

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Одеський національний університет імені І.І.Мечникова**  
**Факультет хімії та фармації**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

**Голова приймальної комісії**

**Ректор ОНУ імені І.І.Мечникова**

**Вячеслав ТРУБА**



*Вячеслав Труба* 2023 р

**ПРОГРАМА ФАХОВОГО ВСТУПНОГО ІСПИТУ З ХІМІЇ**  
**ДЛЯ ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР**  
**ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 102 «ХІМІЯ»**  
**ОПП «ХІМІЯ»**

## ЗАГАЛЬНА ХІМІЯ

### **Теоретичні основи неорганічної хімії**

Предмет і задачі неорганічної хімії. Шляхи розвитку неорганічної хімії в Україні.

#### **1. Будова електронних оболонок атома**

Складність будови атома. Розвиток вчення про атом. Найважливіші фізичні та хімічні відкриття, які підтверджують складну будову атома. Атомні спектри. Спектр атома водню. Серії Лаймана, Бальмера, Брекета, Пашена, Пфунда. Рівняння Бальмера-Рідберга. Деякі уявлення про будову атома. Теорія Резерфорда.

Квантова теорія будови атома. Теорія Бора. Постулати Бора. Борівський радіус, швидкість руху електрона, енергія стану електрона. Енергетичні рівні основного та збудженого станів. Спектр атома водню за Бором. Фізичний зміст сталої Рідберга. Енергія іонізації.

Векторна модель атома. Розвиток теорії Бора. Ефекти Зеємана і Штарка. Уявлення Зоммерфельда. Векторні підходи опису стану електрона в атомі. Уявлення про орбітальне, магнітне і спінове квантові числа. Принцип Паулі.

Квантово-механічна модель атома. Корпускулярно-хвильові властивості фотона. Рівняння Планка, Ейнштейна. Основні постулати квантової механіки. Рівняння де Бройля. Хвильові властивості електрона. Принцип невизначеностей Гейзенберга.

Рівняння Шредінгера. Хвильова функція. Фізичний зміст хвильової функції. Висновки із рівняння Шредінгера.

Атом водню (Квантово-механічний опис). Полярна система координат. Радіальна складова хвильового рівняння. Залежність радіальної складової та ймовірності розподілу від квантових чисел. Кутова складова хвильової функції. Полярні діаграми. Вузлова поверхня. s, p, d, f – Атомні орбіталі.

Багатоелектронні атоми. Порядок розподілу електронів по енергетичним рівням і підрівням. Правило Клечковського. Принцип Паулі. Правило Гунда.

#### **2. Періодичний закон Д.І.Менделєєва. Періодична система елементів**

Періодичний закон Д.І.Менделєєва, як основа розвитку неорганічної хімії. Перші спроби систематизації елементів. Періодичний закон. Періодична система елементів. Сучасні форми періодичної системи. Розвиток періодичного закону.

Періодичність властивостей елементів. Фізичний зміст періодичного закону. Електронні аналоги. Періодичність фізичних та хімічних властивостей елементів. Енергетичні характеристики атома. Вторинна та внутрішня періодичність.

#### **3. Хімічний зв'язок та валентність**

Метод валентних зв'язків (МВЗ). Розвиток уявлень про валентність та хімічний зв'язок. Крива повної енергії для молекули. Молекула водню за методом Гейтлера-Лондона. Валентність елементів з точки зору МВЗ (спінова теорія валентності). Донорно-акцепторний механізм утворення ковалентного зв'язку.

Основні характеристики ковалентного зв'язку. Довжина, енергія, кут зв'язку. Насиченість ковалентного зв'язку. Поляризація хімічного зв'язку. Поляризація іонів та молекул. Направленість хімічного зв'язку. Визначення просторової конфігурації молекули за методом відштовхування електронних пар (метод Геліпсі). Поняття про гібридизацію атомних орбіталей.

Види хімічного зв'язку. Характеристики типів перекривання атомних орбіталей.  $\sigma$ -,  $\pi$ -,  $\delta$ -Зв'язки. Йоний зв'язок. Невалентні типи зв'язку. Міжмолекулярна взаємодія. Металевий, водневий зв'язки.

Основи метода молекулярних орбіталей (ММО). Поняття про молекулярну орбіталь (МО). Двоцентрові та багатоцентрові МО. Положення ММО. Зв'язуючі, антизв'язуючі та незв'язуючі МО. Правила побудови МО. Енергетичні діаграми. Порядок зв'язку.

Опис гомоядерних і гетероядерних молекул за ММО. Енергетичні діаграми для двохатомних гомо-, гетероядерних молекул. Гетероядерні молекули HF, NO, CO. Ізоелектронні частинки. Будова та реакційна здатність молекул. Загальні підходи опису багатоатомних молекул.

#### 4. Координаційні сполуки

Основні визначення координаційної хімії. Координаційна теорія Вернера. Ліганди у координаційних сполуках. Номенклатура комплексних сполук. Ізомерія координаційних сполук. Рівновага у розчинах координаційних сполук. Розчинність і комплексоутворення.

Хімічний зв'язок в координаційних сполуках. Електростатичні уявлення. Метод валентних зв'язків (Уявлення Поляні). Зовнішньо- та внутрішньоорбітальні комплекси. Теорія кристалічного поля (ТКП). Спектрохімічний ряд лігандів. Низькоспінові та високоспінові комплекси. Застосування ТКП.

Хімічний зв'язок в координаційних сполуках. Якісне застосування ММО для опису октаедричних комплексів. Енергетична діаграма. Генетичний зв'язок між МВЗ, ТКП і ММО.

#### 5. Основи хімічної термодинаміки

Основні поняття і визначення хімічної термодинаміки. Предмет хімічної термодинаміки. Основні поняття: система; функція стану; термодинамічні функції. Інтенсивні і екстенсивні властивості системи. Класифікація процесів. Форми енергії та їх еквівалентність. Внутрішня енергія. Ентальпія.

Перший закон термодинаміки. Формулювання та математичний запис. Додатки першого закону термодинаміки в хімії. Закони термохімії. Розрахунки теплових ефектів хімічних реакцій. Приклади застосування закону Гесса для розрахунку енергії зв'язку та гідратації, енергії іонної гратки (цикл Борна-Габера). Теплоємність речовин. Закон Кірхгофа.

Другий закон термодинаміки і його додатки в хімії. Самодовільні процеси. Статистичне визначення ентропії. Термодинамічне визначення ентропії. Формулювання другого закону термодинаміки. Стандартна ентропія. Оцінка знака та величини  $\Delta S$ . Зміна ентропії в хімічних реакціях. Термодинамічні потенціали. Енергія Гельмгольца і Гіббса. Вільна енергія Гіббса і константа рівноваги. Хімічний потенціал.

#### 6. Основи хімічної кінетики

Основні положення і поняття хімічної кінетики. Закон діючих мас. Класифікація хімічних реакцій. Молекулярність, порядок реакції. Кінетичні рівняння для простих і складних реакцій. Диференційні та інтегральні кінетичні рівняння. Реакції нульового, першого та другого порядків. Способи визначення порядку реакції.

Теорії хімічної кінетики. Теорія активних співударів. Теорія активованого комплексу (теорія абсолютних швидкостей реакцій).

Кінетичні рівняння складних реакцій. Оборотні реакції. Константа хімічної рівноваги. Вплив температури на константу швидкості реакції. Енергія активації. Вплив температури на константу рівноваги. Рівняння Вант-Гоффа. Загальні уявлення про каталітичні процеси.

#### 7. Окисно-відновні процеси

Основні поняття електрохімії. Електродні потенціали. Ряд напруг металів. Гальванічні елементи. Рівняння Нернста. Окисно-відновні потенціали. Загальні відомості про електроліз водних розчинів і розплавів. Закони електролізу (закони Фарадея).

#### 8. Розчини та реакції у водних розчинах

Загальні відомості про розчини. Загальна характеристика розчинів. Енергетика розчинення. Розчинність. Ідеальні розчини. Закони Рауля. Наслідки із закону Рауля. Закон Вант-Гоффа (осмотичний тиск).

Закони розчинів електролітів. Основи теорії електролітичної дисоціації. Сила електролітів. Основи теорії сильних електролітів. Рівноваги у розчинах слабких електролітів. Кислотно-основні реакції у водних розчинах. Теорії кислот і основ. Гідроліз солей. Неводні розчини. Загальна характеристика неводних розчинників. Протонні розчинники. Апротонні розчинники.

## НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ

### **1. Загальна характеристика р-елементів VII групи періодичної системи Д.І. Менделєєва (галогенів)**

Положення галогенів у періодичній системі, особливості електронної будови. Здатність до утворення іонного та ковалентного зв'язку. Ізотопний склад. Поширеність у природі. Будова молекул галогенів. Фізичні та хімічні властивості галогенів – простих речовин. Способи добування галогенів. Промислове та лабораторне добування фтору, хлору, бромю, йоду. Застосування галогенів.

Сполуки галогенів. Галогеноводні. Фізичні та хімічні властивості, добування. Фтороводень та плавикова кислота. Хлороводень та соляна кислота. Солеподібні та ковалентні галогеніди. Міжгалогенні сполуки. Полігалогеніди.

Кисневі сполуки галогенів. Хлорнуватиста кислота, гіпохлорити. Хлорна вода. Жавелева вода. Хлорне вапно. Оксид хлору(I). Хлориста кислота, хлорити. Оксид хлору(IV). Хлорнувата кислота, хлорати. Хлорна кислота, перхлорати. Оксид хлору(VII). Закономірності зміни кислотних та окисних властивостей у ряді кислот та солей хлору. Кисневі сполуки бромю та йоду. Бромнуватиста та йоднуватиста кислоти, одну вата та одну вата кислоти. Оксид йоду(V). Бромна кислота. Йодні кислоти.

### **2. Гідроген**

Особливості будови атома водню. Ізотопи водню. Поширеність у природі. Фізичні та хімічні властивості водню. Атомарний водень. Лабораторні та технічні способи добування водню. Застосування газоподібного водню.

Сполуки водню. Бінарні сполуки. Гідриди. Солеподібні, ковалентні, металоподібні, комплексні, гідриди з трицентровим зв'язком.

Вода. Будова молекули. Асоціація молекул за рахунок водневих зв'язків. Фізичні та хімічні властивості. Роль води у геосфері та біосфері.

Пероксид водню. Будова молекули, способи добування, фізичні та хімічні властивості, застосування. Пероксокислоти.

### **3. Загальна характеристика р-елементів VI групи Періодичної системи Д.І. Менделєєва**

Оксиген. Будова атома кисню. Поширеність у природі. Будова молекули з точки зору ВЗ та МО. Фізичні та хімічні властивості. Лабораторні та технічні способи добування. Застосування газоподібного кисню. Сполуки кисню. Оксиди. Способи добування, хімічний зв'язок в оксидах, фізичні та хімічні властивості. Основні, кислотні та амфотерні оксиди. Поняття про нестехіометричні оксиди. Гідроксиди. Хімічний зв'язок в гідроксидах. Властивості гідроксидів. Солі кисневих кислот. Пероксиди та надпероксиди, їх добування, властивості та застосування. Хімічний зв'язок в пероксидах та надпероксидах. Озон. Будова молекули, фізичні та хімічні властивості, добування, застосування. Озоніди. Сполуки кисню з його позитивними ступенями окиснення. Роль кисню у мінеральних та біологічних процесах на Землі.

Халькогени – елементи підгрупи сірки: сірка, селен, телур. Ізотопний склад. Поширеність у природі. Фізичні та хімічні властивості. Добування і застосування сірки, селену, телуру.

Сполуки халькогенів (-2). Халькогеноводні. Халькогеніди. Сульфіді, гідросульфіді. Поліхалькогеніди. Багатосірчисті водні. Поняття про сполуки сірки(II).

Кисневі сполуки халькогенів: оксиди та кисневі кислоти. Сполуки халькогенів(IV). Діоксиди, їх добування, будова, фізичні та хімічні властивості. Сірчиста, селениста та телуриста кислоти, їхні солі. Хлористий тіоніл. Дітіоніста, тіосірчиста, піросірчиста кислоти. Тіосірчана кислота, тіосульфат натрію. Дітіонова кислота. Політіонові кислоти.

Сполуки халькогенів(VI). Триоксиди, їх добування, будова, фізичні та хімічні властивості. Оксогалогеніди та галоген іди сірки(VI). Гексафторид сірки. Хлористий та фтористий сульфуріл. Хлорсульфонова кислота. Сірчана, селенова та телурова кислоти. Сульфати та гідросульфати, селенати, телурати. Промислове добування та застосування сірчаної кислоти. Піросірчана кислота.

Нітрозилсірчана кислота. Пероксокислоти сірки, їхні солі.

#### **4. Загальна характеристика р-елементів v групи періодичної системи Д.І. Менделєєва**

Загальна характеристика закономірностей зміни властивостей елементів підгрупи.

Нітроген. Будова атома азоту. Поширеність азоту у природі. Будова молекули азоту а методами ВЗ та МО. Фізичні та хімічні властивості. Добування азоту у лабораторії та у промисловості. Застосування газоподібного азоту. Сучасні методи зв'язування атмосферного азоту.

Сполуки азоту. Аміак. Будова, фізичні та хімічні властивості. Добування аміаку у лабораторії. Промисловий синтез аміаку. Солі амонію. Застосування аміаку та солей амонію. Нітриди, аміді. Гідразин, гідроксиламін, азидоводень, їх добування, будова, фізичні та хімічні властивості.

Кисневі сполуки азоту. Будова, добування, фізичні та хімічні властивості, застосування. Оксид азоту(I). Азотнуватиста кислота, гіпонітри. Оксид азоту (II). Оксид азоту(III). Азотиста кислота, нітри. Оксид азоту(IV). Оксид азоту(V). Азотна кислота, нітрати. Царська горілка. Промислове виробництво азотної кислоти.

Галогеніди азоту. Азотні добрива.

Фосфор. Будова атома фосфору. Поширеність фосфору у природі. Алотропія фосфору. Хімічні властивості, добування та застосування фосфору.

Водневі сполуки фосфору. Фосфін, солі фосфонію, дифосфін. Фосфіди. Галогеніди та оксогалогеніди фосфору. Фосфонітрилхлорид.

Кисневі сполуки фосфору. Будова, добування, фізичні та хімічні властивості, застосування. Оксид фосфору(III). Фосфорнуватиста кислота, гіпофосфіти. Ортофосфориста кислота, ортофосфіти. Пірофосфориста кислота, пірофосфіти. Фосфорнувата і фосфористофосфорна кислоти, гіпофосфати і фосфітофосфати. Оксид фосфору(V). Ортофосфорна кислота, фосфати, гідрофосфати, дігідрофосфати. Поліфосфорні кислоти. Мета фосфорні кислоти. Поліфосфати, метафосфати, поліметафосфати. Пірофосфорна кислота, пірофосфати. Аналітичні ідентифікація фосфорних кислот. Фосфорні добрива. Роль похідних фосфорної кислоти у біологічних процесах. Пероксофосфорні кислоти.

Підгрупа арсену – арсен, стибій, вісмут. Поширеність елементів підгрупи арсену у природі. Добування арсену, сурми, бісмуту, їхні фізичні та хімічні властивості та застосування. Сплави сурми та бісмуту.

Водневі сполуки арсену, сурми та бісмуту: арсин, стибін, бісмутин. Реакції Марша та Гутцайта. Арсеніди, антимоніди, бісмутиди.

Кисневі сполуки арсену, сурми та бісмуту(III). Оксиди, гідроксиди. Арсениста кислота, гідроксид сурми(III). Гідроксид бісмуту(III).

Кисневі сполуки арсену, сурми та бісмуту(V). Оксид арсену(V). Арсенова кислота. Оксид сурми(V), оксид бісмуту(V). Бісмутати. Закономірності зміни кислотних та окисних властивостей сполук арсену, сурми, бісмуту залежно від ступеня окиснення елемента.

Галогеніди підгрупи арсену. Сульфіді та тіосолі підгрупи арсену.

Застосування сполук підгрупи арсену.

#### **5. Загальна характеристика р-елементів IV групи Періодичної системи Д.І. Менделєєва**

Загальна характеристика закономірностей зміни властивостей елементів підгрупи.

Карбон. Особливості електронної будови атома вуглецю. Ізотопний склад вуглецю. Поширення вуглецю у природі. Алотропія вуглецю. Активоване вугілля. Хімічні властивості вуглецю.

Сполуки вуглецю з металами та неметалами. Карбіди. Солеподібні, ковалентні та металічні карбіди. Будова, добування, властивості, застосування. Карбід кремнію (карборунд). Галогеніди вуглецю. Оксид вуглецю(II) (чадний газ). Будова, добування, фізичні та хімічні властивості. Фосген. Карбоніли. Оксид вуглецю(IV) (вуглекислий газ). Будова, добування, фізичні та хімічні властивості. Вугільна кислота, карбонати та гідрокарбонати. Солі карбамінової кислоти

(карбамати). Карбамід (сечовина). Сірковуглець. Діціан. Синільна кислота. Ціанаміди лужних та лужноземельних металів. Родановоднева (тіоціанова) кислота.

Силіцій. Будова атома силіцію, кристалічна структура. Поширеність силіцію у природі. Добування силіцію, його фізичні та хімічні властивості та застосування.

Сполуки силіцію з металами та неметалами. Силіциди. Силани. Будова, добування та властивості. Сполуки силіцію з галогенами. Гексафторокремнієва кислота.

Кисневі сполуки силіцію. Оксид силіцію(II). Оксид силіцію(IV). Силікатні кислоти. Силікати. Будова силікатів. Штучні силікати. Скло, цемент. Силоксани.

Підгрупа германію. Поширеність германію, олова та свинцю у природі. Ізотопний склад. Добування германію, олова та свинцю. Фізичні та хімічні властивості елементів підгрупи германію, їх застосування. Зміна кислотно-основних властивостей та окисно-відновної здатності сполук германію, олова та свинцю у ступенях окиснення +2 та +4.

Найважливіші сполуки елементів підгрупи германію. Оксиди елементів(II). Гідроксиди елементів(II). Германіти, станіти та плюмбіти. Галогеніди елементів(II). Сульфід елементів(II). Розчинні та нерозчинні солі свинцю(II). Оксиди елементів(IV). Гідроксиди елементів(IV). Олов'яні кислоти. Германати, станати та плюмбати. Сурик. Галогеніди елементів(IV). Сульфід елементів(IV). Солі кисневих кислот елементів(IV). Гідриди елементів підгрупи германію. Металоорганічні сполуки підгрупи германію.

## **6. Загальна характеристика р-елементів III групи Періодичної системи Д.І. Менделєєва**

Бор. Будова атома бору. Поширеність бору в природі. Добування бору. Фізичні та хімічні властивості бору. Сполуки бору з металами та неметалами: галогеніди бору, нітрид бору, борофтороводнева кислота. Бороводні (борани), будова, добування, фізичні та хімічні властивості. Борогідриди металів. Бориди. Кисневі сполуки бору. Оксид бору, борні кислоти та їхні солі. Борати. Бура.

Алюміній. Будова атома. Поширеність алюмінію в природі. Ізотопний склад. Виробництво алюмінію. Фізичні та хімічні властивості алюмінію. Застосування алюмінію. Сплави алюмінію. Оксид алюмінію. Гідроксид алюмінію. Алюмінати. Гідроліз солей алюмінію. Комплексні сполуки алюмінію. Подвійні солі. Добування та будова безводних галогенідів алюмінію. Сульфід, нітрид алюмінію. Гідрид алюмінію та гідрідоалюмінати.

Підгрупа галію. Особливості електронної будови атомів та іонів підгрупи галію. Поширення у природі елементів підгрупи галію. Добування галію, індію і талію. Фізичні та хімічні властивості та застосування елементів підгрупи галію. Валентні стани галію, індію і талію. Оксиди та гідроксиди підгрупи галію. Солі та комплексні сполуки. Застосування сполук елементів підгрупи галію.

## **7. Інертні (благородні) гази**

Особливості електронної будови інертних газів. Поширеність у природі. Способи розділення сумішей інертних газів. Фізичні та хімічні властивості інертних газів.

Сполуки благородних газів. Дифторид, тетрафторид, гексафторид ксенону. Оксид ксенону(VI). Перксенати. Застосування інертних газів та їхніх сполук.

## **8. Лужні метали**

Лужні метали - елементи IA групи. Особливості електронної будови атомів. Поширення лужних металів у природі. Добування лужних металів. Фізичні та хімічні властивості.

Сполуки лужних металів з неметалами. Гідриди, нітриди, галогеніди, сульфід. Кисневі сполуки лужних металів. Оксиди, пероксиди, над пероксиди, озоніди. Гідроксиди лужних металів. Способи добування. Фізичні та хімічні властивості. Солі лужних металів: сульфати, нітрати, фосфати, карбонати. Способи добування соди: аміачний та сульфатний. Добування поташу. Кристалогідрати солей лужних металів. Калійні добрива. Комплексні сполуки лужних металів. Застосування лужних металів та їхніх сполук.

## 9. Елементи Іа групи

Берилій. Особливості електронної будови атома. Поширеність берилію. Ізотопи берилію. Добування берилію. Фізичні та хімічні властивості берилію. Застосування берилію та його сплавів. Гідроксид берилію. Солі берилію, берилати, їхній гідроліз. Основні та комплексні карбонати берилію. Оксиацетат берилію. Галогеніди берилію. Застосування сполук берилію.

Магній. Поширеність магнію у природі. Добування магнію. Сплави магнію. Фізичні та хімічні властивості магнію. Оксид магнію. Гідроксид магнію. Фосфат магнію. Гідроліз розчинних солей магнію. Магнезіальний цемент. Добування безводних галогенідів магнію. Застосування магнію та його сполук.

Лужноземельні метали. Поширеність лужноземельних металів. Добування металевих кальцію, стронцію та барію. Фізичні та хімічні властивості.

Гідриди, оксиди, гідроксиди, галогеніди, нітриди лужноземельних металів. Розчинні та нерозчинні солі лужноземельних металів. Нітрати, сульфати, карбонати лужноземельних металів. Комплексоутворююча здатність іонів лужноземельних металів.

Твердість води. Тимчасова та постійна твердість води. Способи усунення твердості води.

Переробка та застосування природних сполук кальцію. Вапно, негашене та гашене вапно. Мармур, крейда, гіпс, алебастр. Виробництво цементу. Застосування лужноземельних металів та їхніх сполук.

## 10. Елементи VІВ групи

Підгрупа хрому – хром, молібден, вольфрам. Поширення у природі елементів підгрупи хрому. Фізичні та хімічні властивості. Способи добування хрому, молібдену, вольфраму.

Сполуки хрому, молібдену та вольфраму. Оксид хрому(II), гідроксид хрому(II), солі хрому(II). Оксид хрому(III), гідроксид хрому(III), солі хрому(III), хроміти. Гідратна ізомерія хлоридів хрому(III). Комплексні сполуки та подвійні солі хрому(III). Оксиди хрому, молібдену та вольфраму(IV), оксид молібдену(V). Молібденові та вольфрамові «сині». Вольфрамові бронзи. Оксид хрому(VI). Хромові кислоти, хромати та полі хромати. Оксиди молібдену та вольфраму(VI), молібденова та вольфрамова кислоти, ізополікислоти та гетерополікислоти. Сірковмісні сполуки хрому, молібдену та вольфраму. аlogen іди хрому, молібдену та вольфраму. Оксогалогеніди. Пероксидні сполуки хрому. Застосування елементів підгрупи хрому та їхніх сполук.

## 11. Елементи VІІВ групи

VІІВ група – підгрупа мангану. Манган та реній у природі. Добування мангану, технецію та ренію. Фізичні та хімічні властивості елементів підгрупи мангану. Застосування металів та їхніх сплавів. Зіставлення кислотно-основних та окисно-відновних властивостей мангану та його аналогів у різних ступенях окиснення.

Добування та властивості сполук мангану. Оксид мангану(II), гідроксид мангану(II), солі мангану(II). Оксид мангану(III), гідроксид мангану(III), солі мангану(III). Комплексні сполуки мангану(II), (III).

Сполуки мангану(IV). Оксид та гідроксид мангану(IV). Манганіти. Марганцовиста кислота та манганати. Марганцева кислота та перманганати. Оксид мангану(VII).

## 12. Елементи ІВ групи

Будова атомів елементів підгрупи міді. Природні сполуки міді, срібла та золота. Переробка природних сполук міді, срібла та золота. Фізичні та хімічні властивості міді, срібла та золота. Застосування міді, коштовних металів та їхніх сплавів.

Сполуки міді(II) та (I). Оксид, гідроксид, солі міді(II). Куприти. Оксид, гідроксид, солі міді(I). Комплексні сполуки міді(II) та міді(I). Сполуки міді(III). Оксид міді(III). Куприти.

Сполуки срібла(I). Оксид та гідроксид срібла(I). Розчинні та нерозчинні солі срібла. Комплексні сполуки срібла(I). Принципи процесу фотографування. Процес посріблення. Срібло (II) та (III).

Оксиди золота та їхні гідрати. Оксид золота(I), оксид та гідроксид золота(III). Солі та

комплексні сполуки золота. Тетрахлорозолота кислота.

Зміна характерних ступенів окиснення у ряді мідь – срібло – золото.

### 13. Елементи ІІВ групи

Будова електронних оболонок атомів цинку, кадмію, ртуті. Мінерали цинку, кадмію та ртуті. Добування, фізичні та хімічні властивості, застосування цинку, кадмію та ртуті. Сплави, що містять цинк, кадмій та ртуть. Амальгами.

Зміна кислотно-основних властивостей оксидів та гідроксидів у ряді цинк(II) - кадмій(II) – ртуть(II). Гідроліз солей цинку(II), кадмію(II) та ртуті(II). Зміна типу зв'язку в аналогічних сполуках цинку(II), кадмію(II) та ртуті(II). Комплексні сполуки цинку(II), кадмію(II) та ртуті(II). Амідні сполуки ртуті. Плавкий та неплавкий преципітати, основа Міллона, реактив Несслера.

Сполуки ртуті(I): оксид, гідроксид, солі. Застосування сполук цинку, кадмію та ртуті.

### 14. Елементи VІІВ групи

Сімейство заліза. Будова атомів заліза, кобальту, нікелю. Поширеність у природі заліза, кобальту та нікелю. Доменний процес добування чавуну. Переробка чавуну на сталь та ковке залізо. Конверторний та мартенівський способи. Конверторні методи Бессемера та Томаса. Добування кобальту та нікелю. Фізичні та хімічні властивості заліза, кобальту та нікелю. Спеціальні та нержавіючі сталі. Сплави кобальту на нікелю. Застосування металевих заліза, кобальту та нікелю.

Валентні стани заліза, кобальту та нікелю. Сполуки заліза(II). Оксид, гідроксид, солі заліза(II). Сіль Мора. Карбонати заліза(II). Сполуки заліза(III). Оксид, гідроксид, солі заліза(III). Змішаний оксид заліза (II)-(III). Ферити. Комплексні сполуки заліза(II) та (III). Жовта та червона кров'яні солі. Карбоніли заліза. Фероцен. Поняття про гемоглобін. Ферати – похідні заліза(VI). Оксид заліза(VIII).

Сполуки кобальту(II) та (III). Оксид, гідроксид, солі кобальту(II). Оксид та гідроксид кобальту(III). Фторид кобальту(III). Комплексні сполуки кобальту(II) та (III). Стабілізація кобальту(III) у комплексних сполуках, оксидах, фторидах. Карбоніли кобальту.

Сполуки нікелю(II). Оксид, гідроксид, солі, комплексні сполуки нікелю(II). Карбоніл нікелю. Сполуки нікелю(III): оксид та гідроксид нікелю(III).

Сімейство платини. Будова атомів елементів групи платинових металів. Платинові метали у природі. Добування платинових металів з руд. Фізичні та хімічні властивості, застосування платинових металів.

Закономірності у зміні стійкості характерних ступенів окиснення у сполуках платинових металів. Сполуки рутенію та осмію(VIII). Сполуки родію та іридію(III). Сполуки паладію та платини(II). Сполуки платини(IV). Гексахлороплатинова кислота. Флориди платини. Комплексні сполуки платини(II) та (IV).

### 15. Елементи ІVВ групи

Будова атомів елементів підгрупи титану. Валентні стани елементів підгрупи титану. Поширеність у природі елементів підгрупи титану. Фізичні та хімічні властивості. Способи добування титану, цирконію та гафнію. Застосування титану, цирконію, гафнію та сплавів на їх основі.

Сполуки елементів підгрупи титану(IV). Оксиди, гідроксиди, солі, галогеніди, карбід, титану, цирконію, гафнію(IV). Стан іонів титану, цирконію, гафнію(IV) у водних розчинах. Титанати, цирконати, гафнати. Нітриди та сульфід титану та цирконію. Комплексні сполуки титану, цирконію, гафнію(IV).

Зміна стійкості сполук з нижчими ступенями окиснення у ряді титан – цирконій – гафній. Добування та властивості солей титану(III). Гідроксид та оксид титану(III). Оксид титану(II). Галогеніди титану, цирконію та гафнію з нижчими ступенями окиснення.

### 16. Елементи VВ групи

Будова атомів елементів підгрупи ванадію. Поширення у природі елементів підгрупи



ванадію. Фізичні та хімічні властивості, добування, застосування ванадію, ніобію, танталу.

Сполуки елементів підгрупи ванадію(V). Оксиди ванадію, ніобію, танталу(V). Ванадій, ніобій, тантал(V) у водних розчинах. Ванадати, ніобіти, танталати. Галогеніди ванадію, ніобію, танталу. Комплексні сполуки ванадію, ніобію, танталу.

Зміна стійкості сполук з вищими та нижчими ступенями окиснення у ряді ванадій – ніобій – тантал. Сполуки ванадію (II), (III), (IV) у водних розчинах.

### **17. Загальна характеристика елементів ШВ групи**

Структура підгрупи рідкісноземельних елементів. Підгрупа скандію, лантаноїди, актиноїди. Відкриття РЗЕ. Ступені окиснення, ізотопний склад, поширення у природі. Лантаноїдне стиснення. Добування металів, фізичні та хімічні властивості.

Сполуки РЗЕ: оксиди, гідроксиди, солі, подвійні солі, комплексні сполуки. Методи розділення РЗЕ. Застосування РЗЕ та їхніх сполук.

Актиноїди. Поширення у природі. Різниця у будові електронних оболонок та ступенях окиснення лантаноїдів та актиноїдів. Сімейства торію та берклію. Природні радіоактивні елементи. Найважливіші сполуки. Оксиди, гідроксиди, солі елементів(IV). Оксиди та гідроксиди урану та протактинію(V). Триоксид, гексафторид та гексахлорид урану.

Синтезовані елементи. Добування урану та плутонію з руд.

### **Література**

1. Ракитська Т.Л. Загальна хімія : навчальний посібник. Одеса: ОНУ імені І.І. Мечникова, 2019. 291 с.
2. Ракитська Т.Л. Загальна хімія. Одеса: Астропринт, 2000. 211 с.
3. Загальна та неорганічна хімія/ Гомонай В. І., Мільович С. С. Вінниця : Нова Книга, 2016.– 448 с.
4. Загальна та неорганічна хімія / Н. В. Романова. К.-Ірпінь : Перун, 2007. 480 с.
5. Загальна хімія/ В.В. Григор'єваЮ В.М. Самойленко, А.М. Сич, О.А. Голуб. К.: Вища шк., 2009. 471
6. Загальна хімія : навч. посібник / В. І. Булавін та ін. ; заг. ред. В. І. Булавін ; Нац. техн. унт "Харків. політехн. ін-т". Вид. 2-ге, переробл. та допов. Харків : НТУ "ХПІ", 2019. 376 с.
7. Назарко І. С., Вічко О. І. Загальна хімія : навч. посіб. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 192 с.
8. Левітін Є. Я., Бризицка А. М., Ключова Р. Г. Загальна та неорганічна хімія: підр. для студентів вищ. навч. закл. Харків : НФаУ : Золоті сторінки, 2017. 512 с.
9. Гомонай В. І., Мільовч С. С. Загальна та неорганічна хімія : підручник. Вінниця : Нова Книга, 2016. 448 с.

## **АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ**

### **1. Аналітична хімія як наука. Предмет, структура, тенденції розвитку.**

Предмет аналітичної хімії. Структура аналітичної хімії: якісний та кількісний аналіз. Класифікація методів аналізу. Хімічні, фізико-хімічні та фізичні методи. Види аналізу: ізотопний, елементний, функціональний, структурний, молекулярний, фазовий.. Види аналізу в залежності від кількості речовини, яку аналізують. Макро-, мікро- і ультрамікроаналіз.

Методологічні аспекти аналітичної хімії: індивідуальність аналітичної хімії, її місце в системі наук, зв'язок з практикою. Значення аналітичної хімії в розвитку природознавства, техніки і народного господарства. Основні аналітичні проблеми: зниження границі виявлення; підвищення точності; забезпечення експресійності; аналіз мікрооб'єктів; аналіз без руйнування; локальний аналіз; дистанційний аналіз.

Розвиток аналітичної хімії в Україні. Сучасний стан і тенденції розвитку аналітичної хімії: індустріалізація, автоматизація, математизація, збільшення частки фізичних методів, переходів до багатокомпонентного аналізу. Наукова хіміко-аналітична література.

## 2. Типи хімічних реакцій і процесів в аналітичній хімії

Основні типи реакцій і процесів в аналітичній хімії: кислотно-основні, окислення-відновлення, утворення комплексів, осадження-розчинення, екстракції, сорбції. Термодинамічні константи рівноваги. Стан речовин в ідеальних і реальних системах. Структура розчинників і розчину. Сольватація, іонізація, дисоціація. Поведінка електролітів і неелектролітів в розчинах. Теорія Дебая – Хюккеля. Коефіцієнти активності. Концентраційні та термодинамічні константи. Складні рівноважні системи. Метод конкуруючих реакцій. Загальна і рівноважна концентрація. Умовні константи. Константи рівноваги в гомогенних та гетерогенних системах.

## 3. Кислотно-основні реакції в аналітичній хімії.

Сучасні погляди на кислоти і основи. Теорії ангідроокислот та ангідрооснов, сольвосистем, Льюїса, Усановіча, Пірсона, Бренстеда – Лоурі; їх порівняння та загальні висновки щодо понять “кислота” та “основа”. Рівновага в системі кислота - супряжена основа і розчинник. Константи кислотності та основності. Класифікація розчинників. Константа автопротолізу. Вплив природи розчинника на силу кислоти й основи. Нівелюючий і диференціюючий ефект розчинника.

Кислотно-основна рівновага в багатокомпонентних системах. Буферні розчини і їх властивості. Буферна ємність. Обчислення рН розчинів сильних та слабких кислот і основ, солей, буферних розчинів.

## 4. Методи виявлення та ідентифікації іонів.

Аналітична реакція та аналітичний ефект. Вимоги до аналітичних реакцій, засоби та умови їх проведення.

Завдання і вибір методу виявлення й ідентифікації. Ідентифікація атомів, іонів, молекул і речовин. Дробний і систематичний аналіз. Види систематичного аналізу.

Мікрористалоскопічний аналіз, пірохімічний аналіз (забарвлення полум'я, возгонка, утворення перлів). Краплинний аналіз, аналіз розтирання порошків. Полумікроаналіз. Експресний якісний аналіз в заводських і польових умовах.

Кислотно-основний метод визначення катіонів. Характеристика I–VI аналітичних груп катіонів. Групові реагенти. Умови проведення аналітичних реакцій визначення катіонів:  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  та аніонів:  $SO_4^{2-}$ ,  $SO_3^{2-}$ ,  $S^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ . Аналіз суміші катіонів та аніонів.

### *Титриметричні методи аналізу*

#### 1. Загальні питання.

Класифікація методів за типами хімічних реакцій. Вимоги до реакції в титриметричному аналізі. Види титриметричного визначення: пряме і зворотне титрування, визначення по заміщенню. Способи вираження концентрації розчинів в титриметрії. Еквівалент. Молярна маса еквівалента. Молярна концентрація. Молярна концентрація еквіваленту. Розчини точної та приблизної концентрації, посуд для вимірювання їх об'єму. Первинні стандарти, вимоги до них. Стандарт-титри. Вторинні стандарти. Точка стехіометричності і кінцева точка титрування.

Визначення точки стехіометричності розрахунковим та графічним методами. Загальні правила вибору індикатору та побудови кривих титрування. Фактори, які впливають на стрибок кривої титрування. Безіндикаторні методи встановлення точки стехіометричності.

#### 2. Метод кислотно-основного титрування.

Види індикаторів і правила їх вибору в залежності від типу хімічної реакції. Кислотно-основні індикатори. Теорія забарвленості органічних сполук. Іонно-хромофорна теорія індикаторів. Показник титрування. Інтервал переходу забарвлення індикатору.

Помилки титрування в залежності від правильності вимірювання об'єму, кількості індикатору та неправильного його вибору. Індикаторні помилки при визначенні сильних і слабких кислот і основ.

Виготовлення і стандартизація розчину гідрооксиду натрію і соляної кислоти. Первинні

стандарти для встановлення концентрації розчинів кислот і лугів. Титрування одноосновних та багатоосновних кислот, аміаку. Аналіз розчину карбонату натрію. Визначення тимчасової твердості води.

### **3. Окислювально-відновні реакції (ОВР) в аналітичній хімії.**

Електрохімічний потенціал як характеристика супряжених окислювача та відновника (редокс – пари). Стандартний, формальний та реальний потенціали. Рівняння Нернста. Зв'язок константи рівноваги зі стандартними потенціалами. Напрямок реакції окислення і відновлення. Фактори, які впливають на напрямок перебігу окислювально-відновних реакцій: рН розчину, концентрація окисника та відновника, побічні реакції (осадження та комплексоутворення), каталізатор. Механізми окислювально-відновних реакцій. Індуктовані та супряжені реакції.

Основні неорганічні і органічні окислювачі і відновники, які застосовуються в аналізі. Використання ОВР для якісного та кількісного визначення сполук, розділення та маскування, для розчинення металів та осадів.

### **4. Методи окислювально-відновного титрування.**

Окислювально-відновні індикатори: редокс-індикатори, необратимі індикатори, специфічні індикатори. криві титрування. Обчислення електрохімічного потенціалу в точці еквівалентності.

Перманганатометрія. Визначення заліза (II), оксалатів, пероксиду водню, нітратів. Йодометрія. Умови стандартизації тіосульфату натрію. Система йод-йодид, як окислювач або відновник. Визначення заліза (III), міді (II), хлороводневої кислоти, пероксидів. Дихроматометрія.

### **5. Комплексні сполуки та їх використання в аналітичній хімії.**

Типи комплексних сполук, які використовуються в хімічному аналізі. Властивості комплексних сполук, які мають аналітичне значення: стійкість, розчинність, забарвлення. Класифікація комплексних сполук: внутрішньосферні і зовнішньосферні (іонні пари), одноріднолігандні і змішанолігандні, поліядерні (гетерополіядерні і гомополіядерні). Координаційне число та дентатність лігандів. Ступінчасте комплексоутворення. Кількісні характеристики комплексних сполук: константи стійкості або нестійкості (ступінчасті та загальні). Інертні та лабільні комплекси.

Фактори, які впливають на комплексоутворення: будова центрального атома і ліганду, концентрація компонентів, рН, іонна сила розчину, температура. Вплив комплексоутворення на розчинність сполук, окислювально-відновний потенціал систем, кислотно-основну рівновагу, стабілізацію різних ступенів окислення елементів. Способи підвищення чутливості і селективності за допомогою комплексних сполук.

### **6. Органічні реагенти в аналітичній хімії. Хелати. Теорія забарвлення.**

Теоретичні основи взаємодії органічних реагентів з неорганічними іонами. Функціонально-аналітичні групи. Солеутворюючі та комплексоутворюючі угруповання. Вплив загальної структури на властивості органічних сполук, значення замісників і хромофорних груп. Теорія аналогії Кузнєцова. Вплив природи функціонально-аналітичних груп, їх розташування, стереохімії молекул селективність його взаємодії з неорганічними іонами.

Основні типи сполук, які утворюються за участю органічних реагентів. Хелати, внутрішньоконкомплексні сполуки. Фактори, що визначають стійкість хелатів: природа донорних атомів і структура реагентів, розмір циклу, число циклів, характер зв'язку метал-ліганд. Переваги органічних реагентів в порівнянні з неорганічними.

Можливості використання комплексних сполук і органічних реагентів в різних методах аналізу для якісного та кількісного визначення, розділення, маскування іонів, для розчинення осадів.

### **7. Методи комплексометричного титрування**

Способи комплексометричного титрування: пряме, зворотне, витіснювальне, непряме. Металохромні індикатори і вимоги до них. Селективність титрування і способи її підвищення. Етилендіамінтетраоцтова кислота (ЕДТА) і її динатрієва сіль (Трилон Б) та їх стандартизація.

Визначення кальцію, магнію в розчинах чистих солей і при спільній присутності. Визначення загальної та постійної твердості води. Визначення сульфатів.

### ***Реакції осадження в аналітичній хімії.***

#### ***Осаджувальне титрування. Гравіметрія.***

##### **1. Добуток розчинності та його використання.**

Залежність розчинності осаду від його індивідуальних властивостей, добутку розчинності (ДР), типу кристалічної решітки для неорганічних сполук, будови молекули, наявності гідрофільних та гідрофобних замісників для органічних сполук).

Добуток розчинності. Розрахунки розчинності осаду, умов його утворення. Вплив умов осадження (концентрації осаджувача, сольового складу розчину, рН, температури). Сольовий ефект.

##### **2. Осади та їх властивості.**

Механізм утворення осаду. Кристалічні й аморфні осади, їх недоліки та переваги, умови та області використання. Залежність форми осаду від швидкості утворення первинних частинок і їх росту. Умови утворення

##### **3. Співосадження. Колоїдні розчини.**

Причини забруднення осаду. Співосадження внутрішнє та зовнішнє. Внутрішнє: утворення твердих розчинів заміщення; утворення твердих розчинів упродовження; утворення хімічних сполук. Зовнішнє: адсорбція. Механізм адсорбції, правила адсорбції. Правило Панета – Фаянса – Гана. Обмінна адсорбція. Фактори, які впливають на адсорбцію.

Механізм утворення колоїдних розчинів. Будова колоїдної частки. Міцела. Ізоелектрична точка. Коагуляція та пептизація. Запобігання виникненню колоїдних розчинів. Позитивне і негативне значення явища співосадження в аналізі.

##### **4. Методи осаджувального титрування.**

Аргентометрія. Приготування та стандартизація розчинів. Методи Фольгарда, Мора, Фаянса. Індикатори методів осадження. Титрування з адсорбційними індикаторами. Меркурометрія.

##### **5. Гравіметричний метод аналізу**

Сутність гравіметричного аналізу і межі його застосування. Прямі і непрямі методи визначення. Помилки в гравіметричному аналізі. Найважливіші неорганічні й органічні осаджувачі. Загальна схема визначення. Обчислення величини наважки, об'єму осаджувача, об'єму розчину, результату аналізу. Гравіметричний фактор. Вимоги до осаджувальної форми. Способи відокремлення осаду від розчину. Промивання осаду. Вимоги до гравіметричної форми. Зміна складу осаду при висушуванні і прожарюванні.

Аналітичні терези. Фактори, які впливають на точність зважування. Техніка зважування.

Приклади практичного застосування гравіметричного методу аналізу. Вода в твердих тілах. Методи визначення води. Визначення елементів у вигляді оксидів (заліза, алюмінію), у вигляді солей (барію і сульфатів), у вигляді внутрішньокмлексних сполук (нікелю з диметилгліоксимом).

### **Література**

1. Аналітична хімія. Якісний аналіз: навчально-методичний посібник (ВНЗ III—IV р. а.) / Рева Т. Д., Чихало О. М., Зайцева Г. М. та ін. Всеукраїнське спеціалізоване видавництво «Медицина», 2017. 280 с.

2. Аналітична хімія. Хімічні методи аналізу: навчальний посібник / за ред. проф. Л.П. Циганок. Дніпропетровськ: ДНУ ім. О. Гончара, 2014. 252 с.

3. Юрченко О. І., Бугаєвський О. А., Дрозд А. В., Мельник В. В., Холін Ю. В. Аналітична хімія. Загальні положення. Якісний та кількісний аналіз: навчальний посібник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. 344 с.

4. Аналітична хімія : підручник для вищих навчальних закладів / Під ред. В.М. Зайцева. Донецьк: «Ноулідж», 2010. 417 с.

5. Чеботарьов О.М., Снігур Д.В. Метрологічні основи хімічного аналізу : підручник. Одеса : «Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова», 2019. 229 с. ISBN 978-617-689-326-4
6. Левицька Г. Д., Дубенська Л. О. Електрохімічні методи аналізу: навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 273 с.
7. Тимошук О. С., Тимошук С. В., Врублевська Т. Я., Пацай І. О. Основи електроаналітичної хімії : навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2018. 438 с.
7. Аналітична хімія. Якісний та кількісний аналіз: навчальний конспект лекцій / за ред. проф. В.В. Болотова. Вінниця: Нова книга, 2011. 424 с.
8. Топоров С.В., Хома Р.Є. Аналітична хімія. Фізико-хімічні методи аналізу. Частина І. Електрохімічні методи аналізу : методичний посібник. Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2016. 76 с.
9. Чеботарьов О.М., Топоров С.В. Аналітична хімія. Фізико-хімічні методи аналізу. Частина ІІ. Оптичні методи аналізу: методичний посібник. Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2017. 84 с.

## ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

### **Вступ.**

Предмет органічної хімії. Структура курсу органічної хімії. Методологічні аспекти органічної хімії: індивідуальність органічної хімії, її місце в системі наук. Зв'язок органічної хімії з іншими хімічними, біологічними та фармацевтичними дисциплінами. Значення органічної хімії в розвитку природознавства, техніки, фармакології та підготовки висококваліфікованих спеціалістів в галузі фармацевтичної науки та практики. Розвиток органічної хімії в Україні та її південному регіоні. Сучасний стан і перспективи розвитку органічної хімії.

### **1. Загальні положення теоретичної органічної хімії**

*Будова органічних сполук.* Теорія будови органічних сполук О.М.Бутлерова. Основні положення та значення для подальшого розвитку органічної хімії. Типи хімічного зв'язку (іонний, ковалентний, семіполярний, водневий). Гібридизація атомних орбіталей, ковалентні  $\sigma$ - та  $\pi$ - зв'язки. Основні характеристики ковалентного зв'язку (полярність, поляризованість, довжина, спрямованість, енергія). Ефекти електронних зсувів в молекулах органічних сполук (індуктивний та мезомерний ефекти, гіперкон'югація). Локалізований та делокалізований

*Класифікація органічних сполук, реагентів і реакцій.* Класифікація органічних сполук, принципи номенклатури насичених та ненасичених вуглеводнів, вуглеводневих радикалів. Ізомерія органічних сполук (структурна, геометрична, оптична та поворотна ізомерія). Класифікація реакцій (гомолітичні та гетеролітичні, S, A, E та перициклічні, моно- і бімолекулярні). Класифікація реагентів (нуклеофільні, електрофільні, радикальні реагенти). Поняття про типи механізмів реакцій в органічній хімії. Термодинамічно та кінетично контрольовані реакції.

### **2. Методи виділення, очистки та ідентифікації органічних сполук. Алкани**

*Методи виділення, очистки та ідентифікації органічних сполук.* Загальні уявлення про методи виділення, очистки та ідентифікації органічних сполук. Основні етапи дослідження органічних сполук.

Способи розділення органічних речовин: фільтрування, центрифугування, перекристалізація, возгонка та ректифікація, перегонка з водяною парою, екстракція. Колоночна, тонкошарова і газова хроматографія, їх використання для розділення та ідентифікації органічних сполук. Суть цих методів і практичне застосування. Принципи якісного елементного аналізу органічних сполук.

Фізичні константи органічних сполук (температури плавлення й кипіння, густина, показник заломлення, молекулярна рефракція), їх сутність, методи визначення та використання для ідентифікації.

Сучасні інструментальні методи ідентифікації органічних сполук: ІЧ, УФ, ЯМР

спектроскопія, їх сутність і основні параметри, що використовуються для ідентифікації речовин.

### 3. Алкани.

Номенклатура та ізомерія алканів. Електронна та просторова будова алканів. Поворотна ізомерія, конформації та їх відносні енергії на прикладі етану та бутану. Методи синтезу алканів: гідрування ненасичених вуглеводнів, відновлення різних класів органічних сполук, реакція Вюрца, декарбоксілювання та електроліз солей карбонових кислот (реакція Кольбе), гідроліз магнійорганічних сполук.

Хімічні властивості алканів. Гомолітичний тип розриву зв'язку (гомоліз). Енергія дисоціації ковалентного зв'язку. Вільні радикали та фактори, що визначають відносну стабільність вільних радикалів. Реакції вільних радикалів з переносом та втратою радикальних властивостей (рекомбінація та диспропорціювання). Механізми вільнорадикальних реакцій в алканах: галогенування, сульфохлорування, нітрування. Реакційна здатність та вибірковість (регіоселективність) при реакціях радикального заміщення. Реакції окиснення, дегідрування та крекінгу.

### 4. Алкени, алкіни, алкадієни

*Будова та номенклатура алкенів, алкінів, алкадієнів.* Номенклатура, ізомерія, електронна будова ненасичених вуглеводнів. Поняття про локалізовані та делокалізовані зв'язки. Просторова ізомерія алкенів та алкадієнів.

*Методи синтезу та хімічні властивості алкенів, алкінів, алкадієнів.* Методи синтезу алкенів, алкінів, алкадієнів: дегідрування, дегідрогалогенування, дегалогенування, дегідратація спиртів, часткове гідрогенування алкінів, карбідний та піролітичний методи отримання ацетилену. Хімічні властивості алкенів, алкінів, алкадієнів. Реакції приєднання: галогенування, гідрування, гідратації та гідрогалогенування. Механізм електрофільного приєднання, регіо- та стереоселективність реакцій  $A_E$ . Правило Марковникова та його сучасна інтерпретація. Обернення орієнтації приєднання бромоводню (за Карашем) як наслідок зміни механізму ( $A_R$ ). 1,2- та 1,4-приєднання до кон'югованих алкадієнів. Реакції окиснення: епоксидування (реакція Прилежаєва), гідроксилювання (реакція Вагнера), озоноліз. Полімеризація. Каталітичне приєднання  $CO$  та водню до алкенів. Алільне галогенування алкенів. Нуклеофільне приєднання до потрійного зв'язку (спиртів, карбонових кислот, ціановодню). Кислотні властивості термінальних ацетиленів. Ацетиленіди металів. Дієновий синтез як приклад реакції циклоприєднання.

### 5. Ароматичні сполуки

*Будова та номенклатура ароматичних сполук.* Бензол та його гомологи: толуол, ксилоли, кумол. Номенклатура, ізомерія ароматичних сполук. Електронна будова бензольного кільця. Поняття про ароматичність, правило Хюккеля, енергія кон'югації та ступінь ароматичності (бензол, нафталін, антрацен, фенантрен). Небензоїдні ароматичні системи (циклопропенілій- і тропілій-катіони, циклопентадієнілій-аніон, азулен, анулени). Ароматичні гетероциклічні сполуки.

*Методи синтезу та хімічні властивості ароматичних сполук бензоїдного ряду.* Методи синтезу бензолу та його гомологів: тримеризація ацетилену та його гомологів, дегідрогенування циклоалканів, дегідроциклізація алканів, декарбоксілювання солей карбонових кислот, алкілювання (реакції Вюрца-Фіттіга, Фріделя-Крафтса).

Хімічні властивості аренів і реакції електрофільного заміщення (галогенування, нітрування, сульфування, алкілювання, ацилювання). Механізм реакцій електрофільного заміщення в ароматичному кільці, вплив замісників в бензольному кільці на ізомерний склад продуктів і швидкість реакції (правила орієнтації та їх теоретичне обґрунтування). Згоджена та незгоджена орієнтація. Порядок введення замісників в бензольне кільце.

Реакції окиснення бензолу та його гомологів. Реакції приєднання – гідрування та галогенування. Галогенування гомологів бензолу в бензильне положення ( $S_R$ ). Хімічні властивості багатоядерних ароматичних сполук (нафталін, антрацен, фенантрен).

## 6. Галогенопохідні, спирти, феноли

*Галогенопохідні аліфатичного та ароматичного рядів.* Моногалогенопохідні аліфатичного та ароматичного рядів, їх номенклатура, ізомерія та електронна будова. Полярність зв'язку C–Hal та її залежність від природи атома галогену та характеру радикала. Способи утворення зв'язку C–Hal: заміщення атому водню, реакції приєднання до кратного зв'язку, заміщення гідроксигрупи. Синтез ароматичних галогенопохідних з солей діазонію.

Хімічні властивості моногалогенопохідних: нуклеофільне заміщення атомів галогенів і дегідрогалогенування. Особливості механізмів  $S_N1$  та  $S_N2$  (вплив будови субстрату, розчинника та нуклеофільності атакуючого реагенту). Стереохімічні особливості реакцій нуклеофільного заміщення. Конкуренція реакцій нуклеофільного заміщення ( $S_N1$  та  $S_N2$ ) та елімінування (E1 та E2). Залежність співвідношення продуктів реакції від природи та концентрації нуклеофілу та основи, будови алкілгалогеніду, природи розчинника. Врахування цих залежностей у плануванні синтезів на основі галогенопохідних. Сполуки з підвищеною рухливістю атома галогену (аліл- та бензилгалогеніди). Сполуки зі зниженою рухливістю атома галогену (хлорвініл, бромбензол).

Реакції відновлення галогенопохідних воднем, їх взаємодія з металами (утворення металоорганічних сполук, реакції Вюрца, Вюрца-Фіттіга). Препаративне використання галогенопохідних для синтезу різноманітних органічних сполук.

*Спирти та феноли.* Одноатомні та багатоатомні спирти і феноли, їх номенклатура, ізомерія та електронна будова. Водневий зв'язок та його вплив на фізичні властивості та спектральні характеристики цих сполук. Способи одержання гідроксипохідних аліфатичного та ароматичного рядів: гідратація алкенів, гідроліз зв'язку C–Hal, відновлення карбонільної та естерової груп, синтези з використанням металоорганічних сполук, окиснення алкенів, лужне топлення солей сульфокислот, заміна аміногрупи на гідроксигрупу через солі діазонію, окиснення кумолу.

Хімічні властивості спиртів та фенолів: кислотно-основні властивості, заміщення гідроксигрупи при дії галогеноводнів, галогеноангідридів мінеральних кислот, дегідратація. Розгляд цих реакцій з позицій загальних уявлень про механізми  $S_N$  та E. Утворення етерів та естерів з карбоновими кислотами та їх похідними. Реакції окиснення та дегідрування спиртів. Реакції багатоатомних спиртів: утворення комплексів з іонами металів, перетворення в альфа-оксиди. Реакції фенолів: електрофільне заміщення в бензольному кільці (галогенування, нітрування, сульфування, алкілування), конденсація фенолів з формальдегідом, гідрування, окиснення.

## 7. Карбонільні сполуки

*Будова та реакційна здатність карбонільних сполук.* Класифікація карбонільних сполук. Електронна будова карбонільної групи, розподіл електронної густини та його зв'язок з реакційною здатністю різноманітних сполук з карбонільною групою (альдегіди, кетони, карбонові кислоти, естери, аміди, ангідриди та хлорангідриди кислот, солі).

*Альдегіди та кетони.* Альдегіди, кетони, їх номенклатура та ізомерія. Способи утворення карбонільної групи: озоноліз, каталітичне окиснення і дегідратація спиртів, окисне розщеплення гліколів, оксосинтез, гідратація алкінів (реакція Кучерова), гідроліз гемінальних дигалогенопохідних, відновлення хлорангідридів карбонових кислот, піроліз солей карбонових кислот, ацилювання ароматичних вуглеводнів (реакція Фріделя-Крафтса).

*Хімічні властивості альдегідів та кетонів.* Нуклеофільне приєднання по карбонільній групі та його механізм. Класифікація нуклеофільних реагентів: основи Льюїса, псевдокислоти, криптооснови. Приклади реакцій нуклеофільного приєднання: а) приєднання основ – гідратація, взаємодія зі спиртами (напівацеталі, ацеталі), бісульфітом натрію, азотовмісними нуклеофілами (аміаком, амінами, гідразином і його похідними, гідроксиламіном); б) приєднання криптооснов – взаємодія з магнійорганічними сполуками, алюмогідридом літію; в) взаємодія з псевдокислотами – приєднання синільної кислоти та ацетилену, альдольно-кетонова конденсація та конденсація зі сполуками, що містять активну метиленову групу (реакція Кневенагеля).

Окисно-відновні реакції альдегідів і кетонів: окиснення альдегідів та кетонів до карбонових кислот (правило Попова-Вагнера), каталітичне гідрування карбонільних сполук, відновлення амальгамованим цинком та соляною кислотою (реакція Клеменсена), спиртами в присутності

алкоголятів алюмінію (рівновага Мейєрвейна-Понндорфа-Верлея), реакція Тищенко, взаємодія альдегідів, що не єнолізуються, з лугами (реакція Канніццаро). Циклоолігомеризація та полімеризація альдегідів (триоксан, паральдегід, параформ).

Кето-єнольна таутомерія і пов'язані з нею властивості карбонільних сполук (галогенування, галоформне розщеплення).

## 8. Карбонові кислоти та їх похідні

*Класифікація, ізомерія, методи синтезу карбонових кислот.* Класифікація, номенклатура, ізомерія карбонових кислот та їх похідних. Просторова ізомерія ненасичених кислот. Електронна будова карбоксильної групи та карбоксилат-аніона. Методи одержання карбонових кислот: окиснення вуглеводнів, спиртів і альдегідів, синтези з використанням магнійорганічних сполук, малонового та ацетооцтового естерів, гідроліз нітрילів та естерів. Методи одержання  $\alpha,\beta$ -ненасичених кислот.

*Хімічні властивості карбонових кислот.* Хімічні властивості карбонових кислот: кислотність, її зв'язок з електронною будовою карбонових кислот та їх іонів, характером радикала (залежність від характеру та положення замісників в алкільному ланцюзі або бензольному ядрі). Похідні карбонових кислот: естери, галогенангідриди, ангідриди, амідни, нітрили. Уявлення про механізм взаємоперетворень карбонових кислот та їх похідних, роль кислотного та основного каталізів на прикладі реакцій естерифікації та омилення. Галогенування кислот (реакція Гелля-Фольгарда-Зелінського). Реакції заміщення в бензольному кільці кислот ароматичного ряду.

*Похідні карбонових кислот, їх хімічні властивості.* Піролітичні перетворення моно-, дикарбонових кислот та їх похідних (дегідратація, декарбоксілювання). N-Бромосукцинімід та його використання в реакції бромовання. Властивості малонового естеру та його синтетичне використання: алкілування натріймалонового естеру, перетворення продуктів реакції на карбонові кислоти (синтез Конрада), конденсація з карбонільними сполуками (реакція Кневенагеля). Реакції переестерифікації, амонолізу та естерової конденсації естерів.

## 9. Азотовмісні органічні сполуки

*Способи одержання та хімічні властивості нітросполук.* Нітросполуки, класифікація, номенклатура, ізомерія та електронна будова нітрогрупи. Способи одержання нітросполук: нітрування алканів (реакція Коновалова) та аренів, обмін атома галогену на нітрогрупу. Хімічні властивості нітросполук: каталітичне гідрування, відновлення в кислому, нейтральному, лужному середовищах. C-N кислотність і пов'язані з нею властивості аліфатичних нітросполук: галогенування, нітрузування та його використання для ідентифікації нітросполук, що відрізняються будовою алкільного радикала, конденсація з карбонільними сполуками. Таутомерія нітросполук.

*Класифікація, ізомерія, методи синтезу, хімічні властивості амінів.* Класифікація, ізомерія, номенклатура амінів. Електронна будова аміногрупи, просторова будова амінів.

Способи синтезу амінів, основані на реакціях: а) нуклеофільного заміщення галогено- та гідроксилохідних; б) відновлення нітросполук (реакція Зініна), азотовмісних похідних карбонільних сполук і карбонових кислот; в) перегруповання амідів (реакція Гофмана).

Хімічні властивості амінів. Основність і кислотність амінів, їх залежність від природи вуглеводневих радикалів; взаємодія з електрофільними реагентами: алкілування, ацилювання, взаємодія з нітритною кислотою; з бензолсульфохлоридом (реакція Гінсберга). Взаємодія ароматичних амінів з електрофілами: реакція алкілування і сульфування, ацилювання як захисна реакція для подальшого проведення реакцій галогенування і нітрування. Сульфанілова кислота та сульфамідні препарати.

*Діазо- і азосполуки. Електронна будова та реакції солей діазонію.* Діазо- і азосполуки. Діазотування ароматичних амінів (реакція Грісса). Електронна будова солей діазонію. Взаємоперетворення різних форм діазосполук. Реакції солей діазонію, що відбуваються: а) без вилучення азоту (азосполучення, діазо- і азоскладові, залежність умов проведення азосполучення від природи азоскладової. Загальні уявлення про механізм реакції азосполучення. Синтез, електронна будова і структурні особливості азобарвників. Відновлення солей діазонію); б) з



вилученням азоту, їх використання для одержання функціональних похідних ароматичних сполук в реакціях нуклеофільного заміщення (феноли, йодбензол) та реакції Зандмейера.

## 10. Гідрокси- та амінокислоти

*Стереохімія, методи синтезу, хімічні властивості гідроксикислот.* Гідроксикислоти. Класифікація, ізомерія, номенклатура. Уявлення про стереохімію гідроксикислот з одним та двома хіральними центрами (молочна, яблучна та винна кислоти). Номенклатура оптичних ізомерів (D,L- та R,S-).

Загальні методи синтезу, основані на властивостях ненасичених, галогено-, оксо-, амінокарбонових і дикарбонових кислот, багатоатомних спиртів, гідроксиальдегідів і гідроксинітрілів. Синтез  $\beta$ -гідроксикислот за реакцією Реформатського. Синтез ароматичних гідроксикислот, карбоксилювання фенолятів за Кольбе-Шміттом.

Хімічні властивості: реакції нуклеофільного заміщення з оберненням і збереженням конфігурацій хірального центра (П.Вальден); реакції дегідратації аліфатичних гідроксикислот; одержання етерів та естерів, реакції азосполучення ароматичних гідроксикислот.

*Стереохімія, методи синтезу, хімічні властивості амінокислот.* Амінокислоти. Класифікація і номенклатура. Структурні типи природних амінокислот, стереохімія і конфігураційні ряди.

Синтези з альдегідів і кетонів через ціангідрини (реакція Штреккера-Зелінського), з малонового і ацетооцевого естерів, галогено- та оксокарбонових кислот. Методи синтезу  $\beta$ -амінокислот, основані на реакціях ненасичених і дикарбонових кислот. Реакція Родіонова.

Хімічні властивості: кислотно-основні властивості амінокислот; ізоелектрична точка; утворення похідних за карбокси- та аміногрупою; перетворення, що відбуваються при нагріванні амінокислот.

Антранілова та *n*-амінобензойна кислоти; методи одержання, властивості і шляхи застосування.

Уявлення про пептидний синтез. Білки. Класифікація, методи доказу поліпептидної будови, визначення амінокислотного складу і послідовності амінокислотних фрагментів у поліпептидному ланцюзі.

## 11. Вуглеводи

*Будова, стереоізомерія, кільчасто-ланцюгова таутомерія моносахаридів.* Вуглеводи, класифікація і номенклатура. Моносахариди, їх будова та реакції, що застосовуються при її визначенні: відновлення (HI), окиснення (бромною водою, реактивом Толленса), ацилювання, проба Троммера. Стереоізомерія моносахаридів, конфігураційні ряди, кільчасто-ланцюгова таутомерія, реакції, які використовуються для доказу наявності та розміру циклу. Мутаротація.

*Хімічні властивості моносахаридів.* Хімічні властивості моноз: реакції окиснення (з утворенням альдонових, альдарових, цукрових та уронових кислот), відновлення (утворення багатоатомних спиртів), алкілювання, утворення фенілгідрозонів і озонів, переходи від нижчих моносахаридів до вищих і навпаки (реакції Кіліані-Фішера, Руффа, Воля), взаємоперетворення кетоз в альдози і навпаки, бродіння. Представники дезокси- і аміноцукрів, що входять до складу деяких важливих речовин природного походження (РНК, ДНК, глікопротеїди).

*Будова та хімічні властивості дисахаридів та полісахаридів.* Дисахариди. Класифікація (відновні і невідновні дисахариди). Номенклатура. Цикло-оксо-таутомерія відновних дисахаридів і властивості, пов'язані з нею. Мальтоза, целобіоза, лактоза, сахароза, їх будова і властивості. Полісахариди. Крохмаль. Амілоза і амілопектин як складові частини крохмалю, їх будова ( $\alpha$ -1,4-глікозидний зв'язок). Властивості крохмалю. Целюлоза, її будова ( $\beta$ -1,4-глікозидний зв'язок), фізичні та хімічні властивості.

## 12. Гетероциклічні сполуки

*Будова, загальні методи синтезу та хімічні властивості п'ятичленних гетероциклів.* Гетероциклічні сполуки, їх класифікація. П'ятичленні гетероцикли з одним гетероатомом (фуран, тіофен, пірол), їх будова, залежність ступеня ароматичності від природи гетероатома. Загальні методи синтезу і взаємоперетворення (Юр'єв).

Хімічні властивості п'ятичленних гетероциклів, реакції електрофільного заміщення і вплив природи гетероатома на особливості їх протікання. Реакції гідрування і окиснення. Кислотні властивості піролу та їх використання в синтезі. Пірольний цикл як структурний фрагмент хлорофілу і гемоглобіну. Індол та його похідні. Методи побудови індольного ядра, що ґрунтуються на використанні ароматичних амінів і арилгідразонів (реакція Фішера). Хімічні властивості індолу як аналога піролу. П'ятичленні гетероцикли з атомами азоту, кисню і сірки. Піразол, імідазол, триазолі, оксазол, тіазол. Їх електронна будова, ароматичність, методи синтезу та хімічні властивості.

*Електронна будова піридину та її зв'язок з хімічними властивостями.* Шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом. Піридин, номенклатура та ізомерія похідних. Електронна будова піридину та її зв'язок з хімічними властивостями. Реакції електрофільного заміщення в ядрі піридину (нітрування, сульфування та галогенування). Реакції нуклеофільного заміщення водню, механізм реакції Чичибабіна. Аналогія в хімічних властивостях піридину і нітробензолу (реакції сульфування та галогенування). Основність піридинового циклу. Солі піридинію. Реакції відновлення і окиснення.

Хінолін, його будова, схожість і відмінність хімічних властивостей піридину і хіноліну.

Шестичленні гетероцикли з кількома гетероатомами. Піримідин, пурин як конденсована система імідазолу і піримідину.

Алкалоїди, загальна характеристика, класифікація. Кофеїн, морфін, хінін, кодеїн.

### Література

1. Воронов С. А., Дончак В. А., Когут А. М. Органічна хімія. Львів: Львівська політехніка, 2021. 488 с.
2. Григоренко О. О., Шабликін О. В. Сучасні методи органічного синтезу: підручник для студ. хім. ф-ту. Київ : ВПЦ "Київський університет", 2020. 572 с.
3. Пивоваренко В. Г. Механізми органічних реакцій у розчинах: навч. посіб. Київ : ВПЦ "Київський університет", 2019. 303 с.
4. Горічко М. В., Пивоваренко В. Г. Органічна хімія. Реакції карбонільних сполук: навч. посіб. Київ : ВПЦ "Київський університет", 2012. 352 с.
5. Горічко М. В., Мілохов Д. С., Шабликін О. В. Органічна хімія. Загальний практикум. Київ : ВПЦ "Київський університет", 2019. 196 с.
23. Воронов С. А., Дончак В. А., Когут А. М. Органічна хімія. Львів: Львівська політехніка, 2021. 488 с.
6. Григоренко О. О., Шабликін О. В. Сучасні методи органічного синтезу: підручник для студ. хім. ф-ту. Київ : ВПЦ "Київський університет", 2020. 572 с.
7. Пивоваренко В. Г. Механізми органічних реакцій у розчинах: навч. посіб. Київ : ВПЦ "Київський університет", 2019. 303 с.
8. Горічко М. В., Пивоваренко В. Г. Органічна хімія. Реакції карбонільних сполук: навч. посіб. Київ : ВПЦ "Київський університет", 2012. 352 с.
9. Горічко М. В., Мілохов Д. С., Шабликін О. В. Органічна хімія. Загальний практикум. Київ : ВПЦ "Київський університет", 2019. 196 с.

### ФІЗИЧНА ХІМІЯ

1. Предмет термодинаміки. Основні поняття та вихідні положення. Оборотні процеси.
2. Перше начало термодинаміки. Формулювання і математична форма запису першого начала. Внутрішня енергія; закон Джоуля.
3. Теплоємність речовин: середня, істинна, ізобарна, ізохорна. Рівняння Майера. Молекулярно-кінетична теорія теплоємності газів. Залежність теплоємності газів від температури. Теплоємність твердих речовин. Квантово-механічна теорія теплоємності.
4. Робота розширення ідеальних газів (ізобарний, ізохорний, ізотермічний, ізобарно-ізотермічний процеси). Робота розширення ідеальних газів в адіабатичних процесах. Рівняння

Пуассона. Калоричні коефіцієнти.

5. Термохімія. Визначення і основні поняття термохімії; ізохорний та ізобарний теплові ефекти, зв'язок між ними; термохімічні рівняння. Закон Гесса та його наслідки. Фізичний зміст ентальпії. Теплоти утворення сполук; стандартні теплоти утворення сполук. Залежність теплового ефекту реакції від температури (рівняння Кірхгофа). Енергія зв'язків. Цикл Борна-Хабера.

6. Друге начало термодинаміки, його формулювання. Принцип Каратеодорі. Цикл Карно. Коефіцієнт корисної дії парової машини. Теореми Карно-Клаузіуса і Карно та їх доказ. Узагальнений цикл Карно та інтеграл Клаузіуса для оборотних і необоротних процесів. Математична форма виразу другого начала термодинаміки. Ентропія. Зміна ентропії в оборотних і необоротних процесах. Фізичний зміст ентропії.

7. Узагальнене рівняння першого і другого начал термодинаміки. Залежність ентропії ідеального газу від температури і об'єму та від температури і тиску. Зміна ентропії при фазових і поліморфних перетвореннях.

8. Ізохорно-ізотермічний (F) і ізобарно-ізотермічний (G) потенціали, їх зв'язок з роботою системи та доцільність введення в термодинаміку. Зміна вільної енергії систем в результаті протікання в них оборотних і необоротних процесів. Критерії самочинного протікання процесу та його напрямку. Залежність характеристичних функції F і G від температури і об'єму (F) та від температури і тиску (G). Повні диференціали характеристичних функцій U, H, F і G та їх властивість.

9. Хімічна спорідненість і закон діючих мас. Константи хімічної рівноваги, зв'язок між ними. Вираз констант рівноваги складних реакцій через константи рівноваги більш простих реакцій.

10. Хімічний потенціал. Рівняння Гіббса-Дюгема. Хімічний потенціал ідеального газу. Хімічний потенціал і фазові рівноваги.

11. Термодинамічний вивід закону діючих мас. Рівняння ізотерми хімічної реакції Вант-Гоффа. Ізобарні потенціали утворення хімічних сполук.

12. Залежність  $\Delta G^0$  від температури (рівняння Гіббса-Гельмгольца). Вплив температури на хімічну рівновагу.

13. Рівняння ізобари та ізохори хімічної реакції. Графічне визначення теплового ефекту реакції.

14. Поняття про леткість (фугітивність)  $f$  та коефіцієнт леткості  $\gamma$ . Визначення  $\gamma$  на основі принципу відповідних станів. Константи рівноваги гетерогенних реакцій.

15. Теплова теорема Нернста (третє начало термодинаміки) та її експериментальна перевірка.

16. Рівновага між рідиною і парою. Рівняння Клаузіуса-Клапейрона. Вивід рівняння Клаузіуса-Клапейрона через частині похідні ізобарного потенціалу по температурі і тиску. Залежність теплоти випаровування рідини від температури і рівняння Клаузіуса-Клапейрона в інтегральній формі

17. Розчини. Основні поняття і визначення. Емпіричні закони Рауля. Молекулярно-кінетичне обґрунтування першого і четвертого законів Рауля. Термодинамічне обґрунтування другого і третього законів Рауля. Хімічні потенціали розчинених речовин.

18. Осмос, осмотичний тиск, рівняння Вант-Гоффа. Термодинаміка осмотичного тиску.

19. Закони Рауля для розчинів електролітів і теорія електролітичної дисоціації Арреніуса.. Зв'язок ізотонічного коефіцієнту зі ступенем дисоціації молекул.

20. Сильні і слабкі електроліти, їх властивості. Закон розбавлення Освальда.

21. Розчинність газів у рідинах. Закон Генрі. Емпіричне рівняння Сеченова.

22. Взаємна розчинність рідин. Закон розподілу. Роботи Яковкіна, Шилова, Лепінь.

23. Ідеальні розчини. Пружність парів ідеальних і реальних бінарних розчинів.

24. Активність і коефіцієнт активності. Визначення коефіцієнтів активності за допомогою діаграм «склад розчину-парціальні тиски парів компонентів розчину». Склад пари бінарних розчинів.

25. Діаграми «склад-температура кипіння» для ідеальних і реальних бінарних розчинів. Правило важеля, його вивід. Азеотропні розчини.

26. Закономірності перегонки розчинів. Закони Коновалова. Системи із взаємно нерозчинних рідин. Перегонка з водяною парою.

27. Розчинність твердих речовин у рідинах. Рівняння (логарифміка) Шредера. Теплоти розчинення твердих речовин.
28. Правило фаз Гіббса. Математичні форми виразу правила фаз. Однокомпонентні системи, діаграма стану води. Число незалежних компонентів та їх вибір.
29. Діаграми плавкості двокомпонентних конденсованих систем. Правило фаз Гіббса для конденсованих систем. Типи діаграм плавкості.
30. Діаграми плавкості двокомпонентних конденсованих систем. Правило фаз Гіббса для конденсованих систем. Характеристика діаграми плавкості системи «Sb – Pb».
31. Діаграми плавкості двокомпонентних конденсованих систем. Правило фаз Гіббса для конденсованих систем. Характеристика діаграм плавкості систем «Pt – Au», «Mn – Cu», «l-карвоксім - d-карвоксім».
32. Діаграми плавкості двокомпонентних конденсованих систем. Правило фаз Гіббса для конденсованих систем. Характеристика діаграм плавкості «Cu – Ag».
33. Діаграми плавкості двокомпонентних конденсованих систем. Правило фаз Гіббса для конденсованих систем. Характеристика діаграм плавкості «Zn – Mg».
34. Діаграми плавкості двокомпонентних конденсованих систем. Правило фаз Гіббса для конденсованих систем. Характеристика діаграм плавкості систем «Na- K» і «H<sub>2</sub>O - KCl».
35. Термічний аналіз і побудова діаграм плавкості системи. Правило важеля.
36. Графічне представлення складу потрійних систем.
37. Основні поняття та визначення хімічної кінетики. Формулювання основного постулату хімічної кінетики. Кінетична класифікація хімічних реакцій. Формальна та молекулярна кінетика.
38. Кінетика односторонніх реакцій різних порядків. Пряма та зворотна задачі хімічної кінетики. Період напіврозпаду. Методи визначення кінетичного порядку реакцій з дослідних даних.
39. Кінетика складних реакцій. Паралельні реакції. Послідовні реакції. Функціональна залежність зміни концентрації реагуючих речовин з часом в паралельних та послідовних реакціях. Оборотної реакції першого порядку. Функціональна залежність зміни концентрації реагуючих речовин з часом в оборотних реакціях. Супряжені реакції. Складні багатоступінчасті реакції. Додаткові постулати хімічної кінетики, які використовують при вивченні складних реакцій.
40. Вплив температури на швидкість реакцій. Рівняння Арреніуса. Енергія активації.
41. Теорії хімічної кінетики. Теорія активних зіткнень. Теорія перехідного стану. Поняття про активований комплекс. Діаграма потенціальної енергії системи, точка «міні-максу». Зміна потенціальної енергії системи вздовж шляху (координати) реакції, зміст поняття «шлях реакції». Основне рівняння теорії перехідного стану (рівняння Ейрінга). Термодинамічний аспект теорії перехідного стану. Вплив тиску на константу швидкості реакції і теорія перехідного стану.
42. Теорії мономолекулярних реакцій Перчена і Ліндемана-Хіншельвуда.
43. Ланцюгові реакції. Вільні радикали. Головні стадії ланцюгових реакцій. Рівняння Семенова, його аналіз.
44. Фотохімія. Закон фотохімічної еквівалентності, квантовий вихід. Типи та кінетика фотохімічних реакцій.
45. Реакції в конденсованих фазах. Загальні особливості хімічних реакцій в рідкому середовищі. Вплив природи розчинника.
46. Історія відкриття каталізу (праці Клемана і Дезорма та Берцеліуса). Приклади застосування каталізу. Сучасні уявлення про каталіз, його основні положення. Визначення поняття «каталізатор», класифікація каталітичних процесів.
47. Гомогенний каталіз. Механізм гомогенного каталізу. Кислотно-основний каталіз. Сольові ефекти. Середовище як каталізатор хімічних реакцій.
48. Гетерогенний каталіз. Особливості гетерогенного каталізу. Перші уявлення про гетерогенний каталіз. Механізм гетерогенного каталізу за Ленгмюром і Хіншельвудом.
49. Властивості каталітичних поверхонь. Активні центри та їх природа. Мультиплетна теорія гетерогенного каталізу Баландіна

50. Гетерогенний каталіз і енергія активації реакції. Окремі ступені гетерогенного каталізу.
51. Ферментативний каталіз.
52. Предмет електрохімії. Стисла історія розвитку електрохімії та сучасні проблеми електрохімії. Основні поняття електрохімії: електроліт, іонофори, іоногени, електролітична дисоціація, катіон, аніон, бінарні, тернарні, кватернарні, квітернарні електроліти, електрохімічна реакція, гальванічний елемент, топливний елемент, акумулятор, електроліз, електролізер, катод, анод.
53. Основні положення, застосування і недоліки теорії Арреніуса.
54. Активність і коефіцієнти активності електролітів. Іонна сила.
55. Основні положення і недоліки теорії Дебая-Хюккеля.
56. Сучасні уявлення про розчини електролітів.
57. Рівноваги в розчинах електролітів. Гідроліз солей. Буферні розчини.
58. Стисла характеристика провідників електричного струму. Електрична провідність розчинів електролітів. Питома, молярна і еквівалентна електричні провідності. Вплив різних факторів на електричні провідності розчинів електролітів.
59. Закон незалежного руху іонів Кольрауша. Емпіричне рівняння Кольрауша. Рівняння Оствальда для слабких електролітів.
60. Теорія електричної провідності розчинів Дебая-Онзагера. Електрофоретичний і релаксаційний ефекти гальмування руху іонів.
61. Молярна електрична провідність іонів гідроксонію та гідроксилу. Естафетний механізм. Ефекти Віна і Дебая-Фалькенгагена.
62. Рух іонів в електричному полі. Швидкість іонів. Числа переносу іонів.
63. Вимірювання електричної провідності розчинів електролітів. Кондуктометрична комірка. Місток Уінстона.
64. Кондуктометричні методи: визначення концентрації (кондуктометричне титрування), ступеня дисоціації та константи дисоціації слабого електроліту, коефіцієнта електричної провідності слабого електроліту, іонного добутку води, розчинності та добутку важкорозчинних сполук.
65. Оборнені та необорнені електроди, оборнені та необорнені гальванічні елементи, електродні потенціали, електрорушійні сили (ЕРС).
66. Складання гальванічного елемента. Механізм виникнення стрибка потенціалів. Моделі будови подвійного електричного шару на межі поділу електрод-розчин.
67. Термодинаміка електрохімічних елементів. Рівняння Нернста.
68. Основні види електрохімічних ланцюгів (хімічні та концентраційні) та розрахунок їх ЕРС.
69. Вимірювання ЕРС. Потенціометрія – електрохімічний метод визначення різних фізико-хімічних величин. Потенціометричне титрування.
70. Властивості нерівноважних електрохімічних систем. Закони Фарадея. Вихід за струмом.
71. Швидкість електрохімічних реакцій. Густина струму. Основні стадії електродних процесів. Дифузійна та електрохімічна кінетика електродних реакцій.
72. Електроди, що не поляризуються та електроди, що поляризуються. Електродна поляризація: концентраційна та хімічна.
73. Напруга розкладу. Перенапруга при електролізі. Перенапруга на електроді. Рівняння Тафеля. Теорії водневої перенапруги. Рекомбінаційна теорія Тафеля. Теорія повільного розряду іонів.
74. Електроліз. Електрокапілярні явища. Основні напрямки застосування електролізу.
75. Корозія металів і методи захисту від корозії. Пасивність металів.

### Література

1. Волошинець В. А., Решетняк О. В. Фізична хімія: навч. посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 176 с.
2. Фізична та колоїдна хімія. / С. О. Самойленко та ін. Х. : Світ книг, 2018. 340 с.
3. Гомонай В. І. Фізична та колоїдна хімія : підруч. для студ. вищ. навч. заклад. Вінниця : Нова Книга, 2014. 496 с.

4 Картель М., Лобанов В., Гороховатська М. Курс фізичної хімії (лекції, лабораторний практикум та задачі). К. : ТОВ «НВП»Інтерсервіс», 2011. 386 с.

5. Брускова Д.-М. Я., Кущевська Н. Ф., Малишев В. В. Фізична та колоїдна хімія : підручник. К. : Університет «Україна», 2020. 530 с.

## КОЛОЇДНА ХІМІЯ

### **1. Основні поняття та властивості дисперсних систем**

**Вступ.** Визначення “Колоїдної хімії” як науки. Основні задачі та напрямки колоїдної хімії. Колоїдні частинки та колоїдні системи. Ознаки об’єктів колоїдної хімії. Кількісне визначення дисперсності: дисперсність та питома поверхня. Історія розвитку колоїдної хімії. Різні типи класифікації дисперсних систем: за агрегатним станом дисперсної фази та дисперсійного середовища, за розміром частинок, за концентрацією та ін. Ліофільні та ліофобні дисперсні системи. Головні нові напрямлення та об’єкти (мікроемульсії, тонкі плівки, біоколоїди та ін.), які вивчаються колоїдною хімією.

### **2. Методи одержання та очистки дисперсних систем**

Диспергаційні методи одержання дисперсних систем (золів, емульсій, пін, аерозолів). Роль ПАР в процесах одержання дисперсних систем. Зв’язок роботи диспергування з поверхневою енергією твердих тіл. Використання ефекту Ребіндера для зменшення роботи диспергування. Конденсаційні способи одержання дисперсних систем. Одержання золів в процесі хімічних реакцій. Робота утворення зародків нової фази. Основні методи очистки золів (діаліз, електродіаліз і ультрафільтрація).

### **3. Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем.**

Теорія броунівського руху. Рівняння Ейнштейна для коефіцієнту дифузії. Рівняння Ейнштейна для середнього зміщення. Експериментальне обґрунтування Сведбергом і Перреном теорії броунівського руху. Седиментаційний аналіз полідисперсних систем. Константа седиментації. Диференціальна крива розподілу частинок за розміром; інтегральна крива; їх будова з даних за кінетикою накопичування осаду. Седиментаційно-дифузійна рівновага. Закономірності седиментації у відцентровому полі.

### **4. Оптичні властивості дисперсних систем**

Розсіювання світла дисперсними системами. Теорія Релея та її застосування. Оптичні методи дослідження дисперсних систем. Ультраматроскопія, турбідиметрія, нефелометрія. Поглинання світла та забарвлення дисперсних систем.

### **5. Електроповерхневі явища в дисперсних системах**

Електрокінетичні явища : електрофорез, електроосмос, потенціали течіння та седиментації. Теорія Гельмгольца-Смолуховського. Електрокінетичний потенціал. Вплив індиферентних та неіндиферентних електролітів на електрокінетичний потенціал. Перезарядження поверхні. Ізоелектричний стан. Подвійний електричний шар (ПЕШ). Причини його утворення. Моделі будови ПЕШ (теорії Гельмгольца, Гуї-Чепмена, Штерна). Методи вивчення електрокінетичних явищ і вимірювання електрокінетичного потенціалу. Будова міцели гідрофобного золя.

## **ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА**

### **1. Термодинаміка поверхневих явищ**

Поверхня розподілу фаз. Вільна поверхнева енергія. Поверхневий натяг, силова та енергетична трактовка. Зміна поверхневого натягу рідини на межі з паром в залежності від температури, критична температура за Менделєєвим. Поверхня розподілу між двома конденсованими фазами. Правило Антонова; умови його використання.

### **2. Капілярні явища**

Капілярний тиск. Закон Лапласа. Залежність тиску пари від кривизни поверхні рідини. Закон Томсона. Капілярна конденсація.

Залежність розчинності від кривизни поверхні дисперсних частинок (закон Гіббса-Оствальда-Фрейндрліха).

Змочування. Крайовий кут. Закон Юнга. Співвідношення між роботами когезії та адгезії при змочуванні. Капілярне підняття рідини, рівняння Жюрена. Вибірче змочування як метод характеристики поверхні твердих тіл (ліофільних та ліофобних).

### **3. Адсорбція на поверхні розподілу фаз**

Адсорбція як самовільне концентрування на поверхні розподілу фаз речовин, які знижують міжфазний натяг. Поверхнево-активні та інактивні речовини.

Термодинаміка процесу адсорбції. Рівняння адсорбції Гіббса. Органічні поверхнево-активні речовини (ПАР). Класифікації ПАР, області їх використання. Проблеми біорозкладу ПАР. Поняття про гідрофільно-ліпофільний баланс (ГЛБ) молекул ПАР. Залежність поверхневого натягу від концентрації ПАР. Рівняння Шишковського. Поверхнева активність, її зміна в гомологічних рядах ПАР. Правило Траубе-Дюкло. Робота адсорбції. Рівняння Ленгмюра, його зв'язок з рівняннями Гіббса, Шишковського. Будова моношарів розчинених ПАР. Двомірний стан речовини в поверхневому шарі, орієнтація молекул в розряджених та насичених шарах. Рівняння стану моношару ПАР. Розрахунки розмірів молекул ПАР. Поверхневі плівки нерозчинених ПАР; поверхневий тиск; методи його вимірювання. Основні типи плівок: газоподібні, рідкі, тверді. Адсорбція ПАР на поверхні розділу незмішуваних рідин. Адсорбція газів і парів на однорідній поверхні. Адсорбційні взаємодії. Закон Генрі. Мономолекулярна адсорбція. Ізотерма адсорбції Ленгмюра. Рівняння Фрейндліха. Теорія полімолекулярної адсорбції БЕТ. Адсорбція на межі розділу тверде тіло - рідина. Йона (полярна) адсорбція. Йонний обмін. Рівняння Нікольського. Хроматографія.

### **4. Коагуляція та структурно-механічні властивості дисперсних систем**

#### **Стійкість та коагуляція дисперсних систем**

Теорія стійкості гідрофобних золь (теорія ДЛФО). Розклинювальний тиск. Молекулярна та електростатична складова розклинювального тиску. Залежність енергії взаємодії частинок дисперсної фази від відстані між ними.

Коагуляція гідрофобних золь. Швидкість коагуляції. Швидка і повільна коагуляція. Вплив розміру та заряду йона-коагулятора індиферентного електроліту. Правило Шульце-Гарді. Ліотропні та неправильні ряди. Вплив неіндиферентних електролітів. Коагуляція золь сумішшю електролітів. Флокуляція, гетерокоагуляція, гетероадагуляція. Явище звикання золь. Колоїдний захист.

#### **5. Структурно-механічні властивості дисперсних систем**

Структурування в дисперсних системах. Природа контактів між елементами структур. Утворення та властивості гелей. Коагуляційні структури. Умови утворення, механічні властивості; явище тиксотропії. Кристалізаційні структури, їх механічні властивості. Закономірності течії вільно-дисперсних систем. Закон Ньютона. Вплив концентрації та форми частинок дисперсної фази на закономірності течії (закон Ейнштейна).

#### **6. Ліофільні дисперсні системи**

Утворення та властивості розчинів колоїдних поверхнево-активних речовин. Міцелоутворення у розчинах ПАР. Критична концентрація міцелоутворення (ККМ), основні методи визначення ККМ. Будова міцел. Термодинаміка міцелоутворення. Солюбілізація.

#### **7. Емульсії та піни**

Емульсії. Класифікація, визначення ступеня дисперсності. Емульгатори, принципи вибору ПАР для стабілізації прямих та оборотних емульсій. Оборненість фаз емульсій. Методи руйнування емульсій. Практичне використання емульсій. Піни. Будова пін та їх класифікація. Кратність пін. Піноутворювачі. Вплив електролітів на піноутворюючу здатність ПАР. Пінні плівки, будова, фактори стійкості. Чорні плівки. Практичне використання пін.

#### **8. Колоїдно-хімічні основи охорони навколишнього середовища**

Методи руйнування та уловлювання аерозоль. Боротьба зі забрудненням атмосфери. Методи очистки природних та стічних вод, які засновані на зміні агрегативної та седиментаційної стійкості дисперсних систем. Використання коагулянтів і флокулянтів для очистки води. Очистка води від ПАР та йонів важких металів. Використання пінного фракціонування та піночної флотажі, адсорбції та йонного обміну.

### Література

1. Брускова Д.-М. Я., Кушевська Н. Ф., Малишев В. В. Фізична та колоїдна хімія : підручник. К. : Університет «Україна», 2020. 530 с.
2. Колоїдна хімія : підручник / Л. С. Воловик, Є. І. Ковалевська, В. В. Манк та ін. ; за ред. В. В. Манка. Київ : 2011. 247 с.
3. Гомонай В. І. Фізична та колоїдна хімія : підруч. для студ. вищ. навч. заклад. Вінниця : Нова Книга, 2014. 496 с.
4. Фізична та колоїдна хімія: навч. посіб. / С. О. Самойленко, Н. О. Отрошко, О.Ф. Аксьонова, В. О. Добровольська. Х. : Світ Книг, 2018. 340 с
5. Фізична і колоїдна хімія : навч. посібник / М.В. Яцков, Н.М. Буденкова, О.І. Мисіна. Рівне : НУВГП, 2016. 164 с.

### ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ СПОЛУКИ

**Вступ.** Полімерна хімія як наука про високомолекулярні сполуки та їх перетворення. Основні поняття та визначення: полімер, олігомер, співвідношення понять полімери та ВМС. Ступінь полімеризації та контурна довжина ланцюга макромолекул. Роль ВМС у живій природі та промисловості. Предмет та завдання науки про полімери. Місце науки як самостійної фундаментальної галузі знань серед інших фундаментальних хімічних наук. Вклад українських та російських вчених у розвиток науки про полімери.

#### **1. Класифікація полімерів та її важливіші представники.**

Класифікація полімерів в залежності від походження, хімічного складу та будови ланок основного ланцюга. Природні та синтетичні полімери. Органічні, елементоорганічні та неорганічні полімери. Лінійні та розгалужені полімери. Гомополімери, кополімери. Блок- та щепні полімери. Гомоланцюгові та гетероланцюгові полімери. Полімери та кополімери моноолефінів та їх похідних: поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид, полістирол, полібутадієн та кополімери, поліізопрен. Карбоциклічні полімери: фенолоформальдегідні смоли, поліолефіни. Прості та складні поліестери: поліестиленоксид, поліетилентерефталат, гліфталеві смоли. Поліацетали: поліоксиметилен, целюлоза та її похідні. Поліаміди: полікапролактан, полігексаметиленадипамід, поліуретани, білки, нуклеїнові кислоти, поняття про їх біологічні функції. Полісилоксани. Медико-біологічні властивості полівінілового спирту.

#### **2. Синтез полімерів.**

Полімеризація. Класифікація ланцюгових полімеризаційних процесів. Радикальна полімеризація та кополімеризація. Ініціювання радикальної полімеризації, типи ініціаторів. Реакції росту, обриву та передачі ланцюга. Кінетика радикальної полімеризації при низьких ступенях перетворення, молекулярні маси макромолекул, що утворюються. Особливості радикальної полімеризації при високих ступенях перетворення, «гель-ефект». Радикальна кополімеризація та рівняння складу кополімерів. Проведення полімеризації в масі, емульсії та суспензії. Катіонна та аніонна полімеризація. Каталізатори та сокаталізатори. Ініціювання, ріст та обмеження росту ланцюга. Іонно-координаційна полімеризація в присутності гомогенних та гетерогенних каталізаторів. Принципи синтезу стереорегулярних полімерів та їх важливіші характеристики. /Поліконденсація. Типи реакцій поліконденсації, основні особливості їх протікання. Вплив стереохімії, монофункціональних домішок та побічних реакцій на молекулярну масу продуктів. Поліконденсації та утворення сітчастих структур. Рівноважна та нерівноважна поліконденсація. Приклади важливіших поліконденсаційних реакцій. Проведення поліконденсації в розплаві, розчині та на межі розподілу фаз.

#### **3. Макромолекули та їх поведінка в розчинах.**

Конформаційна ізомерія та конформація макромолекул, внутрішньомолекулярне обертання та гнучкість макромолекул. Енергетичні бар'єри обертання. Поворотні ізомери та гнучкість реальних ланцюгів. Середня відстань між кінцями макромолекул як характеристика конформаційного стану ланцюга. Поняття статистичного сегменту. Макромолекули у розчинах,



термодинамічні критерії розчинності та доказ термодинамічної рівноваги розчинів. Обмежене та необмежене набування. Термодинамічна поведінка макромолекул в розчинах у порівнянні з молекулами низькомолекулярних сполук. Рівняння стану полімерів у розчинах. Другий віріальний коефіцієнт та  $\theta$ -умови. Осмометрія розчинів полімерів як метод визначення середньочислових молекулярних мас. Фізико-хімічні основи фракціонування полімерів. Гідродинамічні властивості макромолекул та в'язкість розбавлених розчинів. Зв'язок характеристичної в'язкості з молекулярною масою. Віскозиметрія, як метод визначення середньов'язкісної молекулярної маси. Світлорозсіювання макромолекул в розчині, рівняння Дебая, залежність від розмірів макромолекул та кута розсіювання світла. Світлорозсіювання як метод визначення середньомасової молекулярної маси. Хімічні та фізико-хімічні особливості поведінки макромолекул-електролітів, що іонізуються. Амфотерні поліелектроліти, ізоелектрична точка. Білки як приклад амфотерних поліелектролітів. Загальна характеристика концентрованих розчинів, гелів та колоїдних дисперсій полімерів. Асоціація макромолекул в концентрованих розчинах та структуроутворення, особливості течії концентрованих розчинів.

#### 4. Фізико-хімія полімерних тіл

Агрегатні і фазові стани полімерів, фізичні стани. Кристалічний фазовий стан, теплові ефекти фазових переходів, надмолекулярні структури. Термомеханічні криві аморфних полімерів, вплив молекулярних мас, Деформація полімерів у склоподібному стані, температури крихкості. Деформація полімерів у високоеластичному стані, термодинаміка високоеластичної деформації. Релаксаційний характер високоеластичної деформації, явище гістерезису. Деформація полімерів під впливом періодично-змінних навантажень. В'язкотекучий стан полімерів, процеси деформації. Пластифікація полімерів та типи пластифікаторів. Загальна деформація полімерних тіл та механічні моделі. Хімічні перетворення полімерів. Полімераналогічні перетворення в полімерах та їх застосування. Хімічні перетворення в полімерах з збільшенням середнього ступеня полімеризації, їх застосування. Класифікація процесів деструкції полімерів і механізми реакцій. Особливості окисної і фотоокисної деструкції, інгібітори процесів. Полімерні композиційні матеріали, метода одержання, основні властивості та області застосування. Екологічні проблеми синтезу полімерів, їх експлуатації та утилізації полімерних відходів.

#### *Література*

1. Братичак М. М. Хімія високомолекулярних сполук. Підручник. Львів: Видавничий центр НУ «Львівська політехніка», 2012. 630 с.
2. Суберляк О. В., Скорохода В. Й., Семенюк Н. Б. Теоретичні основи хімії та технології полімерів. Львів: Вид. «Львівська політехніка», 2014. 340 с.
3. Суберляк О. В., Скорохода В. Й., Семенюк Н. Б. Теоретичні основи хімії та технології полімерів : підручник. Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2014. 336 с.
4. Солodka Л. М., Побігай Г. А., Бурбан А. Ф. Хімія та фізико-хімія високомолекулярних сполук : навч. посібник. Київ : Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2014. 122 с.