

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ДРАГОМАНОВА**

**Природничий факультет**

**«Затверджено»**

На засіданні Приймальної комісії  
УДУ імені Михайла Драгоманова  
Протокол №3 від «28» квітня 2023 р.  
Голова Приймальної комісії

\_\_\_\_\_ Андрущенко В. П.

**«Рекомендовано»**

Вченою радою  
Природничого факультету  
Протокол № 6 від «19» квітня 2023 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»**

*спеціальність 014.06 Середня освіта (Хімія)*

Київ – 2023

# 1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ВСТУПНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ.

Зміст програми вступного фахового випробування для здобуття освітнього ступеня магістр укладений відповідно до когнітивних, практичних, творчих та комунікативних освітніх компонентів, сформованих на основі освітньої програми підготовки бакалавра галузі знань 01 Освіта/Педагогіка спеціальності 014.06 Середня освіта (Хімія) і включає теоретичні та практичні питання з таких навчальних дисциплін: загальної, неорганічної, органічної, біоорганічної, фізичної, аналітичної хімії, основ колоїдної хімії, хімії високомолекулярних сполук, хімічних виробництв, будови речовини, сучасних методів дослідження хімічних сполук.

Вступне випробування з хімії проходить у змішаному форматі офлайн та онлайн на платформі ZOOM.

Вступне випробування з хімії передбачає встановити у абітурієнтів рівень сформованості таких предметних компетентностей:

- Здатність користуватися символікою і сучасною термінологією хімічних наук.
- Здатність розкривати загальну структуру хімічних наук на підставі взаємозв'язку основних учень про будову речовини, про періодичну зміну властивостей хімічних елементів та їх сполук, про спрямованість (хімічна термодинаміка), швидкість (хімічна кінетика) хімічних процесів та їхні механізми.
- Здатність характеризувати досягнення хімічної технології та сучасний стан хімічної промисловості, їхню роль у суспільстві.
- Здатність застосовувати основні методи дослідження для встановлення складу, будови й властивостей речовин, інтерпретувати результати досліджень.
- Здатність чітко й логічно відтворювати основні теорії та закони хімії, оцінювати нові відомості й інтерпретації в контексті формування в учнів цілісної природничо-наукової картини світу відповідно до вимог Державного стандарту загальної середньої освіти з освітньої галузі «Природознавство» в базовій середній школі.
- Здатність безпечного поводження з хімічними речовинами з урахуванням їхніх хімічних властивостей.
- Здатність розв'язувати розрахункові та експериментальні задачі шкільного курсу хімії базової середньої школи різного рівня складності і пояснювати їх розв'язання учням.

Абітурієнт на вступному випробуванні з хімії повинен показати такі програмні результати навчання:

- Знає хімічну термінологію і сучасну номенклатуру.
- Знає та розуміє основні концепції, теорії та загальну структуру хімічних наук.
- Знає вчення про періодичну зміну властивостей хімічних елементів та їхніх сполук, про будову речовини та розуміє взаємозв'язок між ними.

- ☑ Знає головні типи хімічних реакцій та їхні основні характеристики, а також провідні термодинамічні та кінетичні закономірності й умови проходження хімічних реакцій.
- ☑ Знає класифікацію, будову, властивості, способи одержання неорганічних і органічних речовин, розуміє генетичні зв'язки між ними.
- ☑ Знає будову та властивості високомолекулярних сполук, зокрема біополімерів.
- ☑ Знає методи хімічного та фізико-хімічного аналізу, синтезу хімічних речовин, зокрема лабораторні та промислові способи одержання важливих хімічних сполук.
- ☑ Уміє характеризувати вплив хімічних речовин на навколишнє середовище, розуміє соціальні і екологічні наслідки своєї професії.
- ☑ Знає, розуміє і демонструє здатність реалізовувати сучасні методики навчання хімії для виконання освітньої програми в базовій середній школі.
- ☑ Володіє різними методами розв'язання розрахункових і експериментальних задач з хімії та методикою навчання їх школярів; здатний виконувати хімічний експеримент як засіб навчання.
- ☑ Добирає міжпредметні зв'язки курсів хімії в базовій середній школі з метою формування в учнів природничо-наукової компетентності відповідно до вимог Державного стандарту загальної середньої освіти з освітньої галузі «Природознавство».
- ☑ Уміє застосовувати знання сучасних теоретичних основ хімії для пояснення будови, властивостей і класифікації неорганічних і органічних речовин, періодичної зміни властивостей хімічних елементів та їхніх сполук, утворення хімічного зв'язку, направленості (хімічна термодинаміка) та швидкості (хімічна кінетика) хімічних процесів.
- ☑ Уміє аналізувати склад, будову речовин і характеризувати їхні фізичні та хімічні властивості в єдності якісної та кількісної сторін.
- ☑ Уміє переносити систему наукових хімічних знань у площину навчального предмета хімії, чітко і логічно розкривати основні теорії та закони хімії.
- ☑ Уміє використовувати теоретичні знання і практичні навички з хімії для дослідження хімічних, біохімічних, екологічних процесів.

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

<i>За шкалою університету</i>	<i>Визначення</i>	<i>Характеристика відповіді</i>
<b>0 – 99 бали</b>	<b>Низький</b>	Абітурієнт має лише уявлення про основні поняття, закони і теорії хімії, відтворює окремі частини курсу хімії ЗВО, але недостатньо володіє сучасною термінологією та

		номенклатурою хімічних сполук. Абітурієнт не достатньою мірою аналізує, узагальнює, обгрунтовує навчальний матеріал з хімії.
<b>100 – 149 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 репродуктивному рівні, але абітурієнт поверхнево володіє умінням аналізувати та використовувати набуті знання з курсу хімії ЗВО.
<b>150 – 174 балів</b>	<b>Достатній</b>	Абітурієнт виявляє знання та розуміння навчального матеріалу з курсу хімії ЗВО, але іноді допускає незначні неточності при застосуванні цих знань у нових ситуаціях та вирішенні завдань, які передбачають аналіз та узагальнення.
<b>175 – 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 для розв'язання задач, складання рівнянь хімічних реакцій, наведення механізмів перетворень.

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

### **3. ЗМІСТ ПРОГРАМИ ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ (СПІВБЕСІДИ)**

#### **4.1. ЗАГАЛЬНА ХІМІЯ. БУДОВА РЕЧОВИНИ**

Предмет і завдання хімії, місце хімії в системі хімічних наук. Атомно-молекулярне вчення. Основні хімічні поняття і закони. Атоми і молекули, їх розміри і маса. Відносні атомні і молекулярні маси. Хімічний елемент. Символи хімічних елементів. Проста речовина і хімічний елемент. Алотропія. Складні речовини. Закон збереження маси і енергії. 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. Еквівалент, закон еквівалентів. Валентність. Співвідношення між молярною масою, еквівалентом та молярною масою еквівалента.

Встановлення формул хімічних сполук. Масова частка елемента в складній речовині. Рівняння хімічних реакцій та стехіометричні розрахунки. Будова атома. Основні положення квантово-механічної моделі атома. Періодичний закон і Періодична система хімічних елементів Д.І. Менделєєва. Періоди, групи, підгрупи, родини елементів. 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. Форми і просторова орієнтація *s*-, *p*-, *d*-, *f*- атомних орбіталей. Багатоелектронні атоми. Три принципи заповнення орбіталей в атомах: принцип найменшої енергії, принцип Паулі, правило Гунда. Порядок заповнення атомних орбіталей. Правило Клечковського. Електронні формули атомів. Ядерні реакції та перетворення хімічних елементів. Період напіврозпаду. Ізотопи. Ізобари. Ізотони. Енергетичні характеристики атомів. Енергія йонізації. Спорідненість атома до електрона. Електронегативність. Відносна електронегативність. Магнітні властивості атомів. Діамагнетизм, парамагнетизм. Періодичність властивостей хімічних елементів. Вплив електронної будови атомів на властивості елементів. Періодичність зміни властивостей елементів як прояв періодичної зміни електронних конфігурацій атомів.

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, двохелектронних 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. 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. 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. Основи: одно- і багатокислотні основи. Луги. Властивості і номенклатура основ. Способи добування 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. Промислове значення води. Важка вода: добування, властивості, застосування. Вода в природі. Проблема чистої води. Електроліти і неелектроліти. Теорія електролітичної дисоціації. 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. Зв'язок теплоти розчинення речовини з енергією кристалічної ґратки і теплотою 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 Броду. 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 Сульфуру. Дигідроген сульфід: добування, фізичні і хімічні властивості. Фізіологічна дія дигідроген сульфід, його ГДК. Дигідрогенсульфідна кислота, сульфід, їх відновні властивості. Полісульфіди. Оксигеновмісні сполуки Сульфуру: будова молекул, характер валентних зв'язків. Сульфур(VI) оксид: фізичні та хімічні властивості, промислові та лабораторні способи добування, його ГДК. Властивості сульфитної кислоти та сульфитів. 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 Сульфуру, 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 амоніакатів. 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. Фосфідметалів. 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 відозміни карбону: алмаз, графіт, карбін. Тип гібридизації орбіталей атомів Карбону в його алотропних відозмінах. 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 ряді 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 ряді 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. Кисотно-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. Хромово 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. Кисотно-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

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.

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 Байєра (кутова); Пітцера (торсійна); Ван дер Ваальса; напруга, що пов'язана зі зміною довжини зв'язків. Конформації циклоalkanів. Конформація циклогексану: ванна, крісло, інверсія циклогексанового кільця; поняття про аксіальні і екваторіальні C–H 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 хіральний 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 електронодонорних (+I) та електроноакцепторних (–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 ефекти електронодонорних (+M( $\sigma$ ,  $\pi$ ); +M( $p$ ,  $\pi$ ); +M( $\pi$ ,  $\pi$ );) та електроноакцепторних (–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. Катализатори 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 катализатори 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 катализаторі, 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. Неполлярний 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 ознолізом 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 віцинальних дигалогенопохідних алканів та алкенів, дегалогенування тетрагалогенопохідних алканів, алкілювання ацетиленїдїв лужних металїв. Фїзичнї властивостї ацетиленових вуглеводнїв. Залежнїсть температури кипїння алкінів вїд структури молекул. Електронна будова ацетиленових вуглеводнїв. Дїагональна *sp*-гїбридизація атома Карбону. Схема  $\sigma$ - і  $\pi$ -зв'язкїв у молекулі ацетилену. Розподїл електронної густини  $\pi$ -зв'язкїв у молекулі ацетилену та їх здатнїсть до поляризації. Енергїя та довжина потрїйного зв'язку. Електронегативнїсть Карбону в *sp*-гїбридизованому станї. Порївняння енергїї, довжини і полярностї зв'язкїв C-H в етанї, етенї і ацетиленї. Кулестрижневї моделї алкінів. Хїмїчнї властивостї алкінів. Кислотнї властивостї алкінів: добування ацетиленїдїв металїв, реактиву Іючича. Порївняння кислотних властивостей ацетилену, етену і етану. Реакції приєднання до алкінів. Порївняння реакційної здатностї в реакціях електрофїльного приєднання ацетиленових і етенових вуглеводнїв. Приєднання полярних речовин до несиметрично замїщених гомологїв ацетилену (правило Марковникова). Реакції  $A_E$ : гїдрування алкінів. Стереоселективнїсть реакції гїдрування алкінів. Галогенування та гїдрогалогенування алкінів. Реакції  $A_N$ : гїдратація алкінів (реакція Кучерова), її механїзм. Правило Ельтекова. Приєднання спиртїв (добування вїнілових етерїв), карбонових кислот (синтез вїнілацетату), синильної кислоти (добування акрилонїтрилу). Взаємодїя термінальних алкінів з карбонїльними сполуками. Реакції окиснення: умови, окисники, продукти реакції. Олігомеризація алкінів: димеризація ацетилену (вїнілацетилен і синтез хлоропрену на його основї), циклотримеризація (бензен), тетрамеризація (циклооктатетраєн). Полїмер ацетилену – карбїн. Ацетилен як сировина в промисловостї органїчного синтезу: добування оцтового альдегїду, тетрахлороетану, вїнілхлориду, акрилонїтрилу, вїнілацетату, вїнілових етерїв та інших мономерїв для синтезу полїмерїв і каучукїв. Використання ацетилену в автогенному зварюванні і рїзаннї металїв.

Циклоалкани. Загальна формула, номенклатура. Типи їзомерїї: структурна (кїлькїсть атомїв Карбону в циклі, будова бїчних ланцюгїв, положення замїсникїв у циклі); просторова (геометрична, оптична і конформаційна). Теорїя напруження Байєра і конформаційна напруга в циклах. Конформаційна їзомерїя монозамїщених циклогексанїв (аксїальне і екваторїальне положення замїсникїв). Структурна, геометрична, оптична і конформаційна їзомерїя дизамїщених циклогексанїв. Методи створення малих циклїв: циклізація  $\alpha$ -,  $\omega$ -дигалогенозамїщених алканїв (внутрїшньомолекулярний варїант реакції Вюрца). Синтез п'яти- і шестичленних циклїв; піроліз кальцїєвих солей дикарбонових кислот з подальшим вїдновленням одержаних циклічних кетонїв, гїдрування ароматичних вуглеводнїв ряду бензену, дегїдротрїмеризація алканїв, дїєновий синтез Дїльса – Альдера. Електронна будова циклопропану ("банановий зв'язок"). Хїмїчнї властивостї циклопропану. Електронна будова циклогексану. Хїмїчнї властивостї циклогексану. Порївняння 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, сульфонування, 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): гідратування, (часткове гідратування 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 власти-

вості 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. Гідратування толуену. Окиснення толуену та інших алкілбензенів. Добування бензойної і терефталевої кислот. Дегідратування 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: гідратування 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: гідратування, 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 фенантрена. 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. Кислотні-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. Гідрокси похідні трифенілметанового ряду. Фенолфталеїн, його добування. Причини виникнення забарвлення в лужному середовищі, знебарвлення при дії на фенолфталеїн надлишку лугу.

Галогеномісні 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 етинових 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-, бромо- 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 хладоагенти. Продукти хлорування 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*-положених 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, сульфування ( $S_E2$ ). 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 азотудіазогрупи. 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 Н-Нал, О-Н, С-Н. 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 монокарбонних 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 – гідроксипохідні 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 –ОН. 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 нитрофенолу, 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, сульфування, нітрування, C-алкілювання, азосполучення, карбоксилювання (реакція Кольбе). Взаємодія фенолу з формальдегідом. Фенолформальдегідні смоли, їх будова, застосування. Реакції приєднання до бензенового ядра фенолу. Гідрування 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 *p*-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. Дисульфіді 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: дегідрування 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 механізмом  $A_N$ : 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 карбоксилуванням магнійорганічних речовин (реактивів Гриньяра), гідроліз нітрilів (механізм реакції в кислому і лужному середовищах), карбоксилування 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 ( $\rho, \pi$ -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  $sp^2$ -гібридизованого 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 пред-ставники: мурашина кислота (добування, особливі властивості, використання), оцтова кислота (добування, властивості). Пальмітинова, стеаринова і вищі карбонові кислоти.

Функціональні похідні карбонових кислот: солі, галогеноангідриди, ангідриди, естери, амідн, 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 амонілізу. Естери в природі, їх застосування в промисловості. Амідикарбонових кислот. Добування: із галогеноангідридів, ангідридів, термічним розкладом амонійних солей карбонових кислот, неповним гідролізом нітрилів кислот (механізм гідратації), із оксимів альдегідів і кетонів за перегрупуванням Бекмана. Електронна будова амідів, вплив р,π-кон'югації на основні властивості NH<sub>2</sub>-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).

Аміди карбонатної кислоти. Сечовина. Добування сечовини. Електронна будова сечовини і взаємний вплив атомів у її молекулі (р,π-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≡N і його подібність до потрійного зв'язку C≡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, вінілоцтовакислоти. Хімічні властивості α,β-ненасичених кислот. Реакції за участю карбоксильної групи. Вплив подвійного зв'язку на кислотні властивості ненасичених кислот. Приєднання полярних речовин до α,β-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 α-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 маленових кислот). Застосування щавлевої, маленової, бурштинової і адипінової кислот. Ненасичені дикарбонові кислоти. Малєїнова і фумарова (*цис*- і *транс*-етилєндикарбонові) кислоти, їх властивості. Відношення до нагрівання. Малєїновий 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.  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -,  $\epsilon$ -Гідроксикислоти. Гліколева, молочна,  $\beta$ -гідроксипропіоновакислоти. 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 карбокільної 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  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -,  $\epsilon$ -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 молочнакислоти. Поширення в природі. Двох- і трьохосновні гідроксикислоти. Яблучна кислота, хлорояблучнакислота, їх оптичні ізомери, рацемати, діастереомери. Поширення яблучної кислоти в природі. Виннікислоти. Оптична ізомерія (енантіомери, рацемат, мезоформа, діастереомери), поширення в природі, хімічні властивості винних кислот.

Альдегідо- і кетокислоти. Кето-єнольна 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 кислотата 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. Полієфірні 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.

#### 4.4. БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ

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  $A_1$ ). 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 – провітаміни  $A_1$ . 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  $D_2$ . Вітаміни  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ : 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. Вестфалю.

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

Простагландини та тромбокساني. 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 тромбокساني 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 *PapaverSomniferum*. 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. Индол 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 фенолокіслоти. Розповсюдження в природі та біологічна роль. Моно-, ди- та тригідроксибензойні кислоти. Гідроксифенілоцтові кислоти. Природні коричні кислоти. Хімічні властивості фенолів та фенолокіслот.

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: аліфатичні 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, декарбоксилування, 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 *invitro*. 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 (АМР), аденозин-5'-дифосфат (АДР), аденозин-5'-трифосфат (АТР), 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. Хеурса. 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:

дезоксирибоза, 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 гліцеролу 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 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.

#### **4.5. 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). Мікрористалоскопічний 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, маскуваня. Загальноаналітичні реакції, групові та індивідуальні реакції. Групові реагенти та вимоги до них. Дробний та систематичний методи аналізу. Чутливість аналітичних реакцій: відкриваний 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 маскуваня та демаскуваня.

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. Кисотно-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. Кисотно-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 (осадам 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  $pK$ , показник титрування  $pT$  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



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, хінгидронний. 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 маскувння, концентрування та розділення. Маскувння, групи маскуючих речовин, демаскувння. Фізико-хімічні основи методів розділення та концентрування. Осадження і співосадження. Екстракція – основні закони, кількісні характеристики, екстрагенти, приклади застосування. Сорбція – механізм, основні закони, кількісні характеристики, основні типи сорбентів, приклади застосування.

#### **4.6. 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, послідовні, спряжені, паралельні, автокаталітичні 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 ричага. 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.

## 4.7. ОСНОВИ КОЛОЇДНОЇ ХІМІЇ

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. Будава міцели ліофобних золей.

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 (рІ) білків.

Фізичні та хімічні методи добування золей (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 золей, 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 Тіндаля. 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.

#### **4.8. ОСНОВИ ХІМІЇ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК**

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 диспропорціонування. 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: мономери 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: мономери 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 ізомерія. 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 (качуки), 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, резоли, 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. Полісилоксани (силоксанові качуки, 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.

## 4.9. ОСНОВИ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

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, озonom, 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 багатошаровому 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. Нерст, 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 амоніаку, використання теплоти реакції, виділення амоніаку. Готові продукти: рідкий і газоподібний амоніак, амоніачна вода. Застосування амоніаку. Транспортування. Виникнення виробництва синтетичної нітратної кислоти із амоніаку. Окиснення амоніаку як складний технологічний процес (І.І. Андрєєв) Хімічні реакції і стадії процесу. Окиснення амоніаку 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 флотоцією. 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, хромомагнезитова). 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. Обертова 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 залізняка, 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 електролізера з анодом, що випалюється. Добування дюралюміну, 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. Умове 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 вивантаження коксу. Сорткування 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 електрознесолюючій 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 паливо. 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 карбіду, добування ацетилену з карбіду. 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, газ 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 миючих 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 (СКИ) і дивінілового (СКД) полімеризацією в розчині: каталізатори, 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 (фільєри), 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.

#### 4.10. СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНИХ СПОЛУК

Електромагнітний спектр поглинання та його ділянки. Діапазон спектру, що відповідає за електронні переходи (а саме за переходи валентних електронів). Енергія та частота електромагнітного випромінювання. Електронна, коливальна та обертальна складові енергії. Енергетичні підрівні. Зв'язок з фізикою та квантовою хімією. Принцип Борна - Опенгеймера.

Фізична природа забарвлення речовини. Основні та додаткові кольори. Природа УФ та видимого спектру. Молекулярні орбіталі на прикладі етилену, бутадієну, формальдегіду. ВЗМО та НВМО. Довгохвильовий електронний перехід. Поняття про  $\pi$ - $\pi^*$  та  $n$ - $\pi^*$  переходи.

Залежність електронного спектру поглинання хімічної речовини від різних факторів. Основні закони поглинання оптичного випромінювання: закон Бугера-Ламберта, закон Бера та об'єднаний закон Бугера-Ламберта-Бера. Крива спектру поглинання та її похідні. Приклади електронних спектрів неорганічних та органічних сполук.

Практичні аспекти використання електронної спектроскопії. Використання електронної спектроскопії для ідентифікації хімічних речовин та аналізу двокомпонентних сумішей.

Практичні аспекти вимірювання спектрів поглинання. Принципи будови спектрометрів. Кювети. Добір розчинників та концентрації. Розрахунок екстинкції. Аналіз двокомпонентних сумішей. Аналіз кето-енольної рівноваги. Чутливість електронної спектроскопії.

Електронні спектри основних класів органічних сполук. Алкани та їх похідні. Галогенозаміщені сполуки, спирти, меркаптани, аміни, етери. Алкени. Карбонільні та карбоксильні сполуки. Тіакарбонільні сполуки. Азотетини. Нітро- та нітросполуки.

Спряжені полієнові системи. Дієни. Спряжені полієнові системи. Правила Фізера - Вудворда та Фізера - Куна. Алкіни. Поліалкіни.

Ароматичні сполуки. Бензол та його похідні. Лінійні та ангулярні конденсовані ароматичні сполуки. Гетероциклічні сполуки. П'яти- та шестичленні ненасичені гетероцикли.

Сольватохромія. Позитивна та негативна сольватохромія. Хромофори та ауксохроми. Залежність між кольором та будовою сполуки. Батохромний та гіпсохромний зсув.

Коливальна спектроскопія як метод дослідження хімічних сполук. Спектрофотометри. Матеріали для кювет, розчинники. Методика одержання спектрів твердих, рідких і газуватих речовин. Умови виникнення ІЧ-спектра молекули. Теорія коливальних спектрів. Коливання двохатомних молекул у наближенні гармонічного осцилятора. Ангармонічний осцилятор в квантовій механіці. Фундаментальні переходи у коливальних спектрах хімічних сполук. Їх число. Відображення в спектрах ангармонізму реальних молекул.

Силова стала. Її фізичне тлумачення. Співвідношення між силовими сталими та енергіями дисоціації хімічних зв'язків. Імовірність переходів в ІЧС.

Правила відбору пов'язані з симетрією коливань. Спектри комбінаційного розсіювання (СКР). Природа спектрів комбінаційного розсіювання. Правило альтернативної заборони.

Коливання багатоатомних молекул. Коливання багатоатомних молекул. Нормальні коливання, їх число. Коливальні спектри трьохатомних лінійних молекул. Вироджені коливання. Резонанс Фермі. Інтенсивність ІЧ спектрів.

Використання концепції групових (характеристичних) коливань для аналізу ІЧ спектрів. Характеристичні коливання. Фактори, які впливають на значення характеристичних частот. Кореляційні таблиці. Характеристика окремих областей ІЧ спектрів.

Поглинання аліфатичних, ненасичених, спряжених, ароматичних вуглеводнів.

Поглинання альдегідів, кетонів та карбонових кислот.

Поглинання нітрогеновмісних сполук: аліфатичних та ароматичних амінів, нітрилів, нітросполук.

Поглинання амідів карбонових кислот, амінокислот та пептидів.

Основні принципи мас-спектрометрії та галузі її застосування. Одиниці виміру і форми представлення мас-спектрів. Принципова блок-схема мас-спектрометра. Йонізація в мас-спектрометрії електронним ударом (ЕУ). Основні процеси, що відбуваються при ЕУ. Хімічна йонізація та області її аналітичного застосування. Методи йонізації лабільних молекул (польова йонізація, польова десорбція, FAB, електроспрей-йонізація) та їх порівняння з методом ЕУ. Основні методи аналізу йонів – магнітний, часопротітний, квадрупольний. Роздільна здатність мас-спектрометра. Мас-спектроскопія високої роздільної здатності.

Типи йонів у мас-спектрі: молекулярний йон, уламкові йони, перегруповані, метастабільні, двозарядні та ізотопні йони. Визначення брутоформули, виходячи з даних мас-спектрометрії: за допомогою точного значення маси молекулярного йону та з використанням таблиць Бейнона. Основні правила розшифрування мас-спектрів (азотне правило, правила фрагментації йонів). Характеристичні йони та характерні фрагментації (на прикладі основних класів органічних сполук – вуглеводнів, галогенпохідних вуглеводнів, спиртів).

Характеристичні йони та характерні фрагментації (на прикладі основних класів органічних сполук – етерів, альдегідів, кетонів, карбонових кислот, нітрилів, естерів, амінів, гетероциклічних сполук). Найбільш характеристичні фрагментації молекулярних йонів з відщепленням нейтральних частинок. Характеристичні перегруповання йонів. Перегрупування Мак-Лаферті.

Характеристика магнітних ядер (спін, магнітний момент, гіромагнітне відношення). Взаємодія магнітних моментів ядер з магнітним полем. Ядерна прецесія. Моделі, що використовуються для ілюстрації поведінки магнітних ядер в постійному магнітному полі. Макроскопічна ядерна намагніченість, залежність від температури та напруженості зовнішнього магнітного поля. Спін-граткова і спін-спінова релаксація, час релаксації. Розподілення ядер між рівнями енергії в зовнішньому магнітному полі (розподілення Больцмана). Умови ядерного магнітного резонансу. Основне рівняння ЯМР. Поняття про рівняння Блоха, форма сигналу ЯМР.

Способи реєстрації сигналу ЯМР – метод повільного проходження та Фур'є-спектроскопія. Вплив радіочастотного імпульсу на макроскопічну ядерну намагніченість. Спад вільної індукції (СВІ). Фур'є перетворення кривої спаду вільної індукції. Переваги Фур'є ЯМР-спектроскопії над методом повільного проходження. Блок-схема спектрометра ЯМР. Характеристики приладів ЯМР – чутливість та роздільна здатність, робоча частота. Обертання зразка та його наслідки. Розчинники в ЯМР та вимоги до них.

Хімічний зсув сигналу ЯМР, константа екранування ядер, діамагнітний та парамагнітний вклади в константу екранування. Одиниці вимірювання хімічного зсуву в спектроскопії ЯМР. Поняття про ізохронні, хімічно (не)еквівалентні, магнітно (не)еквівалентні ядра. Еталонні речовини в спектроскопії ЯМР та вимоги до них, шкали хімічних зміщень. Залежність хімічного зсуву від будови речовин (на прикладі  $^1\text{H}$ -ЯМР та  $^{13}\text{C}$ -ЯМР. Магнітно-анізотропні групи, їх вплив на навколишні ядра. Кільцеві ароматичні токи, їх вплив на резонанс навколишніх ядер. Використання хімічного зсуву в структурних дослідженнях. Кореляційні таблиці хімічних зсувів.

Спін-спінова взаємодія, її прояв в спектрах ЯМР. Мультиплетність сигналів ЯМР. Правила розщеплення ЯМР сигналів першого порядку. Константи спін-спінової взаємодії (КССВ), їх класифікація в залежності від кількості зв'язків між магнітними ядрами. Позначення спінових систем. Типовий вигляд сигналів ЯМР спінових систем AX, AB, AMX, ABC, AA'BB', AA'XX'. ЯМР Магнітних ядер в діастереотопних групах. Ефекти вищого порядку в спектрах ЯМР. Залежність КССВ від геометрії молекул. Формула Карплуса.

Аналіз типових спектрів ЯМР на ядрах  $^1\text{H}$ . Знаходження та практичне використання параметрів ЯМР для дослідження складу та будови хімічних сполук.

**4. Для пільгових категорій осіб, яким надано право складати вступні випробування (особи, що потребують особливих умов складання випробувань) в Українському державному університеті імені Михайла Драгоманова за рішенням Приймальної комісії створюються особливі умови для проходження вступних випробувань.**

## **5. СТРУКТУРА БІЛЕТУ ВСТУПНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ**

**Український державний університет імені Михайла Драгоманова  
Природничий факультет**

*Освітній ступінь: магістр*

*Галузь знань: 01.Освіта*

*Спеціальність: 014.06Середня освіта (Хімія)*

*На базі осітнього ступеня: 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***

***УДУ імені Михайла Драгоманова***

Протокол № \_\_\_\_\_ від «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

***Голова фахової комісії \_\_\_\_\_ /Турчинова Ганна Володимирівна/***

## 6. 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. *Білий О.В.* Фізична хімія. – К.: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2002. – 364 с.
3. *Богатиренко В.А., Михалюк С.О.* Основизагальної та фізичної хімії: Довідник. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2007. – 258 с.
4. *Гетьманчук Ю.П.* Полімерна хімія (Ч.1. Радикальна полімеризація): Підручник. – К.: ВЦ “Київський університет”, 1999. – 143 с.
5. *Гетьманчук Ю.П.* Полімерна хімія (Ч.2. Йонна полімеризація): Підручник. – К.: Видавничий центр “Київський університет”, 2000. – 160 с.
6. *Гетьманчук Ю.П.* Полімерна хімія (Ч.3. Поліконденсація): Підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2002. – 168 с.
7. *Григор’єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М.* Загальна хімія: Підр. – К.: Вища шк., 1991. – 520 с.
8. *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.
9. *Каданер Л.І.* Фізична і колоїдна хімія. – К.: «Вища школа», 1983. – 286 с.
10. *Ластухін Ю.О.* Хімія природних сполук: Навч. посібник. – Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, “Інтелект-Захід”, 2005. – 560 с.
11. *Ластухін Ю.О., Воронов С.А.* Органічна хімія. – Львів: Центр Європи, 2006. – 864 с.
12. *Романова Н.В.* Загальна і неорганічна хімія. – К.: Ірпінь: Перун, 1998. – 480 с.
13. *Сегеда А.С.* Аналітична хімія. Кількісний аналіз. – Навчально-методичний посібник. – К.: Фітосоціоцентр, 2006. – 544 с.
14. *Сегеда А.С.* Аналітична хімія. Якісний аналіз. – Навчально-методичний посібник. – К.: ЦУЛ, 2002. – 524 с.
15. *Сегеда А.С.* Загальна і неорганічна хімія в тестах, задачах і вправах: Навч. посіб. для студ. вузів. – К.: ЦУЛ, 2003. – 592 с.
16. *Сегеда А.С., Унрод В.І., Стоєцький А.Ф.* Класифікація та номенклатура неорганічних сполук. – Черкаси: 1998. – 141 с.
17. *Скопенко В.В., Савранський Л.І.* Координаційна хімія: Підр. для студ. вузів. – 2-е вид., переробл. і доп. – К.: Либідь, 2004. – 422 с.
18. *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.
19. *Яцимирский К.В., Яцимирский В.К.* Химическая связь. – К.: Вища школа, 1975. – 304 с.