімічного зв'язку. Квантово-механічні методи тлумачення хімічного зв'язку. Метод валентних зв'язків (ВЗ). Фізична ідея методу валентних зв'язків, утворення двоцентрових, двоелектронних зв'язків. Принцип максимального перекривання атомних орбіталей (АО), напрямленість ковалентного зв'язку, гібридизація АО. Типи гібридизації та геометрія молекул. Полярний та неполярний ковалентний зв'язок. Ефективний заряд атома в молекулі, полярність зв'язків та полярність молекул. Дипольний момент молекули. Два механізми утворення ковалентного зв'язку: спарювання неспарених електронів різних атомів та донорно-акцепторний механізм. Властивості ковалентного зв'язку: насиченість, напрямленість, полярність і здатність до поляризації. Ковалентні можливості атомів. Метод молекулярних орбіталей (МО). Фізична ідея методу. Делокалізація електронної густини. Метод МО ЛКАО,  $\sigma$ - та  $\pi$ -молекулярні орбіталі як лінійна комбінація АО. Зв'язуючі та розпушуючі МО. Принципи заповнення молекулярних орбіталей. Енергетичні діаграми і електронні формули молекул. Гомонуклеарні молекули, утворені елементами I і II періодів. Пояснення парамагнетизму кисню. Гетеронуклеарні двуатомні молекули, утворені елементами II періоду: карбон(II) оксид, нітроген(II) оксид. Порівняння методів ВЗ і МО. Типи кристалічних ґраток, речовин з ковалентним зв'язком у молекулах. Властивості цих речовин. Йонний зв'язок. Властивості йонного зв'язку. Йонні кристалічні ґратки. Поляризація та поляризуюча дія йонів, їх вплив на властивості речовин. Властивості речовин з йонним типом зв'язку. Валентність, ступінь окиснення, координаційні числа атомів у сполуках з різним типом зв'язку. Водневий зв'язок. Міжмолекулярні та внутрішньомолекулярні водневі зв'язки. Вплив водневого зв'язку на властивості речовин. Роль водневого зв'язку в біологічних процесах. Металічний зв'язок. Особливості електронної будови атомів елементів, здатних до утворення металічного зв'язку. Визначення металічного зв'язку за методом МО. Сили міжмолекулярної взаємодії: диполь-диполь, диполь-індукований диполь, дисперсійна взаємодія. Агрегатний стан речовин. Плазма. Особливості плазми, газоподібного, рідкого та твердого стану речовини. Особливості речовин з йонними, атомними, молекулярними та металічними ґратками. Явище ізоморфізму та поліморфізму.

Енергетика і напрямленість хімічних процесів. Хімічна термодинаміка. Внутрішня енергія речовин. Зміна внутрішньої енергії системи в хімічних процесах. Ентальпія. Теплові ефекти хімічних реакцій. Теплоти утворення

хімічних сполук. Перший закон термодинаміки. Закон Гесса. Ентропія. Ізобарно-ізотермічний потенціал (енергія Гіббса). Роль ентальпійного та ентропійного факторів у напрямленості процесів за різних умов. Використання табличних даних стандартних ентальпій та потенціалів утворення вихідних і кінцевих речовин для вирішення питання про можливість перебігу хімічних реакцій. Швидкість хімічної реакції. Фактори, що впливають на швидкість хімічних реакцій. Залежність швидкості хімічної реакції від концентрації реагуючих речовин. Закон діючих мас. Застосування закону діючих мас для гомогенних та гетерогенних систем. Константа швидкості реакції. Залежність швидкості реакції від температури, температурний коефіцієнт. Поняття про активні молекули і енергію активації процесу. Каталіз. Вплив каталізаторів на швидкість реакції. Види каталізу: гомогенний, гетерогенний мікрогетерогенний, автокаталіз, поняття про інгібітори. Роль каталізаторів в біологічних процесах. Необоротні та оборотні хімічні реакції. Умови оборотності хімічних процесів. Хімічна рівновага. Константа хімічної рівноваги. Принцип Ле Шательє. Зміщення хімічної рівноваги при зміні концентрації реагуючих речовин, тиску і температури. Каталізатори в оборотних процесах. Значення вчення про швидкість реакції і хімічну рівновагу для управління хімічними процесами.

Класифікація та номенклатура основних класів неорганічних сполук. Класифікація складних речовин за функціональними ознаками: кислоти, основи, солі, кислотні, основні та амфотерні оксиди і гідроксиди. Номенклатура неорганічних сполук та простих речовин за правилами IUPAC. Кислоти. Класифікація кислот: за складом – безоксигенові, оксигеновмісні, полікислоти, ізополікислоти та гетерополікислоти; за силою – сильні, середні, слабкі; за окиснювальною здатністю – кислоти окиснювачі та кислоти неокиснювачі. Одно- і багатоосновні кислоти. Властивості та номенклатура кислот. Загальні способи добування кислот. Номенклатура кислот. Основи: одно- і багатокислотні основи. Луги. Властивості і номенклатура основ. Способи добування основ. Номенклатура основ. Солі. Класифікація солей: середні, кислі, основні (гідроксо- і оксосолі) змішані, подвійні солі. Способи добування середніх, кислих і основних солей. Номенклатура солей. Координаційні (комплексні) сполуки. Теорія А. Вернера. Основні поняття хімії комплексних сполук: центральний атом (йон) та його координаційне число, ліганди, внутрішня і зовнішня координаційні сфери, дентатність лігандів. Константа нестійкості комплексного йона. Поняття про класифікацію комплексних сполук. Ізомерія та номенклатура комплексних сполук.

Вода як розчинник. Розчинність речовин. Електроліти і неелектроліти. Теорія електролітичної дисоціації речовин у водних розчинах. Буферні розчини. Склад, електронна будова, просторова конфігурація, полярність молекул води. Характеристика водневого зв'язку. Асоціація молекул води. Фізичні властивості води. Аномалії фізичних властивостей води та їх пояснення на основі будови молекули. Вода як розчинник. Хімічні властивості води. Термічна дисоціація. Взаємодія з простими і складними речовинами. Роль води в біологічних процесах. Промислове значення води. Важка вода: добування, властивості, застосування. Вода в природі. Проблема чистої води. Електроліти і

неелектроліти. Теорія електролітичної дисоціації. Праці С. Арреніуса, Г. Вант-Гофа, В. Оствальда, В.О. Кістяковського, Т.О. Каблукова. Фізико-хімічна теорія електролітичної дисоціації. Механізм дисоціації речовин з різним типом хімічного зв'язку. Роль полярних молекул води в процесах дисоціації. Ступінь електролітичної дисоціації. Сильні, середні, слабкі електроліти. Фактори, що впливають на ступінь дисоціації: природа електроліту, природа розчинника, температура, концентрація розчинів, діелектрична проникність розчинника. Механізм гідратації аніонів і катіонів. Утворення йона гідроксонію. Енергетика процесу дисоціації. Застосування закону діючих мас до процесу дисоціації слабких електролітів. Константа дисоціації. Зміщення рівноваги дисоціації слабких електролітів. Кислоти, основи, амфотерні гідроксиди, солі у світлі теорії електролітичної дисоціації. Ступінчаста дисоціація. Сучасні теорії кислот і основ. Електролітична дисоціація води. Йонний добуток води. Вплив температури на процес дисоціації води. Концентрація йонів Гідрогену в розчинах. Водневий показник. Буферні розчини. Значення сталої величини рН у хімічних і біологічних процесах.

Розчини. Фізико-хімічна характеристика розчинів. Способи вираження кількісного складу розчинів. Характеристика дисперсних систем. Істинні розчини, колоїдні розчини, грубодисперсні системи (суспензії, емульсії). Механізм процесу розчинення. Сольватація (гідратація) при розчиненні. Праці Д.І. Менделєєва з теорії розчинів. Зв'язок теплоти розчинення речовини з енергією кристалічної ґратки і теплою гідратації молекули речовини. Поняття “концентрація розчину”, кількісний склад розчинів. Розподіл розчинів за концентрацією розчинених речовин (ненасичені, насичені, пересичені). Розчинність твердих речовин у воді. Коефіцієнт розчинності. Криві розчинності. Кристалізація твердих речовин із розчинів. Кристалогідрати. Очистка речовин перекристалізацією із розчинів. Розчинність газів. Способи вираження складу розчинів. Масова частка розчиненої речовини. Молярна концентрація. Позасистемні способи вираження складу розчинів: молярна концентрація еквівалента (поняття “нормальність”), молярність, титр. Розрахунки для виготовлення розчинів різного складу. Еквівалент речовини в кислотно-основних реакціях, у процесах комплексоутворення та окисно-відновних реакціях. Методики приготування розчинів. Правила техніки безпеки під час роботи з концентрованими розчинами кислот і лугів.

Рівновага в розчинах електролітів. Гідроліз солей. Рівновага в насичених розчинах малорозчинних електролітів. Добуток розчинності (ДР). Напрявленість обмінних реакцій у розчинах електролітів. Поняття “гідроліз”. Гідроліз солей. Різні випадки гідролізу солей. Ступінь і константа гідролізу. Фактори, що впливають на зміщення рівноваги гідролізу. Роль гідролізу в біологічних та хімічних процесах.

Окисно-відновні реакції. Поняття про стандартні електродні потенціали, гальванічний елемент, електроліз. Реакції, що відбуваються із зміною ступеня окиснення атомів елементів. Електронна теорія окиснення. Окисники і відновники. Правила складання рівнянь окисно-відновних реакцій. Метод електронного балансу та електронно-іонний метод. Вплив середовища на окисно-відновний процес. Класифікація окисно-відновних реакцій. Взаємодія

металів з кислотами і солями у водних розчинах як окисно-відновний процес. Перетворення хімічної енергії окисно-відновних реакцій в електричну. Поняття про гальванічний елемент. Електродний потенціал, водневий електрод порівняння. Стандартні електродні потенціали. Електрохімічний ряд напруг металів. Стандартні окисно-відновні потенціали. Напрявленість окисно-відновних реакцій у розчинах. Значення окисно-відновних процесів у живій і неживій природі, у техніці. Електроліз як окисно-відновний процес. Електроліз розчинів і розплавів кислот, лугів, солей.

## 4.2. НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Водень. Особливості положення Гідрогену в періодичній системі. Кислотно-основні та окисно-відновні властивості сполук Гідрогену з металами і неметалами. Особливості положення Гідрогену в періодичній системі. Характеристика молекули водню з позиції методу валентних зв'язків та молекулярних орбіталей. Водень у природі, ізотопи Гідрогену. Промислові та лабораторні методи добування водню, його фізичні та хімічні властивості. Правила роботи з воднем. Відновні властивості атомарного і молекулярного водню. Кислотно-основні та окисно-відновні властивості сполук Гідрогену з металами і неметалами. Застосування водню в промисловості. Водень – паливо майбутнього.

Хімічні елементи головної підгрупи VII групи періодичної системи. Загальна характеристика атомів елементів: електронні структури, радіуси атомів, йонізаційні потенціали, спорідненість до електрона, електронегативність, ступені окиснення, валентності, координаційні числа, розповсюдження в природі. Загальна характеристика простих речовин. Запобіжні заходи при роботі з галогенами. Флуор. Флуор у природі, способи добування, фізичні і хімічні властивості. Сполуки Флуору. Гідроген флуорид, добування і властивості. Асоціація молекул гідроген флуориду. Плавикова кислота, флуориди, кисень флуорид. Застосування флуору та його сполук. Хлор. Хлор у природі. Промислові та лабораторні методи добування, його фізичні та хімічні властивості. Сполуки Хлору з металами. Механізм взаємодії хлору з воднем. Гідроген хлорид, соляна кислота: промислові способи її добування. Хлориди, сполуки Хлору з Оксигеном: оксиди, кислоти, солі. Гіпохлоритна кислота та її солі. Хлорне вапно. Хлоратна та хлорна кислоти. Бертолетова сіль. Порівняльна характеристика оксигеновмісних кислот хлору. Застосування сполук хлору. Поняття про гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин, зокрема, хлору. Бром. Йод. Поширення у природі, промислові та лабораторні методи добування. Фізичні і хімічні властивості простих речовин. Гідроген бромід та гідроген йодид, бромідна та йодидна кислоти, їх солі. Добування, властивості та застосування бромідної та йодидної кислот. Оксигеновмісні сполуки Йоду і Брому. Порівняльна характеристика сили гідрогенгалогенідних кислот та відновних властивостей їх аніонів. Порівняльна характеристика оксигеновмісних кислот галогенів. Біологічна роль простих речовин і сполук, утворених галогенами.

Хімічні елементи VI групи головної підгрупи періодичної системи. Загальна характеристика атомів елементів і простих речовин. Оксиген.

Ізотопний склад природного кисню. Хімічний зв'язок у молекулі кисню з точки зору методів ВЗ та МО. Пояснення парамагнетизму кисню. Промислові та лабораторні способи добування кисню, його фізичні та хімічні властивості. Кисень – окисник. Взаємодія Оксигену з простими і складними речовинами. Оксиди: способи добування, властивості, класифікація і номенклатура. Алотропія кисню. Озон, його властивості, добування, утворення в природі. Застосування кисню. Значення кисню у природі. Повітря. Складові частини повітря, властивості, повітря. Проблема чистого повітря. Водневі сполуки Оксигену. Дигідрогеноксид та дигідрогенпероксид: склад та електронна будова їх молекул. Термодинамічна стійкість, кислотно-основні та окисно-відновні властивості гідроген пероксиду. Добування, властивості і застосування пероксидів металів. Сульфур. Сульфур в природі. Алотропія сірки. Фізичні властивості її найважливіших модифікацій. Хімічні властивості та практичне застосування сірки. Водневі сполуки Сульфур. Дигідроген сульфід: добування, фізичні і хімічні властивості. Фізіологічна дія дигідроген сульфід, його ГДК. Дигідрогенсульфідна кислота, сульфід, їх відновні властивості. Полісульфіди. Оксигеномісні сполуки Сульфур: будова молекул, характер валентних зв'язків. Сульфур(VI) оксид: фізичні та хімічні властивості, промислові та лабораторні способи добування, його ГДК. Властивості сульфатної кислоти та сульфатів. Тіосульфатна кислота, тіосульфати, їх практичне застосування. Сульфур(IV) оксид, фізичні та хімічні властивості. Сульфатна кислота. Властивості концентрованої та розбавленої сульфатної кислоти. Взаємодія з металами, неметалами та складними речовинами. Правила користування концентрованою сульфатною кислотою. Контактний спосіб добування сульфатної кислоти. Виробництво сульфатної кислоти і проблема охорони навколишнього середовища. Олеум. Сульфати, їх властивості. Значення сульфатної кислоти і її солей у народному господарстві. Біологічна роль Сульфур, колообіг у природі. Селен. Телур. Фізичні та хімічні властивості, значення у сучасній техніці. Сполуки Селену і Телуру з Гідрогеном і Оксигеном. Характер зміни властивостей сполук елементів з Гідрогеном у підгрупі: міцність і полярність молекул, валентні кути, сила відповідних кислот, відновні властивості аніонів кислот.

Хімічні елементи головної підгрупи V групи періодичної системи. Загальна характеристика атомів елементів і простих речовин. Нітроген. Нітроген у природі. Хімічний зв'язок у молекулі азоту з точки зору методів валентних зв'язків (ВЗ) і молекулярних орбіталей (МО). Фізичні та хімічні властивості азоту. Взаємодія азоту з киснем, оксиди Нітрогену. Промислові і лабораторні методи добування азоту. Сполуки Нітрогену з Гідрогеном. Амоніак. Електронна будова і геометрія молекули. Промислові та лабораторні методи добування, фізичні та хімічні властивості амоніаку. Окиснення амоніаку. Донорно-акцепторний механізм взаємодії амоніаку з водою, з кислотами, утворення амонікатів. Солі амонію, їх властивості. Продукти термічного розкладу різних солей амонію. Амідні і нітриди металів. Застосування амоніаку та солей амонію. Гідразин: будова молекули, хімічні властивості. Гідроксиламін. Сполуки Нітрогену з Оксигеном: будова молекул, їх стійкість, добування і властивості. Молекула нітроген(II) оксиду з точки зору

метода МО. Властивості нітроген(IV) оксиду. Димеризація нітроген(IV) оксиду. Нітритна кислота, нітрити. Характеристика окисно-відновних властивостей нітритної кислоти та її солей. Нітратна кислота. Електронна будова і геометрія молекул. Лабораторні і промислові способи добування нітратної кислоти. Властивості нітратної кислоти: взаємодія з металами і неметалами. «Царська вода». Нітрати. Термічний розклад нітратів. Біологічна роль азоту, проблема зв'язування атмосферного азоту. Нітратні добрива. ГДК нітрат-іонів у продуктах харчування. Колообіг азоту в природі. Фосфор. Фосфор у природі, добування. Алотропні відозміни фосфору, їх властивості, токсичність білого фосфору, запобіжні заходи під час роботи з ним. Фосфіди металів. Сполуки Фосфору з Гідрогеном. Властивості фосфінів. Оксигеновмісні сполуки Фосфору. Оксиди Фосфору. Фосфітна та фосфатна кислоти: будова молекул, властивості. Зміна стійкості, кислотності, окисно-відновних властивостей в ряду оксигеновмісних кислот фосфору. Метафосфати, поліфосфати. Ортофосфати, їх практичне значення. Галогеніди фосфору, їх властивості. Біологічна роль фосфору. Фосфатні добрива. Використання фосфатних добрив на ґрунтах з різним значенням рН. Арсен, Стибій, Бісмут. Поширення у природі, добування простих речовин. Порівняльна характеристика фізичних та хімічних властивостей Арсену, Стибію, Бісмуту. Сполуки Арсену, Стибію і Бісмуту з Гідрогеном, порівняльна характеристика їх стійкості та властивостей. Оксиди і гідроксиди Арсену, Стибію, Бісмуту різних ступенів окиснення. Галогеніди Арсену, Стибію, Бісмуту. Гідроліз солей. Порівняння окисно-відновних властивостей сполук Арсену, Стибію, Бісмуту в ступенях окиснення (III), (V). Фізіологічна дія Арсену та його сполук. Практичне застосування арсену, стібію, бісмуту та їх сполук

Хімічні елементи головної підгрупи IV групи періодичної системи. Загальна характеристика елементів головної підгрупи IV групи. Карбон. Карбон в природі. Алотропні видозміни карбону: алмаз, графіт, карбін. Тип гібридизації орбіталей атомів Карбону в його алотропних видозмінах. Активоване вугілля. Застосування його як сорбента. Хімічні властивості карбону. Практичне застосування відновних властивостей карбону. Неорганічні сполуки Карбону. Карбіди металів. Сполуки Карбону з Оксигеном. Карбон(II) оксид. Будова його молекули з позиції методів ВЗ і МО, хімічні властивості. Фізіологічна дія „чадного” газу та перша допомога при отруєнні. Карбон(IV)оксид, будова молекули, фізичні та хімічні властивості. Промислові і лабораторні способи добування. Карбон(IV)оксид у природі. Фотосинтез. Карбонатна кислота і її солі. Сполуки Карбону з Оксигеном і галогенами. Цианідна кислота. Цианіди. Карбон тетрахлорид. Флюоропохідні карбону. Колообіг карбону в природі та проблема охорони атмосфери. Силіцій та його сполуки. Силіцій у природі. Силікати. Способи добування силіцію. Властивості силіцію. Сполуки Силіцію з Гідрогеном. Силіциди металів. Силіцій (IV) оксид. Кварц. Кварцове скло. Силікатні кислоти. Силікати, розчинне скло. Штучні силікати. Цемент. Бетон. Германій, Станум, Плюмбум в природі. Добування простих речовин, їх фізичні та хімічні властивості. Алотропія. Порівняльна характеристика сполук елементів з Гідрогеном, оксиди і гідроксиди, їх кислотно-основні властивості,  $\alpha$ - та  $\beta$ -олов'яні кислоти. Відновні властивості

сполук Станум(II). Зниження стійкості сполук вищих ступенів окиснення в ряду Германій – Станум – Плюмбум. Застосування германію, олова, свинцю та їх сполук. Захист навколишнього середовища від важких металів.

Хімічні елементи головної підгрупи III групи періодичної системи. Загальна характеристика атомів елементів: ізотопний склад, електронна будова, зміна радіусів атомів, енергії іонізації, стандартних електродних потенціалів в ряду Бор – Талій. Найважливіші природні сполуки цих елементів. Бор. Алотропні відозміни. Фізичні, хімічні властивості аморфного та кристалічного бору. Добування бору. Бор як мікроелемент. Сполуки Бору: борани, бориди металів. Бор нітрид. Бор оксид та бор гідроксид: структура, властивості, застосування. Ортоборатна кислота. Бура. Алюміній. Фізичні та хімічні властивості простої речовини, добування. Алюмотермія. Застосування алюмінію та його сплавів. Добування і властивості найважливіших сполук Алюмінію: оксиду, гідроксиду, солей; практичне застосування цих сполук. Галій, Індій, Талій. Фізичні та хімічні властивості простих речовин, їх практичне застосування. Добування і властивості сполук елементів: оксидів, гідроксидів, солей. Закономірності зміни кислотно-основних властивостей гідроксидів елементів головної підгрупи III групи із збільшенням зарядів ядер їх атомів.

Хімічні елементи головної підгрупи II групи періодичної системи. Загальна характеристика атомів елементів: електронна будова, зміна радіусів атомів, енергії йонізації, стандартних електродних потенціалів в ряду Берилій – Радій, ізотопний склад. Зміна властивостей простих речовин із збільшенням порядкового номеру елемента. Добування простих речовин. Магній і Кальцій – важливі елементи живої природи. Фізіологічна дія сполук Берилію, Стронцію, Барію. Фізичні властивості простих речовин. Техніка безпеки при роботі з кальцієм, стронцієм, барієм. Застосування простих речовин. Сплави магнію. Хімічні властивості простих речовин та їх сполук. Закономірності зміни хімічних властивостей гідридів, оксидів, гідроксидів, пероксидів, солей у ряду Берилій – Радій. Найважливіші випадки застосування окремих сполук. Негашене і гашене вапно. Жорсткість води та методи її усунення. Пом'якшення води за допомогою йонообмінних смол.

Хімічні елементи головної підгрупи I групи періодичної системи. Загальна характеристика атомів металів: електронна будова, радіуси атомів, енергія йонізації, стандартні електродні потенціали. Зміна властивостей простих речовин із збільшенням порядкового номеру елемента. Лужні метали у природі. Ізотопний склад. Найважливіші природні сполуки. Роль сполук Калію і Натрію у фізіологічних процесах. Добування лужних металів, фізичні властивості, правила роботи з лужними металами. Хімічні властивості простих речовин та сполук елементів: гідридів, оксидів, гідроксидів, пероксидів, надпероксидів солей. Добування соди. Застосування лужних металів та їх солей. Калійні добрива.

Хімічні елементи головної підгрупи VIII групи періодичної системи. Місце благородних газів у періодичній системі елементів та електронна структура їх атомів. Пояснення неможливості існування двоатомних молекул з позиції методу МО. Зміна потенціалів йонізації атомів благородних газів із

збільшенням порядкових номерів елементів. Благородні гази у природі, фізичні та хімічні властивості. Найважливіші сполуки Ксенону і Криптону різних ступенів окиснення: властивості, добування, застосування.

Загальні властивості металів. Місце металів у періодичній системі елементів. Особливості електронної будови атомів металів. Металічний стан речовини, зонна теорія будови, металічний зв'язок. Типи кристалічних ґраток металів. Метали у природі. Основні руди, збагачення руд. Найважливіші методи добування металів із руд. Добування металів електролізом розплавів і розчинів. Фізичні та хімічні властивості металів. Взаємодія металів у компактному та подрібненому станах з різними простими речовинами. Металотермія. Напрявленість металотермічних реакцій з позицій хімічної термодинаміки. Електрохімічний механізм взаємодії металів з водою і водними розчинами електролітів. Електрохімічний ряд напруг металів. Стандартні електродні потенціали металів. Зміни хімічної активності металів у групах та періодах періодичної системи. Корозія металів. Види корозії, основні засоби захисту від корозії. Інгібітори корозії металів. Сплави.

Хімічні елементи побічної підгрупи I групи періодичної системи. Загальна характеристика атомів елементів: електронна будова, зміна радіусів, енергій йонізації, стандартних електродних потенціалів у ряду Купрум, Аргентум, Аурум. Способи їх добування. Застосування цих металів та їх сплавів. Значення йонів Купрум (II), Аргентум (I) у фізіологічних процесах. Купрум як мікроелемент. Фізичні та хімічні властивості простих речовин. Найважливіші сполуки Купруму, Аргентуму, Ауруму: оксиди, гідроксиди, солі. Комплексні сполуки. Окисно-відновні властивості сполук Купруму, Аргентуму, Ауруму.

Порівняльна характеристика властивостей елементів головної та побічної підгруп I групи.

Хімічні елементи побічної підгрупи II групи періодичної системи. Загальна характеристика атомів елементів: ізотопний склад, електронна будова, зміна радіусів, енергій йонізації, стандартних електродних потенціалів у ряду Цинк – Кадмій – Меркурій. Найважливіші природні сполуки. Способи добування цинку, кадмію, меркурію. Практичне застосування цих металів та їх сплавів. Фізіологічна дія сполук Цинку, Кадмію, Меркурію. ГДК Меркурію. Техніка безпеки при роботі з Меркурієм та його сполуками. Фізичні та хімічні властивості простих речовин та їх сполук. Сполуки Меркурію у ступені окиснення +1. Найважливіші комплексні сполуки елементів побічної підгрупи II групи. Порівняльна характеристика елементів головної та побічної підгруп II групи

Хімічні елементи побічної підгрупи III групи періодичної системи. Загальна характеристика атомів елементів: Скандій, Ітрій, Лантан, Актиній. Особливості їх електронних структур, поширення у природі. Фізичні та хімічні властивості простих речовин. Найважливіші сполуки: оксиди, гідроксиди, солі.

Родина лантаноїдів. Можливі валентні стани і ступені окиснення атомів залежно від особливостей електронних структур, лантаноїдне стиснення. Поширення у природі. Фізичні та хімічні властивості простих речовин. Найважливіші сполуки лантаноїдів: оксиди, гідроксиди, характер зміни властивостей гідроксидів. Солі. Здатність лантаноїдів до комплексоутворення.



Практичне застосування лантаноїдів.

Родина актиноїдів. Історія відкриття. Положення в періодичній системі: електронна будова, валентності та ступені окиснення, актиноїдне стиснення. Загальна характеристика властивостей простих речовин. Синтез нових елементів. Праці І.В.Курчатова, Г.М. Флерова, Г.М. Сіборга. Проблема верхньої межі періодичної системи. Уран. Поширення в природі. Природні, штучні ізотопи Урану. Добування, фізичні і хімічні властивості урану. Практичне застосування урану. Порівняльна характеристика елементів головної та побічної підгруп III групи.

Хімічні елементи побічної підгрупи IV групи періодичної системи. Загальна характеристика атомів елементів. Титан, Цирконій, Гафній у природі. Добування цих металів. Фізичні властивості простих речовин. Практичне застосування титану, цирконію, гафнію та їх сплавів. Хімічні властивості простих речовин. Найважливіші сполуки: оксиди, гідроксиди, солі. Комплексні сполуки Титану, Цирконію, Гафнію. Порівняльна характеристика елементів головної та побічної підгруп IV групи.

Хімічні елементи побічної групи V групи періодичної системи. Загальна характеристика атомів елементів. Можливі валентні стани і ступені окиснення в залежності від електронної будови атомів. Ванадій, Ніобій, Тантал у природі. Способи добування. Фізичні властивості і застосування. Хімічні властивості простих речовин і найважливіших сполук елементів: оксидів, гідроксидів, солей. Здатність елементів Ніобію, Ванадію, Танталу до комплексоутворення і утворення ізополікислот. Порівняльна характеристика елементів головної та побічної підгруп V групи.

Хімічні елементи побічної підгрупи VI групи періодичної системи. Загальна характеристика атомів елементів. Особливості електронної будови, валентності і ступені окиснення елементів. Хром у природі. Фізичні властивості. Застосування хрому і його сплавів. Хімічні властивості хрому та його сполук. Сполуки Хрому(II, III, VI) – оксиди, гідроксиди, солі: добування, властивості. Кислотно-основні властивості оксидів та гідроксидів Хрому(III), комплексні сполуки Хрому(III). Окисно-відновні властивості сполук Хрому(III). Хромові кислоти, дихромати і хромати, умови їх існування. Хромова суміш. Окисні властивості сполук Хрому(VI). Молібден, Вольфрам. Добування молібдену і вольфраму із природних сполук. Фізичні властивості, застосування молібдену, вольфраму та їх сплавів. Хімічні властивості молібдену, вольфраму та їх сполук: оксидів, гідроксидів. Молібденова і вольфрамова кислоти, здатність цих кислот до утворення гетерополікислот. Порівняльна характеристика елементів головної та побічної підгруп VI групи.

Хімічні елементи побічної підгрупи VII групи періодичної системи. Загальна характеристика атомів елементів: електронна будова, зміна радіусів атомів, енергій йонізації із збільшенням порядкового номеру елемента. Манган. Природні сполуки Мангану. Добування мангану. Фізичні і хімічні властивості простої речовини манган. Застосування мангану та його сплавів. Манган як мікроелемент. Добування і властивості сполук Мангану(II, IV, VI, VII). Залежність кислотно-основних та окисно-відновних властивостей оксидів і гідроксидів Мангану від ступеня окиснення атомів Мангану. Солі Мангану(II),

здатність катіона Мангану(II) до комплексоутворення. Кислоти Мангану. Манганати і перманганати, їх окисні властивості. Залежність окисних властивостей перманганатів від рН середовища. Технецій і Реній. Добування простих речовин, властивості технецію та ренію. Добування, властивості сполук Технецію та Ренію: оксидів, гідроксидів, солей. Перренати і пертехнецати. Зміна окисних властивостей в ряду: перманганат – пертехнецат – перренат. Порівняльна характеристика елементів головної та побічної підгруп VII групи.

Хімічні елементи побічної підгрупи VIII групи періодичної системи. Загальна характеристика елементів родини заліза і платинових металів. Елементи родини заліза. Поширення в природі, найважливіші природні сполуки. Сплави заліза: чавун і сталь. Хімічні реакції при добування чавуну і сталі. Добування нікелю і кобальту. Практичне застосування металів родини заліза. Ферум, Кобальт як мікроелементи. Порівняльна характеристика простих речовин і сполук Феруму, Кобальту, Нікелю(II) і (III). Сполуки Феруму(VI). Комплексні сполуки Феруму, Кобальту, Нікелю. Елементи родини платини. Поширення у природі, історія відкриття. Особливості фізичних і хімічних властивостей простих речовин, їх практичне значення. Праці вітчизняних хіміків у галузі вивчення платинових металів.

Загальна характеристика властивостей елементів головних підгруп періодичної системи та їх сполук. Закономірності зміни радіусів, енергій йонізації, спорідненості до електрона, електронегативностей атомів елементів у періодах і головних підгрупах. Сполуки металів і неметалів з воднем. Закономірності зміни їх властивостей. Кислотно-основні властивості оксидів і гідроксидів елементів головних підгруп. Оксиди. Будова, тип зв'язку між атомами; зміна ефективного заряду атомів кисню в оксидах на прикладі оксидів II-III періодів і головних підгруп I і II груп. Зміна кислотно-основних властивостей оксидів елементів у періодах і головних підгрупах. Гідроксиди. Залежність характеру дисоціації гідроксидів від умовного радіуса і заряду йонів елементів на прикладах елементів III періоду і головних підгруп II-III, V-VII груп. Зміна стійкості ступенів окиснення атомів елементів у головних підгрупах. Окисні властивості сполук, що містять атоми елементів у вищих ступенях окиснення.

Порівняльна характеристика властивостей елементів головних та побічних підгруп періодичної системи. Особливості електронних структур атомів елементів *d*- і *f*-родин. Положення цих елементів у періодичній системі. Лантаноїдне і актиноїдне стиснення. Зміна радіусів із збільшенням порядкового номера елемента побічних підгруп. Відмінність у головних і побічних підгрупах характеру змін властивостей елементів і їх сполук із збільшенням зарядів ядер атомів. Різноманітність ступенів окиснення атомів елементів у побічних підгрупах. Здатність елементів до комплексоутворення.

### **4.3. ОРГАНІЧНА ХІМІЯ ВУГЛЕВОДНІВ. ОСНОВИ СТЕРЕОХІМІЇ**

Предмет органічної хімії. Розвиток теоретичних уявлень в органічній хімії. Особливості органічних сполук і причини виділення сполук Карбону в окрему хімічну науку. Зв'язок органічної хімії з природничими науками. Джерела

сировини органічних сполук. Структурна теорія хімічної будови органічних сполук та роль праць О. Бутлерова, А. Кекуле, А. Купера в її створенні. Пояснення явища ізомерії. Значення теорії хімічної будови органічних сполук Найважливіші школи хіміків-органіків та найвидатніші вчені хіміки-органіки XIX – XXI століття, їх внесок у розвиток органічної хімії.

Природа та типи хімічних зв'язків у сполуках Карбону. Основний та збуджений стани атома Карбону і типи гібридизації його атомних орбіталей ( $sp^3$ -,  $sp^2$ -,  $sp$ -гібридизації). Поняття про  $\sigma$ - та  $\pi$ -зв'язки, характеристика ковалентних зв'язків атома Карбону (довжина, енергія, напрямленість, полярність, поляризація). Електронегативність атома Карбону, що виявляє різний тип гібридизації. Ступені окиснення атома Карбону в молекулах органічних сполук та їхня залежність від електронного оточення.

Класифікація органічних сполук. Ациклічні (аліфатичні або нециклічні), карбоциклічні (аліциклічні і ароматичні) сполуки. Поняття про гомологічні ряди вуглеводнів. Загальні формули гомологічних рядів вуглеводнів. Поняття про класи органічних сполук. Старша характеристична група, характеристична група. Загальні формули класів органічних сполук. Поняття про полі- та гетерофункціональні органічні сполуки. Поняття про первинну, вторинну, третинну будову функціональних похідних вуглеводнів.

Номенклатура органічних сполук. Історичні підходи до становлення номенклатури і термінології в галузі органічної хімії. Типи номенклатур органічних сполук: тривіальна (історична), раціональна, радикально-функціональна, систематична, номенклатура IUPAC. Сучасна українська термінологія та номенклатура органічних сполук. Основні поняття систематичної номенклатури органічних сполук: родоначальна структура, характеристична група, старша характеристична група, замісник, локант. Сучасні принципи номенклатури органічних сполук: заміщення, найменших локантів, алфавітного порядку при переліку замісників у префіксі.

Ізомерія. Структурна статична ізомерія. Поняття про будову органічних сполук, що визначається єдністю трьох складових: хімічною, просторовою, електронною будовою. Поняття про конституцію органічних сполук. Поняття про явище ізомерії. Структурна статична ізомерія вуглеводнів.

Історія становлення стереохімії: відкриття французьким фізиком Е. Малюсом плоскополяризованого світла; французьким вченим Ж. Біо явища оптичного обертання; французьким мікробіологом і хіміком Л. Пастером антиподів натрій амонієвих солей винних кислот; голландським хіміком Я. Вант Гоффом і французьким хіміком Ж. Ле Белем енантіомерії для тетраедричного атома Карбону; передбачення Я. Вант Гоффом існування *цис*-, *транс*-ізомерів алкенів, стереоізомерії аленів; введення в хімічну літературу лордом Кельвіном терміну «хіральний» та розвиток поняття «хіральність» К. Міслоу, Р. Каном, К. Інгольдом і В. Прелогом; створення А. Байером концепції напруг у циклічних системах; відкриття П. Вальденом явища обертання конфігурації в реакціях бімолекулярного заміщення; гіпотеза німецьких хіміків Г. Заксе і Е. Мора про неплоскуну будову циклічних систем; використання рентгеноструктурного аналізу І. Біівутом для визначення абсолютної конфігурації оптично активних сполук. Нобелівські лауреати в

галузі стереохімії: Р. Вудворд (США) «За видатний внесок в мистецтво органічного синтезу», а саме за стереонапрявлений синтез; Д. Бартон (Велика Британія) і О. Хассель (Норвегія) «За внесок в розвиток конформаційної концепції та її використання в хімії»; В. Прелог (Швейцарія) «За дослідження в галузі стереохімії органічних молекул і реакцій»; Д. Конфорд (Велика Британія) «За дослідження стереохімії реакції ферментативного каталізу»; У. Ноулз (США), Р. Нойорі (Японія), Б. Шарплесс (США) «За дослідження в фармацевтичній промисловості – створення хіральных каталізаторів окисно-відновних реакцій».

Поняття про конформації. Конформації алканів: затінені, заторможені. Поняття про торсійний кут. Залежність потенціальної енергії конформерів від торсійного кута. Порівняння енергій затінених і заторможених конформацій. Конформери. Номенклатура IUPAC конформерів: синперипланарний (*sp*), антиперипланарний (*ap*), + синклінальний (+*sc*), – синклінальний (–*sc*), + антиклінальний (+*ac*), – антиклінальний (–*ac*). Стійкість циклічних систем. Малі, звичайні, середні, макроцикли. Напруги Байера (кутова); Пітцера (торсійна); Ван дер Ваальса; напруга, що пов'язана зі зміною довжини зв'язків. Конформації циклоалканів. Конформація циклогексану: ванна, крісло, інверсія циклогексанового кільця; поняття про аксіальні і екваторіальні С–Н зв'язки. Конформації моно- і дизаміщених циклогексанів. Конденсовані системи: системи із малих циклів. Місткові системи: норборнан, пінан. Декаліни: *транс*- і *цис*-декаліни. Пергідрофенантрен. Каркасні структури: призма, тетраедран, кубан, твістан, адамантан. Спірани.

Геометрична ізомерія. Структура алкенів і природа *цис*-, *транс*-ізомерії. Використання префіксів *цис*-, *транс*- для алкенів, *син*-, *анти*- для оксимів альдегідів і кетонів. Стереодескриптори *Z*- і *E*- у назвах алкенів за IUPAC. Старшинство замісників за системою Кана–Інгольда–Прелога. Поняття про диграф. Взаємоперетворення геометричних ізомерів.

Оптична ізомерія. Поняття про асиметричний атом Карбону. Поняття про оптичну активність органічних сполук. Поняття про хіральный атом Карбону, хіральну молекулу. Елементи симетрії: вісь симетрії, площина симетрії, центр симетрії, дзеркально-поворотні осі симетрії. Поняття про енантіомери, діастереомери, *мезо*-форму, *трео*-форму, *еритро*-форму, рацемат, рацемічну суміш. Поняття про відносну конфігурацію (*D*-, *L*-стереохімічні ряди, побудова проєкцій Фішера). Поняття про абсолютну конфігурацію (*R*-, *S*-стереохімічні ряди, побудова проєкцій Фішера). Принцип пріоритетності Кана–Інгольда–Прелога. Стереодескриптори *R*- і *S*-у назвах просторових ізомерів за IUPAC.

Взаємний вплив атомів у молекулах органічних сполук. Поняття про індукційний та мезомерний (ефект кон'югації) ефекти. Індукційні ефекти електродонорних (+I) та електроакцепторних (–I) замісників. Вплив індукційних ефектів на перерозподіл електронної густини в ациклічних і ароматичних молекулах органічних сполук. Вплив індукційних ефектів на кислотно-основні властивості органічних сполук. Вплив індукційних ефектів на визначення реакційних центрів у молекулах органічних сполук. Мезомерні ефекти електродонорних (+M( $\sigma$ ,  $\pi$ ); +M( $p$ ,  $\pi$ ); +M( $\pi$ ,  $\pi$ );) та електроакцепторних (–M( $\pi$ ,  $\pi$ )) замісників. Вплив мезомерних ефектів на перерозподіл

електронної густини в ациклічних і ароматичних молекулах органічних сполук. Вплив мезомерних ефектів на кислотно-основні властивості органічних сполук. Вплив мезомерних ефектів на визначення реакційних центрів у молекулах органічних сполук. Співвідношення індукційного і мезомерного ефекту в молекулах органічних сполук. Узгоджена та неузгоджена дія електронних ефектів.

Інтермедіати в органічній хімії. Поняття про вільні радикали, карбокатиони, карбоаніони та електрофільні і нуклеофільні реагенти. Способи розриву зв'язків у молекулах органічних сполук: гетеролітичний, гомолітичний. Карбокатиони. Утворення карбокатионів. Тип гібридизації атома Карбону з позитивним зарядом в карбокатионі. Стійкість карбокатионів. Алкільні, алільні, арильні карбокатиони та їх критерії стійкості. Карбоаніони. Одержання карбоаніонів. Тип гібридизації атома Карбону з негативним зарядом в карбоаніоні. Стійкість карбоаніонів. Алкільні, алільні, арильні карбоаніони та їх критерії стійкості. Порівняння стійкості карбоаніонів різної будови:  $sp^3$ -,  $sp^2$ -,  $sp$ -гібридизованих. Стійкість ароматичних карбоаніонів. Радикали.  $\sigma$ - та  $\pi$ -радикали. Одержання радикалів. Термодинамічна та кінетична стійкість радикалів різної будови. Карбени. Йон-радикали: катіон-, аніон-радикали.

Поняття про механізми органічних реакцій. Загальна характеристика реакцій органічних сполук. Класифікація реакцій за напрямком: приєднання (А-реакції), відщеплення (Е-реакції), заміщення (S-реакції), перегрупування; за типом розриву хімічних зв'язків: гомолітичні, гетеролітичні. Кінетична класифікація органічних реакцій: молекулярність і порядок реакції.

Сучасні теорії кислот і основ в органічній хімії. Історичні підходи до класифікації органічних сполук на кислоти і основи. Сучасні теорії кислот і основ: Арреніуса – Оствальда, Бренстеда – Лоурі, Льюїса, Пірсона (ЖМКО). Теорія Оствальда – Ареніуса – теорія електролітичної дисоціації. Теорія Бренстеда – Лоурі – протолітична теорія. Поняття про типи органічних кислот (ОН-, SH-, NH-, CN-, CX-кислоти). Порівняння кислотних властивостей органічних сполук різної будови в світлі теорії Бренстеда – Лоурі. Поняття про типи органічних основ (амонієві, сульфонієві, оксонієві). Порівняння основних властивостей органічних сполук різної будови в світлі теорії Бренстеда – Лоурі. Теорія Льюїса – електронна теорія. Принцип ЖМКО Пірсона: жорстка і м'яка кислота; жорстка і м'яка основа.

Алкани. Хімічний склад, загальна формула та гомологічний ряд алканів. Поняття про первинні, вторинні, третинні та четвертинні атоми Карбону. Номенклатура алканів: тривіальна, раціональна, систематична (IUPAC). Алкільні замісники та їх назви. Ізомерія алканів: структурна (ізомерія карбонового скелету), просторова (конформаційна, конфігураційна) ізомерія. Використання проєкцій Ньюмена для зображення просторових ізомерів. Методи синтезу алканів: промислові – з нафти і природного газу, гідрування вугілля – метод Бергіуса, оксосинтез – метод Фішера – Тропша, суха перегонка вугілля, сланців, деревини, торфу; лабораторні – без зміни карбонового скелету: відновлення алкілгалогенідів Гідрогеном у момент виділення, гідроліз металоорганічних сполук, гідрування ненасичених вуглеводнів; методи синтезу алканів із збільшенням карбонового скелету: реакція Вюрца, реакція Кольбе

(електроліз солей карбонових кислот); синтез алканів із зменшенням карбонового скелету: декарбоксілювання солей карбонових кислот (синтез Дюма). Фізичні властивості алканів. Агрегатний стан алканів, закономірності в зміні температур кипіння і плавлення, а також густини в межах гомологічного ряду. Електронна будова насичених вуглеводнів. Тетраедрична або  $sp^3$ -гібридизація атома Карбону. Енергія, довжина, полярність і здатність до поляризації  $\sigma$ -C-C і C-H зв'язків у молекулах алканів. Позитивний індукційний ефект (+I) алкільних замісників в алканах та його вплив на активність атомів Гідрогену біля первинних, вторинних і третинних атомів Карбону. Просторова будова молекул метану, етану, пропану, бутану та інших алканів. Їх кулестрижневі моделі. Хімічні властивості алканів. Реакції радикального заміщення. Механізм реакцій  $S_R$ . Порівняння стійкості первинних, вторинних, третинних алкільних радикалів. Галогенування. Механізм реакцій  $S_R$  (на прикладі реакції хлорування метану). Швидкості реакцій фторування, хлорування, бромовання. Неселективність ланцюгових радикальних реакцій, орієнтація заміщення під час галогенування. Сульфохлорування. Механізм реакції  $S_R$ . Використання алкілсульфохлоридів для виробництва синтетичних мийних засобів. Нітрування. Рідкофазне нітрування за Коноваловим, парофазне нітрування, механізм реакції. Окиснення. Відношення алканів до розчину калій перманганату. Окиснення алканів до кислот з розривом C-C зв'язків (добування оцтової кислоти із бутану, синтетичних вищих карбонових кислот із нафтових фракцій). Добування формальдегіду із метану. Горіння. Октанові числа. Антидетонатори. Тетраетилплумбум. Реакції відщеплення. Дегідрування алканів. Реакції розщеплення. Крекінг: термічний і каталітичний, піроліз та їх значення. Ізомеризація *n*-алканів в ізоалкани. Окремі представники насичених вуглеводнів, їх добування та практичне застосування. Антропогенні джерела надходження алканів в навколишнє середовище та їх токсичність.

Алкени. Загальна формула. Гомологічний ряд етену і його генетичний зв'язок з гомологічним рядом алканів. Номенклатура алкенів: тривіальна, раціональна, систематична (IUPAC). Ізомерія алкенів: структурна (розгалуження карбонового скелету і розташування подвійного зв'язку), просторова (*цис*- і *транс*- та *Z*-, *E*-). Принцип старшинства (Кана – Інгольда – Прелога). Відмінність у властивостях геометричних ізомерів. Методи добування алкенів. Реакції відщеплення: дегідрування алканів, дегідрогалогенування галогеноалканів, дегідратація спиртів, дегідрогалогенування віцинальних дигалогеноалканів. Гідрування ацетиленових вуглеводнів, добування *цис*- і *транс*- алкенів. Виділення з продуктів крекінгу нафти та природного газу. Фізичні властивості алкенів. Закономірності в зміні температур кипіння і плавлення, густини в межах гомологічного ряду алкенів. Електронна будова алкенів. Тригональна  $sp^2$ -гібридизація атома Карбону. Схема  $\sigma$ - і  $\pi$ -зв'язків, валентні кути в молекулах етену, пропену, бутенів. Кулестрижневі моделі алкенів. Розподіл електронної густини та здатність до поляризації  $\pi$ -зв'язків. Енергія і довжина подвійного зв'язку в етені. Електронегативність атома Карбону в  $sp^2$ -гібридизованому стані. Хімічні властивості алкенів. Реакції приєднання. Електрофільне приєднання до алкенів, двостадійний механізм реакцій  $A_E$  ( $\pi$ - і  $\sigma$ -комплекси). Гідрування алкенів. Ката-

лізатори гідрування. Галогенування алкенів. Гідрогалогенування. Правило Марковникова (розгляд статичного та динамічного ефектів). Правило Вагнера – Зайцева і пояснення його на основі динамічного ефекту. Приєднання галогеноводнів до пропену в присутності пероксидів (пероксидний ефект Караша,  $A_R$  - механізм) і до 3,3,3-трифлуоропропену. Гідратація, каталітичне алкілювання алкенів. Оксосинтез і його каталіз. Реакції заміщення. Хлорування алкенів при високій температурі,  $S_R$ -механізм. Добування алілхлориду. Реакції полімеризації. Ланцюгова полімеризація, стадії процесу. Одержання полімерів радикальною, катіонною та аніонною полімеризацією. Стереоспецифічні каталізатори Циглера – Натта. Поліпропілен (ізотактичний, синдіотактичний, атактичний). Приклади полімерів та їх застосування. Добування високооктанового палива. Реакції окиснення. Окиснення без розриву C-C зв'язків: реакція Вагнера, добування епоксисполук і використання їх для добування гліколів, каталітичне окиснення етену в оцтовий альдегід на паладієвому каталізаторі, добування акрилонітрилу окиснювальним амонізом пропілену. Окиснення алкенів з розривом C-C зв'язків: озонування, окиснення сильними окисниками. Значення реакцій окиснення для встановлення будови алкенів. Реакції ізомеризації. Якісні реакції на подвійний зв'язок. Окремі представники етенів, їх добування та практичне застосування для промислового синтезу органічних речовин. Забруднення навколишнього середовища алкенами.

Алкадієни. Каучуки. Загальна формула, класифікація, номенклатура, ізомерія. Дієни з кон'югованою системою подвійних зв'язків. Методи синтезу кон'югованих дієнів. Добування бута-1,3-дієну із бутану, бутан-бутенової фракції крекінг-газів та з етилового спирту (метод Лебедева). Добування ізопрену (2-метилбута-1,3-дієну) із 2-метилбутану (з пентанової фракції нафти). Фізичні властивості кон'югованих дієнів. Електронна будова бута-1,3-дієну. Схеми  $\sigma$ - і  $\pi$ - зв'язків його молекули. Перерозподіл електронної густини в системі  $\pi$ -зв'язків. Неполярний мезомерний (M) ефект ( $\pi, \pi$ -кон'югації), мезомерні структури, мезоформула. Замісники, що спричиняють позитивний (+M) мезомерний ефект. Хімічні властивості кон'югованих дієнів. Реакції приєднання ( $A_E$ ) в 1,2- та 1,4-положення. Поняття про інтермедіат алільної природи – алільний карбокатион. Гідрування, галогенування, гідрогалогенування бута-1,3-дієну. Кінетичний і термодинамічний контроль, енергетична діаграма бромовання бута-1,3-дієну. Дієновий синтез Дільса – Альдера. Полімеризація та кополімеризація кон'югованих дієнів. Натуральний каучук (НК), його добування, будова. Доказ будови НК за озонолізом Гаррієса, просторова будова натурального каучука і гутаперчі. Синтетичні каучуки: СКБ, СКД, СКІ, СКН, СКС, хлоропреновий. Застосування натурального і синтетичних каучуків. Вулканізація каучуків. Гума. Ебоніт. Ізопренова ланка в природних сполуках: терпенах, вітамінах, стероїдах. Дієнові вуглеводні та охорона навколишнього середовища.

Алкіни. Загальна формула. Гомологічний ряд ацетиленових вуглеводнів і його генетичний зв'язок з гомологічними рядами алкенів та алканів. Номенклатура та ізомерія алкінів. Поняття про термінальні алкіни. Методи добування алкінів. Промислові: добування ацетилену з кальцій карбїду, піроліз алканів (метану або нафтових фракцій). Лабораторні: дегідрогалогенування

віцінальних дигалогенопохідних алканів та алкенів, дегалогенування тетрагалогенопохідних алканів, алкілювання ацетиленідів лужних металів. Фізичні властивості ацетиленових вуглеводнів. Залежність температури кипіння алкінів від структури молекул. Електронна будова ацетиленових вуглеводнів. Діагональна *sp*-гібридизація атома Карбону. Схема  $\sigma$ - і  $\pi$ -зв'язків у молекулі ацетилену. Розподіл електронної густини  $\pi$ -зв'язків у молекулі ацетилену та їх здатність до поляризації. Енергія та довжина потрійного зв'язку. Електронегативність Карбону в *sp*-гібридизованому стані. Порівняння енергії, довжини і полярності зв'язків C-H в етані, етені і ацетилені. Кулестрижневі моделі алкінів. Хімічні властивості алкінів. Кислотні властивості алкінів: добування ацетиленідів металів, реактиву Іюича. Порівняння кислотних властивостей ацетилену, етену і етану. Реакції приєднання до алкінів. Порівняння реакційної здатності в реакціях електрофільного приєднання ацетиленових і етенових вуглеводнів. Приєднання полярних речовин до несиметрично заміщених гомологів ацетилену (правило Марковникова). Реакції  $A_E$ : гідрування алкінів. Стереоселективність реакції гідрування алкінів. Галогенування та гідрогалогенування алкінів. Реакції  $A_N$ : гідратація алкінів (реакція Кучерова), її механізм. Правило Ельтекова. Приєднання спиртів (добування вінілових етерів), карбонових кислот (синтез вінілацетату), синильної кислоти (добування акрилонітрилу). Взаємодія термінальних алкінів з карбонільними сполуками. Реакції окиснення: умови, окисники, продукти реакції. Олігомеризація алкінів: димеризація ацетилену (вінілацетилен і синтез хлоропрену на його основі), циклотримеризація (бензен), тетрамеризація (циклооктатетраєн). Полімер ацетилену – карбін. Ацетилен як сировина в промисловості органічного синтезу: добування оцтового альдегіду, тетрахлороетану, вінілхлориду, акрилонітрилу, вінілацетату, вінілових етерів та інших мономерів для синтезу полімерів і каучуків. Використання ацетилену в автогенному зварюванні і різанні металів.

Циклоалкани. Загальна формула, номенклатура. Типи ізомерії: структурна (кількість атомів Карбону в циклі, будова бічних ланцюгів, положення замісників у циклі); просторова (геометрична, оптична і конформаційна). Теорія напруження Байера і конформаційна напруга в циклах. Конформаційна ізомерія монозаміщених циклогексанів (аксіальне і екваторіальне положення замісників). Структурна, геометрична, оптична і конформаційна ізомерія дизаміщених циклогексанів. Методи створення малих циклів: циклізація  $\alpha$ -,  $\omega$ -дигалогенозаміщених алканів (внутрішньомолекулярний варіант реакції Вюрца). Синтез п'яти- і шестичленних циклів; піроліз кальцієвих солей дикарбонових кислот з подальшим відновленням одержаних циклічних кетонів, гідрування ароматичних вуглеводнів ряду бензену, дегідроциклізація алканів, дієновий синтез Дільса – Альдера. Електронна будова циклопропану ("банановий зв'язок"). Хімічні властивості циклопропану. Електронна будова циклогексану. Хімічні властивості циклогексану. Порівняння властивостей циклопропану, циклобутану, циклопентану і циклогексану з властивостями алкенів і алканів: відношення до дії водню, галогенів, галогеноводнів, окисників (у м'яких і жорстких умовах). Властивості середніх і макроциклів. Знаходження циклопарафінів у природі. Поліциклічні насичені вуглеводні.



Номенклатура і типи біциклічних систем: сполуки з ізольованими циклами, спірани, конденсовані і місткові системи. Декаліни і їх просторова будова.

Циклоалкени. Терпени. Природні моно- і поліциклічні системи терпенів і стероїдів: ментол, борнеол, камфора, холестерол. Рідкі кристали. Статеві гормони.

Поняття про ароматичність, антиароматичність, неароматичність. Поняття про ароматичні властивості бензену та інших органічних речовин. Метод МО: одноелектронні енергетичні рівні, енергії і склад МО (метод Хюккеля). Діамагнітне дезекранування ароматичних протонів – головна ознака ароматичності. Правило ароматичності Хюккеля. Поняття про ароматичність, антиароматичність, неароматичність.

Бензен та його гомологи. Бензен. Молекулярна формула. Структурні формули бензену, запропоновані Кекуле, Ладенбургом, Дьюаром, Тіле. Недоліки цих формул. Електронна будова бензену, схеми  $\sigma$ - і  $\pi$ -зв'язків. Квантовохімічне описання бензену: метод валентних зв'язків.  $\pi, \pi$ -Кон'югація в молекулі бензену, вигляд єдиної  $\pi$ -молекулярної орбіталі, енергія кон'югації. Хімічні методи синтезу бензену: дегідрування циклоалканів, дегідроциклізація алканів, циклотримеризація ацетилену. Природні джерела добування ароматичних вуглеводнів. Хімічні властивості бензену. Ароматичні властивості бензену: здатність до реакцій електрофільного заміщення ( $S_E2$ -механізм), особливі умови для реакцій приєднання, стійкість до дії окисників. Реакції електрофільного заміщення: галогенування, нітрування, сульфування, алкілювання, ацилювання бензену. Механізм електрофільного заміщення в молекулі бензену в загальному вигляді ( $S_E2$ ): приєднання електрофільного реагенту, утворення  $\pi$ -комплексу,  $\sigma$ -комплексу, відщеплення протону і відновлення ароматичної системи. Мезомерні структури, мезоформула  $\sigma$ -комплексу. Відсутність реакцій нуклеофільного заміщення в бензені та її причина. Реакції приєднання ( $A_R$ -механізм): гідрування, (часткове гідрування за Берчем), хлорування на світлі. Реакції, які супроводжуються деструкцією бензенового ядра: горіння, окиснення озonom, каталітичне окиснення в малеїновий ангідрид. Гомологічний ряд ароматичних вуглеводнів ряду бензену, їх загальна формула. Номенклатура моно-, ди- і тризаміщених бензенів. Ізомерія моно-, ди- і тризаміщених гомологів бензену з однаковими і різними алкільними замісниками. Методи добування гомологів бензену: реакція Вюрца – Фіттіга (побічні продукти реакції), алкілювання бензену за реакцією Фріделя – Крафтса, алкілюючі реагенти (алкілгалогеніди, спирти і алкени), механізм реакції ( $S_E2$ ). Добування ароматичних вуглеводнів у промисловості із вугілля і нафти. Фізичні властивості ароматичних вуглеводнів ряду бензену. Толуен: електронна будова (+I, +M -ефекти), мезомерні структури і мезоформула толуену. Вплив метильної групи на реакційну здатність бензенового ядра і вплив ядра бензену на реакційну здатність метильної групи. Хімічні властивості толуену. Подібність властивостей толуену та інших гомологів бензену до властивостей бензену і алканів. Реакції електрофільного заміщення в ароматичному ядрі толуену: галогенування, нітрування, сульфування, алкілювання. Реакції радикального заміщення в бічному ланцюзі толуену. Гідрування толуену. Окиснення толуену та інших алкілбензенів. Добування бензойної і

терефталевої кислот. Дегідрування етилбензену і добування стирену. Полістирен, добування, застосування.

Правила орієнтації для реакцій електрофільного заміщення в ядрі бензену. Порушення симетрії електронної хмари бензенового ядра при введенні в нього замісника. Замісники першого та другого роду. Порівняння сили впливу індукційних та мезомерних ефектів для замісників I та II роду. Статичний підхід. Електронна будова монозаміщених похідних бензену з замісниками, які мають вільну електронну пару (*орто*-, *пара*-орієнтанти); мезомерні структури, мезоформули. Особливість атомів галогену як замісників першого роду. Електронна будова монозаміщених бензену з замісниками другого роду (*мета*-орієнтанти): мезомерні структури, мезоформула. Порівняння реакційної здатності монозаміщених бензену з замісниками першого і другого роду з реакційною здатністю бензену. Динамічний підхід. Мезомерні структури  $\sigma$ -комплексів при *орто*-, *мета*- і *пара*-заміщенні. Орієнтація замісників першого роду: *орто*-, *пара*-заміщення. Орієнтація замісників другого роду: *мета*-заміщення. Орієнтація в дизаміщених бензенах, визначення місця переважного наступного введення електрофільного реагента (на прикладі *орто*-, *мета*-, *пара*-дизаміщених аренів з замісниками одного та різних родів). Узгоджена і неузгоджена орієнтація.

Багатоядерні ароматичні сполуки з конденсованими ядрами бензену. Нафтален. Доведення рівноцінності двох ядер бензену. Ізомерія моно- і дизаміщених нафталенів, джерела добування нафталену. Електронна будова, мезомерні структури, порядки і довжини зв'язків, енергія кон'югації. Нерівномірність розподілу електронної густини і нерівноцінність положень у нафталеновому ядрі. Квазіароматичні властивості нафталену. Реакції заміщення: орієнтація реакцій заміщення і пояснення її на основі стійкості карбонієвих йонів, які утворюються на проміжній стадії. Нітрування, галогенування, сульфування. Реакції приєднання до нафталену: гідрування і галогенування. Окиснення нафталену: з розщепленням нафталенового ядра (добування фталевого ангідриду) і без розщеплення ядра (добування нафтохінонів). Біологічне значення похідних 1,4-нафтохінону (вітаміни групи К). Найважливіші похідні нафталену: метилнафталени, нафтоли, нафтиламіни, галогенонафталени, нафталенсульфо кислоти, нафтіонова кислота, їх властивості в порівнянні з властивостями аналогічних похідних бензену. Антрацен. Електронна будова, нерівноцінність положень в його молекулі, ізомерія монозаміщених антрацену. Ароматичний і ненасичений характер антрацену, порядки зв'язків, енергія кон'югації. Причина підвищеної хімічної активності положень 9, 10. Реакції приєднання: гідрування, приєднання натрію, взаємодія з дієнофілами. Реакції заміщення: хлорування, нітрування, сульфування. Порівняння ароматичних властивостей бензену, нафталену, антрацену. Реакції окиснення антрацену. Антрахінон. Алізарин, будова, добування. Алізаринові барвники, протравне фарбування. Фенантрен. Електронна будова, нерівноцінність положень, енергія кон'югації. Причина підвищеної хімічної активності положень 9, 10. Реакції заміщення: хлорування, нітрування, сульфування. Реакції приєднання: гідрування фенантреноу. Пергідрофенантрен. Циклопентанпергідрофенантеновий цикл у природних

сполуках. Вищі поліциклічні ароматичні вуглеводні. Канцерогенні ароматичні вуглеводні кам'яновугільної смоли.

Багатоядерні ароматичні сполуки з ізольованими ядрами бензену. Дифеніл, добування. Фенілметани. Синтез трифенілметану (реакція Фріделя-Крафтса) і його властивості. Трифенілхлорометан, трифенілкарбінол, їх добування, властивості. Кислотно-основні властивості трифенілкарбінолу. Електронна будова і забарвлення трифенілметильних радикалів, катіонів і аніонів. Порівняння стійкості алкільних, алільних, бензильних і трифенілметильних радикалів. Барвники трифенілметанового ряду. Амінопохідні трифенілметану. Малахітовий зелений, кристалічний фіолетовий, їх синтез. Гідроксипохідні трифенілметанового ряду. Фенолфталеїн, його добування. Причини виникнення забарвлення в лужному середовищі, знебарвлення при дії на фенолфталеїн надлишку лугу.

#### **4.4. ОРГАНІЧНА ХІМІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОХІДНИХ ВУГЛЕВОДНІВ**

Галогеновмісні похідні вуглеводнів. Галогеноалкани. Загальна формула, гомологічний ряд галогеноалканів. Номенклатура: радикально-функціональна та систематична (IUPAC). Типи ізомерії: структурна, просторова. Первинні, вторинні і третинні алкілгалогеніди. Фізичні властивості галогеноалканів. Залежність фізичних властивостей галогеноалканів від природи атомів галогену, складу і будови алкільного замісника. Методи добування галогеноалканів. Добування із насичених вуглеводнів, із спиртів (дією галогеноводнів, галогенідів Фосфору і Сульфуру), із етенових і ацетиленових вуглеводнів. Добування флуоро- і йодоалканів. Реакція Фінкельштейна. Добування полігалогенозаміщених і поліфлуоровуглеводнів. Електронна будова алкілгалогенідів: індукційний ефект, енергія, полярність і здатність до поляризації зв'язків карбон-галоген. Залежність реакційної здатності галогену від енергії зв'язків в ряду C-F, C-Cl, C-Br, C-I. Хімічні властивості галогеноалканів. Реакції нуклеофільного заміщення: взаємодія з водою, водними розчинами лугів, спиртами, алкоголями, амоніаком, амінами, солями галогеноводневих кислот, ціанідами, нітритами. Механізми реакцій  $S_N2$  і  $S_N1$ . Стереоспецифічність реакцій  $S_N2$  - типу і відсутність стереоспецифічності в реакціях  $S_N1$  - типу. Поняття про амбідентні нуклеофіли (бінуклеофіли). Правило Корнблума. Залежність напрямку реакції заміщення з амбідентними аніонами від механізму заміщення ( $S_N1$  і  $S_N2$ ). Порівняння реакційної здатності флуоро-, хлоро-, бром- і йодоалканів, а також первинних, вторинних і третинних алкілгалогенідів у реакціях  $S_N$ . Супроводження реакцій заміщення реакціями дегідрогалогенування. Механізми реакцій  $E1$  та  $E2$ . Правило Зайцева. Порівняння реакційної здатності алкілгалогенідів у реакціях заміщення і відщеплення, вплив різних факторів на напрямок реакцій: будова субстрату і нуклеофільного реагенту, природа групи, яка заміщується, розчинників. Відновлення галогеноалканів (каталітичне і хімічне). Взаємодія галогеноалканів з металами: з натрієм (реакція Вюрца), цинком, магнієм. Добування реактивів Гриньяра і їх використання для синтезів. Найважливіші представники галогеноалканів. Розчинники та хладагенти. Продукти хлору-

вання метану, 1,2-дихлороетан, тетрахло- і гексахлороетани. Флуоропохідні алканів, особливі методи їх добування і властивості. Перфлуоровуглеводні, їх значення. Дифлуородихлорометан (фреон-12). Вплив фреонів на навколишнє середовище. Мутагенна і канцерогенна дія галогенопохідних алканів на клітинні мембрани.

Галогеноалкени. Вінілхлорид та алілхлорид, їх добування. Вінілхлорид. Електронна будова, схеми  $\sigma$ - і  $\pi$ -зв'язків, взаємний вплив атомів у молекулі,  $-I$  та  $+M$ -ефекти ( $p$ ,  $\pi$ -кон'югація), мезомерні структури, мезоформула. Хімічні властивості вінілхлориду. Реакції за участю подвійного зв'язку. Пояснення напрямку приєднання до вінілхлориду полярних речовин, наприклад галогеноводнів. Причина низької реакційної здатності вінільного атома галогену в реакціях  $S_N$ . Застосування вінілхлориду. Алілхлорид. Електронна будова. Хімічні властивості. Реакції за участю подвійного зв'язку і за участю атома Хлору. Причина високої активності алільного хлору в реакціях  $S_N$ . Застосування алілхлориду. Флуороалкени. Тетрафлуороетен, його синтез, застосування. Тефлон. Хімічне волокно (фторопласт).

Галогеноарени, арилалкілгалогеніди. Номенклатура, ізомерія, фізичні властивості. Синтез арилгалогенідів. Галогенування в ядро, механізм реакції ( $S_E2$ ). Умови хлорування толуену в ядро ( $S_E2$ ) і в бічний ланцюг ( $S_R$ ). Електронна будова арилгалогенідів:  $p, \pi$ -кон'югація. Порівняння довжин зв'язків Карбон-галоген та дипольних моментів у галогеноалканах, вінілхлориді і хлоробензені. Хімічні властивості арилгалогенідів. Реакції за участю атома галогену і вплив на його активність ядра бензену та різних замісників у ньому. Вплив нітрогрупи в *орто*-, *мета*- і *пара*-положеннях на реакційну здатність атома галогену. Нуклеофільне заміщення атома галогену. Добування фенолу і аніліну. Механізм відщеплення-приєднання. Механізм бімолекулярного нуклеофільного заміщення в арилгалогенідах з активним атомом галогену. Реакція Вюрца-Фіттіга. Добування арилмагнійгалогенідів і їх використання в синтезі. Реакції за участю ароматичного ядра: хлорування, нітрування, сульфурвання ( $S_E2$ ). Орієнтуюча дія галогену. Гексахлоробензен, добування, фізичні і хімічні властивості.

Арилалкілгалогеніди. Ароматичні галогенопохідні з атомом галогену в бічному ланцюзі і їх хімічні властивості. Реакції  $S_N1$ . Утворення бензилового спирту. Порівняння реакційної здатності галогену в бензилхлориді, алілхлориді, алкілхлориді, вінілхлориді і хлоробензені в реакціях нуклеофільного заміщення.

Нітрогеновмісні похідні вуглеводнів. Нітросполуки аліфатичного ряду. Загальна формула, гомогічний ряд, характеристична група нітросполук. Номенклатура. Добування нітросполук: нітрування алканів, взаємодією галогеноалканів з калій, натрій нітритами. Нітритний аніон - амбідентний нуклеофіл. Залежність напрямку реакцій від механізму нуклеофільного заміщення ( $S_{N1}$  і  $S_{N2}$ ). Електронна будова нітрогрупи, мезомерні структури, мезоформула, довжина і порядок зв'язків. Таутомерія нітросполук. Нітрометан, нітроформ. Значення нітросполук. Нітросполуки ароматичного ряду. Хімічні властивості ароматичних нітросполук. Електронна будова нітробензену, розподіл електронної густини з урахуванням  $-I$  і  $-M$  ефектів. Мезомерні структури,

мезоформула. Реакції за участю нітрогрупи. Відновлення ароматичних нітросполук. Реакції за участю ароматичного ядра. Вплив нітрогрупи на активність ароматичного ядра. Реакції електрофільного заміщення, орієнтація нітрогрупи. Нуклеофільне заміщення в ароматичному ядрі нітробензену (реакція з порошкоподібним калій гідроксидом).

Аміни аліфатичного ряду. Гомологічний ряд амінів. Характеристична група амінів. Первинні, вторинні і третинні аміни. Номенклатура. Добування амінів: із галогеноалканів (реакція Гофмана), відновлення нітросполук та нітрилів, перегрупування амідів насичених монокарбонових кислот за Гофманом. Фізичні властивості амінів. Залежність температури кипіння амінів від будови їх молекули. Порівняння температур кипіння амінів і спиртів. Електронна і просторова будова молекул амінів. Подібність електронної і просторової будови амінів і амоніаку. Гібридизація атома Нітрогену. Хімічні властивості амінів. Кислотно-основні властивості амінів і порівняння їх з властивостями спиртів. Порівняння основних властивостей амоніаку, первинних, вторинних і третинних амінів у газовій фазі і водному розчині. Реакції алкілювання амінів. Четвертинні солі амонію, їх термічний розклад. Ацилювання амінів. Дія нітритної кислоти на первинні, вторинні і третинні аміни. Діаміни: тетра-, пента, гексаметилендіаміни.

Аміни ароматичного ряду. Аміни ароматичного ряду. Класифікація: первинні, вторинні, третинні жирно-ароматичні та ароматичні аміни. Номенклатура, ізомерія ароматичних амінів. Добування аніліну із нітробензену: каталітичним відновленням нітрогрупи, відновленням сульфідами (Зінін) і активними металами в кислому середовищі. Добування бензидину. Бензидинове перегрупування. Добування аніліну із хлоробензену. Добування вторинних і третинних жирно-ароматичних і ароматичних амінів. Фізичні властивості ароматичних амінів. Електронна будова аніліну, взаємний вплив атомів у молекулі,  $-I$  та  $+M$  ефекти аміногрупи ( $p$ ,  $\pi$ -кон'югація). Хімічні властивості ароматичних амінів. Реакції за участю аміногрупи: основні властивості і порівняння їх з основними властивостями аліфатичних амінів та амоніаку. Вплив замісників у бензеновому ядрі на основні властивості ароматичних амінів. Порівняння основних властивостей первинних, вторинних і третинних ароматичних амінів. Солі ароматичних амінів та їх утворення. Нуклеофільні властивості ароматичних амінів: алкілювання, ацилювання, арилювання аміногрупи, утворення основ Шиффа. Реакції первинних, вторинних і третинних ароматичних амінів з нітритною кислотою. Реакції ароматичних амінів за участю бензенового ядра. Галогенування аніліну (триброманілін), умови, необхідні для добування *орто*- і *пара*-броманіліну. Нітрування і хлорування аніліну. Необхідність ацильного захисту аміногрупи. Нітрування аніліну в концентрованій сульфатній кислоті (*мета*-нітроанілін). Технічний метод добування *мета*-нітроаніліну. Сульфування аніліну. Добування сульфанілової кислоти. Будова сульфанілової кислоти. Сульфамідні препарати.

Діазосполуки. Солі діазонію. Добування солей діазонію реакцією діазотування, умови проведення реакції. Механізм реакції діазотування, будова нітрозоній-катиона. Електронна будова катиона діазонію, мезомерні структури, мезоформула. Форми діазосполук в залежності від середовища: сіль діазонію,

гідроксид діазонію, діазогідрат, (Ганч, Порай-Кошиць). Хімічні властивості солей діазонію. Реакції солей діазонію з виділенням азоту діазогрупи. Розкладання солей діазонію: гідроліз (добування фенолів), взаємодія з спиртами. Заміщення діазогрупи на Гідроген (окисно-відновний процес). Заміщення діазогрупи на Хлор, Бром (реакції Зандмейера) та їх механізм ( $S_R$ ), роль каталізатора. Заміщення діазогрупи на Йод, нітрильну групу.

Азосполуки. Азобарвники. Реакція солей діазонію без виділення азоту. Відновлення в арилгідразини. Реакція азосполучення з фенолами і ароматичними амінами, умови перебігу та механізм реакції азосполучення ( $S_{E2}$ ). Азобарвники, електронна будова азогрупи. Приклади азобарвників: *пара*-гідроксиазобензен, *пара*-диметиламіноазобензен, метиловий оранжевий (метилоранж) і його добування. Пояснення появи забарвлення азосполук наявністю кон'югованої системи подвійних зв'язків. Основні положення хромофорно-ауксохромної теорії забарвлення речовин. Будова метилоранжу в нейтральному, лужному та кислому середовищі.

Гідроксильні похідні вуглеводнів. Алканоли. Характеристична група спиртів, їх атомність. Загальна формула одноатомних спиртів та їх гомологічний ряд. Генетичний зв'язок між гомологічними рядами спиртів і насичених вуглеводнів. Ізомерія спиртів: структурна, просторова. Первинні, вторинні і третинні спирти. Номенклатура: історична, раціональна, систематична, IUPAC. Методи добування: окиснення алканів, гідроліз галогеноалканів, гідратація алкенів, відновлення карбонільних сполук, із альдегідів та кетонів і магнійорганічних сполук, гідроліз естерів, із амінів, бродіння цукристих речовин. Фізичні властивості спиртів. Залежність температури кипіння спиртів від будови їх молекули. Причина підвищення температур кипіння спиртів у порівнянні з алканами, галогеноалканами. Міжмолекулярний водневий зв'язок у спиртах. Розчинність спиртів у воді. Електронна будова спиртів. Схема  $\sigma$ -зв'язків та полярність їх молекул. Хімічні властивості спиртів. Теорія кислот і основ Бренстеда-Лоурі. Порівняння сили кислот H-Hal, O-H, C-H. Кислоти і основи Льюїса. Нуклеофільність і основність речовин. Кислотно-основні властивості спиртів. Порівняння кислотних і основних властивостей води, первинних, вторинних і третинних спиртів. Заміщення атома Гідрогену гідроксильної групи спирту на катіони металічного елемента, утворення алкоголятів. Взаємодія спиртів з магнійорганічними сполуками. Оксонієві солі. Реакції нуклеофільного заміщення ОН-групи спиртів: взаємодія спиртів з галогеноводневими кислотами (механізм реакцій  $S_{N2}$  для первинних і  $S_{N1}$  для вторинних і третинних спиртів). Порівняння реакційної здатності первинних, вторинних і третинних спиртів у реакціях з галогеноводнями, порівняння реакційної здатності галогеноводневих кислот в реакціях з спиртами. Заміщення гідроксильної групи в спиртах на галоген дією галогенопохідних Фосфору і Сульфору. Взаємодія спиртів з мінеральними та карбоновими кислотами. Естери сульфатної, нітратної, фосфатної та насичених монокарбонічних кислот. Взаємодія спиртів з сульфатною кислотою: добування естерів сульфатної кислоти, етерів і алкенів. Алкілювання спиртів. Добування етерів. Алкілюючі засоби: спирт у кислому середовищі, діалкілсульфати в лужному середовищі. Алкілювання алкоголятів лужних металів

алкілгалогенідами (реакція Вільямсона і її механізм). Відщеплення води від спиртів. Внутрішньомолекулярна дегідратація спиртів, орієнтація відщеплення води, правило Зайцева. Окиснення спиртів.

Хімічне і каталітичне окиснення спиртів. Дія окисників на первинні, вторинні і третинні спирти. Ідентифікація спиртів. Проба Лукаса, кольорова реакція з хром(VI) оксидом в сульфатній кислоті. Найважливіші представники насичених одноатомних спиртів: метиловий, етиловий, пропіловий, бутиловий, аміловий спирти, їх добування, застосування. Отруйна дія метанолу. Використання етанолу в біології, біохімії, фармакології. Фізіологічна дія етанолу на організм людини. Вищі спирти: цетиловий і мерициловий та їх поширення в природі. Одноатомні ненасичені спирти. Вініловий спирт і причина його нестійкості (правило Ельтекова). Найважливіші етери та естери вінілового спирту: вінілбутиловий етер, вінілацетат; їх добування, застосування. Аліловий спирт, добування, властивості. Будова алільного карбокатиону.

Двох- і трьохатомні спирти. Гліколі. Гомологічний ряд, ізомерія, номенклатура. Добування  $\alpha$ -гліколів з алкенів: реакцією Вагнера (*цис*-гідроксилування), реакцією Прилежаєва – через  $\alpha$ -оксид (*транс*-гідроксилування), гідролізом дигалогенозаміщених алканів. Хімічні властивості гліколів. Кислотно-основні властивості гліколів і порівняння їх з властивостями одноатомних спиртів. Реакції нуклеофільного заміщення гідроксильних груп на галоген. Два ряди етерів та естерів гліколів. Етери етиленгліколю, диглім. Поліетиленгліколі та їх значення для синтезу мийних засобів. Особливості реакцій внутрішньо- та міжмолекулярної дегідратації гліколів різної будови. Окиснення етиленгліколю.

Гліцерол. Добування гліцеролу омиленням жирів та з пропілену через алілхлорид. Кислотно-основні властивості гліцеролу і порівняння їх з властивостями одноатомних спиртів. Три ряди етерів та естерів. Тринітрат гліцеролу (нітрогліцерин). Добування, застосування. Окиснення гліцеролу. Дегідратація гліцеролу (утворення акролеїну). Роль гліцеролу та його похідних в обміні речовин. Використання гліцеролу в фармакологічній і харчовій промисловості.

Феноли та ароматичні спирти. Феноли – гідрокси похідні ароматичних вуглеводнів, відмінність у будові фенолів і ароматичних спиртів. Атомність фенолів. Одноатомні феноли: загальна формула, гомологічний ряд, номенклатура, ізомерія, фізичні властивості. Добування фенолів із кам'яновугільної смоли, окиснення ізопропілбензену, лужне плавлення сульфокислот, гідроліз арилгалогенідів та гідроліз солей арилдіазонію. Хімічні властивості одноатомних фенолів. Електронна будова фенолу з урахуванням  $-I$  і  $+M$  ефектів. Мезомерні структури, мезоформула. Порівняння довжин зв'язків  $C-O$  в молекулах фенолу і етилового спирту. Реакції, обумовлені наявністю групи  $-OH$ . Вплив ядра бензену на кислотно-основні властивості фенолу. Кислотні властивості фенолу, етилового спирту, карбонатної кислоти. Фенолят-аніон і його будова. Вплив замісників першого і другого роду в *орто*-, *мета*- і *пара*-положеннях бензенового ядра на кислотні властивості фенолу. Електронна будова *n*-нітрофенолу, пікринової кислоти і їх кислотні властивості. Внутрішньомолекулярні і міжмолекулярні зв'язки в 2- і 4-

нітрофенолів. Реакція фенолів з Ферум(III) хлоридом. Алкілювання, ацилювання фенолів. Реакції за участю бензенового ядра. Вплив гідроксильної групи на хімічну активність бензенового ядра фенолу. Орієнтуюча дія ОН-групи. Реакції електрофільного заміщення в бензеновому ядрі фенолу: галогенування, сульфонування, нітрування, С-алкілювання, азосполучення, карбоксилювання (реакція Кольбе). Взаємодія фенолу з формальдегідом. Фенолформальдегідні смоли, їх будова, застосування. Реакції приєднання до бензенового ядра фенолу. Гідратування фенолу і використання циклогексанолу для добування капролактаму, адипінової кислоти, гексаметилендіаміну і синтез на їх основі хімічних волокон – капрону і найлону. Окиснення фенолу. Використання фенолів і крезолів у промисловості. Двохатомні і трьохатомні феноли. Пірокатехол, резорцинол, гідрохінон, пірогалол, флороглюцин. Добування, властивості. Таутомерія резорцинолу і флороглюцину. Окиснення гідрохінону в *n*-хінон. Застосування багатоатомних фенолів.

Етери. Загальна формула, гомологічний ряд, ізомерія, номенклатура. Добування етерів міжмолекулярною дегідратацією спиртів та з галогеноалканів (реакція Вільямсона). Електронна будова етерів і їх хімічні властивості. Основні властивості етерів: взаємодія з галогеноводневими кислотами, з сульфатною кислотою. Солі оксонію. Абсолютний (безводний) ефір. Циклічні етери (діоксан). Пероксидні сполуки етерів. Застосування ефіру і техніка безпеки при роботі з ним.

Тіоспирти (меркаптани). Загальна формула, гомогічний ряд і його зв'язок з гомологічним рядом спиртів, характеристична група тіоспиртів. Номенклатура: радикально-функціональна, систематична, IUPAC. Добування тіоспиртів із галогеноалканів, спиртів. Хімічні властивості тіоспиртів. Порівняння кислотних і основних властивостей тіоспиртів із властивостями спиртів. Окиснення тіоспиртів. Дисульфідні і сульфокислоти. Біологічна роль оборотного переходу  $-SH \rightleftharpoons SS-$  груп в ряді похідних меркаптанів.

Тіоетери. Загальна формула, гомогічний ряд тіоетерів і його зв'язок з гомологічним рядом етерів. Номенклатура тіоетерів. Добування тіоетерів. Хімічні властивості тіоетерів. Основні властивості. Солі тіонію. Порівняння основних властивостей тіоетерів і етерів. Окиснення тіоетерів. Диметилсульфоксид – біполярний апротонний розчинник і його використання. Іприт, будова, добування, фізіологічна дія.

Оксосполуки. Альдегіди і кетони аліфатичного ряду. Гомологічні ряди, характеристичні групи альдегідів і кетонів, номенклатура (тривіальна, раціональна, систематична), ізомерія. Методи добування: дегідратування спиртів, піроліз кальцієвих солей карбонових кислот, гідроліз гемінальних дигалогеноалканів, гідратація ацетиленових вуглеводнів (Кучеров). Оксосинтез: приєднання Карбон(II) оксиду і водню до алкенів (Реппе). Фізичні властивості. Залежність фізичних властивостей альдегідів і кетонів від будови їх молекул. Порівняння температур кипіння альдегідів і кетонів з температурами кипіння спиртів. Електронна будова карбонільної групи. Природа подвійного зв'язку в групі C=O; -I, -M-ефекти карбонільної групи. Полярність і здатність до поляризації карбонільної групи. Хімічні властивості альдегідів і кетонів. Нуклеофільне приєднання до карбонільної групи за меха-



нізмом  $A_N$ : приєднання ціанідної кислоти, натрій гідрогенсульфіту, магнійорганічних сполук, води, спиртів (напівацеталі, ацеталі, кеталі), аміаку та його похідних (гідроксиламіну, гідразину, фенілгідразину). Оксими, гідразони, фенілгідразони та їх значення. Уротропін. Бекманівське перегрупування оксимів. Реакції за участю  $\alpha$ -атомів Гідрогену. Енолізація альдегідів і кетонів у лужному і кислому середовищах. Заміщення  $\alpha$ -атомів Гідрогену на галоген. Реакції конденсації альдегідів. Альдольна конденсація альдегідів та її механізм у лужному середовищі. Кротонова конденсація. Окисно-відновні реакції. Відновлення альдегідів і кетонів. Окиснення альдегідів. Якісні реакції альдегідів: реакція срібного дзеркала, взаємодія з купрум(II) гідроксидом і з фуксинсірчистою кислотою. Окиснення кетонів, правило Попова. Реакції аутоокиснення-відновлення. Реакції Канніццаро, Тищенко. Заміщення карбонільного атома Оксигену. Взаємодія альдегідів і кетонів з фосфор(V) хлоридом. Полімеризація альдегідів. Циклічні тримери (триоксан), паральдегід, лінійні полімери (параформ, поліформальдегід). Найважливіші представники. Формальдегід, оцтовий альдегід, ацетон і їх добування в промисловості, застосування. Особливі властивості мурашиного альдегіду. Кетен, його добування і хімічні властивості, застосування. Ненасичені альдегіди. Акролеїн. Добування, електронна будова, взаємний вплив атомів у молекулі,  $\pi, \pi$ -кон'югація. Реакції за участю подвійного зв'язку: 1,4-приєднання. Реакції за участю карбонільної групи.

Альдегіди і кетони ароматичного ряду. Ароматичні альдегіди. Гомологічний ряд, номенклатура, методи добування. Технічні методи добування бензальдегіду (із толуену і бензальхлориду). Електронна будова ароматичних альдегідів і взаємний вплив атомів в їх молекулах. Хімічні властивості ароматичних альдегідів. Реакції за участю карбонільної групи. Специфічні властивості ароматичних альдегідів: аутоокиснення, бензоїнова конденсація, реакція Канніццаро, конденсація Кляйзена, реакція Перкіна, реакція з амоніаком та первинними ароматичними амінами, фенолами, хлором. Реакції електрофільного заміщення за участю бензенового ядра ароматичних альдегідів. Коричний альдегід, його добування, властивості, застосування. Саліциловий альдегід, його синтез реакцією Реймера – Тіммана, хімічні властивості. Ванілін, будова застосування. Ароматичні кетони. Класифікація; жирно-ароматичні та ароматичні кетони. Жирно-ароматичні кетони. Ацетофенон, синтез ацетофенону за реакцією Фріделя–Крафтса; хімічні властивості ацетофенону. Ароматичні кетони. Бензофенон, його синтез, хімічні властивості. Реакції електрофільного заміщення в ароматичному ядрі ароматичних і жирно-ароматичних кетонів.

Карбонові кислоти всіх типів та їх функціональні похідні. Насичені монокарбонові кислоти. Гомологічний ряд, характеристична (функціональна) група карбонових кислот, номенклатура (тривіальна, раціональна, систематична), ізомерія. Методи добування: окиснення насичених вуглеводнів (вищих алканів і *n*-бутану), окиснення спиртів і альдегідів, синтез кислот із галогеноалканів карбоксилюванням магнійорганічних речовин (реактивів Гриньяра), гідроліз нітрilів (механізм реакції в кислому і лужному середовищах), карбоксилювання олефінів (синтез Реппе), гідроліз жирів, із

малонового та ацетооцтового естерів. Фізичні властивості. Залежність температур кипіння і плавлення карбонових кислот від структури молекули. Парно-непарний ефект і його причина. Міжмолекулярні водневі зв'язки (димери). Електронна будова карбоксильної групи. Взаємний вплив гідроксильної і карбонільної груп. +M-ефект (p,π-кон'югація) карбоксильної групи, мезомерні структури і мезоформула. Електронна будова карбоксилат-аніона, його мезомерні структури і мезоформула. -I та -M ефекти карбоксильної групи. Хімічні властивості. Кислотні властивості. Порівняння кислотних властивостей монокарбонових кислот, мінеральних кислот, води та спиртів. Вплив будови замісників різної природи на кислотні властивості карбонових кислот. Дисоціація карбонових кислот. Взаємодія карбонових кислот з металами, оксидами і гідроксидами металів, карбонатами. Основні властивості карбонових кислот. Приєднання протона до карбоксильної групи – будова спряжених кислот. Порівняння основних властивостей карбонільної групи альдегідів, кетонів і карбонових кислот. Реакції нуклеофільного заміщення біля  $sp^2$ -гібризованого атома Карбону в карбоксильній групі: добування галогеноангідридів, ангідридів, естерів. Властивості карбонових кислот за участю алкільного замісника. Вплив карбоксильної групи на рухливість  $\alpha$ -атома Гідрогену. Галогенування карбонових кислот за реакцією Геля–Фольгарда–Зелінського. Окремі представники: мурашина кислота (добування, особливі властивості, використання), оцтова кислота (добування, властивості). Пальмітинова, стеаринова і вищі карбонові кислоти.

Функціональні похідні карбонових кислот: солі, галогеноангідриди, ангідриди, естери, аміді, нітрили. Солі карбонових кислот та їх назви. Солі вищих карбонових кислот. Мило та його властивості. Використання солей карбонових кислот для добування насичених вуглеводнів, альдегідів і кетонів. Хлороангідриди. Добування хлороангідридів взаємодією карбонових кислот з  $PCl_5$ ,  $SOCl_2$ . Хімічні властивості хлороангідридів. Взаємний вплив атомів у молекулах хлороангідридів. Хлороангідриди як ацилюючі засоби (гідроліз, алкоголіз, ацидоліз, амоноліз). Використання хлороангідридів для добування ацилпероксидів. Ангідриди кислот. Гомологічний ряд ангідридів карбонових кислот. Добування оцтового ангідриду із оцтової кислоти, з кетену, взаємодією ацетилхлориду з ацетатами. Хімічні властивості ангідридів кислот. Ангідриди як ацилюючі засоби (гідроліз, алкоголіз, амоноліз). Естери. Добування естерів реакцією естерифікації (механізм реакції естерифікації в кислому середовищі). Хімічні властивості естерів. Лужний і кислотний механізм гідролізу естерів. Реакції переестерифікації і амонолізу. Естери в природі, їх застосування в промисловості. Аміді карбонових кислот. Добування: із галогеноангідридів, ангідридів, термічним розкладом амонійних солей карбонових кислот, неповним гідролізом нітрילів кислот (механізм гідратації), із оксимів альдегідів і кетонів за перегрупуванням Бекмана. Електронна будова амідів, вплив p,π-кон'югації на основні властивості  $NH_2$ -групи амідів, будова спряженої кислоти. Хімічні властивості амідів. Порівняння основних і кислотних властивостей амоніаку, амінів і амідів. Гідроліз амідів, взаємодія їх з нітритною кислотою. Перетворення амідів в аміни (перегрупування Гофмана).

Аміді карбонатної кислоти. Сечовина. Добування сечовини. Електронна

будова сечовини і взаємний вплив атомів у її молекулі (р,л-кон'югація), будова спряженої кислоти. Основні і кислотні властивості сечовини. Гідроліз сечовини. Взаємодія сечовини з нітритною кислотою, натрій гіпобромітом. Добування біурету. Біуретова реакція. Нітрили. Добування нітрилів. Електронна природа потрійного зв'язку  $C\equiv N$  і його подібність до потрійного зв'язку  $C\equiv C$ . Хімічні властивості нітрилів: гідрування, неповний і повний гідроліз. Порівняння реакційної здатності похідних карбонових кислот в реакціях нуклеофільного заміщення.

Ненасичені монокарбонові кислоти. Гомологічний ряд, номенклатура, ізомерія (структурна та геометрична *цис*-, *транс*-ізомерія). Акрилова, метакрилова, кротонова, ізокротонова, вінілоцтова кислоти. Хімічні властивості  $\alpha,\beta$ -ненасичених кислот. Реакції за участю карбоксильної групи. Вплив подвійного зв'язку на кислотні властивості ненасичених кислот. Приєднання полярних речовин до  $\alpha,\beta$ -ненасичених кислот за участю подвійного зв'язку: 1,4-приєднання. Полімеризація акрилової і метакрилової кислот та їх естерів. Застосування одержаних полімерів. Органічне скло. Ненасичені вищі карбонові кислоти. Олейнова, елаїдинова, лінолева і ліноленова кислоти. Їх будова, властивості, значення. Біологічна роль ненасичених жирних кислот.

Жири (тригліцериди – естери гліцеролу і вищих карбонових кислот). Вищі насичені і ненасичені карбонові кислоти, які входять до складу жирів. Хімічний склад твердих і рідких жирів. Хімічні властивості жирів. Гідроліз (омилення) жирів. Добування із жирів мила. Гідрогенізація жирів та взаємодія їх з бромною водою, розчином калій перманганату. Окиснення рідких жирів киснем повітря. Гіркнення жирів. Використання жирів у техніці. Висихаючі, напіввисихаючі і невисихаючі олії. Оліфа. Біологічна роль жирів.

Дикарбонові кислоти. Гомологічний ряд, номенклатура. Загальні методи добування дикарбонових кислот. Добування щавлевої кислоти з натрій форміату, окисненням сахарози. Добування маленової кислоти із  $\alpha$ -хлорооцтової кислоти. Добування адипінової кислоти окисненням циклогексанолу. Синтез дикарбонових кислот із маленового та ацетооцтового естеру. Фізичні властивості дикарбонових кислот. Залежність температури плавлення від структури молекули. Хімічні властивості дикарбонових кислот. Реакції за участю карбоксильних груп. Порівняння кислотних властивостей щавлевої, маленової, бурштинової і глутарової кислот з властивостями одноосновних карбонових кислот. Одержання похідних дикарбонових кислот: солей (їх назви), естерів, галогеноангідридів, ангідридів, амідів. Імід бурштинової кислоти (сукцинімід), його добування, електронна будова, властивості, застосування в органічному синтезі. Особливі властивості дикарбонових кислот. Відношення до нагрівання щавлевої, маленової, бурштинової, глутарової, адипінової, пімелінової кислот. Окремі представники. Щавлева кислота, особливості електронної будови, розкладання при нагріванні з сульфатною кислотою, відношення до дії окисників.

Маленова кислота, маленовий естер. Добування натрій маленового естеру, його електронна будова, мезомерні структури, мезоформула. Використання маленового естеру для синтезу моно- і дикарбонових кислот (алкілювання натрій маленового естеру, гідроліз алкілмаленових естерів і

декарбоксілювання  $\alpha$ -заміщених малонових кислот). Застосування щавлевої, малонової, бурштинової і адипінової кислот. Ненасичені дикарбонові кислоти. Малейнова і фумарова (*цис*- і *транс*-етилендикарбонові) кислоти, їх властивості. Відношення до нагрівання. Малейновий ангідрид і його застосування в органічному синтезі, в промисловості. Склопластики.

Гідроксикарбонові кислоти. Характеристичні групи гідроксикарбонових кислот. Основність і атомність гідроксикислот. Одноосновні двохатомні гідроксикислоти. Гомологічний ряд, ізомерія, номенклатура.  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -,  $\varepsilon$ -Гідроксикислоти. Гліколева, молочна,  $\beta$ -гідроксипропіонова кислоти. Методи добування: із альдегідів і кетонів через гідроксинітрили, гідроліз галогенозаміщених кислот, гідратація ненасичених кислот, за допомогою цинкорганічних сполук (реакція Реформатського). Хімічні властивості. Реакції за участю карбоксильної групи: електролітична дисоціація (вплив гідроксильної групи в  $\alpha$ -положенні на кислотні властивості гідроксикислот), утворення солей, естерів. Реакції за участю гідроксильної групи: взаємодія з лужними металами, галогеноводнями, фосфор(V) хлоридом, відношення до дії окисників. Особливі властивості гідроксикислот: відношення до нагрівання  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -,  $\varepsilon$ -гідроксикислот. Розщеплення  $\alpha$ -гідроксикислот при взаємодії з концентрованою сульфатною кислотою.

Оптична ізомерія гідроксикислот. Відносна конфігурація (D- і L- ряди). Оптичні антиподи (енантіомери), рацемат. Конфігурація і знак обертання. Абсолютна конфігурація. Фізичні і хімічні властивості оптичних ізомерів (енантіомерів), рацематів. Способи розділення рацематів на антиподи: самодовільне розщеплення при кристалізації (Л. Пастер), біохімічний, хімічний (перетворення в діастереомери) та хроматографічний методи. Найважливіші монокарбонові гідроксикислоти: гліколева і молочна кислоти. Поширення в природі. Двох- і трьохосновні гідроксикислоти. Яблучна кислота, хлорояблучна кислота, їх оптичні ізомери, рацемати, діастереомери. Поширення яблучної кислоти в природі. Винні кислоти. Оптична ізомерія (енантіомери, рацемат, мезоформа, діастереомери), поширення в природі, хімічні властивості винних кислот.

Альдегідо- і кетокислоти. Кето-енольна таутомерія. Характеристичні групи альдегідо- і кетокислот. Найпростіші альдегідо- і кетокислоти (гліоксилова, піровиноградна, ацетооцтова). Реакції за участю карбоксильної та карбонільної груп. Вплив карбонільної групи на кислотні властивості. Особливі властивості ацетооцтової кислоти: декарбоксілювання при нагріванні і рухливість  $\alpha$ -атома Гідрогену. Ацетооцтовий естер. Добування ацетооцтового естеру конденсацією Клайзена. Кето-енольна таутомерія. Фактори, які стабілізують енольну форму. Вплив природи розчинника на ступінь енолізації. Виділення енольної і кетонної форм. Реакції кетонної і енольної форм. Дослід, який доказує наявність рівноваги між кетонною і енольною формами. Натрій ацетооцтовий естер і синтези на його основі: кетонне і кислотне розщеплення його C-алкільних похідних. Використання ацетооцтового естеру для синтезу кетонів і одноосновних та двоосновних карбонових кислот. Дикарбонові оксокислоти: щавлевооцтова,  $\alpha$ -кетоглутарова, їх участь в обмінних процесах живого організму.

Карбонові та сульфокислоти ароматичного ряду. Ароматичні монокарбонові кислоти. Гомологічний ряд, номенклатура, методи добування. Електронна будова ароматичних монокарбонових кислот, взаємний вплив атомів у молекулі. Реакції за участю карбоксильної групи: дисоціація, утворення солей, естерів, хлороангідридів. Вплив замісників у ароматичному ядрі на константу дисоціації ароматичних кислот. Реакції електрофільного заміщення в ароматичному ядрі. Бензойна кислота. Добування окисненням толуену та із хлоро- або бромобензену. Похідні бензойної кислоти: бензоїлхлорид, пероксид бензоїлу, надбензойна кислота та їх застосування. Реакції бензоїлювання. *o*-Сульфобензойна кислота та її імід (сахарин). Саліцилова кислота. Добування за реакцією Кольбе.

Хімічні властивості. Похідні саліцилової кислоти: ацетилсаліцилова кислота (аспірин), салол, *n*-аміносаліцилова кислота (ПАСК) та їх застосування. Галова кислота, поняття про дубильні речовини. Дикарбонові ароматичні кислоти. Фталева і терефталева кислоти, їх добування, хімічні властивості. Фталевий ангідрид, його взаємодія із спиртами. Використання діалкілфталатів як репелентів і пластифікаторів. Конденсація фталевого ангідриду з фенолами (фенолфталейн), гліцеролом (гліфталеві смоли). Фталімід, його електронна будова, кислотні властивості і використання в синтезі амінів за Габріелем. Терефталева кислота. Диметилтерефталат. Поліефірні волокна. Лавсан. Ароматичні сульфокислоти. Гомологічний ряд, номенклатура, ізомерія, методи добування. Виділення сульфокислот із реакційної суміші. Сульфування бензену і його гомологів. Механізм реакції ( $S_E2$ ). Особливості реакції сульфування: ізотопний ефект, зворотність реакції, сульфуючі реагенти. Хімічні властивості арилсульфокислот. Електронна будова бензенсульфокислоти, мезомерні структури, мезоформула. Реакції за участю сульфогрупи: кислотні властивості, добування сульфохлоридів та сульфамідів; лікарські препарати (сульфамідні і хлорамідні). Електрофільне заміщення сульфогрупи (десульфування). Нуклеофільне заміщення сульфогрупи (реакції лужного плавлення). Реакції за участю ароматичного ядра. Електрофільне заміщення в ядрі бензену, вплив на активність бензенового ядра сульфогрупи та її орієнтуюча дія. Галогенування, нітрування, сульфування арилсульфокислот. Застосування сульфокислот і їх похідних.

#### 4.5. ХІМІЯ ГЕТЕРОЦИКЛІЧНИХ СПОЛУК

Теоретичні основи хімії гетероциклів. Систематика та номенклатура гетероциклічних сполук. Правила побудови назв моно- та полігетероциклічних систем: вибір основного гетероциклічного компонента та позначення приєднаних до нього циклів. Правила орієнтації конденсованих систем на площині для нумерації атомів скелета. Номенклатура Ганча – Відмана.

Загальні методи синтезу гетероциклічних сполук. Реакції циклоприєднання, їх класифікація та застосування в хімії гетероциклічних сполук. Реакції [2+1] циклоприєднання: приєднання нітренив та карбенів. Реакції [2+2] циклоприєднання. Правила збереження орбітальної симетрії. Одержання чотиричленних гетероциклічних сполук з атомом Оксигену (реакція Патерно – Бюхі), Сульфуру та Нітрогену; синтези  $\beta$ -лактамів. Реакції [2+4]

циклоприєднання в синтезах шестичленних гетероциклів. 1,3-Диполярне циклоприєднання як загальний метод синтезу п'ятичленних гетероциклічних систем. Класифікація 1,3-диполярних реагентів за октетною стабілізацією та наявністю подвійного зв'язку. Приклади приєднання нітрилідів, нітримінів, діазосполук, оксидів нітрилів та озону. Синтези гетероциклів на основі енамінів та шляхом ізомеризації валентних зв'язків.

Фізичні методи дослідження гетероциклів. УФ, ІЧ, мас-спектрометрія, рентгеноструктурний аналіз, дипольні моменти у вивченні структури та реакційної здатності гетероциклів. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу. Особливості застосування спектрів ЯМР на ядрах гетероатомів. Дослідження будови і таутомерних перетворень гетероциклів та їх функціональних похідних.

Типи гетероатомів і гетероароматичних структур, критерії гетероароматичності (структурні, магнітні, енергетичні, хімічні); гібридизація і стереохімія гетероатомів. Концепція  $\pi$ -надлишковості та  $\pi$ -дефіцитності в хімії гетероароматичних сполук: визначення та методи оцінки цих властивостей. Електронодонорні та електроноакцепторні властивості гетероароматичних систем. Критерії електронодонорності та електроноакцепторності. Гетероцикли і гетероатоми як замісники і провідники електронних ефектів. Реакційна здатність гетероатомів. Гетероатоми пірольного і піридинового типів. Гетероароматичне електрофільне і нуклеофільне заміщення. Міграції замісників, що сполучені з гетероатомами.

П'ятичленні гетероцикли з одним гетероатомом. Пірол. Фуран. Тіофен. Будова і способи синтезу моногетероатомних п'ятичленних циклів. Будова п'ятичленного гетероциклу та характер гетероатома. Загальні методи синтезу п'ятичленних гетероциклів, їх класифікація за утворенням зв'язків 1,2, 1,3 та 1,4. Порівняльна характеристика фурану, піролу та тіофену, їх взаємоперетворення (Юр'єв). П'ятичленні гетероцикли в реакції дієнового синтезу. Бензопохідні фурану, піролу та тіофену. Порівняльна характеристика в реакціях електрофільного заміщення. Поняття про п'ятичленні гетероцикли з атомом Фосфору, Арсену, Стибію, Бісмуту, Селену, Телуру. Група фурану та його бензоаналогів. Будова фурану. Способи побудови фуранового циклу: синтези Пааля – Кнорра з 1,4-дикарбонільних сполук, Фейста – Бенарі з естерів ацетилендикарбонової кислоти. Синтези фуранових сполук з пентозанів. Властивості фуранових сполук. Реакції електрофільного і нуклеофільного заміщення в фурановому ядрі. Реакції приєднання. Найважливіші похідні фурану: фурфурол, пірослизева кислота. Лікарські препарати на основі 5-нітрофурфуролу. Стійкість фуранових сполук і розщеплення циклу. Гідрування похідних фурану. Реакція Гофмана – Лефлера, синтези на основі бутан-1,4-діолу. Тетрагідрофуран як розчинник і реагент; тетрагідрофурфуриловий спирт і його дегідратація. Природні сполуки з ядром фурану: кантаридин, мускарин. Антибіотики – похідні фурану: протоанемонін, пеніцилова кислота, клавацин, карліна – оксид, крепін. Група тіофену. Будова тіофену. Способи одержання тіофенів: із 1,4-дикарбонільних сполук, із тіодіацетатів і 1,2-дикарбонільних сполук (Гінзберг), естерів ацетилендикарбонової кислоти. Синтез  $\alpha$ -амінотіофенів (Гевальд). Хімічні властивості тіофенів. Індифенінова реакція.

Реакції електрофільного і нуклеофільного заміщення в ряду тіофену. Реакція десульфуризації. Гідрування похідних тіофену. Природні сполуки з тіофеновим ядром. Біотини і біоцетин. Група піролу. Будова та реакційна здатність піролу. Фізичні і спектральні властивості. Синтез Пааля – Кнорра (конденсація 1,4-дикетонів з амоніаком або первинними амінами). Синтез піролів за Ганчем (конденсація  $\alpha$ -галогенкетонів з  $\beta$ -кетоестерами). Синтез Кнорра (конденсація  $\alpha$ -амінокетонів з  $\beta$ -дикарбонільними сполуками). Пірол як NH-кислота, будова пірил-аніону, реакції депротонованого піролу. Реакції електрофільного заміщення в пірольному ядрі: протонування, нітрування, сульфування, галогенування, алкілювання, ацилювання, реакції з альдегідами і кетонами. Вплив електронодонорних і електроноакцепторних замісників на напрям перебігу реакцій електрофільного заміщення в ядрі піролів. Реакції Дільса – Альдера. Вільнорадикальні реакції. Реакції розкриття пірольного циклу. Реакції відновлення та окиснення. Реакції похідних піролу. Гідровані похідні піролу. Дипірилметани і дипірилметени, дипірилметенові барвники. Порфобіліноген. Порфірини, хлорини, корини. Гемін, хлорофіл, вітамін B<sub>12</sub> (ціанкобаламін). Пігменти жовчі. Принципи встановлення будови і синтезу природних порфіринів. Антибіотики на основі піролу: піолотеорин, піролонітрин, продигіозин. Алкалоїди групи піролу: гігрин, куксгігрин.

Індол. Бензо[*b*]тіофен. Бензо[*b*]фуран. Група індолу. Будова та реакційна здатність індолу. Фізичні і спектральні властивості. Синтези індольного ядра за Фішером (перегрупування арилгідразонів), Маделунгом (конденсація *o*-алкіланілідів карбонових кислот в присутності сильних основ), Рейсертом (конденсація естерів щавлевої кислоти з *o*-нітротолуенами), Неніцеску (конденсація *n*-хінонів з енамінами), Бішлером (циклізація  $\alpha$ -галогенокарбонільних сполук з ариламинами). Кислотні властивості індолу, будова індоліл-аніону, реакції депротонованого індолу. Реакції електрофільного заміщення в ряду індолу: протонування, нітрування, нітрузування, взаємодія з солями діазонію, сульфування, галогенування, алкілювання, ацилювання, реакція Манніха. Реакції окиснення і відновлення. Індоленіни і індоліни. Оксигеновмісні похідні індолу за пірольним ядром: індоксил, оксіндол, діоксіндол, ізатин. Їх синтези і хімічні властивості. Найважливіші природні і синтетичні похідні індолу: грамін, триптофан, триптамін, гетероауксин. Їх синтез і взаємні перетворення. Резерпін. Лізергінова кислота та її *N,N*-діетиламід (ЛСД). Природні індоли з гідроксильними групами в ядрі бензену: отрути жаб (буфотенін, буфотенідин), діючі речовини галюциногенів грибів (псилобіцин та псилоцибін), гормони центральної нервової системи (серотонін, мелатонін). Індиго та індигоїдні барвники. Карбазол. Одержання з похідних біфенілу, дифеніламіну, фенілгідразину, циклогексанону. Реакції електрофільного та нуклеофільного заміщення в ряду карбазолу. Вінілкарбазол. Ізоіндол. Порівняння будови ізоіндолу з будовою індолу. Синтези ізоіндолів. Ізоіндолін. Фталоціаніни. Індолизин. Поняття про ізо- $\pi$ -електронні аналоги. Синтез та хімічні властивості індолизину (Чичибабін, Степанов). Конденсовані тіофени. Тіонафтен, його синтез, реакції електрофільного і нуклеофільного заміщення. Оксигеновмісні похідні тіонафтену. Тіоіндиго. Дибензотіофен. Кумарон (бензофуран). Синтез

кумарону на основі кумарину і спорівнені синтези з *o*-заміщених фенолів. Синтези, що базуються на утворенні зв'язку 2,3 і 3,3а. Реакції кумарону з електрофільними реагентами. Реакції металювання. Кумарани. Гідровані похідні бензофурану. Ізобензофуран. Фталан, фталід. Дибензофуран. 1,3-Діазоли: імідазол, тіазол, оксазол.

Класифікація азолів. Азоли як  $\pi$ -амфотерні гетероцикли. Їх порівняльна характеристика. Група імідазолу. Будова, таутомерія. Синтези імідазольного ядра: з  $\alpha$ -дикарбонільних сполук, альдегідів і амінів, з динітробурштинової кислоти, з *N,N*-діалкілоксамідів (синтези Валлаха), синтези Воля – Марквальда з  $\alpha$ -амінокарбонільних сполук і тіоціанат-йона, одержання імідазолів з амідинів і  $\alpha$ -галогенокарбонільних сполук. Реакції заміщення в імідазольному ядрі. Гідрокси- і амінопохідні імідазолу. Біологічно активні сполуки, що містять імідазольне ядро: гістамін, гістидин, парабанова кислота. Імідазоліни. Імідазолони. Гідантоїни. Імідазолідини. Алкалоїди з імідазольним ядром: пілокарпін. Антибіотики похідні імідазолу – азоміцин. Бензімідазол. Будова. Синтези з фенілендіамінів і карбонових кислот та їх похідних (Філліпс – Ладенбург), з *o*-фенілендіамів і альдегідів (метод Вайденхагена). Одержання бензімідазол-2-ону, 2-амінобензімідазолу, 2-меркаптобензімідазолу. Хімічні властивості похідних бензімідазолу. Група тіазолу. Будова. Синтези тіазольного кільця. Синтез Ганча і його модифікація, синтез із тіоціанатів. Одержання 2-меркаптотіазолу і його перехід в тіазоли. Хімічні властивості тіазолів. Реакції з електрофільними і нуклеофільними реагентами. Сульфатіазол, тіамін (вітамін В1). Гідровані тіазоли. Тіазоліни і тіазолідини. Пеніцилін та його похідні, бацитрацини. Бензотіазол. Синтези бензотіазольного ядра із *o*-амінотіофенолів і похідних карбонових кислот, циклізація тіоанлідів карбонових кислот, фенілтіосечовин і *o*-тіоціанариламінів. Стійкість ядра, його поведінка в реакція електрофільного і нуклеофільного заміщення. 2-Меркаптобензотіазол (каптакс) і синтези на його основі. Примулини, люциферин. Використання похідних бензотіазолу в ціанінових конденсаціях. Група оксазолу. Будова. Синтези з  $\alpha$ -галогенкетонів і амінів, циклізація ациламінокарбонільних сполук. Реакційна здатність оксазолів в реакція електрофільного заміщення. Гідровані оксазоли. Оксазолони. Азлактони та їх використання для синтезу  $\alpha$ -амінокислот (Ерленмейер). Оксазоліни. Оксазолідини. Бензоксазол. Синтез із *o*-амінофенолів і похідних карбонових кислот, *o*-амінофенолів і альдегідів, *o*-нітрофенілових естерів карбонових кислот. Бензоксазолони, бензоксазтіони, 2-амінобензоксазол, 2-хлоробензоксазол. Реакції нуклеофільного заміщення.

1,2-Діазоли: піразол, ізотіазол, ізоксазол. Група піразолу. Будова піразольного ядра. Таутомерія. Синтези, що приводять до піразолів: приєднання жирних діазосполук до ацетиленів, реакції гідразину та його похідних з 1,3-дикарбонільними сполуками (Кнорр), з ацетилндикарбонільними сполуками (Кляйзен). Реакції заміщення в ряду піразолу. Піразоліни. Піразолони. Синтез та властивості. Антипирин та споріднені сполуки. Піразолонові барвники. Піразолідин. Індазол. Будова індазолу, синтези на основі *o*-заміщених арилгідразонів, *o*-гідразинофенілкарбонільних сполук, ізатинової кислоти, *o*-толуїдинів. Хімічні властивості індазолу. Група триазолу. Віцінальний і несиметричний триазоли. Синтези віцінальних триазолів за



реакцією 1,3-біполярного приєднання азидів до ацетиленів. 1,2,4-Триазоли та їх синтез із діацилгідразинів. Стійкість триазольного ядра. Нітрон. Бензотриазол. Група тетразолу. Будова тетразолу. Синтези тетразолів. Амінотетразол. Тетразолієві солі та їх перетворення на формазани. Пентазол. Доведення його утворення. Група ізотіазолу. Синтези ізотіазолів і бензізотіазолів. Реакції електрофільного і нуклеофільного заміщення. Група ізоксазолу. Будова ізоксазолів. Синтези з 1,3-дикарбонільних сполук, ненасичених карбонільних сполук, хлорвінілкетонів і гідроксиламіну. Синтези ізоксазолів реакцією циклоприєднання. Міцність ізоксазольного ядра і реакції, що призводять до його розщеплення. Електрофільне заміщення в ряду ізоксазолу. Реакції нуклеофільного заміщення. Гідровані ізоксазоли: 2-ізоксазолін, ізоксалідин. Антибіотики ряду ізоксазолу: циклосерин (оксаміцин). Конденсовані ізоксазоли: бензізоксазол, антраніл.

Шестичленні гетероциклічні сполуки. Піридин. Будова і реакційна здатність піридину. Виділення піридинових основ з кам'яновугільної смоли. Синтези піридинового ядра: з 1,5-дикарбонільних сполук або солей пірилію, з альдегідів,  $\beta$ -дикарбонільних сполук та амоніаку (за Ганчем), з  $\beta$ -дикарбонільних сполук та ціанацетамідів (Гуареші), з оксазолів та дієнофілів, з альдегідів та амоніаку (Чичибабін). Властивості піридинів. Піридини як третинні основи: протонування, кватернізація, утворення *N*-оксидів. Властивості *N*-оксидів піридинів. Іліди та іміди піридинію. Піридини як електронні аналоги бензену. Реакції електрофільного заміщення в ряду піридинів: нітрування, сульфування, галогенування. Реакції нуклеофільного заміщення в ряду піридинів: заміщення Гідрогену (амінування за Чичибабіним, гідроксилування), заміщення галогенів, заміщення нітрогеновмісних груп. Алкілпіридини та їх четвертинні солі в ціанінових конденсаціях. Розщеплення піридинового ядра. Оксипіридин. Піридони. Рециклізація похідних піридину.

Піридоксин та споріднені природні продукти. Дипіридили. Гідровані похідні піридину. Піперидин, його одержання та властивості. Алкалоїди, що містять ядро піридину: коніїн, нікотин, анабазин. Тропанові алкалоїди: кокаїн, атропін.

Хінолін. Ізохінолін. Група хіноліну. Будова і реакційна здатність хіноліну. Синтези хінолінового ядра: метод Скраупа (конденсація аніліну з гліцеролом) та Дебнера – Міллера (конденсація ароматичних амінів з альдегідами). Одержання хінолінів з *o*-амінобензальдегідів та карбонільних сполук (реакції Фрідлендера та її модифікація за Пфітцингером). Синтез Комба з ароматичних амінів та  $\beta$ -дикарбонільних сполук. Синтез Конрада – Лімбаха – Кнорра (конденсація ароматичних амінів з  $\beta$ -кетоестерами). Властивості хінолінів. Реакції електрофільного (нітрування, сульфування, галогенування) та нуклеофільного (амінування, гідроксилування, алкілювання та арилювання літій- та магнійорганічними сполуками) заміщення в ряду хіноліну. Реакції з окисниками. Хінолін-*N*-оксид. Аміно- та гідроксихіноліни. Кислоти групи хіноліну: хінальдінова, цинхонінова. Ціанінові барвники з ядрами хіноліну, їх класифікація та способи одержання. Пінаціанол. Гідровані похідні хіноліну та алкалоїди групи хіноліну: цинхонін, хінін. Група ізохіноліну. Будова. Синтези ізохінолінового ядра: Бішлера – Напиральського (взаємодія 2-фенілетанаміну з

галогенангідридами карбонових кислот з наступними дегідратацією та дегідруванням), Пікте – Гамса (циклізація ацил- або ароїлпохідних 2-гідрокси- або 2-метоксифенілетанаміну), Пікте – Шпенглера (взаємодія 2-фенілетанаміну з альдегідами в присутності кислоти з наступним дегідруванням), Померанца – Фрича (конденсація бензальдегіду з ацеталем аміноацетальдегіду з наступною циклізацією під дією кислоти). Електрофільне та нуклеофільне заміщення в ряду ізохіноліну. Гідроксиізохіноліни та ізохінолони, аміноізохіноліни. Таутомерія. Алкалоїди групи ізохіноліну: папаверин, морфін та його похідні. Акридин та фенантридин. Будова, способи добування та властивості. Акридон. Лікарські засоби акридинового ряду: ріванол, акрихін. Солі хінолізинію. Синтез солей хінолізинію. Реакції з нуклеофілами. Поширення хінолізинів і солей хінолізинію в природі. Катіони пірилію, 2- і 4-пірони та їх бензоаналоги. Група пірану. Пірилієві солі. Будова. Способи добування з 1,5-дикарбонільних сполук,  $\alpha,\beta$ -ненасичених кетонів і оцтового ангідриду, олефінів і хлорангідридів карбонових кислот. Реакції солей пірилію. Пірони. Будова, одержання  $\alpha$ - і  $\gamma$ -піронів. Реакції з електрофільними і нуклеофільними агентами. Нуклеофільна рециклізація за типом ANRORC на прикладі похідних піронів і пірилієвих солей. Реакції з дієнофілами. Дигідропіран. Використання в синтезах: дигідропірановий захист спиртів. Ціанінові барвники з ядрами пірилію. Група бензопірану. Головні типи бензопіранових сполук. Солі бензопірилію, кумарин і хромон. Флавіон, солі флавілію, ізофлавіон. Синтези цих типів бензопіранових сполук. Реакції електрофільного і нуклеофільного заміщення. Рециклізація. Похідні сполуки бензопіранового ряду. Кетехіни. Антоціани і антоціанідини. Токоферол (вітамін E). Група ксантену. Ксантен, ксантон, ксантгідрол. Синтези ксантону. Гідроксипохідні похідних ксантену. Флуорон. Діазини: піридазин, піримідин, піразин. Триазини. Діазини: піридазин, піримідин, піразин. Їх бензопохідні: цинолін, фталазин, хіназолін, хіноксалін, піримідин. Синтез піразинового ядра: з  $\alpha$ -амінокарбонільних сполук, з 1,2-дикарбонільних сполук і 1,2-діаміносполук. Способи синтезу піридазинового ядра (конденсація гідразину з 1,4-діацетиленами, похідними малеїнового ангідриду, 4-альдегідо- або 4-кетокислотами). Хімічні властивості піразину і піридазину. Група піримідину. Синтези похідних піримідину з амідинів, сечовини, тіосечовини, гуанідинів. Властивості піримідинового ядра. Перегрупування Дімрота в ряду піримідину. Природні аміно- та гідроксипохідні піримідину: урацил, тимін, цитозин, їх участь в побудові нуклеїнових кислот. Барбітурова кислота та її похідні. Сульфамідні препарати групи піримідину: сульфазин, сульфадимезин. Тіамін (вітамін B1), кокарбоксілаза.

Пурини та інші гетероциклічні системи. Група пурину. Будова. Синтези пуринів за методом Траубе. Сечова кислота. Нуклеозиди. Аденін. Тіоксантин, гуанін. Їх синтез. Нуклеотиди. Аденозинфосфати. Нуклеїнові кислоти. Алкалоїди групи пурину: кофеїн і теобромін. Антибіотики – похідні пурину – пуроміцин. Група птеридину. Будова. Синтези птеридинів із діамінів піримідинового ряду. Властивості птеридинів та їх похідних. Рибофлавін (вітамін B2). Пігменти крил метеликів. Поняття про три-, чотири-, семичленні і макрогетероцикли. Азирини, діазирини. Реакції з електрофільними і

нуклеофільними реагентами. Фотолітичні і термолітичні реакції. Азетидини і азети. Азепіни, бензазепіни, діазепіни та їх бензопохідні. Краун-етери, криптанди. Гетероцикли, що містять бор, силіцій, фосфор, селен, полівалентний йод, метали.

#### 4.6. БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ

Вступ. Історичний розвиток знань про природні речовини. Генетичний зв'язок з органічною хімією. Біоорганічна хімія – сучасна хімія природних сполук. Класифікація природних сполук: біополімери та низькомолекулярні біорегулятори. Методологія хімії природних сполук. Принципи спрощеного зображення формул органічних сполук.

Найпростіші біфункціональні природні сполуки. Гідроксикислоти. Класифікація, будова, номенклатура та ізомерія гідроксикислот. Розповсюдження та роль у природі. Хімічні властивості гідроксикислот. Лактонна форма природних гідроксикислот. Природні антибіотики з лактонним кільцем. Мевалонова кислота.

Оксокислоти. Будова, класифікація та номенклатура. Таутомерія кетокислот. Оксокислоти – ключові сполуки в біосинтезі ряду природних сполук. Піровиноградна кислота та її роль.

Аміноспирти. Будова, класифікація та номенклатура. Хімічні властивості аміноспиртів. Розповсюдження та роль у природі окремих представників цього класу речовин: холін, ацетилхолін, бетаїн, сфінгозин, ефедрин та норепедрин. Катехоламіни – гормони та нейромедіатори тваринних організмів.

Терпеноїди: визначення та загальна формула. Ізопренова одиниця. Правило Л. Ружички. Особливості будови природних ізопренів. Біосинтез терпеноїдів. Розповсюдження в природі. Класифікація терпеноїдів за кількістю ізопренових одиниць.

Монотерпеноїди. Основні представники ациклічних монотерпеноїдів: оцимен, цитронелол, гераніол, нерол, ліналоол, цитраль. Ізомерія ациклічних монотерпеноїдів: положення подвійного зв'язку, Z, E – ізомери, оптичні ізомери. Синтез  $\beta$ -іону. Хімічні властивості монотерпеноїдів.

Розповсюдження в рослинах та біологічна дія. Ментан – базова структура моноциклічних монотерпеноїдів. Фізичні властивості, знаходження в природі, особливості будови моноциклічних монотерпеноїдів: лімонену, ментолу,  $\alpha$ -терпінеолу, аскорідолу. Ізомери ментолу та карвону. Залежність біологічної дії цих речовин від просторової будови. Застосування моноциклічних монотерпеноїдів. Біциклічні монотерпеноїди та їх базові структури. Розповсюдження в природі. Камфора: хімічна будова, добування, синтез та застосування. Борнілацетат та його використання.

Сесквітерпеноїди ациклічні та циклічні, будова, розповсюдження у природі та біологічна роль. Особливості будови природних азуленів. Спектр дії сесквітерпенових лактонів.

Моно- та сесквітерпеноїди – складові природних ефірних олій. Знаходження та функції ефірних олій в рослинному світі. Методи виділення та визначення складу ефірних олій. Поняття про запах та осмофор. Первинні запахи. Принцип комплементарності. Складові запаху троянди. Застосування

летких природних речовин.

Дитерпеноїди. Фітол як складова хлорофілу. Хімічна будова, розповсюдження в природі та фізіологічна дія ретинолу (вітамін А<sub>1</sub>). Механізм зору та взаємоперетворення геометричних ізомерів ретиналю. Дитерпени – основні складові природних смол та бальзамів. Дитерпени бурштину та каніфолі.\* Застосування природних смол та бальзамів.

Тритерпеноїди. Особливості будови сквалену – проміжної сполуки у синтезі стероїдів. Тритерпенові сапоніни, знаходження в природі та фізіологічна дія, застосування у медицині, харчовій, пафюмерній промисловості.

Тетратерпеноїди. Каротиноїди, особливості будови молекули, що зумовлюють забарвлення, розчинність та інші властивості. Хромофор каротиноїдів та природний колір рослин. Розповсюдження та функції в природі. Фізіологічна дія каротиноїдів. Лікопін.  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -каротин – провітамін А<sub>1</sub>. Ксантофіли – кисневмісні природні тетратерпеноїди.

Хімічні властивості терпеноїдів як ненасичених органічних сполук. Реакції приєднання, ізомеризації та циклізації. Застосування класичних хімічних методів для визначення будови терпеноїдів. Сучасні фізико-хімічні методи ідентифікації терпеноїдів.

Стероїди. Загальна характеристика. Циклопентанпергідрофенантрен, естран, андростан, прегнан, холан, холестеран – базові структури стероїдів. Номенклатура. Особливості будови та стереохімія природних стероїдів. Сквален – проміжна сполука в біосинтезі стероїдів. Розповсюдження в рослинному та тваринному світі. Класифікація стероїдів.

Стероли (стерини). Базова структура. Зоостерини, фітостерини, мікостерини та стерини мікроорганізмів. Холестерол – вміст, роль та синтез в тваринних організмах. Структура 5-холестен-3-олу. Мікостерин ергостерин – провітамін D<sub>2</sub>. Вітаміни D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>: будова та фізіологічна дія.

Жовчні кислоти. Холан як базова структура. Біосинтез. Будова стероїдних кислот та їх амідів з глікоколем та таурином. Жовчні кислоти – поверхнево-активні сполуки. Функції в організмі.

Стероїдні гормони. Поняття про гормони, їх роль та значення. Класифікація стероїдних гормонів. Мультифункціональність гормонів цього класу. Основні стадії біосинтезу.

Кортикоїди – стероїдні гормони кори надниркової залози. Базова структура та особливості будови. Фізіологічна дія глюкокортикоїдів та мінералокортикоїдів. Виділення з природної сировини. Структура кортикостерону, кортизону, кортизолу. Альдостерон – найактивніший природний мінералокортикоїд. Особливості застосування як лікарських препаратів. Принципи та методи синтезу модифікованих аналогів кортикоїдів. Синтетичні лікарські засоби на основі природних стероїдних гормонів кори надниркової залози. Хімічні властивості кортикоїдів.

Андрогени – чоловічі статеві гормони. Базова структура та номенклатура. Тестостерон та його метаболіт. Синтетичні аналоги тестостерону та їх застосування в медицині. Анаболітичний ефект андрогенів.

Естрогени – жіночі статеві гормони. Базова структура. Ароматичний

характер кільця А. Естрадіол, будова, метаболізм та функції в організмі. Виділення з природної сировини та застосування. Нестероїдні сполуки естрагенної дії. Поняття про фармакофор на прикладі естрадіолу – діетилстильбестролу.

Гестагени – стероїдні гормони жовтого тіла. 4-Прегнен-3,20-діон – головний природний гестаген. Синтетичні аналоги прогестерону та їх застосування. Протизаплідні засоби та проблеми планування сім'ї. Сучасні уявлення про механізм дії стероїдних гормонів, роботи П. Карлсона та У. Вестфаля.

Стероїдні серцеві глікозиди. Розповсюдження в рослинному та тваринному світі. Біологічна та фізіологічна дія. Спільність і відмінність будови карденолідів та буфадієнолідів.

Простагландини та тромбоксани. Лейкотриєни. Простагландини – біорегулятори ліпідної будови. Простанова кислота як базова структура. Класифікація простагландинів. Номенклатура та способи позначення. Розповсюдження та роль в живих системах. Порівняння механізму дії гормонів та простагландинів. Біосинтез та будова лейкотриєнів. Фізіологічна активність лейкотриєнів. Основні хімічні властивості простагландинів та лейкотриєнів. Найважливіші тромбоксани та лейкотриєни: будова, роль у живих організмах.

Гетероциклічні низькомолекулярні біорегулятори. Алкалоїди – нітрогеновмісні біорегулятори. Визначення та загальна характеристика. Особливості розповсюдження в природі. Сучасні уявлення про біологічну роль та функції нітрогеновмісних сполук. Поняття про смак. Загальні особливості будови алкалоїдів. Фізичні властивостей алкалоїдів. Значення реакції Манніха в біосинтезі алкалоїдів. Загальні методи виділення та визначення алкалоїдів в рослинній сировині за допомогою якісних реакцій. Гетероциклічні нітрогеновмісні системи як базові структури природних алкалоїдів. Номенклатура алкалоїдів. Класифікація алкалоїдів за карбон-нітрогеним скелетом молекули.

Похідні піридину та піперидину (гетеронікотину): нікотин, анабазин, коніїн, лобелін, цитизин. Розповсюдження в природі, будова, фізіологічна дія та використання. Синтез нікотинової кислоти. Роботи А.П. Орехова. Синтез коніїну за Ладенбургом з  $\alpha$ -піколіну. Шкідливість паління та проблема тютюнової залежності.

Похідні піролідину та піперидину (гетеротропану та атропіну). Базові структури, тропан, тропін, скопін. Особливості будови природних алкалоїдів цієї групи. Атропін та гіосциамін. Синтез атропіну з бурштинового альдегіду за Р. Вільштеттером-Шепфом. Фармакологічна дія атропіну та застосування в медицині. Холінолітики. Галенові та новогаленові препарати, що містять алкалоїди цієї групи. Кокаїн. Вміст в *Erythroxylon coca*. Продукти гідролізу кокаїну та встановлення будови речовини. Кокаїн як місцевий анестетик. Наркотична дія кокаїну. Проблема боротьби з кокаїнізмом. Синтетичні аналоги кокаїну на основі фармакофору цієї речовини (новокаїн, дикаїн, прокаїн тощо).

Похідні гетероциклів в рослинах роду *Senecio*, *Crotalaria*, *Heliotropium*. Особливості будови природних нецинів. Платифілін і сарацин, будова та застосування в медицині як холінолітиків та спазмолітиків.

Похідні хіноліну. Алкалоїди кори хінного дерева. Історія добування та використання в боротьбі з малярією. Хінін. Особливості будови хініну.

Похідні ізохіноліну. Різноманітність структур природних алкалоїдів групи ізохіноліну. Ізохінолінові алкалоїди *Papaver Somniferum*. Папаверин та наркотин – бензилізохінолінові алкалоїди маку снодійного. Похідні фенантренизохіноліну. Морфін, кодеїн, тебаїн, особливості будови та фізіологічної дії. Фармакофор морфіну: три морфінові правила. Опіати як модельні сполуки при виявленні та встановленні будови опіатних центрів. Фармакокінетика та фармакодинаміка опіатів. Токсичність опіатів та наркотична дія. Поняття про толерантність в фармакології. Боротьба з наркоманією.

Похідні індолу. Індол та його похідні в природі. Біосинтез та особливості будови. Стрихнін, історія виділення, застосування. Поняття про дозу та її види в медичній практиці. Застосування галенових препаратів та нітрату стрихніну. Інші природні отрути. Резерпін – головний алкалоїд раувольфії зміїної. Поняття про галюциногени на прикладі похідних лізергінової кислоти. Психодислептики та токсикоманія. Протипухлинна дія алкалоїдів барвінку.

Похідні пурину. Піримідин, імідазол, пурин як базові структури. Пуринові алкалоїди – основні складові чаю, кави та какао. Будова, фізіологічна дія та використання.

Природні алкалоїди, що не містять гетероциклів в молекулі. Ефедрин та адреналін.

Порфірини: особливості будови та роль у природі. Пірол як базова структура порфіринів: будова та властивості. Монопірольні сполуки (продигіозини, порфобіліноген). Тетрапіроли з відкритим ланцюгом. Порфіринова система, особливості будови. Гемоглобін і міоглобін. Фіксація і транспорт кисню в тваринних організмах. Металопорфіринові комплекси цитохроми та хлорофіли.

Природні фенольні сполуки, що містять гетероцикл. Феноли та фенолокислоти. Розповсюдження в природі та біологічна роль. Моно-, ди- та тригідроксибензойні кислоти. Гідроксифенілоцтові кислоти. Природні коричні кислоти. Хімічні властивості фенолів та фенолокислот.

Кумарини та хромони. Загальна характеристика, класифікація та фізико-хімічні властивості. Особливості хімічної будови природних кумаринів та хромонів. Розповсюдження, локалізація та біосинтез. Методи виявлення, виділення та ідентифікації. Хімічна будова та медико-біологічне значення кумаринів та хромонів.

Флавоноїди. Загальна характеристика. Базові оксигеновмісні гетероцикли та класифікація на їх основі. Методи виявлення, виділення та аналізу флавоноїдів. Розповсюдження в природі, хімічна будова та біологічна дія катехинів, флаванонів, флаванолів, флавонів, флавонолів та халконів. Лейкоантоціанідини та антоціанідини. Колір в природі. Антоціанідини як кислотно-основні індикатори. Ізофлавоноїди – природні фітонциди. Біологічна дія та застосування флавоноїдів. Антиоксидантна дія флавоноїдів. Флавоноїди як фактор харчування людини.

Нітрогеновмісні біополімери. Амінокислоти, пептиди та білки. Поняття

про найважливіші біополімери та їх класифікацію. Особливості хімії природних полімерів.

$\alpha$ -Амінокислоти, пептиди та білки. Білки як основа всього живого.  $\alpha$ -Амінокислоти – складові білків. Номенклатура  $\alpha$ -амінокислот. Класифікація  $\alpha$ -амінокислот: алифатичні та циклічні (ароматичні, гетероциклічні); нейтральні, основні та кислі  $\alpha$ -амінокислоти;  $\alpha$ -амінокислоти з полярними та неполярними замісниками; замінні та незамінні  $\alpha$ -амінокислоти. Модифіковані  $\alpha$ -амінокислоти. Стереοізомерія структурних складових білків.  $\alpha$ -Амінокислоти D- і L-рядів. Розділення рацематів. Кислотно-основні властивості протеїногенів, поняття про цвітер-іон та ізоелектричну точку. Властивості  $\alpha$ -амінокислот як біфункціональних сполук: реакції за аміно- та карбоксильною групою.

Методи отримання  $\alpha$ -амінокислот: мікробіологічний синтез, амоноліз, одержання з ціаногідринів методом М. Зелінського, використання малонового естеру для синтезу  $\alpha$ -амінокислот. Загальні якісні реакції на амінокислоти: нінгідринна реакція, біуретова реакція. Ідентифікація окремих  $\alpha$ -амінокислот: визначення триптофану і цистеїну, ксантопротеїнова реакція на ароматичні та гетероциклічні  $\alpha$ -амінокислоти. Хроматографічні методи визначення  $\alpha$ -амінокислот.

Біологічно важливі хімічні реакції  $\alpha$ -амінокислот в живих організмах: трансамінування, декарбоксилювання, елімінування, альдольне розщеплення, окиснювальне дезамінування. Роль коферментів у перетворенні  $\alpha$ -амінокислот в живих організмах. Медико-біологічне значення  $\alpha$ -амінокислот.

Структурні рівні організації білків. Класифікація білків (протеїнів). Первинна структура пептидів та білків. Особливості будови амідного зв'язку. Методи визначення первинної будови пептидів та білків: метод динітрофенілювання, метод Едмана, дансильний метод. Дипептиди, трипептиди, тетрапептиди. Пептидні гормони. Нейропептиди. Пептидні токсини.

Просторова будова поліпептидів та білків. Вторинна будова. Будова  $\alpha$ -спіралі.  $\beta$ -Структура білків. Роль водневих зв'язків у формуванні вторинної структури. Поняття про третинну структуру білків: доменний принцип формування структури. Йонна взаємодія, водневі зв'язки, гідрофобна взаємодія, дисульфідні зв'язки та їх роль у формуванні третинної структури. Денатурація білків. Четвертинна структура білків. Субодиничні поліпептидні ланцюги та взаємодія між ними. Сучасні методи визначення четвертинної структури білків.

Фізико-хімічні властивості білків та їх синтез. Кислотно-основні властивості. Будова і розчинність білків. Колоїдно-хімічні властивості. Процес денатурації та ренатурації.

Синтез білків *in vitro*. Головні етапи синтезу поліпептидів. Тимчасовий і постійний захист характеристичних груп  $\alpha$ -амінокислот. Захист аміногрупи: взаємодія з алкіл-, арил-, алкіларилкарбонільними сполуками, введення БЗОК-, БОК-, БФПОК-, ФМОК-, МСЕК- формільної, трифлуорацетатної груп. Методи захисту карбоксильної групи. Захист характеристичних груп у розгалуженнях  $\alpha$ -амінокислот.

Основні методи утворення пептидного зв'язку: азидний, ангідридний,

метод активних естерів, карбодіімідний, твердофазний.

Нуклеїнові кислоти. Історія відкриття, розповсюдження та роль у природі. Будова полімерних ланцюгів. Хімічний склад нуклеїнових кислот. Будова нуклеотидів. Нуклеїнові піримідинові та пуринові основи. Нуклеозиди – *N*-глікозиди нуклеїнових основ. Номенклатура та позначення. Просторова будова нуклеозидів. Нуклеотиди – фосфати нуклеозидів. Принцип побудови мононуклеотидів. Найважливіші нуклеотиди, їх будова, номенклатура і позначення. Циклофосфати нуклеозидів.

Структурні рівні організації нуклеїнових кислот. Дезоксирибонуклеїнові кислоти. Будова полінуклеотидного ланцюга. Первинна будова нуклеїнових кислот. Встановлення нуклеотидного складу. Гідроліз ДНК і РНК у лужному середовищі. Блочний метод встановлення первинної структури. Вторинна структура ДНК. Модель Уотсона-Кріка. Поняття про комплементарні пари. Роль водневих зв'язків у формуванні вторинної структури. Роль комплементарних взаємодій у здійсненні біологічної функції ДНК. Процес реплікації ДНК. Рибонуклеїнові кислоти. Матрична, транспортна, рибосомні РНК. Транскрипція – процес утворення РНК.

Біосинтез білка. Загальна схема. Поняття про генетичний код. Етапи процесу трансляції: ініціація, елонгація, термінація. Зміни в передачі нуклеотидної генетичної інформації: мутація.

Нуклеотиди – коферменти. Нуклеозидполіфосфати: аденозин-5'-фосфат (AMP), аденозин-5'-дифосфат (ADP), аденозин-5'-трифосфат (ATP), їх взаємоперетворення та участь у біохімічних процесах. Нікотинаміднуклеотиди: NAD і NADP. Будова та участь в біохімічних процесах. Флавінаденіндинуклеотид (FAD): будова та роль в окисно-відновних процесах.

Вуглеводи. Вуглеводи – природні полімери рослинного і тваринного походження. Історія відкриття. Класифікація: моносахариди, олігосахариди, полісахариди. Хімічна будова моносахаридів. Номенклатура. Генетичний ряд *D*-альдоз. Генетичний ряд *D*-кетоз. Цикло-ланцюгова таутомерія моносахаридів у водних розчинах. Аномери –  $\alpha$ - і  $\beta$ -форми циклічних моносахаридів. Глікозидний гідроксил та його особливі властивості. Поняття про епімери. Просторове зображення моносахаридів у циклічній формі за допомогою перспективних формул У. Хеуорса. Явище мутаротації. Конформації моносахаридів в циклічній формі.

Методи одержання моносахаридів: добування з природної сировини, розщеплення за Водем, окислювальна деградація за Руффом, розщеплення дисульфанів. Хімічні властивості моносахаридів. Реакції алкілювання, ацилювання, окиснення в різних умовах, відновлення, епімеризації. Розщеплення моносахаридів під дією мікроорганізмів: спиртове, молочнокисле, гліцеролове та пропіоновокисле бродіння. Реактиви Толленса, Бенедикта і Феллінга для якісного визначення альдоз і кетоз.

Найважливіші представники моносахаридів: *D*-рибоза, *L*-арабіноза, *D*-ксилоза, *D*-глюкоза, *D*-фруктоза, *D*-галактоза, *D*-маноза. Природні глікозиди, дезоксисахариди, аміноцукри та уронові кислоти. Похідні моносахаридів: дезоксицукри, аміноцукри, нейрамінова і сіалові кислоти, аскорбінова кислота. Участь фосфатів моносахаридів у біохімічних процесах.



Дисахариди. Класифікація. Відновлювальні дисахариди – мальтоза, целобіоза, лактоза та їх медико-біологічне значення. Невідновлювальні дисахариди: сахароза. Полісахариди та їх класифікація. Гомополісахариди: крохмаль, глікогель, декстрини, целюлоза, хітин, інουλін. Розповсюдження та роль у природі, особливості будови. Гетерополісахариди: полісахариди сполучної тканини, хондроїтинсульфати, гіалуронова кислота, протеоглікани, глікопротеїни.

Ліпіди. Загальна характеристика та структурні компоненти ліпідів. Розповсюдження та роль у природі. Класифікація ліпідів. Спирти та вищі жирні кислоти як структурні компоненти ліпідів. Насичені і ненасичені жирні кислоти ліпідів та їх будова.

Прості (двохкомпонентні) ліпіди. Воски – естери жирних кислот і вищих одноатомних спиртів. Жири та олії – естери гліцерилу та вищих жирних кислот. Цераміди – N-ацильовані похідні сфінгозину.

Складні ліпіди. Класифікація. Фосфоліпіди: гліцерофосфоліпіди, сфінголіпіди. Будова, властивості та роль у живих організмах. Найважливіші представники гліколіпідів. Особливості будови, біфільні властивості. Гліколіпіди у складі у клітинних мембран.

Властивості ліпідів та їх структурних компонентів. Реакції гідролізу за різних умов. Реакції приєднання. Використання реакції приєднання у харчовій промисловості. Реакції окиснення. Пероксидне окиснення ліпідів. Ферментативне окиснення жирних кислот.

#### **4.7. АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ**

Предмет і завдання аналітичної хімії. Місце аналітичної хімії у системі природничих наук. Значення аналітичної хімії для розвитку науки, техніки, народного господарства, у розв'язанні проблем охорони навколишнього середовища. Завдання сучасної аналітичної хімії: підвищення чутливості та специфічності реакцій, розширення кола специфічних реакцій, зниження межі виявлення та підвищення точності аналізу, забезпечення експресності аналізу, зокрема для контролю якості хімічної продукції та в екологічному моніторингу, удосконалення методів аналізу без руйнування, дистанційного аналізу тощо. Найважливіші етапи та сучасні тенденції розвитку аналітичної хімії: інструменталізація, автоматизація, математизація, комп'ютеризація, багатокомпонентний аналіз. Внесок українських вчених у розвиток аналітичної хімії. Основні розділи аналітичної хімії: якісний і кількісний аналіз неорганічних та органічних речовин. Основні методи аналізу: хімічні та інструментальні (фізичні та фізико-хімічні). Основні типи хімічних реакцій, що використовуються в хімічному аналізі: кислотно-основні, окисно-відновні, осадження, комплексоутворення.

Техніка роботи в лабораторії аналітичної хімії, правила техніки безпеки. Хімічні реактиви та їхня кваліфікація. Вимоги до реактивів, які використовують в аналітичній хімії. Хімічний посуд, лабораторне устаткування.

Якісний аналіз, його предмет та завдання. Наукове та практичне значення якісного аналізу. Класифікація методів якісного аналізу: макро- (грамм-аналіз), напівмікро- (сантиграм-аналіз), мікро- (міліграм-аналіз), ультрамікро-

(мікрограм-аналіз) та субмікроаналіз (нанограманаліз). Мікрокристалоскопічний та краплинний методи аналізу. Сухий і мокрий методи аналізу.

Аналітичні реакції. Якісні аналітичні реакції. Типи аналітичних реакцій та вимоги до них. Селективні та специфічні реакції. Реакції виявлення, відокремлення, маскування. Загальноаналітичні реакції, групові та індивідуальні реакції. Групові реагенти та вимоги до них. Дробний та систематичний методи аналізу. Чутливість аналітичних реакцій: відкритий мінімум і гранична концентрація визначуваної речовини, граничне розбавлення розчину, мінімальний об'єм гранично розбавленого розчину. Способи підвищення чутливості якісних реакцій.

Системи класифікації катіонів неорганічних речовин на аналітичні групи: сульфідна, амоніачно-фосфатна, кислотно-лужна. Аналітична класифікація катіонів за кислотно-лужною системою та періодична система хімічних елементів Д.І. Менделєєва. Загальна характеристика шести аналітичних груп катіонів. Групові реагенти та характерні реакції катіонів. Якісні реакції та основні хімічні властивості катіонів: здатність до кислотно-основної та окисно-відновної взаємодії, до реакцій комплексоутворення. Вплив середовища на напрямок хімічного перетворення. Роль реакцій осадження та відокремлення в систематичному аналізі суміші катіонів. Застосування реакцій комплексоутворення в якісному аналізі. Реакції маскування та демаскування.

Класифікація аніонів на аналітичні групи. Загальна характеристика трьох аналітичних груп аніонів. Групові реагенти. Аніони-окисники та аніони-відновники. Дробний метод аналізу суміші аніонів. Роль реакцій осадження, комплексоутворення та окиснення-відновлення для розділення суміші аніонів.

Аналіз сухої речовини: підготування сухої речовини до якісного аналізу – переведення її у розчин. Систематичний метод аналізу розчину сухої речовини.

Хімічна рівновага у розчинах слабких та сильних електролітів.

Закон дії мас – теоретична основа хімічного аналізу. Оборотні та необоротні реакції. Застосування закону дії мас до оборотних процесів у хімічному аналізі. Хімічна рівновага. Константа хімічної рівноваги. Зміщення хімічної рівноваги. Принцип Ле Шательє. Основні положення теорії електролітичної дисоціації. Процеси електролітичної дисоціації та йонізації. Сильні та слабкі електроліти. Застосування закону дії мас до процесів електролітичної йонізації слабких електролітів. Рівновага в розчинах слабких електролітів. Константа електролітичної йонізації та ступінь електролітичної йонізації і зв'язок між ними. Закон розбавлення Оствальда. Залежність ступеня йонізації від концентрації електроліту та температури. Обчислення ступеня йонізації та константи йонізації слабких електролітів. Умови зміщення йонної рівноваги. Вплив однойменних йонів. Застосування закону дії мас до розчинів сильних електролітів. Основні положення теорії сильних електролітів. Електростатична взаємодія між йонами. Йонна сила розчину. Активність. Коефіцієнт активності. Обчислення йонної сили розчину та активності йонів. Термодинамічна та аналітична константа йонізації.

Буферні системи та їхнє використання у аналітичній хімії. Застосування закону дії мас до оборотного процесу йонізації води. Йонний добуток води.

Водневий показник рН. Кислотно-основна рівновага. Порівняльна характеристика сили кислот та основ. Сильні та слабкі кислоти та основи. Обчислення концентрації йонів  $H^+$  та  $OH^-$ , а також рН та рОН у розчинах слабких кислот та основ. Обчислення рН в розчинах слабких багатоосновних кислот. Кислотно-основні реакції в аналітичній хімії. Сучасні уявлення про кислоти та основи. Теорії Арреніуса, Бренстеда – Лоурі, Льюїса. Поняття про спряжені кислоти та основи. Буферні системи та їхня роль в аналізі. Типи буферних систем та механізм їх дії. Ємність буферних систем. Обчислення рН буферних розчинів.

Гідроліз солей та його використання у аналітичній хімії. Застосування закону дії мас до процесів гідролізу. Механізм гідролізу солей як результат поляризаційної взаємодії їх йонів з гідратною оболонкою. Ступінь та константа гідролізу. Виведення формул для обчислення ступеня та константи гідролізу, а також рН розчинів солей, що гідролізують. Залежність константи гідролізу і ступеня гідролізу від константи йонізації кислот та основ – продуктів гідролізу, а також від температури та розбавлення розчину солі. Посилення та послаблення гідролізу. Роль процесів гідролізу в якісному аналізі для виявлення та відокремлення йонів. Роль процесів гідролізу в кількісному аналізі для гравіметричного, титриметричного та фотометричного визначення компонентів речовини. Застосування закону дії мас до процесів амфотерності. Амфотерні гідроксиди. Теорія амфотерності. Рівноважні процеси в розчинах амфотерних гідроксидів. Константи йонізації амфотерних гідроксидів. Використання амфотерності в якісному та кількісному аналізі.

Комплексоутворення в аналізі. Загальна характеристика реакцій комплексоутворення. Будова та номенклатура комплексних сполук. Природа хімічного зв'язку в комплексних сполуках. Рівноважні процеси у розчинах комплексних речовин. Електролітична дисоціація комплексних сполук. Ступінчаста йонізація комплексних сполук. Загальна та ступінчасті константи йонізації комплексних сполук. Константа нестійкості та константа стійкості комплексних сполук. Обчислення концентрації продуктів йонізації комплексних сполук, виходячи з їх констант нестійкості. Руйнування комплексних сполук. Використання комплексних сполук у якісному аналізі для виявлення, маскування та відокремлення сполук. Використання комплексних сполук в кількісному аналізі для гравіметричного, титриметричного та фотокolorиметричного визначення речовин. Органічні реагенти в аналітичній хімії, їхня класифікація та застосування в аналізі.

Хімічна рівновага в гетерогенній системі малорозчинний електроліт – насичений розчин. Реакції осадження та розчинення осадів. Розчинність електролітів. Добре розчинні та малорозчинні електроліти. Гетерогенні рівноваги. Йонна рівновага у водних розчинах малорозчинних електролітів між твердою фазою (осадом малорозчинного електроліту) та насиченим розчином цього малорозчинного електроліту. Добуток розчинності (ДР). Обчислення добутку розчинності малорозчинного електроліту, виходячи із відомої його розчинності. Обчислення розчинності малорозчинного електроліту за його добутком розчинності. Вплив однойменних йонів на розчинність. Правило добутку розчинності та обмеження його застосування. Добуток активності.

Сольовий ефект. Дробне осадження, переведення одних малорозчинних електролітів у інші. Розчинність малорозчинних електролітів у воді та у водних розчинах сильних електролітів. Розчинність малорозчинних електролітів у кислотах. Вплив на розчинність малорозчинних речовин реакцій комплексоутворення та окисно-відновних процесів за участю малорозчинного електроліту. Зв'язок добутку розчинності з константою нестійкості комплексної сполуки, в яку перевели малорозчинний електроліт. Осадження. Повнота осадження та фактори, що впливають на неї: розчинність речовини, кількість та природа осаджувача, йонна сила та рН розчину. Дробне осадження. Переведення одних малорозчинних електролітів в інші та його використання в якісному та кількісному аналізі.

Редокс-реакції в аналізі. Сутність окисно-відновних процесів. Окисники та відновники. Способи складання рівнянь окисно-відновних реакцій: метод електронного балансу та метод електронно-йонних рівнянь напівреакцій. Стандартні електродні та окисно-відновні потенціали, їх характеристика та методи визначення. Рівняння Нернста. Константа рівноваги окисно-відновного процесу та її зв'язок зі стандартними окисно-відновними потенціалами окисника та відновника. Використання окисно-відновних потенціалів для визначення (обчислення) напрямку окисно-відновних реакцій. Фактори, що впливають на величину окисно-відновних потенціалів: йонна сила розчину, рН розчину, концентрація окисненої та відновленої форм редокс-пари. Вплив реакцій осадження та комплексоутворення за участю окисника чи відновника на напрямок окисно-відновної реакції. Використання окисно-відновних реакцій у якісному та кількісному аналізі.

Аналіз природних, технічних матеріалів та природних об'єктів. Моніторинг стану навколишнього середовища. Аналіз металів та сплавів. Використання якісних реакцій для виявлення важких металів та деяких аніонів – токсичних компонентів – у органічних та неорганічних об'єктах навколишнього середовища. Роль хімічного аналізу для моніторингу стану навколишнього середовища: у процесі контролю ступеня забрудненості повітря, води та ґрунту під впливом людської діяльності.

Принципи кількісного аналізу. Метрологічні основи аналітичної хімії. Предмет, завдання та методи кількісного аналізу, його наукове і практичне значення. Технічний контроль. Державні стандарти. Сучасна класифікація методів кількісного аналізу. Хімічні методи аналізу, їхня класифікація та характеристика. Вимоги до хімічної реакції. Основні стадії хімічного аналізу. Вибір методу аналізу. Відбір проби речовини, підготовка до аналізу. Похибки кількісного аналізу: систематичні, випадкові, абсолютні, відносні. Статистична обробка результатів кількісного аналізу.

Гравіметричний аналіз. Сутність гравіметричного (вагового) аналізу, галузі застосування, обмеження застосування. Основні стадії та операції гравіметричного аналізу. Аналітичні терези та зважування на них. Підготовка речовини для аналізу. Середня проба. Вибір наважки. Вибір осаджувача та вимоги до нього. Операція осадження. Осаджувана та гравіметрична (вагова) форми осаду. Вимоги до осаду. Критерії практичної нерозчинності осаду. Умови отримання чистих осадів. Умови осадження кристалічних та аморфних

осадів. Повнота осадження і фактори, що впливають на неї. Процеси, що призводять до забруднення осадів. Співосадження (адсорбція, оклюзія, після осадження). Фільтрування та промивання осадів методом декантації. Фільтри для гравіметричного аналізу. Вибір промивної рідини. Переведення осаджуваної форми у гравіметричну (вагову). Висушування та прожарювання осадів. Обчислення в гравіметричному методі. Гравіметричний фактор (фактор перерахунку). Причини похибок. Точність гравіметричного аналізу. Переваги та недоліки гравіметричного методу. Застосування гравіметричного аналізу в хімії, біології, екології тощо.

Титриметричний аналіз. Метод кислотно-основного титрування (метод нейтралізації). Титриметричний аналіз як різновид об'ємного аналізу. Сутність титриметричного аналізу. Переваги та обмеження методу. Вимоги до реакцій у титриметричному аналізі. Концентрація розчинів: молярна, молярна концентрація еквіваленту, титр. Титр розчину за визначуваною речовиною. Мірний посуд. Вимірювання об'ємів розчинів. Стандартні та стандартизовані розчини. Вихідні речовини та вимоги до них. Розчини з приготованим та встановленим титром. Приготування розчинів з наважки, з більш концентрованих розчинів. Фіксанали. Операція титрування. Способи титрування: пряме титрування, зворотне титрування (метод залишків) та метод заміщення. Прийоми титрування: метод піпеткування та метод окремих наважок. Точка еквівалентності. Закон еквівалентів. Способи фіксування точки еквівалентності. Індикатори. Кінець титрування. Обчислення в титриметричному аналізі. Класифікація методів титриметричного аналізу за типом реакції, що лежить в основі титрування. Сутність методу нейтралізації, основна хімічна реакція методу. Ацидиметрія, алкаліметрія. Стандартні та стандартизовані розчини. Вихідні речовини. Криві титрування. Стрибок значення рН на кривій титрування. Точка еквівалентності. Способи фіксування точки еквівалентності. Кінцева точка титрування. Індикатори методу кислотно-основного титрування. Теорії індикаторів: йонна, хромоформна, йонно-хромоформна. Інтервал переходу (ІП) індикатора. Показник переходу індикатора рК, показник титрування рТ індикатора. Помилка індикатора. Найважливіші індикатори, що застосовують у хімічному аналізі. Помилка титрування. Криві титрування: розрахунки зміни рН в ході титрування сильної кислоти сильною основою, слабкої кислоти сильною основою, слабкої основи сильною кислотою. Особливості кривих титрування у різних випадках. Титрування багатоосновних кислот. Титрування солей, що гідролізують у розчині. Принципи вибору індикатора під час титрування основ, кислот та солей, що гідролізують. Застосування кислотно-основного титрування в хімії, біології, екології.

Методи окисно-відновного титрування (методи редоксиметрії). Перманганатометрія та йодометрія. Загальна характеристика методів окисно-відновного титрування, їх класифікація. Окисно-відновні реакції, придатні для титриметричного (об'ємного) аналізу. Константа рівноваги окисно-відновної реакції. Еквівалент окисника та відновника. Зміна окисно-відновного потенціалу системи в процесі титрування та його обчислення. Криві титрування та їхня побудова. Стрибок кривої титрування. Точка еквівалентності.

Обчислення редокс-потенціалу системи в точці еквівалентності. Фіксування точки еквівалентності. Редокс-індикатори. Інтервал переходу редокс-індикаторів. Показник титрування редокс-індикаторів. Помилки титрування. Перманганатометрія. Сутність методу та його загальна характеристика. Калій перманганат як окисник, його окисні властивості в залежності від рН середовища. Титрування калій перманганатом у кислому середовищі. Приготування стандартного розчину оксалатної кислоти. Приготування стандартизованого розчину калій перманганату та встановлення його титру. Приклади визначень вмісту відновників методом перманганатометрії: визначення вмісту іонів  $Fe^{2+}$ , визначення вмісту гідрогенпероксиду. Йодометрія. Сутність методу, умови та межі застосування. Робочі та допоміжний розчини. Стандартні розчини. Вихідні речовини. Крохмаль як специфічний індикатор. Приклади визначення вмісту окисників, концентрованих кислот та відновників. Особливості визначення вмісту іонів  $Cu^{2+}$  в розчині.

Методи осадження в титриметричному аналізі. Теоретичні основи методів осадження, їхня класифікація: меркурометрія та аргентометрія. Способи фіксування точки еквівалентності, безіндикаторні методи. Метод Мора (аргентометрія), метод Фольгарда, метод Фаянса: середовище, індикатори, пряме та зворотне титрування. Робочі та вихідні речовини методів визначення галогенід-аніонів. Криві титрування, їхні розрахунки. Фактори, що впливають на величину стрибка кривої титрування. Галузі застосування методів осадження в титриметричному аналізі.

Методи комплексоутворення в титриметричному аналізі. Комплексонометрія. Комплекси. Теоретичні основи методів комплексонометрії. Фіксування точки еквівалентності. Металохромні індикатори, теоретичне обґрунтування їх застосування. Галузі застосування методів комплексонометрії. Приклади застосування методу комплексонометрії: визначення твердості води, визначення Кальцію та Магнію у водній витяжці з ґрунту.

Фізико-хімічні методи аналізу. Загальна характеристика методів, їхня класифікація. Чутливість, селективність, відтворюваність результатів аналізу інструментальними методами. Способи визначення вмісту компонентів: метод порівняння (метод стандартів), метод калібрувального графіка, метод аналітичних факторів. Значення інструментальних методів аналізу в сучасному виробництві, наукових дослідженнях, екологічному моніторингу.

Оптичні методи аналізу. Фотометрія. Класифікація оптичних методів аналізу за типом взаємодії речовин з електромагнітним випромінюванням. Електромагнітний спектр. Спектри поглинання та випромінювання. Атомні і молекулярні спектри, їхнє використання в хімії. Фотометричні методи як різновид оптичних методів. Фотометричний аналіз, його теоретичні основи. Поглинання світла розчинами. Закон світлопоглинання Бугера-Ламберта-Бера. Оптична густина розчину. Молярний коефіцієнт світлопоглинання. Залежність поглинання від довжини хвилі. Основні критерії використання закону світлопоглинання, причини відхилення від закону. Методи вимірювання поглинання світла. Монохроматичне випромінювання. Світлофільтри. Візуальна

колориметрія. Сутність колориметричного методу. Метод стандартних серій. Метод вирівнювання. Метод розбавляння. Схеми колориметричних приладів. Фотометрія і спектрофотометрія. Сутність методів. Чутливість та точність методів. Основні типи спектрофотометрів. Диференційні фотоколориметри. Правила роботи на фотоколориметрі. Вибір кювет та світлофільтрів. Метод калібрувального графіка. Полум'яна фотометрія. Сутність методу. Схема полум'яного спектрофотометра. Загальна характеристика методики проведення аналізу. Використання методу для аналізу хімічних та біологічних об'єктів.

Електрохімічні методи аналізу. Потенціометричне титрування. Потенціометричний аналіз: пряма потенціометрія та потенціометричне титрування. Сутність та теоретичні основи потенціометричного титрування. Індикаторні електроди та електроди порівняння, їх типи. Електроди першого та другого роду: металічний, водневий, каломельний, хлорид-срібний. Йон-селективні електроди. Схема установки для потенціометричного титрування. Залежність електродного потенціалу від концентрації йонів, що визначаються. Криві титрування, їх побудова. Стрибок потенціалу на кривій титрування. Фіксування точки еквівалентності. Визначення вмісту кислоти чи основи в розчині методом потенціометричного титрування. Індикаторні електроди в кислотно-основному титруванні методом потенціометрії: скляний, хінгідронний. Визначення рН розчину за допомогою йонометра. Зміна рН в процесі титрування. Графічне визначення точки еквівалентності: інтегральні та диференціальні криві титрування. Кондуктометричне титрування, амперометричне титрування, полярографія – загальна характеристика методів. Приклади застосування в аналізі.

Методи маскуваня, концентрування та розділення. Маскуваня, групи маскуючих речовин, демаскуваня. Фізико-хімічні основи методів розділення та концентрування. Осадження і співосаждення. Екстракція – основні закони, кількісні характеристики, екстрагенти, приклади застосування. Сорбція – механізм, основні закони, кількісні характеристики, основні типи сорбентів, приклади застосування.

#### **4.8. ФІЗИЧНА ХІМІЯ**

Хімічна термодинаміка. Термодинаміка рівноважних процесів. Термодинамічні параметри та процеси. Робота розширення ідеального газу в різних термодинамічних процесах: ізохорному, ізобарному, ізотермічному, адіабатичному. Основи молекулярно-кінетичної теорії газів. Теплоємність газів. Мольна та питома теплоємності. Дійсна та середня величини теплоємності. Теплоємність при сталому об'ємі та сталому тиску. Теплоємність. Залежність теплоємності від температури.

Перший закон термодинаміки: формулювання, математичний апарат; застосування для характеристики процесів розширення ідеального газу. Термохімічні символи та рівняння. Закон Гесса. Наслідки закону Гесса. Тепловий ефект хімічної реакції. Теплота утворення, теплота згорання. Атомна теплота утворення. Енергія хімічного зв'язку. Теплота розчинення і гідратації речовин, теплота нейтралізації і дисоціації. Енергія кристалічної решітки. Енергетичні зміни при агрегатних перетвореннях. Зв'язок з I-м законом

термодинаміки.

Другий та третій закони термодинаміки. Коефіцієнт корисної дії теплової машини. Ентропія. Рівняння Больцмана. Ентропія як характеристика безладдя системи. Визначення ентропії в різних термодинамічних процесах. Статистичний характер II-го закону термодинаміки.

Напрямок термодинамічних процесів. Термодинамічні потенціали. Третій закон термодинаміки. Ізобарно-ізотермічний та ізохорно-ізотермічний потенціали як фактор напрямленості довільних процесів. Залежність термодинамічних потенціалів від температури. Методи розрахунку термодинамічних потенціалів.

Термодинаміка рівноважних процесів. Закон дії мас для рівноважних процесів. Константа рівноваги ( $K_p$ ,  $K_c$  та  $K_N$ ), їх взаємозв'язок. Робота хімічної реакції в ізотермічному процесі. Залежність константи рівноваги від температури в ізохорному і ізобарному процесах.

Принципи зміщення рівноваги хімічної реакції в залежності від зміни температури, тиску, концентрації реагуючих речовин та наявності каталізатора. Константа рівноваги гетерогенних систем.

Основи термодинаміки рівноваги фазових переходів. Правило фаз Гіббса. Діаграми стану однокомпонентних (води, сірки, фосфору) та двокомпонентних систем. Фізико-хімічний аналіз (термічний аналіз).

Термодинамічна характеристика межі поділу фаз: поверхневі явища. Адсорбція. Поверхневий натяг: фізична суть, визначення, зв'язок з вільною енергією одиниці поверхні, залежність від природи та концентрації речовини. Методи вимірювання поверхневого натягу: капілярне підняття, сталагмометрія, метод найбільшого тиску бульбашки (метод Ребіндера).

Поняття про адсорбцію. Адсорбція на межі Г/р, Г/т, Р/р, Р/т. Рівняння Гіббса, Ленгмюра. Поверхнево-активні (ПАР) та поверхнево-інактивні (ПІАР) речовини.

Хімічна кінетика. Каталіз. Формальна кінетика простих гомо- та гетерогенних реакцій. Основні теорії кінетики. Класифікація хімічних реакцій. Молекулярність та порядок реакції. Прості гомогенні та гетерогенні реакції 1-го, 2-го, 3-го порядків. Швидкість та константа швидкості простих гомогенних та гетерогенних хімічних реакцій. Вплив температури на швидкість хімічної реакції. Основні теорії хімічної кінетики: теорія активних зіткнень та теорія активованого комплексу. Рівняння Вант-Гоффа та Арреніуса. Енергія активації хімічної реакції. Визначення температурного коефіцієнта Вант-Гоффа.

Кінетика складних реакцій. Оборотної, послідовної, спряженої, паралельної, автокаталітичної процеси. Ланцюгові та фотохімічні реакції.

Особливості гетерогенних реакцій – кінетичний, дифузний та змішаний режим реакції. Константа швидкості гетерогенної реакції.

Каталіз: класифікація каталітичних процесів. Термодинамічні і кінетичні закономірності перебігу каталітичних процесів. Гомогенний каталіз в газах і розчинах: кислотний, основний, каталіз за участю йонів. Гетерогенний каталіз – основні особливості. Мультиплетна та електронна теорії каталізу. Каталітичні процеси біологічних систем. Кінетика ферментативних реакцій.

Фізико-хімічні властивості розчинів. Фізична та хімічна теорії розчинів.



Розчинність речовин. Класифікація розчинів. Механізм розчинення речовин. Види взаємодії між компонентами в процесі розчинення. Фізична та хімічна теорії розчинів. Вплив різних факторів на розчинність речовин.

Властивості молекулярних розчинів. Розбавлені рідкі молекулярні системи. Колігативні властивості молекулярних розбавлених розчинів. Закон Рауля для ідеальних і реальних розчинів. Наслідки закону Рауля. Кріоскопія. Ебуліоскопія. Експериментальне визначення молекулярної маси речовин. Поняття про коефіцієнт активності. Осмотичний тиск ідеальних і реальних молекулярних розчинів.

Концентровані рідкі молекулярні системи. Класифікація концентрованих рідких сумішей за характером розчинності: необмежено, обмежено та взаємонерозчинні суміші. Ідеальні та реальні суміші. Перший закон Коновалова для ідеальних сумішей. Системи з позитивним і негативним відхиленням від ідеальності. Обчислення тиску пари над рідкою сумішшю. Другий закон Коновалова. Азеотропні суміші з максимальним і мінімальним відхиленнями від ідеальності. Перегонка простих і азеотропних сумішей. Правило рычага. Ректифікація.

Властивості розчинів електролітів. Фізико-хімічні властивості розчинів слабких електролітів. Механізм електролітичної дисоціації речовин з полярним ковалентним та йонним типами зв'язків. Гідратація йонів. Будова гідратної оболонки, енергія гідратації. Періодична зміна властивостей йонів. Фізико-хімічна характеристика розчинів електролітів: ізотонічний коефіцієнт, ступінь дисоціації, константа дисоціації. Закон розбавлення Оствальда. Буферні розчини, класифікація та властивості.

Розчини сильних електролітів. Фізико-хімічні властивості розчинів сильних електролітів. Теорія Дебая – Гюккеля. Поняття про активність, коефіцієнт активності, йонну силу розбавлених та концентрованих розчинів сильних електролітів. Методи їх визначення. Протолітична теорія кислот і основ. Апротонна теорія кислот і основ.

Питома та молярна електропровідності розчинів електролітів. Визначення фізико-хімічних характеристик розчинів електролітів методом вимірювання електропровідності. Закони Кольрауша. Метод кондуктометричного титрування та його застосування.

Електрохімія. Електроди. Рівноважні електродні потенціали. Механізм утворення електродного потенціалу на межі розподілу фаз. Вибір функції електрода. Електродні реакції. Типи електродів. Гальванічні елементи (ГЕ). Ряд стандартних електродних (окисно-відновних) потенціалів. Термодинаміка гальванічного елемента. Принцип роботи гальванічного елемента. Електрорушійна сила ГЕ. Рівняння Нернста. Тепловий ефект реакції в гальванічному елементі. Вимірювання електрорушійної сили ГЕ методом компенсації, рН-метрія з використанням хінгдронного і скляного електродів. Характеристика електродів першого, другого роду (хлорсрібний, каломельний, ртутносльфатний) та окисно-відновних електродів. Скляний, амальгамний, хінгдронний електроди.

Корозія металів. Види корозії і методи боротьби з нею. Хімічна, електрохімічна, біологічна корозія. Порівняльна стійкість металів до корозії.

Електрорушійна сила корозійних процесів, реакції електрохімічної корозії з водневою і кисневою деполаризацією. Методи боротьби з корозією.

Класифікація гальванічних елементів. Електрохімічні ланцюги. Хімічні, окисно-відновні, концентраційні ланцюги. Концентраційні ланцюги без переносу і з переносом заряду, дифузійний потенціал. Константа рівноваги окисно-відновної реакції. Мембранний потенціал

Електроліз як нерівноважний процес, який є зворотним до гальванічного. Катодні і анодні процеси. Перший та другий закони Фарадея. Числа переносу. Коефіцієнт корисної дії. Швидкість електрохімічної реакції. Особливості електролізу водних розчинів та розплавів електролітів. Електрохімічний розклад води. Послідовність катодних та анодних електрохімічних процесів при електролізі водних розчинів та розплавів електролітів.

Основи електрохімічної кінетики. Концентраційна, хімічна, фазова перенапруга. Напруга розкладу електроліту. Перенапруга водню в залежності від природи металу катоду, густини струму, температури. Особливості виділення металів на катоді. (поляризаційні криві, полярографія).

Джерела струму. Акумулятори. Акумулятори: свинцевий, лужні та спеціальні. Джерела струму.

#### **4.9. КОЛОЇДНА ХІМІЯ**

Поверхнева енергія. Поверхневий натяг: фізична суть, визначення, зв'язок з вільною енергією поверхні, залежність від температури, тиску, природи речовини. Методи вимірювання поверхневого натягу: капілярне підняття, сталагмометрія, метод найбільшого тиску бульбашки. Змочування. Кут змочування. Робота адгедії і когезії.

Адсорбція. Поняття про адсорбцію. Типи адсорбції: хімічна та фізична. Капілярна конденсація. Адсорбція на межі Г/р, Г/т, Р/р, Р/т. Поверхнево-активні (ПАР) та поверхнево-інактивні (ПІАР) речовини. Рівняння Гіббса, Ленгмюра, Фрейндліха та Шишковського. Адсорбція електролітів. Йонно-обмінна адсорбція. Хроматографія.

Класифікація колоїдних систем. Ліофільні та ліофобні колоїдні розчини. Класифікація за дисперсністю твердої фази, агрегатним станом компонентів та характером взаємодії дисперсної фази і дисперсійного середовища. Термодинамічні властивості колоїдних ліофобних та ліофільних розчинів. Будова міцели ліофобних золь.

Розчини ВМС. Властивості розчинів ВМС в залежності від природи сполук, природи взаємодії з розчинником, концентрації розчину. Термодинамічна стабільність розчинів ВМС. Поліелектроліти. Ізоелектричний стан та ізоелектрична точка (pI) білків.

Фізичні та хімічні методи добування золь (конденсація, диспергування, пептизація). Методи очищення колоїдно-дисперсних систем: діаліз, електродіаліз, ультрафільтрація.

Агрегативна та кінетична стійкість. Умови седиментаційної рівноваги. Седиментаційний аналіз. Фізична теорія агрегативної стійкості колоїдних систем. Енергетичний бар'єр, умови стійкості. Загальна характеристика явища коагуляції: поріг коагуляції, коагуляційна здатність; ліотропні ряди. Фізична

теорія коагуляції: нейтралізаційна і концентраційна коагуляція. Явища, що супроводжують коагуляцію: перезарядка золя із зміною знаку потенціалу, звикання золь, коагуляція під впливом суміші йонів, взаємна коагуляція. Умови агрегативної стійкості та коагуляції ліофільних систем. Висолювання. Денатурація.

Оптичні, кінетичні, електричні, реологічні властивості колоїдних систем. Броунівський рух, дифузія в золях, осмотичний тиск. Оптичні властивості колоїдних систем. Ефект Тіндала. Нефелометрія. Електричні властивості колоїдних систем. Електрофорез. Електрофоретичне розділення білків. Електроосмос. Способи вираження в'язкості: абсолютна, відносна, питома, зведена, характеристична. Рівняння Ейнштейна для ліофобних колоїдів. Рівняння Штаудінгера. Визначення молекулярної маси ВМС методом в'язкості. Рівновага Доннана, потенціал Доннана.

Колоїдні розчини ПАР. Гелі. Драглі. Класифікація гелів. Термодинамічна характеристика крихких та еластичних гелів. Методи добування: желатинізація та набування, вплив умов. Явище набування в біологічних системах. Колоїдні розчини ПАР. Міцелоутворення. Солюбілізація.

Емульсії. Піни. Аерозолі. Класифікація емульсій (емульсії першого та другого роду, емульсії розбавлені та концентровані). Природа і механізм дії емульгаторів (мила, неіоногенні ПАР, порошки). Методи добування. Механізм мийної дії. Екологічні аспекти використання ПАР. Піни. Механізм дії піноутворювачів. Стійкість пін. Піногасники. Аерозолі, агрегативна стійкість.

#### **4.10. ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ СПОЛУКИ**

Загальні відомості про полімерні речовини. Предмет і завдання науки про високомолекулярні речовини. Її місце серед інших фундаментальних хімічних наук і природничих наук в цілому, роль в науково-технічному прогресі. Основні історичні етапи розвитку науки про полімери. Внесок вітчизняних вчених в зародження та становлення хімії високомолекулярних наук. Історичні аспекти формування сучасного поняття “полімер” та “макромолекула” від Берцеліуса до Штаудінгера. Основні поняття та визначення: полімер, олігомер, співвідношення понять “полімери” та “високомолекулярні сполуки”. Макромолекула, елементарна ланка, ступінь полімеризації. Роль полімерів у живій природі, їх значення як промислових матеріалів.

Основні відмінності полімерів від низькомолекулярних сполук. Особливості полімерного стану речовини. Конфігурація основного ланцюга макромолекул, фактори, що її визначають; способи орієнтації елементарних ланок: «голова-хвіст», «голова-голова», «хвіст-хвіст». Конформація.

Стереохімія ланцюга. Стереорегулярні (ізотактичні та синдіотактичні) та стереонерегулярні (атактичні) полімери. *Цис-транс*-ізомерія елементарних ланок.

Класифікація полімерів, фактори, що лежать в її основі. Природні та синтетичні полімери. Органічні, неорганічні, елементорганічні полімери. Гомо- та гетерополімери. Почергові, статистичні, блок-кополімери та прищеплені полімери. Гомоланцюгові та гетероланцюгові полімери. Типи конфігурацій полімерів (лінійні, двотяжеві, розгалужені та зшиті).

Номенклатура полімерів: тривіальна, раціональна, систематична. Принцип складання назв синтетичних полімерів. Номенклатура неорганічних та елементорганічних полімерів.

Середні молекулярні маси полімерів. Типи усереднення молекулярної маси. Середньочислова та середньомасова молекулярні маси. Молекулярно-масовий розподіл у синтетичних полімерах. Ступінь полідисперсності. Методи визначення середніх молекулярних мас.

Синтез полімерів. Загальні поняття синтезу полімерів: мономер, олігомер, полімер. Методи синтезу полімерів, визначення та класифікація ланцюгових полімеризаційних процесів; гомо- та гетерополімеризація та поліконденсація; елементарна ланка, ступінь полімеризації. Кінетичний та матеріальний ланцюг. Каталізатори та ініціатори. Деполімеризація.

Полімеризація. Визначення. Головні стадії полімеризації. Обривні та безобривні процеси. Радикальна полімеризація. Ініціювання радикальної полімеризації: умови ініціювання (термічний, фотохімічний, радіаційний вплив), ініціатори. Утворення радикалів та ініціювання процесу радикальної полімеризації. Характеристика вільних радикалів. Будова мономерів та їх здатність до радикальної полімеризації. Ефективність ініціювання, ефект “клітки”. Активні центри. Процес росту ланцюга. Обрив ланцюга: рекомбінація та диспропорціювання. Передача ланцюга: на мономер, ініціатор, розчинник. Кінетика радикальної полімеризації при малих ступенях перетворення. Особливості радикальної полімеризації при високих ступенях перетворення; “гель-ефект”. Способи проведення радикальної полімеризації: в масі (блоці), в розчині, суспензії, емульсії. Йонна полімеризація: визначення, основні відмінності йонної полімеризації від радикальної. Аніонна полімеризація: мономері в аніонній полімеризації, їх активність та будова; каталізатори. Карбаніони. Процеси ініціювання аніонної полімеризації металорганічними сполуками, лужними металами та їх комплексами. Аніон-радикали. Активні центри аніонної полімеризації. Процеси росту ланцюга в аніонній полімеризації. Комплекси з переносом заряду. Безобривна полімеризація. «Живі» полімери як синтони. Історія синтезу каучуку. Стереорегулювання в аніонній полімеризації. Катіонна полімеризація: мономері в катіонній полімеризації; каталізатори (протонні кислоти та кислоти Льюїса), співкаталізатори. Ініціювання катіонної полімеризації. Ріст ланцюга. Залежність швидкості реакції від полярності середовища. Обрив ланцюга. Олігомеризація метану в присутності суперкислот. Катіонна полімеризація вінілових естерів. Бальзами. Координаційно-йонна полімеризація в присутності гомогенних та гетерогенних каталізаторів. Каталізатори Циглера-Натта – комплекси сполук перехідних металів з металорганічними сполуками металів I – III груп. Механізм йонно-координаційної полімеризації. Принципи синтезу стереорегулярних полімерів. Поліетилен низького тиску. Синтез стереорегулярного поліпропілену. Приклади йонної полімеризації циклічних мономерів. Кополімеризація. Визначення, види та значення кополімеризації. Процес росту ланцюга при бінарній кополімеризації, кінетична схема та швидкість процесу. Диференційне рівняння “миттєвого” складу кополімерів Майо-Льюїса. Константи кополімеризації та методи їх розрахунків. Криві

складу кополімеру, залежність складу кополімеру від співвідношення мономерів у вихідній суміші. Добування кополімерів із заданими властивостями. Статистичні та регулярні кополімери. Синтез блок- та щеплених кополімерів. Кополімери стирену з бутадієном та акрилонітрилом – АБС-пластики; вплив складу на їх властивості. Основні полімери, що виробляються методом полімеризації. Активність мономерів: ненасичених та гетероциклічних. Принцип антибатності та синбатності.

Поліконденсація. Визначення поліконденсаційного методу синтезу полімерів. Сучасний погляд на реакцію поліконденсації, види поліконденсації. Основні відмінності полімеризації від поліконденсації. Оцінка механізму за способом побудови полімерного ланцюга. Процеси «складання» ланцюгів. Мономери для поліконденсації. Функціональність мономерів. Гомополіконденсація та гетерополіконденсація. Вплив стехіометрії, монофункціональних домішок та побічних реакцій на молекулярну масу продуктів поліконденсації та утворення різних просторових структур. Рівноважна та нерівноважна (оборотна та необоротна) поліконденсація. Приклади найважливіших поліконденсаційних реакцій. Різноманітність поліконденсаційних полімерів (поліестери, поліаміди, фенолформальдегідні смоли, поліуретани, силіційорганічні полімери, біополімери). Кінетика процесів поліконденсації. Способи поліконденсації.

Властивості полімерів. Фізичні та хімічні властивості полімерів. Фізико-механічні властивості полімерів. Характерні фізико-хімічні властивості високомолекулярних сполук, відмінність їх від низькомолекулярних. Конфігурація та конформація макромолекули. Конфігураційна та конформаційна ізомерії. Внутрішньомолекулярне обертання та гнучкість макромолекули. Енергетичні бар'єри внутрішнього обертання. Поняття про статистичний сегмент. Структура кристалічних та аморфних полімерів, надмолекулярна організація полімерів у аморфному та кристалічному станах. Фізичні стани аморфних полімерів: склоподібний, високоеластичний, в'язкотекучий. Особливості аморфних полімерів у високоеластичному стані. Пластифікація полімерів. Механічні властивості полімерів: деформаційні та міцносні. Явище вимушеної еластичності. Орієнтація полімерів. Довговічність. Електричні властивості полімерів. Двокомпонентні полімерні системи. Системи полімер – розчинник. Набухання та розчинення. Термодинаміка розчинів. Структура полімеру в розчині. Розбавлені та концентровані розчини. В'язкість розбавлених розчинів. Седиментація макромолекул. Драгли, їх особливості. Особливості хімічної поведінки макромолекул. Хімічні властивості полімерів та їх низькомолекулярних аналогів. “Ефект сусіда”. Хімічні реакції, що не призводять до зміни ступеня полімеризації. Полімераналогічні перетворення (на прикладі полівінілового спирту та целюлози) та внутрішньомолекулярні перетворення. Йонообмінні полімерні матеріали. Реакції, що призводять до зміни ступеня полімеризації. Реакції зшивання полімерних ланцюгів та блок-кополімеризації. Вулканізація каучуків. Перетворення новолачних смол. Резоли. Резити. Деструкція полімерів: фізична (термічна, фотохімічна, радіаційна, механохімічна) та хімічна. Ланцюгова та випадкова деструкція. Деполімеризація, її механізм. Значення деструкції. Деградація полімерів в

умовах експлуатації та переробки. Стабілізація полімерів. Використання хімічних реакцій макромолекул для модифікування поверхні різних матеріалів.

Виробництво полімерів та їх найважливіші представники, що вивчаються в шкільному курсі хімії. Структура та динаміка виробництва полімерів. Основні групи полімерів: пластмаси (складові частини пластмаси), еластомери (каучуки), волокна, клеї, лаки та фарби. Багатотоннажні полімери. Основні характеристики найуживаніших полімерів. Поліетилен (високого та низького тиску). Полістирен блоковий та суспензійний. Ударотривкий полістирен. Пінополістирен. Полівінілхлорид (вініпласт, пластикат, пластизоль). Політетрафторетилен (тефлон): виробництво, переробка, властивості, застосування. Полімери акрилової та метакрилової кислот. Поліметилметакрилат – органічне скло, особливості виробництва. Фенопласти (фенолформальдегідні смоли – новолаки, резолі, резити) та амінопласти (сечовино-формальдегідні смоли); матеріали на їх основі. Види пластмас, що виробляють на Україні. Властивості та виробництво каучуків, волокон – штучних (ацетатного волокна, віскози) та синтетичних (поліестерів, поліамідів, поліакрилонітрилу). Історія виробництва хімічних волокон на Україні. Добування лакофарбних матеріалів та полівінілацетату. Клеї та фарби на основі ПВА. Полісілоксани (сілоксанові каучуки, наповнювачі, покриття, адсорбенти). Сучасні проблеми виробництва та використання полімерних матеріалів. Застосування медичних засобів разового використання у боротьбі з особливо небезпечними хворобами (ВІЛ/СНІДом, вірусним гепатитом тощо). Сировинна база виробництва полімерів. Значення полімерних матеріалів. Сучасні тенденції та нові напрямки в науці про полімери. Нанотехнології. Полімерні напівпровідники та фотонапівпровідники. Рідиннокристалічні технології. Перспективи збільшення промислового виробництва полімерів та полімерних матеріалів.

#### **4.11. ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ**

Предмет хімічної технології та її найважливіші поняття. Предмет хімічної технології. Технологічний процес, його стадії, схема виробництва, сировина, проміжні продукти (напівпродукти), основний продукт виробництва, відходи виробництва - побічні продукти. Параметри процесу (температура, тиск, концентрація тощо). Безперервні, напівбезперервні, періодичні процеси, переваги безперервних процесів. Показники процесів: а) технічні: вихід готового продукту, коефіцієнт витрати сировини, палива, пари, води, електроенергії; потужність і інтенсивність апарату або установки, яка складається із декількох апаратів; якість готового продукту; б) економічні: собівартість і продуктивність праці, їх роль при виборі способу виробництва; матеріальний і енергетичний баланси виробництва.

Види сировини: мінеральна, рослинна, тваринна (харчова і технічна). Підготовка мінеральної сировини до переробки: подрібнення (дробилки), розмелення (млинки), збагачення, показники збагачення. Пінна флотація, флотореагенти. Флотаційні машини. Електромагнітне, хімічне збагачення. Комплексне використання сировини як один з найважливіших принципів організації виробництва. Вода і повітря як хімічна сировина. Вода як речовина,

аномалії води. Значення води в хімічній промисловості. Загальна характеристика природної води. Підготовка питної води на водопровідних станціях: відстоювання, коагуляція колоїдних домішок, фільтрування (будова піщаного фільтра), знезаражування хлором, озоном, УФ-світлом. Підготовка промислової води: пом'якшення, знесолювання на йонообмінних фільтрах; робота і регенерація йонообмінного фільтра. Знешкодження стічних вод і охорона природи: адсорбція, флотація, біохімічна очистка. Створення циклів оборотного водопостачання як один з принципів захисту навколишнього середовища.

Характеристика хімічних реакцій за принципом вибору оптимальних умов їх проведення. Класифікація хімічних реакцій: необоротні і оборотні (хімічна рівновага), гомогенні і гетерогенні. Принцип Ле Шательє і його використання для знаходження оптимальних умов проведення оборотної реакції: вплив тиску і температури на стан рівноваги. Вплив цих факторів на швидкість реакції. Зміщення рівноваги під час використання надлишку одного із реагентів на основі закону діючих мас. Прискорення гетерогенних реакцій зі збільшенням поверхні контакту фаз, перемішуванні. Використання каталізаторів для прискорення реакцій. Поняття про принципи хімічної технології. Принцип відповідності характеру процесу конструкції апарату. Характеристика реакцій за принципами вибору оптимальних умов. Алгоритм вивчення основ хімічних виробництв. Хімізація як важливий фактор науково-технічного прогресу. Роль хімічної промисловості в збільшенні продукції сільського господарства; заміні харчової сировини синтетичною і збільшенні виробництва товарів широкого вжитку.

Виробництво сульфатної кислоти. Властивості і застосування сульфатної кислоти. Принцип відповідності між властивостями речовини і галузями її використання. Сорти сульфатної кислоти. Сировина: флотаційний колчедан, сульфур діоксид з печей кольорової металургії, природна сірка, дигідроген сульфід. Принцип комплексного використання сировини. Комбінування виробництв. Виробництво сульфатної кислоти контактним способом. Стадії виробництва. Принцип розподілу процесу на стадії і створення оптимальних умов на кожній стадії. Оптимальні умови випалювання колчедану. Поняття про «киплячий шар», його переваги. Печі випалювання в «киплячому шарі». Склад продуктів випалювання. Очистка пічного газу в циклонах та сухому електрофільтрі. Поняття про типові апарати. Спалювання сірки в циклонних печах. Спеціальна очистка пічного газу від каталітичних отрут, висушування газу. Промивні і сушильні башти з насадкою із керамічних кілець. Принцип протитечії. Оптимальні умови окиснення сульфур діоксиду з використанням ванадієвої контактної маси. Досягнення високого виходу і продуктивності в багат шаровому контактному апараті з теплообміном. Принцип використання теплоти реакції. Автотермічні процеси. Принцип роботи контактного апарату в «киплячому шарі». Особливості виробництва сульфатної кислоти з дигідроген сульфідом та нітрозним способом. Відходи виробництва та їх утилізація, охорона навколишнього середовища. Історичні аспекти розвитку виробництва сульфатної кислоти в Україні, внесок українських вчених у створення сучасної технології виробництва. Проблеми навколишнього середовища і виробництво

сульфатної кислоти.

Виробництво амоніаку і нітратної кислоти. Проблема зв'язування атмосферного азоту. Розробка синтезу амоніаку (Ле Шательє, В. Нернст, Ф. Габер, К. Бош), використання принципу циркуляції реагуючих речовин. Циркуляційні (кругові) процеси. Добування азотоводневої суміші. Конверсія метану. Системи синтезу амоніаку за середнього тиску: конструкції колон синтезу амоніака, використання теплоти реакції, виділення амоніака. Готові продукти: рідкий і газоподібний амоніак, амоніачна вода. Застосування амоніака. Транспортування. Виникнення виробництва синтетичної нітратної кислоти із амоніака. Окиснення амоніака як складний технологічний процес (І.І. Андрєєв) Хімічні реакції і стадії процесу. Окиснення амоніака при атмосферному тиску, оптимальні умови. Поєднання двох каталізаторів в одному контактному апараті, що включає котел-утилізатор; значення його у промисловості для використання теплоти реакції. Перетворення нітроген(II) оксиду в нітратну кислоту, вплив тиску на продуктивність апаратів, вихід і концентрацію кислоти, що утворюється. Сорти нітратної кислоти. Виробництво розбавленої нітратної кислоти при підвищеному тиску і комбінованим способом. Виробництво концентрованої нітратної кислоти з розбавленої і прямим синтезом. Використання нітратної кислоти. Виробництво нітратної кислоти в Україні. Екологічні проблеми виробництва.

Виробництво мінеральних добрив. Асортимент мінеральних добрив. Виробництво амоніачної селітри. Будова апарату для нейтралізації (з використанням теплоти реакції для випаровування води), грануляційної башти. Виробництво сечовини (карбаміду). Сировина. Стадії процесу. Циркуляційна схема виробництва. Використання сечовини. Порівняльна характеристика амоніачної селітри і сечовини як добрив. Рідкі добрива: рідкий амоніак, амоніачна вода, амоніакати. Калійні солі. Виробництво калій хлориду із сильвініту пінною флотацією. Калій сульфат як добриво, його добування та використання. Фосфатні добрива, їх класифікація. Сировина: апатитовий концентрат, фосфорити. Виробництво фосфатної муки. Виробництво простого суперфосфату. Виробництво фосфатної кислоти екстракційним і електротермічним способом. Виробництво концентрованих фосфатних добрив: подвійного суперфосфату, амофосу і кормового преципітату. Нітроамофоска - комплексне добриво, добування. Проблема утилізації відходів у виробництві простого суперфосфату (фосфогіпс).

Силікати. Скло, кераміка, мінеральні в'язучі речовини. Керамічні вироби. Сировина: глини (каолін, вогнетривкі і легкоплавкі глини), шамотний порошок, кварцит, доломіт, хроміт. Пластичний і напівсухий способи формування. Стрічковий прес. Будівельна і вогнетривка цегла (шамотна, високоглиноземиста, динасова, магнезитова, хромомagneзитова). Поняття про виробництво фарфору і фаянсу. Скло, його склад і будова. Сировина: склоутворюючі матеріали, барвники. Виробництво скляної маси, хімічні реакції, стадії процесу. Ванна піч. Способи формування скляних виробів: витягування, прокат, видування, пресування. Скляне волокно і тканина. Виробництво технічного сіталу і шлакосіталу та їх використання. Мінеральні в'язучі речовини: повітряні і гідравлічні. Виробництво вапна (будова шахтової



печі), використання негашеного і гашеного вапна. Силікатна цегла. Виробництво будівельного гіпсу. Виробництво портландцементу мокрим способом. Сировина: вапняк, крейда, глина, мергель, попіл, недогарок. Обертюва піч. Штучні мінерали, які входять до складу клінкера. Розмол клінкера. Визначення якості цементу. Виготовлення бетону, залізобетону, азбоцементні вироби.

Металургія чавуну і сталі. Чорна і кольорова металургія. Основні промислові способи добування металів. Виробництво чавуну. Сировина: залізні руди (магнетит, гематит, бурі залізняки, флюси), вапняк, доломіт, кокс, природний газ, повітря, кисень. Доменний процес: хімічні реакції, продукти доменного виробництва та їх використання. Принцип дії і будова регенераторів-нагрівачів повітря (кауперів). Сорти чавунів, їх застосування. Феросплави. Виробництво сталі: сировина (чавун, скрап, залізна руда, флюси, розкиснювачі), хімічні реакції при виплавці сталі. Використання кисню для інтенсифікації процесу виплавки сталі. Киснево-конвертерний процес, його економічні переваги, будова конвертера, стадії процесу. Процес прямого відновлення заліза з руд. Виплавка сталі і феросплавів в електропечах. Розлив сталі у виливниці і безперервний розлив. Класифікація сталей. Вуглецеві і леговані (нержавіючі, жаростійкі, швидкоріжучі та інші; склад і використання). Короткі відомості про хімічну і термічну обробку сталі.

Електрохімічне виробництво алюмінію, хлору, лугів. Виробництво, властивості, застосування алюмінію і його сплавів. Сировина: боксити (діаспор, гідраргіліт), нефеліновий концентрат. Добування глинозему із бокситів по мокрому (К.І. Байер) і сухому способу з нефеліну (І.А. Талмуд) з комплексним використанням сировини. Поняття про електрохімічні процеси, їх показники: вихід за струмом, вихід за енергією. Електроліз глинозему, умови процесу, будова електролізу з анодом, що випалюється. Добування дюралюмінію, силуміну. Електроліз розчинів натрій хлориду із стальним та ртутним катодом.

Хімічна переробка палива. Нафтохімія. Коксування кам'яного вугілля. Енергетична проблема та її сучасний стан. Паливо як сировина хімічної промисловості. Види твердого палива. Вугільні басейни України. Склад робочого палива: горюча маса і баласт (волога, зола, сірка). Теплотворна здатність палива. Умовне паливо. Альтернативні джерела енергії в Україні та перспективи їх використання. Спалювання пилоподібного, твердого, рідкого котельного і газоподібного палива. Коксування кам'яного вугілля. Виготовлення вугільної шихти. Піроліз складних речовин, що входять до складу вугілля і склад прямого коксового газу. Процес коксування. Будова коксової батареї. Завантаження шихти і вигразка коксу. Сортування коксу, використання різних фракцій. Леткі продукти коксування: амоніак, кам'яновугільна смола і сирий бензен. Фракційна перегонка смоли і сирого бензену. Використання добутих фракцій. Газоподібне паливо, його види, переваги використання.

Переробка нафти. Переробка газоподібного палива. Важливі нафтоносні райони України, склад нафти (парафіни, нафтени, ароматичні вуглеводні, смоли, сірчисті сполуки); залежність якості нафтопродуктів від складу нафти. Підготовка нафти до переробки: виділення супутного нафтового газу,

видалення води і солей із емульсій на електрознесолуючій установці. Електродегідратор. Двостадійна фракційна перегонка нафти. Атмосферно-вакуумна трубчаста установка. Вертикально-факельна трубчаста піч. Ректифікаційні колони з ковпачками. Процес ректифікації нафти і утворення дистилатів. Перегонка мазуту у вакуумі з виділенням широкої фракції дистилатів нафтових масел. Добування із дистилатів нафтопродуктів – моторного і котельного палива, нафтових мастил, змазок, бітуму, парафіну. Октанове число бензину, його залежність від співвідношення в ньому вуглеводнів різних класів і будови. Ароматизація низькооктанового прямогонного бензину, види процесу - для добування високооктанового бензину і для добування чистих вуглеводнів - бензену і його гомологів. Гідрогенкрекінг нафтопродуктів. Каталітичний крекінг широкої фракції: каталізатор і його регенерація. Будова реактора і регенератора в «киплячому» шарі. Зріджений газ як побутове пальне. Виготовлення автомобільних і авіаційних бензинів. Цетанове число дизельного палива. Згорання палива і забруднення атмосфери. Водень як екологічно чисте паливо, перспективи та проблеми використання. Раціональне використання енергії як один з найважливіших принципів організації хімічного виробництва. Метан як хімічна сировина. Двостадійний процес добування водню із природного газу конверсією з водяною парою і неповним окисненням залишку метану при підвищеному тиску; конверсія карбон(II) оксиду з водяною парою: оптимальні умови: каталізатор, видалення монооксиду карбону. Синтез-газ і добування з нього метанолу та його використання. Виробництво водню і ацетилену з природного газу окиснювальним піролізом метану: будова печі, виділення ацетилену. Електротермічне виробництво кальцій карбід, добування ацетилену з карбід. Використання ацетилену у виробництвах оцтової кислоти, вінілхлориду, вінілацетату, акрилонітрилу. Добування суміші етену і пропену піролізом етанової і пропанової фракцій нафтопереробки; їх розділення. Виробництво синтетичного етанолу прямою гідратацією етену: оптимальні умови, каталізатор, циркуляція етилену, виділення і очищення етанолу.

Поняття про основний органічний синтез. Виробництво синтетичних жирних кислот та спиртів. Промисловість основного органічного синтезу, її зв'язок з нафтопереробною промисловістю (нафтохімічні комбінати). Сировина: природний газ; різні фракції переробки нафти, супутній нафтовий газ, гази крекінгу, бензин, ароматичні вуглеводні, парафіни тощо. Добування синтетичних жирних кислот окисненням твердого парафіну: каталізатор, виділення кислот і розділення перегонкою у вакуумі на фракції, їх використання. Поняття про виробництво синтетичних жирних спиртів (А.Н. Башкіров) та синтетичних миюних засобів.

Виробництво синтетичних смол, каучуків. Виробництво бута-1,3-дієну (дивінілу) двостадійним дегідруванням бутану (стадії процесу, каталізатори, виділення і очищення бутадієну від бутиленів). Аналогічне виробництво ізопрену із ізопентану. Поняття про виробництво бутадієну з етанолу за методом С.В. Лебедева. Виробництво синтетичних каучуків (СК). Будова і конфігурація натурального каучуку (НК). Виробництво стереорегулярних СК – ізопренового (СКІ) і дивінілового (СКД) полімеризацією в розчині:

катализатори, виділення СК, властивості. Виробництво бутадієн-стиренового каучуку (СКС) емульсійною кополімеризацією: емульгатори, ініціатори коагуляції. Добування гумових виробів: склад гумової суміші, будова вальців, шприц-машин. Вулканізація. Виробництво формових, неформових гумових виробів, латексна технологія виробництва. Виробництво пластмас із синтетичних смол. Складові компоненти пластмас. Термопластичні смоли. Виробництво поліетилену під дією високого тиску (ВТ) і низького тиску (НТ), стереорегулярного поліпропілену (НТ), порівняння їх властивостей та використання. Виробництво полістирену полімеризацією в масі та емульсійною полімеризацією. Полівінілхлорид, його використання. Переробка полімерів у вироби литтям під тиском, видавлюванням, вакуумформуванням, напиленням. Фенолформальдегідні смоли: термопластичні і термореактивні. Пластмаси, добуті на основі переробки термопластичної смоли у термореактивну при гарячому пресуванні виробів у формах. Екологічні аспекти використання синтетичних високомолекулярних сполук.

Виробництво хімічних волокон. Хімічні волокна, їх класифікація, стадії процесу виробництва: добування розчину або розплаву, прядіння (фільтри), витягування і обробка волокон; їх форми: текстильна і кордна нитки, штапельне волокно, моноволокно. Добування синтетичних волокон із синтетичних смол. Виробництво поліамідного волокна капрон: ступінчаста полімеризація капролактаму, прядіння з розплаву, витягування волокна. Виробництво штучних волокон – віскозного і триацетатного: сировина, хімічні реакції, прядильні машини для формування волокон мокрим і сухим способом. Порівняння властивостей хімічних і природних волокон.

#### **4.12. СИНТЕЗ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК**

Техніка роботи в хімічній лабораторії. Виділення та очищення речовин. Загальні правила роботи в лабораторії. Загальна характеристика шкідливих хімічних речовин. Легкозаймісті та вибухонебезпечні речовини. Запобіжні заходи при роботі з їдкими, легкозаймистими, горючими речовинами. Утилізація небезпечних відходів. Особливості поводження зі скляним посудом. Техніка безпеки при роботі з електроприладами.

Лабораторний посуд та лабораторне обладнання. Прилади для нагрівання, зважування, вимірювання температури, подрібнення, висушування речовин та ін. Миття та сушка лабораторного хімічного посуду. Правила ведення робочого журналу. Оформлення записів та таблиць. Теоретичний та практичний вихід речовин.

Методи виділення та очищення речовин. Ступінь чистоти хімічних реактивів. Методи механічного розділення речовин. Фільтрація. Фільтрувальні матеріали. Методи фільтрування: під атмосферним тиском, вакуумне, при нагріванні та охолодженні, в атмосфері інертного газу. Промивання осадів. Центрифугування. Охолоджувальні суміші. Висушування речовин. Методи та прилади для висушування твердих речовин кристалогідратів, газів. Випарювання. Виморожування.

Хімічні методи очищення, основані на явищі розчинності. Хімічне осадження. Співосадження. Кристалізація (політермічна та ізотермічна).

Перекристалізація. Хімічні методи очищення з утворенням важкорозчинних речовин, при додаванні металів, сульфідів, гідроксидів тощо. Висолування. Зонна плавка.

Методи, основані на розділенні речовин при нагріванні. Дистиляція. Ректифікація.

Фізико-хімічні методи очищення речовин: адсорбція, йонний обмін, хроматографія. Мембранні технології очищення речовин. Діаліз. Електродіаліз. Зворотний осмос. Ультрафільтрація.

Закономірності розчинення речовин та приготування розчинів. Приготування розчинів заданого складу. Методи визначення концентрації розчиненої речовини. Правила користування ареометром. Методи виділення речовин з розчинів.

Механізм, теплові ефекти та швидкість процесу розчинення. Механізм електролітичної дисоціації, ступінь та константа дисоціації. Термодинамічна характеристика процесів розчинення речовин: тепловий ефект, напрямок процесу. Термодинаміка розчинення сполук з йонним типом зв'язку.

Особливості реакцій у розчинах. Реакції утворення важкорозчинних сполук (ВРС) з водних розчинів. Добуток розчинності ВРС. Фактори, які ускладнюють перебіг реакцій у водних розчинах: гідроліз солей, утворення колоїдних розчинів, утворення комплексів, окиснення (або відновлення) у водному середовищі. Термодинамічна характеристика хімічних реакцій в розчинах: тепловий ефект, напрямок та константа рівноваги реакції.

Синтез гідроксидів. Особливості утворення важкорозчинних гідроксидів металів (Al, Cr, Fe, Sn та ін.). Метод гідролізу солей. Метод реакцій лужного осадження. Вплив рН середовища на процес утворення гідроксидів металів.

Синтез комплексних сполук та подвійних солей. Координаційне число. Види ізомерії, номенклатура. Класифікація комплексних сполук: гідрати, ацидосполуки; аміакати та амінати; полігалогеніди; полікислоти; циклічні сполуки. Типи зв'язків у комплексних сполуках. Термодинаміка утворення комплексних сполук ( $\Delta_f G^0$ ). Хімічний аналіз складових комплексних сполук.

Розчини комплексних сполук: йонна рівновага, сольватаційна рівновага, константи стійкості та нестійкості ( $pK$ ). Залежність стійкості комплексних сполук від природи атома-комплексоутворювача та лігандів. Кислотно-основні властивості комплексних сполук. Окисно-відновні властивості комплексних сполук.

Особливості перебігу реакцій синтезу комплексних сполук та подвійних солей. Фізико-хімічні методи вивчення процесу комплексоутворення: кондуктометрія, спектроскопія.

Реакції у твердій фазі. Загальна характеристика реакцій у твердій фазі. Особливості кінетики гетерогенних термічних процесів. Локалізація реакції у межах реакційної зони вихідна речовина  $\rightarrow$  продукт. Багатостадійність і механізм процесу, його графічна характеристика у вигляді кінетичних кривих. Співвідношення швидкостей хімічної та дифузійної стадій процесу та вплив дефектів структури на швидкість реакції. Сполуки нестехіометричного складу та їх фізико-хімічні властивості.

Синтез оксидів металів термічним розкладом солей та гідроксидів.

Термодинамічні закономірності термічного методу синтезу оксидів металів: критерій напрямку реакції ( $\Delta_r G$ ); графічна залежність  $\Delta_r G$  від температури; вплив температури на напрям процесу; розрахунок константи рівноваги. Реакції синтезу заданого оксиду шляхом термічного розкладу відповідних нітратів, карбонатів, сульфатів, гідроксидів. Механізм реакцій термічного розкладу вихідних речовин.

Добування металів термічним відновленням їх оксидів, галогенідів та сульфідів. Відновлення воднем та вуглецем. Кінетичні особливості реакцій добування металів шляхом відновлення їх оксидів воднем і вуглецем: локалізація процесу в зоні реакції на поверхні розподілу фаз; співвідношення швидкостей кінетичних та дифузійних процесів; вплив дефектів твердої поверхні на швидкість реакції. Багатостадійність термічних реакцій відновлення оксидів воднем та вуглецем. Термодинамічна стійкість оксидів за величинами  $\Delta_f G^0$ . Правила вибору відновника та діаграми Еллінгхема. Вплив кінетичних факторів на температуру перебігу реакції. Розрахунок константи рівноваги процесу.

Відновлення оксидів металів воднем. Розрахунок термодинамічних функцій заданої реакції відновлення оксиду металу воднем ( $K_{\text{рівн.}}$ ,  $\Delta_r G$ ). Лабораторні методи добування водню, правила роботи з апаратом Кіппа. Осушування й очищення водню. Лабораторні методи відновлення оксидів металів воднем.

Відновлення оксидів металів вуглецем. Розрахунок термодинамічних функцій заданої реакції відновлення оксиду металу вуглецем ( $K_{\text{рівн.}}$ ,  $\Delta_r G$ ). Лабораторні методи відновлення оксидів металів вуглецем. Хімічні транспортні реакції.

Електрохімічні та окисно-відновні процеси. Взаємодія металів з розчинами кислот для добування легкорозчинних солей. Особливості гетерогенних реакцій розчинення твердих речовин: зміна швидкості в ході процесу; утворення реакційних центрів; залежність швидкості від дефектності структури твердої речовини; вплив кінетичних та дифузійних факторів на хід процесу. Електрохімічна характеристика реакцій взаємодії металів з кислотами – хлоридною, сульфатною, нітратною. Електродні потенціали, ряд стандартних потенціалів металів. Окисно-відновні електродні потенціали, ряд стандартних окисно-відновних потенціалів. Гальванічні елементи та визначення їх електрорушійної сили ( $E$ ). Термодинамічний підхід до складання рівнянь окисно-відновних реакцій взаємодії металів з кислотами. Вплив концентрації кислот, активності металів і температури на напрямок, електрорушійну силу ( $E$ ) реакцій та склад продуктів.

Хімічна та термодинамічна характеристика заданого металу (хімічна активність, стандартний електродний потенціал). Розрахунок термодинамічних функцій заданої реакції взаємодії металу з кислотою ( $E$  та  $K_{\text{рівн.}}$  реакції). Вплив концентрації кислоти, хімічної активності та питомої поверхні металу, температури на перебіг реакції. Умови виділення кристалогідратів солей, добутих з їх водних розчинів.

Добування металів методом витіснення активними металами з розчинів солей. Хімічна активність металів, ряд стандартних потенціалів металів.

Електрохімічна характеристика реакцій витіснення металів з водних розчинів їх солей активними металами: напрямок процесу, електрорушійна сила ( $E$ ) та константа рівноваги ( $K_{\text{рівн}}$ ) реакції. Розрахунок термодинамічних функцій заданої окисно-відновної реакції. Вплив перенапруги виділення металу на формування осадів відновленого металу.

Добування металів електролізом водних розчинів солей. Електроліз водних розчинів солей з позицій термодинаміки. Поняття про поляризацію електродів, перенапругу виділення металу та водню на катоді, ряд перенапруги металів. Електрохімічний розклад води. Електрохімічне відновлення водню. Електрохімічне відновлення металів. Закономірності електролізу: I-й та II-й закони Фарадея, вихід за струмом, швидкість електролізу, послідовність реакцій окиснення і відновлення на електродах. Вплив умов на структуру катодних осадів металів. Електрохімічна характеристика заданого металу (рівноважний електродний потенціал, перенапруга виділення металу). Електрохімічна характеристика заданого процесу електролізу: розрахунок рівноважного і робочого потенціалів Гідрогену, Оксигену, катіонів металів і складання рівнянь реакцій катодних і анодних процесів.

Добування хлоридів, йодидів, сульфідів, карбідів та нітридів. Добування хлоридів. Хлорування металів хлором. Конструкції приладів для хлорування металів в залежності від впливу ряду факторів – фізичних та хімічних властивостей вихідної речовини та добутого хлориду; чистоти хлору, маси добутої речовини. Особливості конструкцій приладів для добування хлоридів (S, Sn, Se та ін.) з низькою температурою кипіння; хлоридів, що легко сублімуються ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$  та ін.). Хлорування металів та неметалів хлороводнем. Хлорування оксидів металів карбон(IV) хлоридом та фосгеном.

Добування бромідів. Бромовання металів та неметалів бромом. Особливості добування бромідів, що піддаються сублімації ( $\text{CdBr}_2$ ,  $\text{CrBr}_3$ ,  $\text{MqBr}_2$ ,  $\text{PbBr}_2$ ,  $\text{SnBr}_2$ ,  $\text{ZnBr}_2$ ) та не сублімують ( $\text{AlBr}_3$ ,  $\text{ZnBr}_2$ ). Бромовання металів та неметалів гідроген бромідом та сумішшю бромованню з інертними газами. Бромовання металів бромом у водних розчинах. Бромовання оксидів металів бромом.

Добування йодидів. Йодування металів та неметалів йодом. Йодування металів та неметалів йодом у суміші з газом-носієм ( $\text{H}_2$ , Ar, CO,  $\text{N}_2$ ). Йодування металів та неметалів у водних та органічних розчинниках.

Добування сульфідів та селенідів. Добування сульфідів та селенідів при безпосередній взаємодії простих речовин. Взаємодія гідроген сульфідом та його аналогів з водними розчинами солей. Конструкція приладу для добування гідроген сульфідом методом гідролізу  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{Se}_3$  тощо. Конструкція приладу для добування сульфідів металів методом взаємодії з гідроген сульфідом, особливості методики проведення синтезу (рН,  $t$ , тощо).

Добування нітридів. Добування нітридів шляхом взаємодії металів та неметалів з азотом та амоніаком. Синтез нітридів при взаємодії оксидів металів та хлоридів з амоніаком.

Добування карбідів. Синтез карбідів шляхом взаємодії металів та неметалів з вуглецем. Конструкції приладів, особливості методики синтезу.

Добування карбідів шляхом взаємодії хлоридів та оксидів металів з метаном.

Приготування фармпрепаратів. Основні фізичні та хімічні властивості елементів, які входять до складу неорганічних лікарських препаратів; біологічна роль неорганічних лікарських препаратів. Синтез, очистка та зберігання неорганічних лікарських препаратів; застосовування неорганічних лікарських препаратів.

#### **4.13. СИНТЕЗ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК**

Органічний синтез як основний метод сучасної органічної хімії. Історія розвитку основних методів і прийомів синтезу органічних сполук. Значення теорії хімічної будови органічних сполук для розвитку органічного синтезу, як одного з найважливіших розділів органічної хімії. Теоретичні основи сучасного органічного синтезу: уявлення про енергетичні умови протікання реакцій, поняття про механізм реакцій та його типи, значення просторової та електронної будови субстрата (індукційний та мезомерний ефекти), поняття про нуклеофільні та електрофільні реагенти, кислотність та основність органічних сполук, проміжні активні частинки. Сучасні підходи, тактика, методи в органічному синтезі: конструктивні, деструктивні та методи трансформації характеристичних груп, принцип синтетичної еквівалентності, поняття про синтони, ретросинтетичний аналіз. Значення та досягнення синтезу органічних сполук.

Організація роботи і техніка безпеки в лабораторії органічного синтезу. Загальні правила поведінки і роботи в лабораторії хімічного синтезу. Властивості органічних речовин з точки зору безпечної роботи в лабораторії. Токсичні органічні та неорганічні речовини їх класифікація та запобіжні заходи при роботі з ними. Речовини з подразнюючою дією та правила роботи з ними. Горючі та легкозаймісті речовини. Засоби і методи гасіння пожежі в хімічній лабораторії. Запобіжні заходи при роботі з вибухонебезпечними сполуками та сумішами речовин. Особливості поводження з лабораторним скляним посудом, техніка безпеки при складуваних операціях. Перша допомога при хімічних та термічних опіках, хімічних отруєннях та ураження електричним струмом. Правила зберігання, фасування та знешкодження залишків хімічних речовин. Правила санітарії та гігієни в лабораторії органічного синтезу.

Основи лабораторної техніки. Обладнання та основні прийоми роботи при виконанні органічного синтезу. Основний лабораторний хімічний посуд. Миття та сушка хімічного посуду, складання установок для проведення хімічних реакцій. Властивості лабораторного скла, найпростіші складувні операції. Подрібнення та перемішування речовин. Типи мішалок, електродвигуни, затвори. Введення газів до реакційної суміші, їх дозування та очистка. Нагрівання та охолодження. Нагрівачі, бані, термостати, холодильники. Нагрівання легкозаймістих речовин. Контроль та регулювання температури. Охолоджуючі суміші. Робота при підвищеному та при пониженому тиску. Автоклави. Проведення реакцій у запаяних ампулах. Способи створення вакууму: водострумні та масляні насоси. Вимірювання тиску у вакуумних системах. Основні методи виділення, очистки та ідентифікації органічних речовин. Класифікація основних методів виділення та очистки речовин за рівноважними системами: а) розчин- тверде тіло (методи

фільтрування, перекристалізації); б) конденсована фаза (розчин або тверді речовини) – пара (методи дистиляції, возгонка); в) розчин – розчин (екстракційні методи). Кристалізація. Поняття про коефіцієнт розподілення та залежності від нього типу перекристалізації. Явище співосадження при перекристалізації (захоплення йонів, адсорбція, утворення твердих розчинів. Техніка проведення перекристалізації: вибір розчинника, виділення кристалів, висушування. Особливості перекристалізації з органічних розчинників. Перегонка. Температура кипіння як показник чистоти речовини. Залежність температури кипіння від зовнішнього тиску. Проста перегонка при атмосферному тиску. Фракційна перегонка. Діаграма склад пари і рідини – температура. Закони Д.П. Коновалова. Застосування водяних та повітряних холодильників. Перегонка легкозаймистих речовин. Ректифікація, ректифікаційні колонки. Азеотропні суміші. Діаграма “склад – температура” для азеотропних сумішей. Застосування перегонки азеотропних сумішей. Перегонка з водяною парою. Методи розділення азеотропних сумішей. Перегонка при зниженому тиску, застосування та техніка проведення. Сублімація як фізико-хімічний процес, особливості її застосування. Возгонка при атмосферному тиску та вакуумі. Екстракція. Розподіл речовин у сумішах розчинників, що незмішуються, закон Нернста. Екстракція твердих і рідких речовин. Метод висолювання. Безперервна екстракція розчинів в екстракторах і твердих речовин в апараті Сокслета. Теоретичні основи хроматографічного методу розділення, очистки, ідентифікації та виділення органічних речовин. Основні види хроматографії: адсорбційна, розподільча, йонообмінна. Хроматографічні методи: колоночна тонкошарова, газорідинна хроматографія, хроматографія на папері. Визначення основних фізичних констант органічних сполук. Температура плавлення та методи її визначення. Температура кипіння та її визначення за методом Сиволобова та Еміха. Визначення густини речовин, показника кута заломлення. Якісний аналіз органічних речовин. Встановлення елементного складу: визначення Нітрогену, Сульфуру, Галогенів, Карбону та Гідрогену. Навчальна та довідкова література з органічної хімії. Періодичні видання. Правила оформлення робочого журналу. Форма запису. Розрахунки та план синтезу.

Загальна характеристика реакцій нуклеофільного заміщення ( $S_N$ ) у сполуках аліфатичного ряду. Типи  $S_N$  реакцій. Реагенти та субстрати. Механізми реакцій бімолекулярного  $S_N2$  та мономолекулярного  $S_N1$  заміщення. Вплив різних факторів на механізм та швидкість реакцій  $S_N$ -типу: структура субстрату та природа груп, що заміщуються, активність реагенту, розчинники та каталізатори. Стереохімія реакцій  $S_N1$  та  $S_N2$  типів. Зв'язок між типом реакції ( $S_N1$  або  $S_N2$ ) і продуктами реакцій. Правило Корнблюма. Реакції нуклеофільного заміщення в алкілгалогенідах. Механізми гідролізу алкілгалогенідів у кислому та лужному середовищах. Промислове значення цих реакцій. Механізми реакцій елімінування (дегідрогалогенування)  $E_1$  та  $E_2$ . Правило Зайцева. Синтез етерів і естерів за Вільямсоном. Амоніліз алкілгалогенідів за реакцією Гофмана. Амінування алкілгалогенідів фталімідом калію (реакція Габрієля). Алкілювання амоніаку і амінів діалкілсульфатами. Синтез тіоспиртів і тіоестерів. Синтези на основі обміну одних галогенів в



алкілгалогенідах на інші (реакція Фінкельштейна), та на заміщенні галогенів різними аніонами.

Реакції нуклеофільного заміщення гідроксигрупи в спиртах та їх дегідратація. Загальна схема та механізм каталізу в присутності мінеральних кислот. Оборотноість реакції та її побічні процеси. Реакції нуклеофільного заміщення гідроксигрупи в спиртах на галоген дією галогеноводневих кислот. Реакції заміщення гідроксигрупи в спиртах на галоген дією галогеноангідридів неорганічних кислот. Реакції заміщення гідроксильної групи в спиртах на аніони неорганічних кислот (окрім галогеноводневих). Реакції заміщення гідроксильної групи в спиртах на аміногрупу. Заміщення гідроксильної групи на аміногрупу в фенолах. Нуклеофільне заміщення гідроксильної групи в спиртах на алкоксианіон (одержання етерів).

Реакції нуклеофільного заміщення у карбонових кислот та їх похідних. Загальна характеристика реакцій нуклеофільного заміщення у сполуках типу  $RC(O)X$ . Загальна схема реакції, нуклеофільні реагенти, реакційна здатність ацилюючих сполук, вплив каталізаторів. Схеми каталізу протонними кислотами та кислотами Люїса. Синтез та гідроліз естерів та амідів. Схема реакції естерифікації (алкоголізу карбонової кислоти), вплив каталізатора. Механізм реакції естерифікації в присутності кислотного каталізатора, його роль у прискоренні процесу. Способи зміщення хімічної рівноваги реакції естерифікації в бік синтезу естеру. Вплив реакційної здатності карбонової кислоти і спирту (кислотні властивості кислоти, активність нуклеофільного реагенту, стеричні фактори). Механізм кислотного та лужного гідролізу естерів. Переестерифікація або алкоголіз естерів. Практичне значення синтезу органічних сполук, заснованих на реакціях естерифікації, гідролізу естерів та переестерифікації. Реакції ацилювання ангідридами, хлороангідридами кислот та іншими сполуками типу  $RC(O)X$ . Механізми реакцій ацилювання спиртів (первинних, вторинних, третинних), фенолів (в лужному середовищі) та амінів. Синтез амідів карбонових кислот шляхом: а) заміщення хлору в хлороангідридах кислот на аміногрупу, б) заміщення алкоксигрупи в естерах на аміногрупу.

Загальна характеристика реакцій електрофільного заміщення в ароматичних сполуках. Механізм реакцій  $S_E2$ -типу в ароматичному ядрі. Утворення  $\pi$ - та  $\sigma$ -комплексів, енергетична діаграма. Граничні структури та мезоформула  $\sigma$ -комплексу. Правила орієнтації для реакцій  $S_E2$ -типу. Орієтанти першого та другого роду. Індукційні (+I, -I) та мезомерні (+M, -M) ефекти замісників в ароматичному ядрі. Характеристика *орто*-, *пара*-, *мета*-орієтантів (статичні та динамічні фактори). Відносний характер правил орієнтації. Вплив природи електрофільного реагенту і будови ароматичного субстрату на напрямленість реакцій  $S_E2$ -типу. Вплив активності електрофільного реагенту на вибірковість реакцій  $S_E2$ -типу. Вплив будови реагенту та субстрату на співвідношення *орто*- та *пара*-ізомерів. Вплив стеричних факторів на дезактивацію *орто*-заміщення. Нітрування та нітрузування. Нітруючі реагенти. Нітруюча суміш. Будова катіону нітронію. Механізм електрофільного заміщення в реакціях нітрування ароматичних сполук. Нітрування бензену та його похідних. Нітрування нафталену та

антрацену (будова граничних структур  $\sigma$ -комплексів при  $\alpha$ - та  $\beta$ - заміщенні). Нітрування похідних ароматичних вуглеводнів. Особливості нітрування фенолів та ароматичних амінів. Сульфування. Сульфуючі реагенти. Механізм утворення катіону гідросульфонію. Механізми реакцій сульфування бензену сульфур (VI) оксидом та катіоном гідросульфонію ( $\pi$ - та  $\sigma$ -комплексів). Способи зміщення хімічної рівноваги реакції сульфування в бік збільшення виходу арилсульфоокислоти. Побічні реакції при сульфуванні (гідроліз арилсульфоокислот, окиснення та утворення сульфонів). Методи виділення арилсульфоокислот з реакційної маси. Вплив умов на напрямок реакції сульфування (вплив температури, каталізаторів). Сульфування бензену, толуену, фенолів, нафталену, антрахінону.

Сульфування первинних ароматичних амінів. Реакція сульфохлорування. Десульфування. Особливість реакції заміщення сульфогруп в ароматичних сполуках на нітрогрупи (синтез пікринової кислоти) та на гідроксильну групу (синтез фенолів та нафтолів). Галогенування. Механізм реакції галогенування (хлорування та бромовання) в ароматичне ядро. Способи поляризації (активування) молекул галогену (дія каталізаторів: кислот Льюїса, йоду, полярних розчинників). Пряме та непряме галогенування ароматичних сполук. Особливості галогенування похідних бензену замісниками з замісниками першого та другого роду. Умови введення галогену в ароматичне ядро та бічний ланцюг, різниця у властивостях цих арилгалогенідів. Особливості реакцій галогенування бензену, толуену, нафталену, антрацену, фенолу, аніліну, нітробензену, сульфоокислот. Алкілювання ароматичних сполук за Фріделем – Крафтсом. Алкілюючі реагенти (алкілгалогеніди, спирти, алкени). Каталізатори (апротонні кислоти Льюїса та протонні кислоти), їх активуюча дія. Схеми утворення електрофільного реагенту. Механізм реакції алкілювання ( $S_E2$ ). Оборотноість реакції алкілювання. Побічні процеси при алкілюванні (деалкілювання, переалкілювання поліалкілювання, ізомеризація алкілюючого реагенту). Просторові утруднення при алкілюванні третинними алкілгалогенідами. Ацилювання ароматичних сполук за Фріделем – Крафтсом. Ацилюючі реагенти (хлороангідриди та нагідриди карбонових кислот, альдегіди, кетони), їх порівняльна реакційна здатність. Каталізатори реакцій ацилювання і механізм їх дії. Особливість реакції ацилювання. Реакція ацилювання фенолів. Формілювання ароматичного ядра. Карбоксилювання фенолів Карбон (IV) оксидом (реакція Кольбе - Шмідта). Механізм реакції електрофільного заміщення в молекулах фенолів дією формальдегіду (утворення  $\pi$ - та  $\sigma$ -комплексів) при синтезі фенолформальдегідних смол. Промислове значення реакцій ацилювання ароматичних сполук.

Реакції діазотування та азосполучення. Будова діазосполук. Різні форми існування діазосполук в кислому, нейтральному та лужному середовищах. Вплив електроноакцепторних (ЕА) та електронодонорних (ЕД) замісників на електрофільність катіону діазонію. Будова солей діазонію. Просторові ізомери *цис*- (*син*-) та *транс*- (*анти*-) діазогідратів та їх солей (діазотатів). Реакції діазотування. Електрофільні діазотуючі реагенти, схеми їх утворення та порівняльна активність. Механізм реакції діазотування (на прикладі діазотування первинних ароматичних амінів нітрозилхлоридом). Роль різних

факторів (мінеральної кислоти, розчинності амінів та їх солей, температури) на умови проведення реакції діазотування ароматичних амінів, способи їх усунення. Пряме та зворотнє діазотування, особливості діазотування амінів, що виявляють слабкі основні властивості. Способи осадження солей арилдіазонію з розчинів. Реакції діазосполук з виділенням азоту. Загальна схема реакцій термічного розкладу діазоній катіону при нагріванні солей діазонію. Механізм мономолекулярного нуклеофільного заміщення ( $S_N1$ ), реакції заміщення діазонієвої групи на гідроксильну, алкоксильну групи флуор (реакція Шимана). Механізм заміщення діазонієвої групи на йод (одноелектронний перенос), хлор-, бром-, ціано, нітро- та інші замісники (реакція Зандмейєра). Практичне значення синтезів діазосполук з виділенням азоту. Реакції діазосполук без виділення азоту. Відновлення до арилгідразинів солей діазонію з метою одержання фенілгідразину, 2-хлорофенілгідразину, фенілгідразин-*n*-сульфо кислоти при взаємодії діазосполук з натрій гідросульфідом. Реакції азосполучення. Поняття про азосполучення, азо- та діазоскладові азобарвників. Механізм реакції азосполучення – електрофільне заміщення  $S_E2$ -типу в ароматичному ядрі. Вплив електронодонорних і електроноакцепторних замісників на реакційну здатність електрофільного реагенту – катіону діазонію. Механізм азосполучення з фенолами і амінами (вплив кислотності середовища та температури). Кислотно-основні рівноваги, що супроводжують таутомірні азогідразонні перетворення (залежність від рН, природи розчинника, типу замісника). Пояснення на цій основі індикаторної дії азобарвників: метилового оранжевого та конго червоного.

Електрофільне та нуклеофільне приєднання за кратними зв'язками. Електрофільне приєднання до алкенів. Двохстадійний механізм реакції  $A_E$  ( $\pi$ - та  $\sigma$ -комплекси). Гідратування, галогенування, гідрогалогенування, гідратація, гіпогалогенування алкенів. Правило Марковнікова, пояснення його поляризацією  $\pi$ -зв'язку (статичний ефект) і стійкістю карбонієвих йонів, які утворюються на проміжній стадії (динамічний ефект). Гідрогалогенування несиметрично дизаміщених алкенів. Правило Вагнера – Зайцева і пояснення його на основі динамічного ефекту. Виняток з правила Марковнікова: приєднання галогеноводнів до пропілену в присутності пероксидів (пероксидний ефект Караша,  $A_R$ -механізм) і до трифлуоропропену. Якісні реакції на подвійний зв'язок. Реакції електрофільного приєднання до алкінів. Порівняння реакційної здатності в реакціях електрофільного приєднання етиленових та ацетиленових вуглеводнів. Приєднання полярних речовин до несиметрично заміщених гомологів ацетилену (правило Марковнікова).

Гідратування алкінів. Стереоселективність реакції гідратування алкінів. Взаємодія алкінів з галогенами (синтез вінілхлориду), з галогеноводнями. Реакції електрофільного приєднання до вінілхлориду та алілхлориду. Реакції електрофільного приєднання до дієнів. Приєднання до кумуленів. Приєднання до кон'югованих дієнів. Гідратування, галогенування, гідрогалогенування бута-1,3-дієну. Термодинамічний та кінетичний контроль реакції електрофільного приєднання. Дієновий синтез Дільса – Альдера. Полімеризація бута-1,3-дієну, ізопрену. Кополімеризація кон'югованих дієнів. Синтез каучуків: СКБ, СКД, СКІ, СКН. Реакції електрофільного приєднання до дієнів з ізольованими

зв'язками. Реакції електрофільного приєднання до  $\alpha$ ,  $\beta$ -ненасичених альдегідів і кислот. Акролеїн, електронна будова, взаємний вплив атомів у молекулі,  $\pi$ ,  $\pi$ -кон'югація. Механізм реакцій приєднання полярних молекул через стадію 1,4-приєднання. Акрилова, метакрилова, кротонова, ізокротонова кислоти. Полімеризація акрилової і метакрилової кислот і їх естерів. Застосування одержаних полімерів, органічне скло. Реакції електрофільного приєднання в ненасичених вищих карбонових кислотах (олеїнова, лінолева, ліноленова).

Реакції конденсації карбонільних сполук. Альдольна (кетольна) та кротонова конденсація альдегідів та кетонів. Характеристика альдольної (кетольної) конденсації, роль каталізаторів (основ та кислот). Механізм альдольної та кротонової конденсації в лужному та кислому середовищах. Конденсація кетонів. Схеми реакцій змішаної конденсації аліфатичних альдегідів (утворення акролеїну, гексаоксимеленацетону, тощо). Реакції конденсації альдегідів та кетонів з сполуками аліфатичного ряду. Метиленові компоненти, що містять рухливі атоми Гідрогену. Механізм конденсації ароматичних альдегідів з аліфатичними альдегідами та кетонами в лужному середовищі (реакція Клайзена – Шмідта) (синтез бензальацетону та дибензальацетону, фурфуральацетону). Механізм реакції Перкіна – конденсація ароматичних альдегідів з ангідридами карбонових кислот у присутності основ (синтез  $\beta$ -фенілакрилової кислоти). Механізм реакції Кневенагеля – конденсація альдегідів або кетонів з дикарбоновими кислотами та їх похідними, що містять активні метиленові групи. Конденсація естерів. Загальна характеристика конденсації естерів (реакція Кляйзена). Механізм реакції естерної конденсації на прикладі синтезу ацетооцтового естеру. Механізм реакції конденсації естерів з кетонами (утворення  $\beta$ -дикетонів). Конденсація естерів з іншими речовинами, що містять рухливі атоми Гідрогену (при взаємодії, наприклад, з *o*-нітротолуеном). Бензоїнова конденсація. Механізм реакції бензоїнової конденсації  $A_N$  типу, роль ціанідного каталізатора. Конденсація ароматичних карбонільних сполук з ароматичними амінами та фенолами. Механізм реакції конденсації ароматичних альдегідів з третинними ароматичними амінами (одержання амінопохідних трифенілметану на прикладі синтезу барвника малахітового зеленого).

Механізм реакції конденсації ангідридів ароматичних кислот з фенолами (одержання гідроксипохідних трифенілметану на прикладі синтезу фенолфталеїну). Особливість синтезу флуоресцеїну (при конденсації фталевого ангідриду з резорцином в присутності Цинк хлориду). Індикаторні властивості барвників трифенілметанового ряду (фенолфталеїн, флуоресцеїн) в лужному та кислому середовищах. Конденсація ненасичених аліфатичних альдегідів з ароматичними амінами. Механізм реакції конденсації ненасичених аліфатичних альдегідів з ароматичними амінами.

Реакції окиснення та відновлення. Реакції окиснення. Загальна характеристика реакцій окиснення органічних сполук. Загальна характеристика реакцій окиснення органічних сполук. Окиснення за подвійним зв'язком. Схеми реакцій одержання оскидів (метод Прилежаєва),  $\alpha$ -гліколей (реакція Вагнера), та озонідів (метод Гаррісса). Окиснення ненасичених сполук (з розривом кратного зв'язку), промислове значення цього методу для синтезу

карбонових кислот і кетонів. Окиснення спиртів. Реакції окиснення спиртів до карбонільних сполук: утворення альдегідів і кетонів, розщеплення  $\alpha$ -гліколей (схеми, механізм, приклади). Промислове значення реакції окиснення циклогексанолу і циклогексанон. Механізм реакції окиснення первинних спиртів в карбонів кислоти (на прикладі окиснення гліцеролу в гліцеринову кислоту). Окиснення альдегідів і кетонів. Схеми реакцій окиснення альдегідів нітратною кислотою (синтез сахарної кислоти з глюкози), бромом та оксидом в лужному середовищі (синтез пірослизивої кислоти з фурфуролу) та іншими окисниками. Реакція срібного дзеркала. Механізм реакцій окиснення кетонів в лужному та кислому середовищах, правило Попова. Окиснення ароматичних сполук. Окиснення аренів з розщепленням ядер. Механізм реакцій окиснення ароматичних сполук в хінони (одержання антрахінону, *n*-толухінону та ін.), окиснення бічних ланцюгів алкілароматичних сполук (синтез бензойної кислоти, диарилкетонів тощо). Промислове значення синтезів. Відновлення за подвійним зв'язком. Механізм реакцій відновлення йодоводневою кислотою, натрієм в рідкому амоніаку в присутності метанолу або етанолу, металами (натрієм, кальцієм та ін.) або амальгамами в протонних розчинниках. Відновлення ароматичних гетероциклів (реакція Вишнеградського). Приклади та промислове значення синтезів. Відновлення спиртів. Реакції відновлення первинних спиртів аліфатичного ряду (йодоводневою кислотою), та ароматичних спиртів (натрієм у спирті, цинком в оцтовій кислоті). Приклади та промислове значення синтезів. Відновні реакції карбонільних сполук.

Механізм реакції Кіжнера (відновлення карбонільної групи в метиленову (метильну) дією гідразину в лужному середовищі). Реакція відновлення альдегідів і кетонів у вуглеводні амальгамованим цинком в концентрованій хлоридній кислоті (метод Клеменсена). Відновлення альдегідів і кетонів у спирти дією водню в момент виділення (одержання гідробензоїну). Механізм відновлення в спирти карбонільних сполук алюмогідридом літію. Метод вибіркового відновлення альдегідів і кетонів у спирти із застосуванням алюміній ізопропілату. Механізм реакції Канніцарро (окисно-відновне диспропорціонування альдегідів). Механізм реакції одержання естерів з альдегідів (метод Тищенко). Приклади та промислове значення синтезів. Відновлення карбонових кислот їх похідних. Приклади реакцій відновлення похідних карбонових кислот в альдегіди. Механізм реакції відновлення естерів у спирти (метод Буво і Блана). Застосування реакцій відновлення вищих карбонових кислот. Реакції відновлення ароматичних нітросполук. Реакція Зініна. Схеми реакцій відновлення нітрогрупи в кислому та лужному середовищах. Особливості промислових методів одержання ароматичних амінів. Синтез аніліну, його промислове значення.

#### **4.14. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Оптична спектроскопія. Одиниці виміру. Закони поглинання та випромінювання світла (Бугера – Ламберта – Бера, Кірхгофа). Електромагнітне поле як реагент на речовину. Квантова теорія взаємодії речовин та випромінювання. Формула Планка. Стаціонарний стан, рівні енергії та переходи між ними. Заселеність енергетичних рівнів. Класифікація оптичних спектрів.

Радіоспектроскопія. Магнітні властивості електрона та ядер. Магнетон Бора, ядерний магнетон. Електрон та ядро у магнітному полі.

Коливальна спектроскопія. Природа коливальних спектрів. Коливальна спектроскопія як універсальний метод дослідження хімічних сполук. Одиниці виміру. Порівняння коливальної енергії з електронною енергією. Вплив статистичного розподілу молекул за коливальними станами на вигляд коливального спектру при різних температурах та хвильовому числі. „Гарячі” смуги. Необхідні умови для виникнення ІЧ-спектра (ІЧС) молекули. Поняття про валентні та деформаційні коливання. Методика одержання ІЧ-спектрів речовин, які знаходяться в різних агрегатних станах. Поняття про диспергуючі та недиспергуючі спектрофотометри. Перевага використання Фур'є-спектроскопії. Поляризованість молекул. Її геометричний образ – еліпсоїд поляризованості. Форма еліпсоїда поляризованості для молекул різної симетрії. Зміна еліпсоїда поляризованості при валентних та деформаційних коливаннях простих молекул. Виникнення спектрів комбінаційного розсіювання (СКР) світла хімічних сполук. Необхідні умови. Пояснення походження СКР згідно квантових уявлень. Ступінь деполаризації в СКР та її експериментальне визначення. Техніка СКР. Порівняння можливостей методів ІЧ-спектроскопії та СКР для вивчення хімічних сполук. Поняття теорії коливальних спектрів. Коливання двохатомних молекул у наближенні гармонічного осцилятора. Його потенціальна енергія з позицій класичної та квантової механіки. Фундаментальні переходи в коливальних спектрах хімічних сполук та їх число. Відображення в спектрах механічного ангармонізму коливань молекул. Поняття про нормальні коливання та їх форми, які визначаються обчислювальними методами. Їх використання для більш надійної інтерпретації експериментальних даних. Вибір аналітичних смуг у коливальних спектрах хімічних сполук шляхом розрахунків частинних похідних обчислюваних параметрів за експериментальними даними. Силова стала. Її фізичне тлумачення. Силові сталі зв'язків та кутів. Методи їх визначення. Співвідношення між силовою сталою, енергією дисоціації, довжиною та кратністю зв'язку. Ймовірність переходів в ІЧС та СКР. Електрооптичний ангармонізм і його прояв у спектрах. Правила добору, пов'язані з симетрією коливань. Використання методів теорії груп для визначення активних коливань в ІЧС та СКР. Правило альтернативної заборони. Поляризація смуг в ІЧ-спектрах. Значення ступеня деполаризації в СКР для коливань різної симетрії. Приклади визначення будови хімічних сполук із використанням правил відбору в коливальних спектрах. Інтенсивність смуг в ІЧ-спектрах. Їх використання в кількісному аналізі при дослідженні будови молекул. Характеристичність коливань молекул за частотою, формою, інтенсивністю. Причини відхилення від характеристичності. Ділянки характеристичного поглинання алканів, алкенів, алкінів, ароматичних вуглеводнів, карбонових кислот та їх солей, альдегідів, кетонів, естерів, амінів, амідів, амінокислот, нітро- та сульфосполук, неорганічних йонів. Основні методи віднесення у коливальних спектрах: ізотопічний ефект, ефект резонансного КР, вплив температури, тиску та ін. Інтерпретація експериментальних даних, одержаних методом коливальної спектроскопії. Вплив умов експерименту на коливальний спектр речовини.

Резонанс Фермі. Залежність коливальних спектрів від хімічної будови молекул.

Електронна спектроскопія. Основні положення спектроскопії: визначення; спектроскопія і будова молекули. Значення спектроскопії на сучасному етапі розвитку науки. Загальна характеристика окремих ділянок електромагнітного спектра. Зв'язок поглинання електромагнітного випромінювання з вивченням будови та енергетичних станів атомів та молекул. Ділянки електронних спектрів: видима ділянка спектру, кварцовий ультрафіолет та вакуумний ультрафіолет. Характеристика видимої частини спектру і здатність „бачити” з хімічної точки зору. Око як детектор фотонів. Елементи спектрального приладу для спостереження електронних спектрів. Джерело випромінювання. Характеристика спектрів випромінювання. Випромінювання нагрітих тіл (формула Планка для повного випромінювача, рівняння Стефана-Больцмана). Молекулярні спектри випромінювання: випромінювання водневої та дейтерієвої ламп. Монохроматор. Призма, як дисперсійний прилад (роздільна здатність призми). Ґратка як дисперсійний прилад (роздільна здатність ґратки). Детектори випромінювання. Фотографічний метод реєстрації. Фотоелектричні детектори: відкритого та закритого типів. Кювети, розчинники та оптимальні умови реєстрації спектрів. Методи зображення електронних спектрів поглинання. Походження електронних спектрів. Характеристики електронних станів молекули: енергія електронного стану, хвильова функція електронного стану, ступінь виродження електронного стану, час життя, мультиплетність та симетрія електронного стану молекули. Фізичні та хімічні характеристики електронного стану молекули: геометрія, полярність, кислотно-основні характеристики, набір нормальних коливань. Постулат Бора як необхідна умова спостереження спектрів. Достатні умови спостереження електронного спектру. Електронний момент переходу. Фактори залежності положення довгохвильової смуги поглинання в електромагнітному спектрі. Батохромне та гіпсохромне зміщення смуг поглинання. Інтенсивність поглинання. Експериментальне визначення інтенсивності (закон Ламберта – Бера, інтегральна інтенсивність смуги поглинання). Інтенсивність поглинання згідно теорії класичної фізики (сила осцилятора, формула Маллікена). Інтенсивність поглинання згідно теорії квантової фізики (заселеність збуджених станів молекули при різних способах її одержання, спонтанні та вимушені переходи, коефіцієнти Ейнштейна  $A$  та  $B$ , їх розмірність). Фактори залежності інтенсивності смуги поглинання. Гіпохромний та гіперхромний ефекти. Наближення Борна – Опенгеймера. Характеристика допущень при зображенні певної хвильової функції молекули. Співвідношення між складовими енергії молекули. Висновки з наближення Борна – Опенгеймера та його недоліки. Аналіз коливального інтегралу (принцип Франка – Кондона). Вибір коливальної хвильової функції (гармонічний осцилятор, функція Морзе). Висновки з розв'язку рівняння Шредінґера для коливальних хвильових функцій. Можливі зміни коливальних функцій при збудженні (секвенції та прогресії). Визначення форми контуру поглинання довгохвильової смуги. Висновки з принципу Франка – Кондона. Аналіз спінового інтегралу перекривання. Правила відбору переходів за спіном. Аналіз електронного інтегралу. Електронний момент переходу та поляризація смуги поглинання. Правила відбору переходів за симетрією. Зміни збуджених

станів у часі. Шляхи дезактивації електронного збудження. Безвипромінювальні переходи. Коливальна релаксація. Міжмолекулярні процеси дезактивації. Діаграма Яблонського. Випромінювальні переходи. Флуоресценція. Внутрішня конверсія. Правило Стокса. Схема приладу для спостереження флуоресценції. Фосфоресценція. Інтеркомбінаційний перехід. Схема приладу для спостереження фосфоресценції. Хімічні шляхи дезактивації. Розщеплення типів I і II за Норішем. Внутрішньомолекулярні перегрупування. Фотоізомеризація. Орбітальна симетрія та фотохімія. Емпіричні залежності між спектром поглинання та будовою молекули. Поняття про хромофор та ауксохром. Фізична природа забарвлених речовин. Основні та доповнювальні кольори. Адитивне та субстрактивне змішування кольорів. Система класифікації переходів за Маллікеном. Спектри поглинання алканів. Спектри поглинання алкенів. Характеристики C=C хромофору. Природа „гарячої” смуги поглинання. Полієновий хромофор. Правила Вудварда – Фізера. Бензеновий хромофор. МО бензену. Теоретичний спектр бензену. Спектр бензену в газовій фазі та в розчинниках різної полярності ( $V_{1u}$  та  $V_{2u}$ -смуги). Монозаміщені похідні бензену (з електронодонорними замісниками). Поліциклічні вуглеводні. Нафтален. Спектри  $\alpha$ - та  $\beta$ -нафтиламінів, поляризація смуг поглинання. Поглинання фенів та аценів. Класифікація смуг поглинання за Кларом. Принципи спектрофотометричного аналізу. Аналіз двох- та трикомпонентних сумішей. Ізобестична точка. Визначення положення кето-енольної рівноваги. Спектри поглинання комплексів з переносом заряду.

Ядерний магнітний резонанс. Місце ядерного магнітного резонансу серед інших методів дослідження. Класична модель та реальне атомне ядро. Класичний опис поведінки ядра в магнітному полі. Ядерна прецесія. Магнітний резонанс ансамблю ядер. Співвідношення Больцмана. Релаксаційні процеси в ЯМР, їх значення для спостереження спектра ЯМР. [Спінова температура. Рівняння Блоха та аналіз їх розв'язку.] Форма ліній поглинання та дисперсії. Крива Лоренца. Принцип побудови спектрометрів ЯМР. Схеми детектування сигналів ЯМР. Значення та забезпечення високої стабільності та однорідності магнітного поля. Висока роздільна здатність спектрометра. Найважливіші характеристики спектрометрів ЯМР. Використання надпровідних соленоїдів для створення надсильних магнітних полів та їх значення в ЯМР-спектроскопії. Спектрометри з розгорткою магнітного поля та частоти. Вплив різних факторів на ширину та площу резонансних сигналів. Явище насичення. Обертальні сателіти. Сигнал спаду вільної індукції (FID). Часове та частотне зображення сигналу ЯМР, їх взаємозв'язок через перетворення Фур'є. Застосування ЕОМ для накопичення та перетворення сигналу ЯМР. Експериментальні методи в ЯМР-спектроскопії. Розчинники, еталони. Інтегрування спектрів. Визначення чутливості та роздільної здатності спектрометра. Оцінка якості одержаного спектра. Хімічне зміщення. Природа хімічного зміщення. Одиниці виміру хімічних зміщень. Шкали хімічних зміщень. Магнітна анізотропія зв'язків та груп атомів. Формула Мак-Коннела. Кільцеві  $\pi$ -електронні струми. Екранування та дезекранування. Спектри ЯМР та будова молекул. Спектри протонного магнітного резонансу (ПМР). Спектри ЯМР на ядрах  $^{19}\text{F}$  та  $^{31}\text{P}$ . Спектри ЯМР на ядрах рідкісних ізотопів:  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{17}\text{O}$ . Квадрупольне



розширення спектральних ліній. Спін-спінова взаємодія (ССВ). Природа ССВ. Пряма і непряма ССВ. Константа ССВ (J). Спектри ЯМР першого порядку. Правила ССВ першого порядку, розрахунок інтенсивностей ліній в мультиплетах за допомогою трикутника Паскаля та „драбинки”. [Поняття про спектри ЯМР другого порядку. Використання ЕОМ для теоретичних розрахунків спектрів ЯМР. Ітераційне узгодження з експериментальним спектром і знаходження параметрів спектра ЯМР.] Пряма та зворотна спектральні задачі. Динамічний ядерний магнітний резонанс. Вплив обмінних процесів на спектри ЯМР. Прояв принципу невизначеності. Протонний обмін. Загальмоване внутрішнє обертання. Шкала часу в спектроскопії ЯМР. Подвійний резонанс (декаплінг). Ядерний ефект Оверхаузера. Імпульсні методи спрощення та редагування спектрів ЯМР. Двовимірна спектроскопія ЯМР. Вплив хімічних реагентів на спектри ЯМР. Ароматичні розчинники. Лантаноїдні зміщуючі реагенти (ЛЗР). Хіральні розчинники. Рідкокристалічні розчинники. Способи одержання спектрів високої роздільної здатності твердих зразків. Обертання зразка під магнічним кутом. Принципи одержання зображень із використанням явища ЯМР. ЯМР-томографія. Використання ЯМР для вирішення технологічних задач. Аналіз сировини, проміжних та кінцевих продуктів.

Мас-спектрометрія. Основи методу мас-спектрометрії. Принципова блок-схема мас-спектрометра. Система напуску зразків для газів, рідин і твердих речовин. Особливості введення зразків після розділення сумішей на газовому хроматографі (хромато-мас-спектрометрія). Хімічна модифікація нелетких речовин і безпосереднє введення до йонізаційної камери. Йонізація атомів та молекул. Методи йонізації: електронний удар, фотоіонізація, польова йонізація, польова десорбція, хімічна, термічна іонізація, йонізація прискореними атомами, вторинно-йонна мас-спектрометрія. Типи йонів, що утворюються і реєструються в мас-спектрометрії: однозарядні й двозарядні, молекулярні, уламкові, метастабільні, перегрупувальні. Методи аналізу позитивних йонів: магнітним полем, поєднанням електростатичного і магнітного аналізаторів (мас-спектрометри високої роздільної здатності). Часопролітні мас-спектрометри і мас-рефлектрони. Резонансні мас-спектрометри. Квадрупольний аналізатор. Методи реєстрації йонів і запису мас-спектрів. Основні характеристики мас-спектрометрів. Вибір приладу залежно від характеру розв'язувальної задачі. Інтерпретація мас-спектрів. Аналіз мас-спектра в ділянці молекулярного йона. Ізотопні піки. Визначення молекулярної маси і бруто-формули речовини. Основні мас-спектроскопічні правила: „азотне” правило, „парноелектронне” правило, правило Стивенсона – Одъс, „утруднений розрив зв'язків, що примикають до ненасичених систем”. Основні типи реакцій розкладу органічних сполук під дією електронного удару: простий розрив зв'язків і процеси, пов'язані з перегрупуванням. Їх класифікація. Застосування метастабільних піків для визначення шляхів фрагментації. Галузі застосування методу мас-спектрометрії.

Методи рентгенівської і фотоелектронної спектроскопії. Фізичні основи методів і експериментальної техніки. Загальні принципи. Параметри і структура фотоелектронних спектрів. Хімізсув. Спін-орбітальний зв'язок у

молекулах. Коливальна структура фотоелектронних спектрів. Інтенсивність фотоелектронних піків. Техніка і методика експерименту. Рентгенофлуоресцентні спектрометри.

Спільне використання фізичних методів та ЕОМ для визначення будови молекул. Галузі застосування різних фізичних методів з метою визначення молекулярної структури. Довідники, атласи спектрів. Використання модельних сполук. Кодування структурної інформації. Банки даних, їх значення при машинній обробці спектрів. Застосування ЕОМ для збереження та пошуку спектральної інформації.

#### **4.15. ОСНОВИ ХРОМАТОГРАФІЇ**

Предмет, завдання і методи хроматографічного аналізу. Короткі історичні відомості становлення та розвитку хроматографії. Значення та роль хроматографії для розвитку природничих наук та промисловості. Хроматографічне розділення речовин: принцип, особливості, відмінності від інших методів розділення речовин, сорбційні процеси в хроматографії. Основні поняття та термінологія в хроматографії: нерухома та рухома фаза, носій, сорбент, елюент, хроматограма, характеристики хроматограми. Визначення хроматографії. Класична та вискоєфективна хроматографія. Принципова схема сучасного хроматографа.

Класифікація хроматографічних методів: за агрегатним станом фаз, за механізмом елементарного акту сорбент-сорбат, за способом відносного переміщення фаз, апаратним оформленням хроматографії, за призначенням. Типи хроматографії: молекулярна та хемосорбційна. Техніка хроматографічного аналізу: колонкова, тонкошарова та паперова хроматографія. Способи розділення речовин: фронтальний, елюентний, витискувальний. Аналітична та препаративна хроматографія.

Основні положення теорії хроматографічного аналізу. Сили міжмолекулярної взаємодії (Ван-дер-Ваальса, водневий та донорно-акцепторний зв'язок). Сорбція: адсорбція, абсорбція, розподіл. Адсорбент, адсорбат. Десорбція. Фізичні та хімічні фактори, що визначають сорбцію. Ізотерма адсорбції, основні типи (Генрі, Ленгмюра, Фрейндліха, S-подібна). Розподіл молекул між двома фазами, коефіцієнт розподілу. Закон розподілу Нернста. Хроматограма, хроматографічний пік (його положення, висота, площа, ширина на напіввисоті). Характеристики аналітичного сигналу: утримуваний об'єм та виправлений утримуваний об'єм, час утримування та виправлений час утримування, вільний об'єм, вільний час, індекс утримування Ковача. Якісний аналіз, його способи. Способи кількісного аналізу: нормування, внутрішнього стандарту, зовнішнього стандарту (абсолютне калібрування). Взаємозв'язок між типом ізотерми адсорбції (лінійна, випукла, увігнута, S-подібна) та формою хроматографічного піка. Основне рівняння лінійної ідеальної хроматографії. Зв'язок між утримуваним об'ємом та коефіцієнтом розподілу. Поняття про теорію еквівалентних тарілок. Аналогія між хроматографічним процесом та процесом ректифікації. Ефективність хроматографічної колонки та відповідні параметри: число теоретичних тарілок (N), висота (H) еквівалентна теоретичній тарілці (ВЕТТ). Поняття про роздільну

здатність та селективність хроматографічної колонки.

Адсорбенти та носії для хроматографії. Детектування аналітичного сигналу. Вимоги до адсорбентів та носіїв. Класифікація адсорбентів за полярністю, пористістю. Найбільш вживані адсорбенти та носії: алюміній оксид, силікагель, активоване вугілля, цеоліти, їх властивості. Адсорбенти з модифікованою поверхнею. Нормально-фазові (НФ) та обернено-фазові (ОФ) адсорбенти. Механізм утримування молекул на ОФ-адсорбентах. Детектування аналітичного сигналу в класичній та високоефективній хроматографії.

Газова хроматографія. Принцип методу. Вимоги до визначуваних речовин. Газо-носії (рухома фаза), вимоги до них. Блок-схема газового хроматографа: дозатор, хроматографічна колонка, термостат, детектор, самописець. Типи хроматографічних колонок за призначенням, за способом заповнення сорбентом. Класифікація детекторів.

Газо-адсорбційна хроматографія. Фізико-хімічні основи методу. Хроматографія з програмуванням температури в процесі розділення речовин. Застосування в якісному та кількісному аналізі. Виходячи із параметрів утримування, ідентифікувати вуглеводні в їх суміші згідно індексів Ковача. Виходячи із параметрів хроматограми, здійснювати якісний та кількісний аналіз суміші органічних речовин.

Газо-рідинна хроматографія. Фізико-хімічні основи методу. Адсорбенти, носії, рідкі нерухомі фази, вимоги до них. Способи нанесення нерухомих рідких фаз на твердий носій. Заповнення колонки. Особливості капілярної хроматографії. Застосування в якісному та кількісному аналізі.

Рідинна хроматографія. Колонкова, капілярна, тонкошарова, паперова хроматографія. Колонкова низького тиску, високоефективна хроматографія (ВЕРХ), рідинна хроматографія високого тиску (РХВТ). Принцип методу. Нерухомі та рухомі фази рідинної хроматографії. Прямі та обернені фази. Вибір фаз у рідинній хроматографії. Рідинно-розподільна хроматографія. Области використання ВЕРХ. Переваги та недоліки методу ВЕРХ. Особливості капілярної ВЕРХ.

Гель-хроматографія. Принцип та фізико-хімічні основи методу. Носії, нерухома та рухома фази, вимоги до них. Застосування в хімічному аналізі. Поняття про афінну хроматографію.

Планарна (площинна) хроматографія. Принцип розділення речовин у площинній хроматографії. Техніка проведення аналізу. Хроматографічна камера. Способи отримання хроматограм: висхідна, нисхідна та радіальна хроматограми. Одномірна та двомірна хроматограми. Якісні та кількісні характеристики планарної хроматографії. Лінія старту, пляма (зона) визначуваної речовини, фронт розчинника. Якісний та кількісний аналіз. Фактор утримування (коефіцієнт рухомості)  $R_f$ . Методи кількісного аналізу. Способи вимірювання площі плями.

Тонкошарова хроматографія (ТШХ). Апаратурне забезпечення тонкошарової хроматографії. Адсорбенти та елюенти в тонкошаровій хроматографії, вимоги до них. Проявники в методі ТШХ. Области використання методу. Переваги та недоліки методу.

Паперова хроматографія. Хроматографічного папір, класифікація за

щільністю. Техніка отримання хроматограм на папері. Механізми розділення речовин на папері. Розподільна хроматографія. Вибір елюенту. Паперова осадова хроматографія. Переваги та недоліки паперової хроматографії. Область застосування в якісному та кількісному аналізі.

Йонообмінна хроматографія. Йонний обмін. Йоніти (йонообмінники), їх класифікація. Йоногенна група, рухомий йон. Неорганічні та органічні йоніти. Катіоніти, аніоніти, амфоліти. Кислотні та основні йоніти. Моно- та поліфункціональні йоніти. Ємність йонітів. Набухання йонітів. Вимоги до йонітів. Модифіковані силікагелі. Органічні йонообмінні смоли, основні типи. Селективність йонітів. Апаратура йонної хроматографії. Використання йонообмінної хроматографії в аналізі.

Йонна хроматографія. Принцип методу. Відмінність від класичної іонообмінної хроматографії.

Осадова хроматографія. Фізико-хімічні основи методу. Фактори, що впливають на формування осадових хроматограм. Розташування зон в осадових хроматограмах. Техніка аналізу: осадові хроматограми в колонці, на папері. Застосування осадової хроматографії в якісному та кількісному аналізі.

Адсорбційно-комплекуювальна хроматографія. Фізико-хімічні основи методу. Адсорбенти та рухомі фази, їх вибір. Модифіковані адсорбенти. Розташування зон на хроматограмі. Оптимальні умови поглинання йонів та повноти їх розділення. Техніка аналізу. Застосування в хімічному аналізі.

#### **4.16. ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

Хімічна безпека – життєвий цикл хімічної продукції. Токсиканти. Загальна характеристика, властивості, класифікація. Поняття про хімічну безпеку, небезпечні хімічні речовини. Етапи становлення проблем хімічної безпеки.

Загальна характеристика токсикантів. Токсичність. Показники токсичності: гранично допустима концентрація (ГДК), добова допустима доза (ДДД), порогова доза, токсично не смертельна доза, токсично смертельна доза, ЛД<sub>50</sub>. Кумуляція, коефіцієнт кумуляції. Сенсibilізація. Персистентність. Толерантність. Класифікація токсинів: за ступенем токсичності (надзвичайно токсичні, високотоксичні, помірно токсичні, мало токсичні); за походженням (природного походження: біологічного походження, неорганічні сполуки, органічні сполуки небіологічного походження; синтетичні токсиканти); за принципом дії (некро-, гемо-, нейро-, міо-, нефроно-, кардіо-, гемолітичні токсини); за способом використання людиною (інгредієнти хімічного синтезу та спеціальних видів виробництв; пестициди; ліки та косметика; харчові добавки; паливо та олії; розчинники, барвники, клеї; побічні продукти хімічного синтезу, домішки та відходи); за умовами впливу (забрудники навколишнього середовища; виробничі токсиканти; побутові токсиканти; шкідливі звички; бойові отруйні речовини та речовини аварійного походження).

Канцерогени. Загальна характеристика, властивості, класифікація. Канцерогени: ембріотоксини, нейротоксини, тератогени, мутагени. Канцерогенез. Класифікація хімічних речовин з точки зору їх канцерогенності для людини (міжнародна агенція вивчення раку – МАВР): група 1 – речовини

безумовні канцерогени; група 2 – речовини, що є можливими канцерогенами з більш високим (2A) або більш низьким (2B) ступенем доведення їх канцерогенної дії; група 3 – речовини, що не можуть бути класифіковані з точки зору їх канцерогенності. Класифікація хімічних канцерогенів за походженням (природного, антропогенного). Класифікація канцерогенів за хімічною структурою: поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ); ароматичні азосполуки; ароматичні аміносполуки; нітросполуки та нітроаміни; метали та неорганічні солі.

Сучасні підходи до класифікації небезпек та маркування хімічних речовин. Міжнародні стандарти класифікації небезпек та маркування хімічних речовин: Гармонізована система класифікації та маркування хімічних речовин – Globally harmonized system for classification and labeling of hazardous chemicals (GHS). Паспорт безпеки хімічної речовини. Маркування. Знак безпеки (пиктограма). Сигнальне слово. Коротка характеристика небезпеки. Заходи безпеки. Фрази ризику: H- та P-фрази. Мутагенність. Канцерогенність. Вибухова, займиста, вогненебезпечна, їдка речовина, окисник.

Загальна характеристика неорганічних токсикантів. Класифікація елементів: макроелементи, мікроелементи, ультрамікроелементи. Металічні елементи токсиканти. Неметалічні елементи токсиканти. Азбести. Загальна характеристика. Амфібол-азбести (актиноліт, антофіліт, тремоліт, амозит, крокидоліт). Хризотил-азбест. Промислова класифікація. Знаходження в природі. Виробництво та використання. Фізіологічна дія. Токсичність. Механізм токсичного впливу. Міжнародне та національне законодавство щодо поводження та попередження негативного впливу азбестів. Метали: кадмій, свинець, ртуть. Загальні фізичні та хімічні властивості. Застосування. Фізіологічна дія простих речовин, сполук Кадмію, Плюмбуму, Меркурію. Гостра токсичність. Хронічна токсичність. Гігієнічні нормативи. Механізм токсичного впливу. Проблеми отруєння кадмієм, свинцем, ртуттю в Україні та світі. Неметали. Арсен. Фосфор. Загальні фізичні та хімічні властивості. Застосування. Фізіологічна дія. Гостра токсичність. Хронічна токсичність. Гігієнічні нормативи. Механізм токсичного впливу. Проблеми отруєння арсеном та його сполуками в Україні та світі.

Органічні токсиканти. Пестициди. Загальна характеристика. Хімічна класифікація пестицидів (фосфороорганічні сполуки, хлорорганічні сполуки, похідні карбамінової, тіо- та дитіокарбамінової кислот, меркурійорганічні, купрумівмісні, ціано- та родановмісні, флуоровмісні пестициди, карбонові кислоти та їх похідні, похідні сечовини та гуанідину, нітро- та хлоропохідні фенолу, вуглеводні, альдегіди та їх похідні, гетероциклічні сполуки). Біологічна класифікація пестицидів (альгіциди, антисептики, арборициди, афіциди, бактерициди, гербіциди, зооциди, інсектициди, лимаціди, нематоциди, фунгіциди, регулятори росту рослин – ротарданти, дефоліанти, десиканти, репеленти, атрактанти, статеві стерилізатори, антифідинти). Гігієнічна класифікація (за токсичністю при введенні у шлунок, при потраплянні через шкіру, за ступенем леткості, стійкістю). Форми застосування пестицидів (порошки, гранули, мікрокапсули, розчини у воді і органічних розчинниках, концентрати емульсій, водні суспензії, пасти, аерозолі, фуміганти). Непридатні

пестициди. Небезпечні пестициди. Заборонені пестициди. 2,4-Дихлорфеноксиоцтова кислота. Пестицидні препарати на основі 2,4-Д, їх виробництво, застосування. Агент «Оранж». Проблеми, пов'язані з використанням пестицидних препаратів на основі 2,4-Д.

Стійкі органічні забрудники. Загальна характеристика стійких органічних забрудників (СОЗ). Властивості СОЗ. Класифікація СОЗ. Пестициди групи СОЗ. Загальна характеристика. Властивості: високотоксичність, хімічна стійкість; біоаккумуляція, міграція. Представники: ДДТ, діельдрин, альдрин, ендрин, гептахлор, мірекс, токсафен, хлордан, хлордекон, гексахлоробензен, ліндан, альфа-гексахлороциклогексан, бета-гексахлороциклогексан. Характеристика: назви, синоніми, реєстраційні номери, фізіологічний вплив. ДДТ. Історія відкриття та застосування. Роль ДДТ у боротьбі з малярією. Виключення зі списку дозволених до використання пестицидних препаратів. Будова, властивості, способи добування. Міжнародні назви та торгові марки. Хімічні аналоги та метаболіти ДДТ (метоксихлор, пертан, ДДД). Властивості як представника стійких органічних забрудників. Токсикологічні характеристики. Симптоми гострої інтоксикації. Клінічна картина хронічного отруєння. Гігієнічні нормативи. Механізм дії. Міжнародні документи про заборону використання. Проблеми ДДТ в Україні. Поліхлоровані біфеніли. Загальна характеристика. Класифікація. Структурне різноманіття. Фізико-хімічні властивості. Міграція ПХБ у навколишньому середовищі. Шляхи надходження у живі організми. Фізіологічна дія. Токсичність. Коефіцієнт токсичності. Джерела забруднення. Нормативне регулювання. Визначення ПХБ. Проблема, пов'язана з поліхлорованими біфенілами в Україні. Діоксини. Загальна характеристика. Класифікація. Структурне різноманіття. Фізичні, хімічні властивості. Циркуляція діоксиноподібних сполук у навколишньому середовищі та надходження у живі організми. Фізіологічна дія. Токсичність. Коефіцієнт токсичності. Джерела утворення. Нормативне регулювання. Визначення ДПС. Знешкодження ДПС. Проблема діоксинів в Україні.

Поліциклічні ароматичні вуглеводні. Поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ). Загальна характеристика. Представники. Бензопірени. Фізико-хімічні властивості. Джерела надходження в навколишнє середовище та організм людини. Фізіологічна дія. Гостра токсичність. Хронічна токсичність. Механізм токсичного впливу. Методи визначення. Нормативне регулювання. Проблема ПАВ в Україні.

Харчові добавки. Загальна характеристика. Міжнародне маркування. Групи харчових добавок: регулятори смаку і аромату (підсолоджувачі, ароматизатори, смакові добавки); регулятори консистенції (згущувачі, гелеутворювачі, емульгатори, розріджувачі); поліпшувачі зовнішнього вигляду (барвники, відбілювачі); регулятори терміну зберігання (консерванти, антиоксиданти); окрема група, що не має спільних характеристик (харчові волокна; глазуруючі агенти; добавки, що перешкоджають злежуванню). Міжнародні нормативно-правові документи щодо використання харчових добавок. Заборонені добавки. Канцерогенні харчові добавки. Фізіологічна дія. Механізм токсичного впливу. Проблема харчових добавок в Україні.

Косметичні та мийні засоби. Загальна характеристика. Класифікація.

Представники. Фізико-хімічні властивості. Джерела надходження в навколишнє середовище та організм людини. Фізіологічна дія. Гостра токсичність. Хронічна токсичність. Механізм токсичного впливу. Методи визначення. Нормативне регулювання. Проблема косметичних та мийних засобів в Україні.

Хімічна безпека в світі та в Україні. Стокгольмська конвенція. Стокгольмська конвенція. Прийняття. Набрання чинності. Ратифікація та набрання чинності в Україні. Сторони. Поправки, протоколи. Застереження для України. Характеристика конвенції: мета, завдання, сфера дії. Структура: 30 статей та 6 додатків. Імплементация в Україні. Органи, що діють в рамках міжнародного правового акту: конференція сторін, секретаріат, комітет з розгляду стійких органічних забрудників. Роттердамська конвенція. Прийняття. Набрання чинності. Ратифікація та набрання чинності в Україні. Сторони. Поправки, протоколи. Застереження для України. Характеристика конвенції: мета, завдання, сфера дії. Імплементация в Україні. Структура: 30 статей та 5 додатків. Органи, що діють в рамках міжнародного правового акту: конференція сторін, секретаріат, комітет з розгляду хімічних речовин. Загальна характеристика Додатку III про хімічні речовини, що попадають під дію попередньої обґрунтованої згоди. Базельська конвенція. Прийняття. Набрання чинності. Ратифікація та набрання чинності в Україні. Сторони. Поправки, протоколи. Застереження для України. Характеристика конвенції: мета, завдання, сфера дії. Імплементация в Україні. Органи, що діють у рамках міжнародного правового акту. Стратегічний підхід до міжнародного регулювання хімічними речовинами (СПМРХР). Прийняття. Набрання чинності. Сторони. Поправки, протоколи. Характеристика: мета, завдання, принципи і підходи, сфера впливу. Глобальний план дій. Європейське законодавство REACH (Registration, Evaluation, Authorisation, Chemicals). Прийняття. Набрання чинності. Сторони. Поправки, протоколи. Характеристика: мета, завдання, принципи і підходи, сфера впливу. Органи, що діють в рамках міжнародного правового акту: Європейська хімічна агенція. Перспективи для України. Міжнародні стандарти з маркування небезпечних речовин. Концепція хімічної безпеки в Україні. Прийняття. Набрання чинності. Характеристика: мета, завдання, способи підвищення рівня хімічної безпеки, очікувані результати.

#### **4.17. ХІМІЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Склад і будова навколишнього середовища. Основні уявлення про навколишнє середовище. Предмет і завдання хімії навколишнього середовища. Основні хіміко-екологічні поняття: біосфера, ноосфера, динамічна рівновага в біосфері, стан здоров'я біосфери, «підтримуючий розвиток», «поріг обурення біосфери»; біохімічний колообіг речовин; забруднення фізичне, хімічне, біологічне, джерела забруднення; забруднювачі, їх класифікація, загальна характеристика та вплив на навколишнє середовище, токсичність, характеристики токсичності, гранично допустимі концентрації; очищення, методи фізико-хімічного очищення; моніторинг навколишнього середовища, наукові основи та сучасна концепція моніторингу навколишнього середовища.

Атмосфера. Будова і склад атмосфери. Елементарний і молекулярний

склад повітря, його еволюція. Вплив людини на кількісний та якісний склад атмосфери. Хімічні реакції в атмосфері та її захисні властивості. Основні джерела забруднення атмосфери: промислові, транспортні, енергетичні. Речовини-забруднювачі: оксиди Карбону, Нітрогену, Сульфуру, фреони, пероксиацетилнітрати та інші органічні сполуки. Проблема кислотних дощів. Трансграничний перенос небезпечних викидів. Антропогенне забруднення повітря пилом – «смог». Сміттєспалювання як фактор додаткового забруднення, а не вирішення проблеми утилізації сміття. «Парниковий ефект» – причини та шляхи усунення. «Озонова діра» – причини та шляхи усунення. Кіотська міжнародна конференція. Сучасні методи очищення викидів в атмосферу: осадження пилу та аерозолів, рідинне промивання, фільтрування, абсорбція, термічне та каталітичне спалювання. Конвертори токсикантів у вихлопних газах автомобілів. Техногенез як головний чинник геохімічного формування атмосфери. Методи аналізу повітря.

Гідросфера. Будова гідросфери. Хімічний склад води. Аномальні властивості води. Гідрологічний цикл. Класифікація природних вод та їх хімічний склад. Основні процеси формування хімічного складу природних вод. Кислотно-основна рівновага природних вод. Лужність природних вод. Карбонатна буферна система. Процеси зачислення поверхневих водойм. Вплив рН на процеси розчинення сполук важких металів і сполук алюмінію. Хімічне забруднення природних вод. Класифікація забруднень природних вод. Джерела забруднень Світового океану та речовини забруднювачі: нафтопродукти, сміття, радіоактивні та хімічні відходи, ПАР, феноли. Процеси самоочищення водойм, біоседиментація забруднюючих речовин. Поверхневі води як основні постачальники питної води. Джерела їх забруднення. Проблема кількості та якості питної води. Вододефіцитні регіони. Виробництва замкнутого циклу як шлях вирішення економічної та екологічної проблем. Методи аналізу питної води.

Літосфера. Будова літосфери і структура земної кори. Грунт як геохімічне середовище. Утворення ґрунту. Елементний та фазовий склад ґрунтів: органічні та неорганічні речовини. Фізико-хімічні властивості ґрунтів. Лужність та кислотність ґрунтів. Кислотно-основна буферність ґрунтів та окисно-відновні процеси в ґрунтах. Ґрунтовий розчин, активність йонів солей. Катіонний обмін та селективність катіонного обміну. Хімічна деградація ґрунтів: повітряна ерозія, водна ерозія, збіднення міогенами і гумусом, засолення. Проблема розорюваності ґрунтів. Хімічне забруднення ґрунтів. Особливості поширення, трансформації і накопичення забруднюючих речовин в навколишньому середовищі. Перенесення речовин між різними середовищами: ґрунт – вода, повітря – ґрунт. Основні джерела забруднення ґрунтів: промислові відвали, сміттєзвалища, сільське господарство тощо. Речовини-забруднювачі: мінеральні добрива, важкі метали, препарати захисту рослин – токсичні органічні сполуки. Методи аналізу ґрунтів. Шляхи відновлення ґрунтів.

Глобальні екологічні проблеми сучасності та вплив діяльності людини на довкілля. Основні забруднювачі біосфери та екологічна неспроможність технологічних процесів. Проблеми чистої води, чистого повітря, деградація



грунтів, утилізація сміття як глобальні проблеми сучасності. Поняття про природні ресурси та проблеми нестачі сировини. Маловідходні та безвідходні технології як шляхи розв'язання сировинної та екологічної проблем. Значення хімії та хімічної промисловості у розвитку економіки. Місце хімії у вирішенні екологічних проблем.

Екологія та енергетика. Основні джерела енергії: сонячна, ядерна, енергія води, паливна, енергія вітру тощо. Поняття про традиційні та альтернативні джерела енергії. Відновлювальні та невідновлювальні джерела енергії. Ядерна енергетика, її переваги та проблеми впровадження (утилізація відходів, негативний вплив радіації). Паливна енергетика, її переваги та проблеми використання (обмеженість ресурсів та забруднення навколишнього середовища). Альтернативні види енергії, їх переваги та причини обмеженості застосування (сонячні батареї, вітрильники, енергія приливу та відливу, теплові насоси). Джерела енергії в різних видах транспорту. Альтернативні види джерел автомобільного палива (спирт, естери тощо). Біопаливо, як альтернативний вид палива або нова проблема для людства. Ресурсозберігаючі і енергозберігаючі технології. Використання вторинних енергетичних ресурсів. Біоенергетика як альтернатива.

Екологічні проблеми регіону. Прояви глобальних екологічних проблем на території Київщини та шляхи їх вирішення: радіоактивне забруднення повітря, води та ґрунтів (Чорнобильська зона); проблеми Київського моря (радіоактивне забруднення, руйнація дамб та заболочуваність Дніпра); забезпечення питною водою жителів регіону; очищення стічних вод Києва (станція аерації). Державна політика України у вирішенні цих екологічних проблем.

#### **4.18. ХІМІЯ ЗЕМЛІ І ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ**

Предмет та завдання курсу “Хімія Землі і проблеми екології”, його загальне теоретичне і практичне значення. Історія виникнення і розвитку головних ідей та роль вітчизняних та зарубіжних вчених (Ф.У. Кларк, В.І. Вернадський, А.Е. Ферсман, В.М. Гольдшмідт, А.П. Виноградов та ін.). Взаємозв'язок курсу “Хімія Землі і проблеми екології” з системою природничих наук. Методи, аналітичні методики і методичні прийоми, які використовуються в хімічних та геохімічних дослідженнях при вивченні геосфер Землі. Хімія та екологія.

Хімічні елементи в земній корі. Будова атомних ядер і геохімічні особливості елементів. Поняття про нукліди (ізотопи, ізобари, ізотони, ізоміри). Поширеність атомів у природі як функція будови їх ядер. Дефект маси, енергія зв'язку нуклонів і поширення елементів у природі. Типи стійкості атомів і ядер, “острови стабільності”. Поняття про радіоактивність (природну та штучну). Хімічні властивості радіоактивних елементів. Радіаційно-хімічні процеси, які впливають на склад Землі і її геосфер; радіоліз води та поняття про гідратований електрон. Хімічні реакції, що лежать в основі біологічної дії радіоактивного випромінювання. Поняття про “вимерлі елементи”. Походження елементів (нуклеогенез) у світлі уявлень сучасної ядерної фізики і гіпотеза про походження та еволюцію Всесвіту. Іонізуюче випромінювання. Джерела іонізуючого випромінювання: природні джерела – космічне випромінювання, земна

радіація, внутрішнє опромінення; антропогенні джерела. Таблиця Д.І. Менделєєва як основа для вивчення розповсюдження хімічних елементів в геосферах Землі. Геохімічні поля, ряди (родини) елементів. Класифікація елементів за В.І. Вернадським, А.Е. Ферсманом та В.М. Гольдшмідтом. Визначення поняття “геохімічні властивості” елементів. Вчення про кларки хімічних елементів. Типи та методи визначення кларків. Хімічний склад земної кори, окремих її геосфер. Діаграми нерівномірності розподілу елементів в земній корі: за величинами кларків елементів в залежності від порядкового номеру елемента в періодичній системі Д.І. Менделєєва. Геохімічні моделі Землі.

Кількісний хімічний склад земної кори та земної кулі. Оболонкова будова Землі. Мантия і ядро Землі. Земна кора та її геосфери. Атмосфера, будова і хімічний склад. Атмосферний тиск, тепловий баланс атмосфери, циркуляція атмосфери. Йоносфера Землі: фотохімічні процеси в атмосфері; поглинання сонячного випромінювання; космічне випромінювання та йонний склад атмосфери. Процеси утворення і рекомбінації йонів у верхніх шарах атмосфери. Основні джерела надходження радіоактивних ізотопів в атмосферу. Поняття про аероіонізацію. Штучна атмосфера для водолазів, космічних апаратів та хімічні методи регенерації повітря. Хімія стратосфери. Утворення та руйнування озону в атмосфері. Фізико-хімічні процеси в тропосфері. Стійкість атмосфери. Гідросфера. Походження води на Землі. Водні системи Землі, їх фізико-хімічна класифікація та характеристика. Основні процеси формування хімічного складу природних вод. Процеси розчинення газів та твердих речовин. Основність природних вод, процеси закиснення поверхневих водоймищ. Окисно-відновна рівновага в гідросфері. Взаємозв'язок між окисно-відновними та кислотно-основними характеристиками природних вод. Редокс-буферність природних вод: денітріфікація, відновлення сульфатів, ферментація. Особливості окисно-відновних процесів у озерах, океанах, підземних водах. Гідрологічний цикл. Рівняння водного балансу Світового океану та суші, річкового басейну, повного підземного стоку. Будова літосфери. Гіпотеза про походження земної кори О.П. Виноградова та її експериментальне підтвердження.

Форми знаходження елементів в земній корі. Стан розсіяння елементів – головна форма поширення більшості елементів в природі. Форми існування елементів в атмосфері, гідросфері, біосфері. Мінеральна форма знаходження елементів. Порооди: магматичні, метаморфічні, осадові. Класифікація магматичних порід. Вчення про ізоморфізм. Ряди ізоморфізму Вернадського, Гольдшмідта. Автолізія мінералів. Термодинамічні основи ізоморфізму. Кристалохімічна класифікація силікатів. Еволюція хімічного складу зовнішніх оболонок Землі.

Фізико-хімічні закономірності процесів міграції елементів. Класифікація факторів міграції хімічних елементів: внутрішні (гравітаційні, властивості хімічного зв'язку, радіоактивність) та зовнішні (фізичні та фізико-хімічні - температура, тиск, концентрація, космічна енергія, тощо); їх еволюція в історії розвитку Землі. Поняття про концентрацію і розсіяння елементів як результат їх міграції. Інтенсивність міграції хімічних елементів. Поняття про геохімічні

бар'єри. Типи геохімічних бар'єрів та їх фізико-хімічна класифікація. Типи концентрації елементів на геохімічних бар'єрах. Хімічні процеси під час мінералоутворення на бар'єрах. Фізико-хімічні закономірності та хімічні реакції, які лежать в основі магматитового та пегматитового процесів. Хімія гідротермального процесу. Джерела та склад рудоутворюючих розчинів, способи переносу речовини в них. Поняття про метасоматоз і метаморфічний процес з точки зору хімії. Фізико-хімічні умови утворення осадів на стадіях гіпергенезу, діагенезу, седиментогенезу. Осадження кремнію. Форми переносу елементів у геохімічних процесах. Ряди міграції Б.Б. Полинова. Йонно-сольовий комплекс порід, розчинність порід, її залежність від наявності домішок, величини окисно-відновного потенціалу природних вод (діаграми  $pE - pH$ ) та їх буферних властивостей. Асоціати елементів у земній корі та причини їх утворення. Поняття про техносферу та техногенні фактори міграції елементів.

Фізико-хімічні процеси при формуванні біоосних систем. Біосфера та її межі за В.І. Вернадським. Хімічні аспекти формування біосфери під впливом життєдіяльності живої речовини: роль мікроорганізмів, рослинних та тваринних організмів. Хімічний склад живої речовини. Біогенні хімічні елементи. Макро- та мікроелементи організму людини. Кларки живої речовини. Закон біологічного колообігу В.І. Вернадського. Хімічні показники кількості "живої речовини": продукція живої речовини, розклад органічної речовини і її мінералізація. Роль біосфери у земній корі. Типи біоосних систем. Хімізм процесів утворення біоосних систем – десульфурізація, взаємодія гірських порід з природними водами, вивітрювання, цементация. Гіпергенез та ґрунтоутворення. Осадові породи, складові частини осадових порід з точки зору хімії. Класифікація осадових порід.

Ґрунти та глини. Фазовий та елементний склад ґрунтів та глин. Будова ґрунтового агрегата. Форми сполук алюмінію в ґрунтах та глинах, сполуки кремнію та алюмосилікатів. Органічні речовини ґрунтів, їх класифікація. Гумус. Хімічний склад та фізико-хімічні властивості гумусових речовин. Неспецифічні органічні речовини ґрунтів (вуглеводи, лігнін). Органомінеральні речовини ґрунтів. Фізико-хімічні властивості ґрунтів та глин: адсорбційні властивості ґрунтів, селективність катіонного обміну, водопроникність та вологоємність. Основні та кислі ґрунти, будова міцел ґрунту. Види ґрунтової кислотності, окисно-відновна зональність ґрунтів. Мули та глеї. Хімічні аспекти утворення порід із мулів та глеїв (діагенез).

Глобальні цикли Оксигену та Гідрогену. Колообіг Оксигену. Оксиген в структурі кисневого каркасу Землі. Оксиген в земній корі та атмосфері: хімічні процеси при створенні вільного кисню під час фотосинтезу; хімічні процеси при споживанні Оксигену під час дихання, та при окисненні органічних сполук. Потoki Оксигену між різними резервуарами. Озон. Хімія стратосферного озону: цикл Чепмена та просторовий розподіл озону в стратосфері. Механізм утворення озону в тропосфері та просторовий розподіл озона у пограничному шарі атмосфери. Каталітичні цикли руйнування стратосферного озону. Гідроген – найбільш розповсюджений елемент Всесвіту. Гідроген у складі мінералів. Гідроген у геосферах. Гідроген і гідриди – паливо планети. Роль

водневих бактерій в окисненні молекулярного водню в природних умовах.

Глобальні цикли Карбону та його сполук. Колообіг Карбону як основного елементу біосфери. Мінерали на основі Карбону. Газоподібні сполуки Карбону. Вуглекислий газ у природній воді. Вуглекислотна рівновага води. Хімія нафти та газу. Хімічні реакції перетворення та руйнування нафти мікроорганізмами. Хімічні реакції і роль мікроорганізмів у процесах утворення торфу та вугілля. Глобальний цикл Карбону.

Глобальні цикли Сульфуру, Нітрогену та Фосфору. Колообіг Сульфуру. Окиснювальні процеси, що ведуть до утворення мікроорганізмами покладів сірки та сульфатів в земній корі, в природних водах і в океані. Відновлення сульфатів до гідроген сульфідів; утворення покладів сульфідних руд магматичного походження та в результаті діяльності сульфатредуючих мікроорганізмів. Глобальний цикл Сульфуру. Колообіг Нітрогену. Шляхи надходження азоту в екосистему. Фіксація Нітрогену в атмосфері: хімічні процеси під час вулканічної діяльності, розряду блискавки, згоряння метеоритів. Хімічні основи механізму біологічної фіксації молекулярного азоту азотфіксуючими бактеріями. Хімічні реакції процесів нітрифікації (життєдіяльність нітрито- та нітробактерій). Амоніфікація. Нітрогеномісні сполуки у ґрунті та природних водах. Денітрифікація. Зв'язаний азот рослин. Колообіг фосфору. Фосфор у складі мінералів, гірських порід та ґрунтових вод. Органічні сполуки Фосфору. Глобальний цикл Фосфору.

Елементи другої геохімічної групи. Лужні та лужно-земельні метали у складі біосфери, земної кори, мінералів та океанічній воді. Галогени у складі біосфери, гранітів та світового океану. Галогенез. Солоність морської води.

Елементи третьої геохімічної групи. Класифікація елементів III групи. Літофільні елементи з постійною валентністю. Літофільні аміногенні елементи. Літофільні і сидерофільні елементи із змінною валентністю. Метали групи заліза. Комплексні органічні сполуки Ферума. Роль залізобактерій та інших мікроорганізмів в окисненні комплексних органічних сполук та солей ферума (II). Платина та платиноїди. Халькофільні метали. Халькофільні неметали. Літофільно-халькофільні елементи. Розподіл елементів у складі мінералів, земній корі та біосфері. Геохімічні цикли важких металів.

Техногенний вплив на природну рівновагу хімічних елементів в біосфері. Визначення поняття техногенезу. Рівні організації техногенезу. Зовнішні фактори та внутрішні закони розвитку техногенних систем. Колообіг атомів в техногенезі. Техногенні системи, біосфера та земна кора.

#### **4.19. ІСТОРІЯ ХІМІЇ**

Емпіричний період розвитку знань про речовини. Історичний підхід при вивченні науки, його значення та завдання. Дослідження історії хімії видатними вченими. Д.І. Менделєєв про необхідність вивчення історії науки. Методологічні аспекти вивчення історії розвитку та становлення хімічної науки. Періодизація історії хімії. Історія хімії в школі.

Хімічні знання в давні часи. Міфологічний спосіб пізнання природи давньою людиною. Свідоме використання вогню людиною з метою зміни властивостей глини, виникнення гончарного ремесла (7-5 тис. років до н.е.).

Розвиток Трипільської культури на теренах України. Металургія золота, срібла в стародавній Індії, Китаї, Єгипті, Вірменії, Кіпрі, Іспанії (5 тис. років до н.е.). Металургія міді, випалювання сульфідних руд, і виготовлення бронзи. Перші плавки свинцю, виготовлення цинкової бронзи (країни Азії, Африки). Сім металів давнини та уявлення про їх властивості. Поява фаянсового ремесла і початок виробництва скла в Індії, Єгипті, Межиріччі. Виробництво мінеральних і рослинних фарб. Косметичні та лікарські засоби на основі рослинних і тваринних екстрактів (2-1 тисячоліття до н.е.). Початок виробництва заліза з залізної руди в Єгипті, Китаї, Індії (кінець 1-го тисячоліття до н.е.).

Натурфілософські уявлення про речовини та їх властивості. Світоспоглядання як основний метод пізнання природи. Поява перших натурфілософських уявлень про елементи першоматерії в Китаї (Конфуцій і Лао Цзи), Індії (Будда), Греції (Фалес, Анаксимандр, Анаксимен, Геракліт, Емпідокл) в VII-V вв. до н.е. Атомістична теорія Демокріта – Епікура. Вчення Аристотеля про елементи. Основні хіміко-технічні документи епохи Александрійської культури. "Лейденський папірус", "Стокгольмський папірус", твори Зосими Панополітанського, Кая Плінія Другого, Тіта Лукреція Кара "Про природу речей". Походження слова "хімія". Розвиток "хімічного мистецтва" в епоху Александрійської культури. Початок вивчення природи точними методами. Розвиток ремісничої хімії в III-V вв. до н.е. та розширення асортименту загальноновживаних хімікатів (сода, поташ, галуни, купорос, оцет, мінеральні фарби, органічні барвники та ліки). Винайдення паперу (початок I в. до н.е.), порцеляни, пороху, елексиру безсмерття в Китаї (У-VI вв.).

Період алхімії. Суспільно-історичні передумови виникнення алхімічних ідей. Релігійний світогляд як основа пізнання природи. Арабський період алхімії: початок формування Богдаської культури, вивчення арабськими вченими творів Аристотеля і александрійських авторів, узагальнення хімічних знань того часу та розвиток ідей таємного мистецтва в працях Джабіра (Гебера), Абу-ар-Разі, Ібн Сіни (Авіцені). Перші спроби класифікації речовин за їх властивостями. Експеримент в дослідженнях арабських алхіміків: вдосконалення точних методів, отримання ряду важливих речовин (азотної кислоти, нашатирного спирту, ряду солей, етилового спирту). Європейський період алхімії: переклад алхімічних рукописів латинською мовою та поширення алхімічних ідей в Європі (XII в.). Поєднання ідей Аристотеля з церковними догмами в працях Альбера Великого, Фоми Аквінського. Критика церковної схоластики в роботах Р. Бекона (XVII в.). Мова алхімії, опис в роботах алхіміків Арсена, Бісмута, Станума, Цинка. Роботи І.Р. Глаубера щодо отримання солей, кислот. Зародження ятрохімії та ідеї Парацельса – засновника фармацевтичної хімії. Досягнення алхіміків в експериментальній хімії. Атомістичні уявлення в період розвитку алхімії. Особливості розвитку хімії в Україні в середні віки.

Розвиток уявлень про склад речовини (від Бойля до Лавуазьє). Загальна характеристика розвитку науки в XVII столітті. Розвиток капіталістичних відносин, ріст міст, розширення торгівлі, відкриття нових корисних копалин, виникнення нових ремесел і промислів – основні фактори, що сприяли розвитку

науки. Наука як домінуюча форма пізнання світу. Значення досліду в науковому пізнанні. Розвиток експериментального природознавства (праці Декарта, Галілея, Кеплера, Паскаля).

Становлення хімії як науки. Роберт Бойль і його книга “Хімік-скептик”. Фізичні теорії та експерименти вченого. Хімічні погляди та експерименти Бойля. Визначення хімічного елементу за Бойлем і його значення для подальшого становлення та розвитку хімічної науки. Перші хімічні теорії. Вивчення причин зміни маси речовин при їх випалюванні. Погляди Жана Рея, Роберта Гука, Джона Мейоу, Роберта Бойля. Вчення про флогістон. Розвиток теорії флогістону як матеріального начала горючості речовин в працях Штала “Основи теоретичної та експериментальної хімії”, “Хімічні та фізичні досліди, спостереження і роздуми числом 300”. Поширення теорії флогістону та ставлення до неї вчених. Недоліки та значення теорії флогістону для подальшого розвитку хімії. М.В. Ломоносов та його наукова спадщина. Корпускулярне вчення М.В. Ломоносова та його кінетична теорія теплоти. Відкриття закону збереження маси речовин під час хімічних реакцій (1756 р.).

Хімічні відкриття в середині XVIII століття. Відкриття кобальту, платини, нікеля; виділення вуглекислого газу, водню, гідроген флуориду; вдосконалення методів добування фосфора та фосфорної кислоти, гіпсу, виробництва сірчаної кислоти.

Розвиток аналітичної хімії. Розвиток аналітичної хімії на основі фізичних та хімічних властивостей речовин, аналізу складу руд у XVIII столітті. Вклад досліджень Т. Бергмана в розвиток аналітичної хімії. Експериментальні дослідження Карла Шеєле. Відкриття вченим кисню, хлору, мангану, барію, молібдену, вольфраму, органічних природних кислот, сульфур(IV) оксиду, сірководню та інших сполук (1772-1778 р.). Розвиток пневматичної хімії. Тогочасні уявлення про газу. Перші прилади для отримання та вивчення властивостей газів. Відкриття вуглекислого газу (“зв’язаного повітря”) та вивчення його властивостей Дж. Блеком. Дослідження повітря, відкриття водню, та дослідження азоту Г. Кавендишом. Розвиток хімії газів Дж. Прістлі: відкриття та дослідження властивостей NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, HCl, NH<sub>3</sub>.

Життя та наукова спадщина Антуана Лорана Лавуазьє. Дослідження реакцій горіння Відкриття закону збереження маси елементів під час хімічних реакцій. Заперечення теорії флогістону та створення кисневої теорії. Основні положення кисневої теорії та її значення для розвитку хімії. Роль експерименту в дослідженнях Лавуазьє. Підручник з хімії А.Л. Лавуазьє. Утвердження кисневої теорії. Вивчення складу води.

Класифікація хімічних речовин за Лавуазьє, Бертоле, Гітоном де Морво і Фуркруа. Хімічна номенклатура.

Відкриття стехіометричних законів хімії. Перші поняття про хімічну спорідненість. Вивчення кількісних співвідношень реагуючих речовин. Дослідження І.Б. Ріхтера еквівалентної ваги елементів. Закон сталості складу хімічних сполук. Наукова дискусія Ж. Пруста та К.Л. Бертоле та її значення в хімії. Хімічні відкриття в другій половині XVIII століття. Розвиток хімії в Україні в XVIII столітті.

Становлення і розвиток атомно-молекулярного вчення. Корпускулярна

теорія Бойля-Лемері, атомістика Ньютона, атомно-корпускулярне вчення Ломоносова як передумови створення атомно-молекулярного вчення. Джон Дальтон і його наукова спадщина. Створення фізичної атомістики Дальтона на основі трьох законів: закон парціальних тисків газів, залежність розширення газів від температури при постійному тиску, залежність розчинності газів від їх парціальних тисків. Створення Дальтоном хімічної атомістики. Перші розрахунки відносних атомних мас елементів. Закон кратних співвідношень. Хімічні символи елементів за Дж. Дальтоном. Праця Дальтона “Нова система хімічної філософії”. Утвердження атомістичної теорії в дослідженнях Я. Берцеліуса. Уточнення та виправлення формул речовин. Я. Берцеліус та його електрохімічне дуалістичне вчення про склад речовин. Вклад Я. Берцеліуса в розвиток хімічної номенклатури та класифікації хімічних сполук. Розвиток молекулярної теорії. Відкриття закону кратних співвідношень об’ємів газів, що взаємодіють (Ж.Л. Гей-Люссак, 1808). Молекулярна теорія А. Авогадро. Поняття про молекулу та її властивості за А.Авогадро. Значення молекулярної теорії для розвитку хімії.

Розвиток аналітичної та неорганічної хімії в першій половині XIX століття. Вдосконалення методів експериментальної хімії. Перші наукові хімічні лабораторії та їх обладнання. Відкриття нових хімічних елементів: Церію, Селену, Торію, Літію, Ванадію, Титану, Танталу, Ніобію, металів платинової групи, Рутенію, Алюмінію. Систематизація хімічних елементів: тріади Дерберейнера, таблиця елементів У. Олдінга за принципом хімічної аналогії, таблиці груп елементів Дж. Р. Ньюлендса та Л. Мейера. Утвердження атомно-молекулярного вчення. Роль Ш. Жерара і О. Лорана в обґрунтуванні атомно-молекулярного вчення. С. Канніцаро і реформа атомно-молекулярного вчення. I Міжнародний конгрес хіміків в Карлсруе (1860): уточнення понять атома та молекули.

Періодичний закон. Відкриття (1869 р.) і утвердження періодичного закону. Життєвий шлях та наукова діяльність Д.І. Менделєєва (1834-1907 рр.). Виправлення атомних мас елементів, відкриття нових елементів як результат утвердження періодичного закону.

Розвиток структурної хімії. Теорія хімічної будови О.М. Бутлерова. Виникнення і розвиток теоретичних уявлень в органічній хімії. Виділення органічної хімії в самостійну галузь хімічної науки. Вивчення елементного складу органічних речовин в роботах Ж. Гей-Люссака, Л.Тенера, Я. Берцеліуса, Ю. Лібіха. Перші теорії складу органічних речовин: теорія складних радикалів. Відкриття явища металепсії, теорія багатоосновних кислот в органічній хімії, явище ізомерії – основа для досліджень як складу так і будови органічних речовин. Вчення про гомологію Ш. Жерара. Гомологічні ряди органічних сполук. Теорія типів Ш. Жерара та систематизація органічних сполук на її основі. Недоліки перших теорій складу та будови органічних речовин. Вчення про валентність та його значення для розвитку теоретичних уявлень в органічній хімії. Валентність атома Карбону. Роботи А.Ф. Кекуле. Структурна хімія. Створення теорії хімічної будови О.М. Бутлеровим (1861 р.). Експериментальні роботи О.М. Бутлерова та його учнів по підтвердженню теорії хімічної будови. Розвиток положення про взаємний вплив атомів в

молекулі в роботах В.В. Марковнікова. Історія дослідження будови ненасичених та ароматичних сполук. Педагогічна діяльність О.М.Бутлерова, підручник “Вступ до повного вивчення органічної хімії” (1864 р.).

Вчення про хімічний процес та закономірності його перебігу (середина XIX – середина XX ст.). Становлення фізичної хімії. Перші уявлення про фізико-хімічні процеси на основі електрохімічної взаємодії частинок. Формування основних напрямків та завдань фізичної хімії. Вчення про розчини. Хімічна теорія розчинів Д.І. Менделєєва. Осмотична теорія Вант-Гоффа. Теорія електролітичної дисоціації С. Арреніуса та пояснення кислотно-основних властивостей речовин на її основі. Підтвердження теорії С. Арреніуса в роботах В. Оствальда, Н. Нерста, М. Леблана. Утвердження та значення теорії електролітичної дисоціації. В.А. Кистяківський. Теорія гідратації йонів. Дослідження неводних розчинів в роботах І.А. Каблукова.

Термохімія. Першопочаткові термохімічні спостереження, введення перших термохімічних понять – теплоємність, теплота реакції, теплота згорання (Д. Блек, Г. Ріхман, Лавуазьє, Лаплас, Деві, Дальтон, Дюлонг, Депре). Термохімічні дослідження Г.І. Гесса. Закон сталості кількості теплоти та його значення для науки. Принцип максимальної роботи в праці М. Бертло “Про загальні основи термохімії”. Критика принципу максимальної роботи. Термодинамічна теорія термохімічних процесів Я. Вант-Гоффа.

Хімічна наука на межі XX-XXI століття. Структура сучасної хімічної науки. Особливості розвитку хімічної науки на сучасному етапі. Загальна характеристика сучасного періоду. Процеси інтеграції та диференціації в хімії. Становлення новітніх напрямків в хімії. Завдання та тенденції розвитку хімії XXI століття. Видатні хіміки XX століття.

Успіхи неорганічної, органічної, фізичної хімії. Відкриття і використання в промисловості комплексних металоорганічних каталізаторів, що дозволяють здійснювати стереоспецифічний синтез і фіксацію атмосферного азоту в нормальних умовах. Відкриття явища саморозвитку каталітичних систем. Відкриття іммобілізованих систем. Розробка принципів математичного моделювання хімічних процесів і планування експерименту. Відкриття реакцій, кінетика яких виходить за межі закону Арреніуса. Розробка наукових основ хімії високих енергій. Відкриття нових сполук, будова яких не відповідає класичній теорії валентності.

Еволюційна хімія. Розшифровка структури і повний синтез складних біоорганічних сполук (вітамінів, гормонів, ферментів). Розповсюдження методів і теорій хімії на вивчення біологічних об'єктів. З'ясування хімізма передачі спадковості. Створення основ фізико-хімічної біології. Розвиток еволюційних ідей в хімії. Відкриття елементів нульової групи.

Розвиток хімії в Україні. Наукові напрями хімічної науки, що розробляються українськими вченими. Наукові хімічні школи в університетах. Наукові дослідження з хімії в системі НАН України. Життєвий шлях та наукові досягнення українських учених хіміків



## 4.20. СУЧАСНА ТЕРМІНОЛОГІЯ І НОМЕНКЛАТУРА ХІМІЧНИХ СПОЛУК

Класифікація та номенклатура неорганічних сполук. Назви хімічних елементів та простих речовин. Історія відкриття і виникнення назв хімічних елементів. Хімічні елементи першої половини ХІХ ст. Хімічні елементи і періодичний закон Д.І. Менделєєва. Нові хімічні елементи після 1869 р. Радіоактивні елементи. Деякі українські назви хімічних елементів. Номенклатура ІUPAC та сучасні назви хімічних елементів. Держстандарт ДСТУ 2439-94 на назви хімічних елементів та простих речовин.

Класифікація неорганічних сполук та реакцій. Історичні відомості про класифікацію неорганічних сполук. Класифікація неорганічних сполук за: 1) відношенням до законів стехіометрії; 2) знаком теплоутворення; 3) кількістю та типом хімічних елементів, що входять до складу сполуки; 4) функціональними ознаками. Класифікація неорганічних сполук за складом: 1) прості речовини (метали, неметали); 2) хімічні сполуки (складні речовини). Класифікація складних неорганічних сполук за складом: 1) бінарні; 2) тринарні; 3) тетрарні; 4) пентарні. Найважливіші основні класи неорганічних сполук: 1) бінарні сполуки елементів з Оксигеном – оксиди (основні, кислотні, амфотерні); 2) тринарні сполуки елементів з Гідрогеном та Оксигеном – гідроксиди (основні, кислотні, амфотерні); 3) солі (середні, гідроген-солі, подвійні, змішані, основні гідроксидосолі, основні оксидосолі). Класифікація оксидів за: 1) складом; 2) будовою; 3) властивостями. Класифікація основних гідроксидів (основ) за: 1) складом; 2) кислотністю; 3) відношенням до води; 4) міцністю; 5) силою. Класифікація кислотних гідроксидів (кислот) за: 1) основністю; 2) ступенем дисоціації; 3) стійкістю; 4) окисно-відновними властивостями; 5) розчинністю у воді. Найважливіші неосновні класи неорганічних сполук: 1) сполуки Гідрогену з металами. Бінарні сполуки Гідрогену з неметалами V-VII груп головних підгруп періодичної таблиці хімічних сполук; 2) Сполуки, які містять зв'язки неметал-неметал або метал-метал; 3) Похідні кислотних гідроксидів (кислот); 4) Нетипові бінарні сполуки елементів з Оксигеном. Класифікація координаційних сполук: з позиції теорії електролітичної дисоціації: 1) електроліти (основи, кислоти, солі); 2) неелектроліти; за природою ліганда: 1) аквакомплекси; 2) амінокомплекси; 3) гідроксокомплекси; 4) ацидокомплекси; 5) полігалогеніди; 6) гідридокомплекси; 7) карбонілокомплекси; за знаком заряду комплексу: 1) катіонні; 2) аніонні; 3) нейтральні. Класифікація неорганічних реакцій: 1) сполучення; 2) розкладу; 3) обміну або заміщення. Класифікація неорганічних реакцій: 1) кислотно-основні; 2) окисно-відновні. Класифікація неорганічних реакцій: 1) екзотермічні; 2) ендотермічні. Класифікація неорганічних реакцій за типом розриву хімічних зв'язків: 1) гомолітичні; 2) гетеролітичні. Класифікація неорганічних реакцій за молекулярністю і порядком реакції.

Номенклатура неорганічних сполук. Номенклатура оксидів. Тривіальні несистематичні назви оксидів. Напівсистематичні назви оксидів (закис, окис). Номенклатура ІUPAC. Способи побудови назв оксидів: 1) за допомогою грецьких числівників; 2) за допомогою числа Штока; 3) за допомогою числа Еванса – Бассета. Номенклатура основних гідроксидів (основ). Порядок

складання назв основних гідроксидів: 1) систематична назва атома електропозитивного елемента – катіона; 2) ступінь окиснення атома електропозитивного елемента – число Штока (вказується в дужках римською цифрою); 3) додається слово гідроксид з відповідним множинним префіксом. Номенклатура кислотних гідроксидів (кислот). Порядок складання назв кислотних гідроксидів: 1) множний префікс, що відповідає кількості атомів Гідрогену; 2) назва аніона. Послідовність утворення назви складових аніона: 1) координаційне число (грецькі числові префікси, або множинні префікси); 2) ліганд із закінченням „о”; 3) центральний атом (до кореня латинської назви центрального атома додається суфікс „ат”); 4) число Штока або число Еванса – Бассета (називається або пишеться в дужках). Номенклатура солей. Номенклатура середніх солей (використання числових префіксів або числа Штока, або числа Еванса – Бассета). Номенклатура гідроген-солей (додавання до назви аніона слова „гідроген” з числовими префіксами). Номенклатура основних солей (додавання слів „гідроксид” та „оксид” до назви аніона, перелік аніонів за алфавітом). Номенклатура подвійних солей (перелік катіонів за алфавітом). Номенклатура змішаних солей. Номенклатура сполук Гідрогену з неметалами V-VII груп головних підгруп періодичної таблиці хімічних елементів. Порядок утворення назви: атом Гідрогену – електропозитивна частинка з ступенем окиснення +1, атом неметалу – електронегативна частинка (до кореня латинської назви елемента неметалу додають суфікс -ид або -ід. Номенклатура сполук, що містять зв’язки неметал-неметал або метал-метал. Номенклатура сполук елементів з Оксигеном, які містять поліатомні аніони  $O_2^{2-}$ ,  $O_2^-$ ,  $O_3^-$ . Порядок утворення назви: елемент пероксид, елемент надпероксид, елемент озонід. Номенклатура похідних кислотних гідроксидів: пероксикислот та їх солей; полікислот та їх солей; галогено і сульфуропохідних неметалів; тіокислот та їх солей. Номенклатура нетипових бінарних сполук елементів з Оксигеном. Номенклатура координаційних сполук.

Класифікація органічних сполук та реакцій. Історична класифікація органічних сполук за будовою: 1) теорія радикалів (Лібих, Велер); 2) теорія типів (Дюма, Гофман, Вюрц); 3) унітарна теорія (Жерар, Лоран). Класифікація органічних сполук за теорією хімічної будови Бутлерова: 1) за розташуванням атомів Карбону у молекулі; 2) за характерними структурними елементами (нефункціональні замісники, функціональні групи, різні типи зв’язків). Класифікація органічних сполук за розташуванням атомів Карбону в молекулі: 1) ациклічні або аліфатичні (сполуки з відкритим карбоновим ланцюгом); 2) карбоциклічні: а) аліциклічні вуглеводні; б) ароматичні вуглеводні; 3) гетероциклічні. Класифікація органічних сполук за функціональними (характеристичними) групами. Класифікація органічних реакцій за напрямком: 1) заміщення; 2) приєднання; 3) відщеплення (елімінування); 4) перегрупування. Класифікація органічних реакцій за механізмом: 1) гомолітичні; 2) гетеролітичні. Класифікація органічних реакцій за молекулярністю і порядком реакції. Основні типи номенклатур в органічній хімії: тривіальна (історична), раціональна, радикально-функціональна, систематична. Тривіальна номенклатура. Способи утворення назв органічних сполук: 1) за природними джерелами одержання; 2) за методами одержання; 3) за ім’ям першовідкривача.

Раціональна номенклатура. Способи утворення назв: за назвою найпростішого представника гомологічного ряду. Зв'язок раціональної номенклатури з теорією типів. Радикально-функціональна номенклатура. Способи утворення назв: за назвою залишка (радикалу) і назвою класу (функції).

Систематична номенклатура IUPAC. Способи утворення назв: принцип заміщення. Головний принцип систематичного назвоутворення – принцип заміщення. Основні поняття систематичної номенклатури органічних сполук: родоначальна структура, характеристична група, замісник, локант. Родоначальна структура в ациклічних сполуках – головний карбоновий ланцюг, у карбо- та гетероциклічних – цикл. Відображення ступеня насиченості, ненасиченості органічних сполук. Характеристична (функціональна) група – належність до класу органічних сполук. Старша характеристична (функціональна) група. Типи замісників: 1) характеристичні групи, що позначаються префіксами і суфіксами; 2) замісники, що позначаються тільки префіксами (вуглеводневі замісники, деякі характеристичні групи). Відмінності у термінах „вуглеводневий замісник” і „вуглеводневий радикал”. Локант (одна або декілька цифер, іноді літер). Правила складання назв органічних сполук за систематичною номенклатурою: визначення старшої характеристичної групи з урахуванням відносного старшинства характеристичних груп; визначення родоначальної структури; визначення головного карбонового ланцюга в ациклічних сполуках (за максимальною кількістю характеристичних груп; за максимальною кількістю кратних зв'язків; за максимальною довжиною ланцюга; за максимальною кількістю характеристичних груп, що позначаються лише префіксами); нумерація атомів Карбону родоначальної структури; назви усіх інших замісників в алфавітному порядку. Визначення алфавітного порядку в назвах. Визначення локантів у назвах. Орфографічні правила для назв органічних сполук. Сучасний стан номенклатури органічних сполук. Рекомендації IUPAC-1993. Термінотворення в органічній хімії.

Поняття про первинні, вторинні, третинні та четвертинні атоми Карбону. Номенклатура алканів: тривіальна, раціональна, систематична (IUPAC). Алкільні замісники та їх назви. Правила утворення назв алканів нерозгалуженої та розгалуженої будови за систематичною номенклатурою. Правила утворення назв просторових ізомерів алканів (конформерів та оптичних ізомерів). Правила Кана – Інгольда – Прелога (*R*-, *S*-номенклатура) для визначення абсолютної конфігурації молекул. Старшинство замісників біля хірального центру. Номенклатура алкенів: тривіальна, раціональна, систематична (IUPAC). Правила утворення назв алкенів нерозгалуженої та розгалуженої будови за систематичною номенклатурою. Правила утворення назв просторових ізомерів алкенів (*цис*- і *транс*- та *Z*-, *E*-). Принцип старшинства (Кана – Інгольда – Прелога). Правила утворення назв алкенільних замісників. Номенклатура алкадієнів: тривіальна, систематична. Правила утворення назв алкадієнів за систематичною номенклатурою. Номенклатура алкінів: тривіальна, раціональна, систематична. Правила утворення назв алкінів за систематичною номенклатурою. Поняття про термінальні алкіни. Правила утворення назв алкінільних замісників. Номенклатура циклоалканів. Правила утворення назв ізомерів циклоалканів: структурних (кількість атомів Карбону в циклі, будова

бічних ланцюгів, положення замісників у циклі); просторових (геометричних, оптичних і конформаційних). Правила утворення назв циклоалкільних замісників. Номенклатура біциклічних систем: сполук з ізольованими циклами, спіранів, конденсованих і місткових систем. Декаліни і їх просторова будова. Номенклатура моно-, ди- і тризаміщених бензенів – гомологів бензену з однаковими і різними алкільними замісниками. Правила утворення назв одно-, двоховалентних арильних замісників. Номенклатура ароматичних сполук небензоїдного типу (катіонів, аніонів, ануленів). Номенклатура багатоядерних ароматичних сполук з неконденсованими ядрами бензену. Номенклатура багатоядерних ароматичних сполук з конденсованими ядрами бензену. Правила утворення назв моно- і дизаміщених нафталенів, антраценів, фенантренив за систематичною номенклатурою.

Тривіальна, радикально-функціональна та систематична номенклатура галогеноалканів та галогеноалкенів. Правила утворення назв структурних і просторових ізомерів галогеноалканів та галогеноалкенів. Номенклатура галогеноаренів. Номенклатура нітросполук аліфатичного і ароматичного рядів. Використання префіксів для позначення динамічних структурних ізомерів нітросполук аліфатичного ряду. Класифікація амінів: первинні, вторинні, третинні, жирно-ароматичні та ароматичні аміни. Тривіальна, радикально-функціональна та систематична номенклатура амінів аліфатичного ряду та ароматичного рядів. Номенклатура солей діазонію та азобарвників. Номенклатура одноатомних насичених і ненасичених спиртів: тривіальна, раціональна, радикально-функціональна, систематична. Правила утворення назв структурних та просторових ізомерів спиртів. Первинні, вторинні і третинні спирти. Номенклатура двох-, трьох- та багатоатомних спиртів: тривіальна, радикально-функціональна, систематична. Правила утворення назв структурних та просторових ізомерів. Номенклатура аміноспиртів: тривіальна, радикально-функціональна, систематична. Номенклатура етерів: тривіальна, радикально-функціональна, систематична. Правила утворення назв етерів за систематичною номенклатурою. Номенклатура тіоспиртів та тіоетерів: тривіальна, радикально-функціональна, систематична. Правила утворення назв структурних та просторових ізомерів за систематичною номенклатурою. Класифікація та номенклатура фенолів. Назви фенолів, що дозволені для використання за рекомендаціями IUPAC-1993. Таутомерія резорцинолу і флороглюцину. Номенклатура альдегідів і кетонів аліфатичного та ароматичного рядів: тривіальна, раціональна, радикально-функціональна, систематична. Класифікація карбонових кислот. Номенклатура насичених монокарбонових кислот: тривіальна, раціональна, радикально-функціональна, систематична. Назви залишків насичених монокарбонових кислот: ацильна та ацилатна групи, ацилат-аніон, ацилат-радикал. Номенклатура функціональних похідних насичених монокарбонових кислот (солей, галогеноангідридів, ангідридів, естерів, амідів, нітрילів). Номенклатура ненасичених монокарбонових кислот: тривіальна, радикально-функціональна, систематична. Правила утворення назв структурних та просторових (*цис*-, *транс*-) ізомерів за систематичною номенклатурою. Номенклатура дикарбонових кислот: тривіальна, радикально-функціональна, систематична. Правила утворення назв

насичених і ненасичених дикарбонових кислот за систематичною номенклатурою. Номенклатура гідроксикарбонових кислот: тривіальна, радикально-функціональна ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -,  $\epsilon$ -гідроксикислоти), систематична. Правила утворення назв структурних та просторових ізомерів за систематичною номенклатурою. Відносна конфігурація (D- і L- ряди). Абсолютна конфігурація, R,S - система Кана – Інгольда – Прелога, правила старшинства замісників. *Мезо*-, *трео*-, *еритро*-форми гідроксикарбонових кислот. Номенклатура амінокислот: тривіальна, радикально-функціональна ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -гідроксикислоти), систематична. Умовні позначення амінокислот. Правила утворення назв структурних та просторових ізомерів за систематичною номенклатурою. Відносна конфігурація (D- і L- ряди). Абсолютна конфігурація, R,S - система Кана – Інгольда – Прелога, правила старшинства замісників. Номенклатура та ізомерія альдегідо- і кетокислот: тривіальна, радикально-функціональна, систематична. Класифікація та номенклатура карбонових кислот ароматичного ряду. Правила утворення назв за систематичною номенклатурою. Класифікація та номенклатура вуглеводів. Класифікація та номенклатура моносахаридів: альдоз і кетоз. Стереохімічні D- і L- ряди для позначення оптичних ізомерів. Правила утворення назв циклічних (напівацетальних, кільчастих) форм для глюкози і фруктози. Позначення діастереомерів –  $\alpha$ -,  $\beta$ -аномерів. Позначення екваторіального і аксіального положення для просторових конформерів глюкопіранозного циклу. Сучасна номенклатура IUPAC для моносахаридів. Типи номенклатур для відновлюючих і невідновлюючих дисахаридів, полісахаридів.

Номенклатура гетероциклічних сполук. Класифікація гетероциклічних сполук за: 1) кількістю всіх атомів у циклі; 2) кількістю гетероатомів; 3) природою гетероатома; 4) місцем знаходження гетероатома в ізольованих або конденсованих циклах. Номенклатура гетероциклічних сполук: тривіальна, напівтривіальна, систематична. Система Ганча – Відмана для гетероциклів з кількістю атомів від трьох до десяти. Особливості складання назв гетероциклічних сполук: нумерація атомів у гетероциклічних сполуках; суфікси, що застосовуються в системі Ганча – Відмана. Номенклатура п'ятичленних гетероциклів з одним гетероатомом (фуран, пірол, тіофен). Номенклатура конденсованих п'ятичленних гетероциклів з одним гетероатомом (індол, ізоіндол, кумарон, тіонафтен, карбазол). Номенклатура п'ятичленних гетероциклів з двома гетероатомами (піразол, імідазол, оксазол, тіазол, бензімідазол, бензоксазол, бензотіазол, ізоксазол, ізотіазол). Номенклатура шестичленних гетероциклів з одним гетероатомом (піридин). Номенклатура конденсованих шестичленних гетероциклів з одним гетероатомом (хінолін, ізохінолін, акридин). Номенклатура шестичленних гетероциклів з двома гетероатомами (піридазин, піримідин, піразин). Номенклатура конденсованих нітрогеновмісних гетероциклічних сполук (пурин та пуринові основи).

#### **4.21. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ХІМІЇ**

Інформаційні технології. Інформація. Класифікація інформації: за способом кодування, сферою виникнення, способом передачі і сприйняття, суспільним призначенням. Властивості інформації: атрибутивні, прагматичні,

динамічні.

Текстові бази даних. Наукова публікація. Класифікація баз даних за типом зберігання інформації: текстові; числові; бази, що містять структурні формули речовин; відомості про хімічні реакції, спектральні характеристики; архіви програм. Класифікація баз даних за способом доступу: офлайнові та онлайнні. Літературні бази даних: бібліографічні, реферативні, повнотекстові. Наукова публікація. Типи друкованих наукових видань. Первинні і вторинні джерела наукової інформації. Науковий журнал як архів наукової інформації і як інструмент оцінки якості результатів наукової діяльності. Структура журналу. Типи публікації в науковому журналі (стаття, коротке повідомлення, лист в редакцію, огляд). Інформація в журналі, яка проходить і не проходить рецензування. Онлайнні наукові журнали. Загальна характеристика електронних періодичних видань. Переваги електронних видань порівняно з друкованими. Типи передплати на електронні періодичні видання. Ембарго. Наукова стаття. Структура (назва, автори, анотація, ключові слова, аналіз літературних джерел, формулювання мети, завдань, постановка проблеми, виклад основного матеріалу, висновки) та вимоги до оформлення наукової статті. Препрінт, постпрінт, репрінт. Матеріали конференції. Тези доповідей, розширені тези, презентація, матеріали конференції. Дисертація. Автореферат дисертації. Депонування. Підручник, монографія, навчальний посібник. Реферативний журнал. Структура журналу. Універсальні та спеціалізовані реферативні журнали. Бібліографічний опис наукової публікації: короткий та повний. Імпакт-фактор наукових журналів. Індекс цитувань. Позажурнальні електронні публікації. Публікації е-прінт. Онлайнні форми проведення наукової конференції. Університетські, національні та міжнародні репозитарії наукових публікацій. Пошук репозитарію за тематикою, місцезнаходженням, наповненням; повнотекстовий пошук у документах, що зберігаються в репозитаріях. Основні видавництва хімічної наукової періодичної літератури. Україномовні, російськомовні та англійськомовні хімічні фахові видання. Портал ScienceDirect – інформаційний центр видавництва Elsevier. Портал SpringerLink – інформаційний центр видавництва Springer.

Пошукові системи. Принципи роботи пошукових засобів (пошукові системи, тематичні каталоги, метапошукові системи). Пошукова система. Структура та принципи роботи пошукових систем: програма-робот, індексація, ключове слово, запит. Види запитів: прості й складні. Особливості вибору ключових слів для пошуку специфічної хімічної інформації. Зарубіжні та вітчизняні лідери серед пошукових систем. Пошукова система Google. Короткий опис пошукової системи. Алгоритм роботи. Об'єм проіндексованої інформації. Багатомовність інтерфейсів. Пошукова система як комплекс засобів для пошуку ресурсів різного формату, структури та призначення. Головна сторінка. Формування простого та складного (розширеного) запитів. Портал Яндекс: пошукова система, тематичний каталог, допоміжні інформаційні ресурси. Особливості формування запиту. Тематичний каталог та пошукова система Yahoo. Галузь використання. Основні характеристики та прийоми роботи з іншими зарубіжними універсальними пошуковими системами (Рамблер, Апорт). Вітчизняні пошукові системи – тематичні каталоги:

Bigmir)net, META.

Пошук специфічної хімічної інформації в базах даних, пошукових системах за допомогою реєстраційних номерів. Реєстраційний номер. Формат реєстраційних номерів. Характеристика інформації, яку можна отримати знаючи реєстраційний номер сполуки. UN, EC, RTECS, PubChem номери. Формат. Порядок присвоєння. Використання. Характеристика інформації, яку можна отримати, базуючись на реєстраційні номери. Характеристика сполуки за CAS номером. Формат. Порядок присвоєння. Проблеми використання. Онлайнові та офлайнові джерела CAS номерів. Хемоінформатика – застосування методів інформатики для вирішення хімічних проблем.

Способи умовного відображення хімічної сполуки в форматі текстового рядка. Відображення складу та структури хімічної сполуки в форматі лінійного запису. Номенклатура IUPAC. Офлайнові та онлайнові засоби генерування систематичних назв речовини. Проблеми, що виникають під час використання назви IUPAC як ключового слова. Онлайновий формульний вказівник. Порядок запису бруто-формул хімічних речовин за системою Хілла. Лінійні нотації SMILES. Необхідність виникнення відображення складу та структури хімічних сполук за допомогою SMILES. Основні правила формування коду SMILES (кодування лінійних, розгалужених, циклічних, ароматичних молекулярних структур, йонних сполук, стереоізомерів, схем хімічних реакцій). Офлайнові та онлайнові засоби генерування кодів SMILES. Переваги та недоліки SMILES у сфері кодування хімічних структур. Онлайнові бази даних, що містять SMILES. Використання SMILES в інформаційному пошуці. Міжнародний хімічний ідентифікатор InChI. Причини виникнення хімічного ідентифікатору InChI. Загальні уявлення про формат коду InChI. Хімічний ідентифікатор InChIKey. Офлайнові та онлайнові засоби генерування кодів InChI. Використання InChI та InChIKey в інформаційному пошуці.

Довідкові бази даних. Електронні ресурси. Довідкові бази даних, що містять відомості про фізичні та хімічні властивості хімічних речовин, сумішей, матеріалів. Бази даних, що містять інформацію про структурну будову сполук. Сайти провідних компаній, що виготовляють хімічні товари. Каталоги хімічних реактивів. Методика пошуку відомостей про реактиви та фірми, що їх виробляють. Держстандарти, ДСАНПіН – джерела хімічної інформації. Бази даних, що містять відомості про національні, міжнародні стандарти та технологічні специфікації. Паспорти безпеки (MSDS). Онлайнові бази даних, що містять MSDS. Термодинамічні бази даних на сайті Московського державного університету. Бази даних Scopus, Сигла, ChemSpider, PubChem, ChemIDplus, ChemSynthesis. Коротка характеристика типу та об'єму інформації, що зберігається в базах даних. Науковий форум та блог як джерело інформації та довідковий інструмент. Форуми на порталі Chemport.ru. Комплекс навчальних відеоканалів YouTubeEDU.

Створення та редагування структурних формул хімічних сполук в програмі ChemDraw. Програма ChemDraw – двомірний хімічний редактор. Інтерфейс програми ChemDraw. Структура робочого вікна: головне меню, головна та контрольна панель. Огляд елементів головної та контрольної панелей. Налаштування робочого вікна програми. Можливості використання програми

ChemDraw: зображення та редагування молекулярних структур, запис схем, рівнянь та механізмів реакцій, перетворення назви IUPAC на структурну формулу і навпаки автоматичне надання назв хімічним сполукам. Зображення хімічного обладнання, посуду, приладів, малюнків.

Візуалізація хімічних структур за допомогою програми Chem3D. Програма Chem3D – трьохмірний хімічний редактор. Інтерфейс програми Chem3D. Структура робочого вікна: головне меню, головна та контрольна панель. Налаштування робочого вікна програми. Огляд елементів головної та контрольної панелей. Основні функції пакету Chem3D. Способи візуалізації тримірної структури: стрижнева, кулестрижнева, об'ємна моделі. Візуалізація тримірної структури біомолекул. Обрахунки параметрів тримірної моделі: довжини зв'язків, величини кутів тощо. Молекулярна поверхня. Поверхні Ван-дер-Ваальса, Коннолі. Поверхні, що доступні і недоступні розчиннику.

Пакет програм ACDLabs. Пакет програм ACDLabs: молекулярний, графічний редактор, генератор тримірних моделей. Конструювання і редагування структурних формул та інших об'єктів. Конвертування двомірних структур в тримірні; створення файлів з інформацією про будову сполуки; генерування назв речовин; розрахунок молекулярних параметрів.

#### **4.22. ТЕХНІКА ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ**

Матеріально-методичне забезпечення загальноосвітніх навчальних закладів для проведення хімічного експерименту. Місце та роль демонстраційного експерименту в системі загальної хімічної освіти. Місце хімічного експерименту в процесі керування пізнавальною діяльністю учнів. Роль хімічного експерименту в розвитку абстрактного мислення учнів; використання демонстраційних дослідів на уроках хімії. Функції демонстраційного експерименту; основні вимоги щодо демонстраційного експерименту. Особливості учнівського експерименту. Роль вчителя в організації та проведенні практичних робіт, лабораторних дослідів учнями.

Методика демонстрування дослідів. Методичний коментар під час демонстрування дослідів. Особливості проведення ілюстративного та пошукового експерименту. Мета та завдання спецпрактикуму “Техніка демонстраційного експерименту”. Особливості проведення занять, вимоги щодо підготовки студентів до занять. Методично-практична папка студента, вимоги до її комплектування та оформлення.

Нормативні документи, що регулюють матеріально-методичне забезпечення загальноосвітніх навчальних закладів для проведення хімічного експерименту.

Правила безпеки під час проведення робіт з хімії. Реактиви, правила зберігання і роботи з ними. Загальні вимоги безпеки та гігієни праці, що висуваються до кабінету хімії. Протипожежне обладнання та вентиляція хімічних кабінетів. Правила безпеки під час роботи в хімічній лабораторії. Класифікація хімічних реактивів: за чистотою, хімічною природою, способом транспортування, за небезпечністю і умовами зберігання, агрегатним станом, способами використання. Картотека хімічних речовин, відомості про речовину, що мають бути занесені до картотеки. Загальні правила роботи з реактивами.



Групи зберігання реактивів; реактиви, що заборонені для використання в школі. Місця та умови зберігання кожної з груп реактивів. Кольорове маркування груп реактивів. Загальні правила розміщення та зберігання реактивів в хімічній лабораторії: на полицях лаборантської шафи, в секціях шафи під тягою, в сейфі; умови зберігання легкозаймистих речовин. Загальні правила безпеки розміщення і зберігання реактивів.

Посуд та обладнання в хімічному експерименті. Хімічний посуд та обладнання, що використовують в шкільному демонстраційному експерименті. Розміщення обладнання та посуду в лабораторії хімії ЗНЗ. Будова та призначення універсального демонстраційного штативу та демонстраційного столу. Вимоги до реактивів та матеріального посуду, що використовується в демонстраційному експерименті. Прилади загального призначення в демонстраційному експерименті, деталі обладнання та посуд для складання саморобних приладів. Найпростіші складувні операції. Нагрівальні прилади. Основні прийоми, якими повинен володіти вчитель під час проведення демонстрацій з хімії. Основні вимоги до вчителя під час виконання демонстраційних дослідів. Способи очищення та виділення речовин. Фізичне та хімічне розділення та очищення твердих та рідких компонентів сумішей. Фільтрування: фільтрувальні матеріали; способи фільтрування; правила фільтрування. Центрифугування: методика використання та правила роботи з центрифугою. Перегонка: принцип, на якому ґрунтується перегонка рідин; установки для її здійснення. Сублімація (возгонка); фактори, що враховують при проведенні возгонки. Упарювання та перекристалізація. Розділення сумішей магнітом. Іоніти (катіоніти та аніоніти) та їх застосування. Хроматографія: види, застосування. Адсорбція та адсорбенти. Використання адсорбувальних засобів для очищення та розділення речовин.

Вода та розчини в хімічному експерименті. Апарати та устаткування для добування дистильованої води в лабораторії. Розчини: істинні та колоїдні. Насичені та розбавлені розчини. Складові компоненти розчинів. Процес розчинення, його фізико-хімічна природа. Залежність розчинності речовин від різних чинників (природи розчиненої речовини та розчинника, температури, тиску). Явища, що спостерігаються під час розчинення речовин. Реакція середовища (рН), індикатори. Особливості хімічних реакцій, що відбуваються в розчинах речовин.

Робота з газами в курсі хімії. Основні властивості газоподібних речовин. Прилади для добування та зберігання газів. Будова, принцип дії та підготовка до роботи апарата Кіппа та газометра; правила роботи з ними. Застережні заходи при роботі з приладами для добування газів. Методика їх використання. Перевірка приладів на герметичність. Саморобні прилади для добування газів. Способи збирання та переливання газів. Висушування газів. Газоподібні речовини, що вивчаються в курсі неорганічної хімії: кисень, водень, гідроген хлорид, амоніак, карбон(IV) оксид: добування, збирання, властивості. Робота з газами в курсі органічної хімії. Добування та дослідження властивостей метану, етену та ацетилену. Знешкодження залишків газів після проведення дослідів з ними. Утилізація газів.

Досліди з використанням електричного струму. Необхідне обладнання для

проведення дослідів з використанням електричного струму. Будова та принцип дії приладу для електролізу солей (ПЕС). Монтування саморобних установок. Електропровідність. Електропровідність металів та неметалів, розчинів та розплавів електролітів (провідників другого роду). Електролітична дисоціація. Електроліти (сильні та слабкі), неелектроліти. Ступінь та константа дисоціації. Рухливість іонів. Електроліз. Катодні та анодні процеси під час електролізу води, розплавів та розчинів солей (безоксигенових та оксигеновмісних кислот).

Основні закономірності хімічних реакцій. Енергетичний ефект хімічних реакцій. Швидкість хімічних реакцій; фактори, що на неї впливають. Каталіз та каталізатори; значення каталітичних процесів. Оборотні та необоротні хімічні реакції. Хімічна рівновага; зміщення хімічної рівноваги.

Окисно-відновні процеси з точки зору електронної теорії. Основні напрямки вивчення окисно-відновних процесів. Фактори, що впливають на напрямок перебігу окисно-відновних реакцій. Перетворення хімічної енергії в електричну; гальванічні елементи. Корозія металів; способи їх захисту від корозії.

Позаурочний експеримент. Місце демонстраційного експерименту в системі позаурочної та позакласної робіт з хімії. Використання хімічного експерименту у викладанні курсів за вибором в основній та профільній школах. Особливості планування, підготовки та виконання хімічних дослідів на факультативних заняттях підвищеного рівня, прикладних факультативах та спецкурсах. Ефективність використання демонстраційного експерименту під час проведення конференцій з хімії. Використання хімічного експерименту для формування практичних умінь експериментального характеру та розвитку пізнавального інтересу учнів у гуртковій роботі. Особливості проведення експериментальних досліджень у роботі МАН. Функції та роль хімічного експерименту під час проведення масових заходів з хімії: вечорів, конкурсів і тижнів хімії (зокрема для молодших школярів).

Віртуальний хімічний експеримент (ВХЕ) як сучасний засіб та метод навчання хімії. Переваги та недоліки застосування віртуального хімічного експерименту на заняттях з хімії; мотиваційний ресурс використання віртуального хімічного експерименту на уроках хімії та при підготовці вдома до практичних робіт.

Програмовані педагогічні засоби (ППЗ) з хімії: особливості їх змісту та використання. Методика використання цифрових та аналогових відеофрагментів дослідів з хімії для демонстрування викладачем (учителем) на заняттях та самостійного перегляду та аналізу учнями. Комплектування бази відеоілюстрацій хімічного експерименту. Особливості використання мультимедійних засобів під час проведення уроків хімії та позакласних заходів.

- 5. Для пільгових категорій осіб, яким надано право складати вступні випробування (особи, що потребують особливих умов складання випробувань) в НПУ імені М. П. Драгоманова за рішенням Приймальної комісії створюються особливі умови для проходження вступних випробувань.**

## 6. СТРУКТУРА БІЛЕТУ ВСТУПНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ (СПІВБЕСІДИ)

Національний педагогічний університет імені М.П.Драгоманова

Факультет природничо-географічної освіти та екології

Ступень: магістр

**Вступне фахове  
випробування**

галузь знань: 01 Освіта

спеціальність: 014.06 Середня освіта (хімія)

освітні програми: Середня освіта (хімія та біологія)

Середня освіта (хімія та іноземна мова)

На базі ОКР: бакалавр

Екзаменаційний білет № \_\_\_\_

1. Будова атома. Квантові числа як параметри, що визначають стан електрона в атомі. Поняття про атомну орбіталь:  $s$ -,  $p$ -,  $d$ -,  $f$ -атомні орбіталі. Заповнення атомних орбіталей електронами в багатоелектронних атомах: принцип Паулі, принцип найменшої енергії (правила Клечківського), правило Гунда.
2. Алкани. Гомологічний ряд. Номенклатура. Ізомерія. Електронна будова, властивості. Способи добування. Антропогенні джерела алканів та їх вплив на навколишнє середовище.
3. Каталіз. Гомогенний та гетерогенний каталіз. Поняття про механізм дії каталізатора. Роль каталізаторів у хімічних та біологічних процесах.
4. Поліконденсація. Основні відмінності поліконденсації від полімеризації. Мономери для поліконденсації. Різноманітність поліконденсаційних полімерів (поліестери, поліаміди, фенолформальдегідні смоли, біополімери).

*Затверджено на засіданні Приймальної комісії НПУ ім. М. П. Драгоманова*

Протокол № 3 від «1» березня 2021 р.

Голова фахової комісії \_\_\_\_\_ /Турчинова Г.В./

## 7. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *A Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds. Recommendation 1993.* Prepared for Publication by R. Panico, W. H. Powell and Jean-Claude Richer (Senior Editor). – 190 p.
2. *Аналитическая химия. Проблемы и подходы: в 2 т.: Пер. с англ. / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, М. Видмера.* – М.: «Мир»: ООО «Издательство АСТ», 2004. – (Лучший зарубежный учебник). Т.1 – 608 с., Т.2 – 728 с.
3. *Ахметов Н.С.* Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1988. – 640 с.
4. *Балезин С.А.* Практикум по физической и коллоидной химии. – М.: Просвещение, 1980. – 221 с.
5. *Балезин С.А., Ерофеев Е.Е., Подобаев Н.Н.* Основы физической и коллоидной химии. – М.: «Просвещение», 1975. – 398 с.
6. *Білий О.В.* Фізична хімія. – К.: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2002. – 364 с.
7. *Богатиренко В.А., Михалюк С.О.* Основы загальної та фізичної хімії: Довідник. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2007. – 258 с.
8. *Воюцкий С.С.* Курс коллоидной химии. – М.: Химия, 1976. – 512 с.
9. *Гауптман З., Грефе Ю., Ремане Х.* Органическая химия. – М.: Химия, 1979. – 832 с.
10. *Гетьманчук Ю.П.* Полімерна хімія (Ч.1. Радикальна полімеризація): Підручник. – К.: ВЦ «Київський університет», 1999. – 143 с.
11. *Гетьманчук Ю.П.* Полімерна хімія (Ч.2. Йонна полімеризація): Підручник. – К.: Видавничий центр «Київський університет», 2000. – 160 с.
12. *Гетьманчук Ю.П.* Полімерна хімія (Ч.3. Поліконденсація): Підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2002. – 168 с.
13. *Голуб А.М., Скопенко В.В.* Основы координационной химии. – К.: Вища шк., 1977. – 497 с.
14. *Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М.* Загальна хімія: Підр. – К.: Вища шк., 1991. – 520 с.
15. *Гринберг А.А.* Введение в химию комплексных соединений. – 4-е изд. – Л.: Химия, 1971. – 631 с.
16. *Джилкрист Т.* Химия гетероциклических соединений. – М.: Мир, 1996. – 464 с.
17. *Джоуль Дж., Миллс К.* Химия гетероциклических соединений. – М.: Мир, 2004. – 728 с.
18. *Джоуль Дж., Смит Г.* Химия гетероциклических соединений. – М.: Мир, 1975. – 398 с.
19. *Джуа М.* История химии. – М.: изд-во «Мир», 1966. – 452 с.
20. *Добычин Д.П., Каданер Л.И.* Физическая и коллоидная химия: Учебное пособие. – М.: «Просвещение», 1986. – 463 с.
21. *Домбровський А.В., Найдан В.М.* Органічна хімія: Навч. посіб. для студ. природничо-географічних ф-тів пед. ін-тів. – К.: Вища шк., 1992. – 508 с.
22. *Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е.* Физическая и коллоидная химия / Под ред. К.И. Евстратовой. – М.: «Высш. школа», 1990. – 487 с.

23. *Иванский В.И.* Химия гетероциклических соединений: Учеб. пособие для ун-тов. – М.: Высш. школа, 1978. – 559 с.
24. *Каданер Л.И.* Фізична і колоїдна хімія. – К.: «Вища школа», 1983. – 286 с.
25. *Каданер Л.И.* Фізична і колоїдна хімія. Практикум. – К.: Вища школа, 1977. – 180 с.
26. *Карпетянц М.Х., Дракин С.И.* Строение веществ. – М.: Высшая школа, 1978.
27. *Коренев Ю.М., Очаренко В.П.* Общая и неорганическая химия: Курс лекций. – М.: Школа имени А.Н.Колмогорова, Изд-во Московского университета, 2000. – Ч.1: Основные понятия, строение атома, химическая связь. – 60 с.
28. *Красовицкая Т.И.* Электронные структуры атомов и химическая связь. – М.: Просвещение, 1980.
29. *Ластухин Ю.О.* Хімія природних сполук: Навч. посібник. – Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, “Інтелект-Захід”, 2005. – 560 с.
30. *Ластухин Ю.О., Воронов С.А.* Органічна хімія. – Львів: Центр Європи, 2006. – 864 с.
31. *Лурье Ю.Ю.* Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1965. – 392 с.
32. *Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учеб. для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд и др.; Под ред. Ю.А. Ершова.* – 4-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2003. – 560 с.
33. *Овчинников Ю.А.* Биоорганическая химия. – М.: Просвещение, 1987. – 815 с.
34. *Оудиан Дж.* Основы химии полимеров. Пер. с англ. – М.: Мир, 1974. – 614 с.
35. *Перепелиця О.П.* Властивості та екологічний вплив хімічних елементів. – К.: Вентурі, 1997. – 120 с.
36. *Перепелиця О.П.* Екохімія та ендоекологія елементів: Довідник з екологічного захисту. – К.: НУХТ, Екохім, 2004. – 736 с.
37. *Романова Н.В.* Загальна і неорганічна хімія. – К.: Ірпінь: Перун, 1998. – 480 с.
38. *Романова Н.В.* Загальна та неорганічна хімія: Практикум. – К.: Либідь, 2003. – 207 с.
39. *Сегеда А.С.* Аналітична хімія. Кількісний аналіз. – Навчально-методичний посібник. – К.: Фітосоціоцентр, 2006. – 544 с.
40. *Сегеда А.С.* Аналітична хімія. Якісний аналіз. – Навчально-методичний посібник. – К.: ЦУЛ, 2002. – 524 с.
41. *Сегеда А.С.* Загальна і неорганічна хімія в тестах, задачах і вправах: Навч. посіб. для студ. вузів. – К.: ЦУЛ, 2003. – 592 с.
42. *Сегеда А.С., Унрод В.І., Стоєцький А.Ф.* Класифікація та номенклатура неорганічних сполук. – Черкаси: 1998. – 141 с.
43. *Семчиков Ю.Д.* Введение в химию полимеров. М.: Высшая школа, 1988. – 152 с.

44. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения: Учеб. для вузов. – Н. Новгород: Издательство Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского; М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 368 с.
45. Скопенко В.В., Савранський Л.І. Координаційна хімія: Підр. для студ. вузів. – 2-е вид., переробл. і доп. – К.: Либідь, 2004. – 422 с.
46. Стретищев А.А., Дерезицкая В.А. Основы химии высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1976. – 306 с.
47. Толмачова В.С., Ковтун О.М., Гордієнко О.В., Корнілов М.Ю., Василенко С.В. Сучасна термінологія і номенклатура органічних сполук: Навч.-метод. посібник для вчителів та учнів ЗНЗ. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2007. – 168 с.
48. Толмачова В.С., Ковтун О.М., Нікітіна С.В., Вуколова С.І., Гордієнко О.В., Корнілов М.Ю. Номенклатура органічних сполук. Алкани. Навчальний посібник. К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2001. – 74 с.
49. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. – М.: Медицина, 1985. – 480 с.
50. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. – М.: Высш. шк., 2004. – 527 с.
51. Хаускрофт К., Констебл Э. Современный курс общей химии: в 2-х т. / Пер. с англ. – М.: Мир, 2002. – Т.1:– 540 с., ил. – (Лучший зарубежный учебник).
52. Яцимирский К.В., Яцимирский В.К. Химическая связь. – К.: Вища школа, 1975. – 304 с.