

Міністерство освіти і науки України
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
Хімічний факультет

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан хімічного факультету Харківського
національного університету імені В. Н.
Каразіна



Олег КАЛУГІН

21 березня 2025 р.

ПРОГРАМА

АТЕСТАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ З ХІМІЇ

перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
за освітньо – професійною програмою «Харчова хімія та харчова безпека»
Спеціальність 102 Хімія

(для студентів 4 курсу денної форми навчання)

Затверджено на засіданні вченої ради хімічного факультету
Протокол № 5 від «21» березня 2025 р.

Голова вченої ради

Олег КАЛУГІН

Харків 2025

АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ

Розділ I. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ АНАЛІЗУ

Тема 1.1. Метрологічні характеристики методів аналізу

Основні поняття метрології: вимірювання, методи і засоби вимірювання, визначення. Похибки вимірювань, систематичні та випадкові. Показники якості результатів вимірювань: точність, правильність, відтворюваність, збіжність.

Одиниці вимірювання хімічного складу. Аналітичний сигнал. Градувальна характеристика, градувальна функція, градувальний графік. Класифікація методів за способом вимірювань (прямі методи, методи молярної властивості, методи доданків).

Тема 1.2. Підготовка об'єкту до аналізу

Пробовідбір і пробопідготовка. Первинна, лабораторна та аналітична проба. Репрезентативність проби. Відбір середньої проби твердих, рідких, газоподібних речовин: гомогенізація, скорочення і зберігання проби. Необхідний розмір проби.

Попередні стадії аналізу. Волога в пробах. Стан води в твердих речовинах. Визначення вологості. Висушування проби. Способи переведення проби у форму, необхідну для даного аналізу: розчинення, сплавлення, розкладання під тиском, дією ЗВЧ і в плазмі. Озолення органічної матриці, мокре і сухе озолення.

Тема 1.3. Статистичні методи обробки результатів вимірювань.

Нормальний розподіл випадкових похибок. Генеральна сукупність. Вибірка значень. Довірча ймовірність. Середнє арифметичне, стандартне відхилення, дисперсія. Виявлення промахів. Обчислення довірчого діапазону. Порівняння середніх і дисперсій двох методів аналізу. Число визначень, що забезпечує задані границі довірчого інтервалу.

Розділ II. МЕТОДИ РОЗДІЛЕННЯ І КОНЦЕНТРУВАННЯ

Коефіцієнт розподілу. Ступінь вилучення. Коефіцієнт розділення. Ефективність розділення: повнота виділення і селективність. Екстракція. зв'язок між коефіцієнтом і константою розподілу. Ступінь екстракції, константа екстракції, рН напівекстракції.

Осадження. Механізм утворення твердої фази у розчині. Кристалічні і аморфні осадки. Вплив перенасичення на структуру осаду. Забруднення осадків: співосадження (адсорбція, оклюзія, ізоморфізм) і післяосадження. Концентрування мікро компонентів спів осаждением на колекторі.

Розділ III. МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ

Аналітичні реакції у розчині і візуальні ефекти: виділення осаду чи газу, утворення забарвлених сполук. Органічні реагенти для виявлення неорганічних компонентів. Селективність реагентів. Підвищення селективності аналітичних реакцій шляхом розділення та маскування компонентів. Дробний і систематичний аналіз. Принципи розподілу компонентів на аналітичні групи на прикладі кислотно-основної схеми аналізу катіонів.

Розділ IV. ХІМІЧНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ

Тема 4.1. Гравіметрія

Принцип методу, градувальна характеристика. Джерела похибок при зважуванні, їх усунення.

Етапи гравіметричного визначення. Форма осадження і гравіметрична форма, вимоги до них. Розрахунок наважки та кількості осаджувача. Вибір матеріалу для фільтрування та режиму термообробки.

Осадження з повільною генерацією іонів осаджувача у розчині (методи, що базуються на гідролізі карбаміду). Метрологічні характеристики гравіметрії.

Тема 4.2. Вступ до титриметрії

Принцип методу і основні поняття: титрант, точка стехіометричності (ТС) і кінцева точка титрування (КТТ). Розрахунки в титриметрії. Титрант, способи стандартизації, вимоги до речовин — первинних стандартів.

Класифікація методів титриметрії згідно типу реакції, способу індикації КТТ. Прямі, зворотні і побічні титриметричні визначення. Криві титрування.

Тема 4.3. Кислотно-основне титрування

Реагенти і індикатори. Інтервал переходу забарвлення індикатору, показник титрування, їх зв'язок з константою ЗДМ для індикаторної реакції. Фактори, що впливають на перехід забарвлення індикатора. Стандартизація розчинів кислоти і лугу. Криві титрування. Приклади практичного застосування кислотно-основного титрування. Титрування сумішей кислот і основ.

Тема 4.4. Комплексонометричне титрування

Амінополікарбонові кислоти, їх комплекси з металами. Переваги комплексонів як титрантів. Металохромні індикатори. Способи комплексонометричного визначення: пряме, зворотнє, побічне, по витісненню. Приклади практичного застосування комплексонометрії. Визначення металів у суміші.

Тема 4.5. Окисно-відновлювальне та осаджувальне титрування.

Приклади практичного застосування редоксиметрії. Перманганатометрія. Визначення пероксиду, оксалату. Дихроматометрія. Йодометрія та йодиметрія; рівняння реакцій, компоненти, що визначаються. Броматометрія. Бромуюча суміш, визначення органічних сполук.

Розділ V. ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ

Тема 5.1. Потенціометрія.

Аналітичний сигнал. Електроди 1 і 2-го роду, рівняння потенціалу. Електрод порівняння- хлоридсрібний. Мембранні електроди на основі твердих та рідинних (пластифікованих) мембран. Рівняння мембранного потенціалу. Рівняння Нікольського, коефіцієнт селективності. Скляний електрод для визначення рН, іони, що заважають.

Градувальна характеристика потенціометрії. Градувальні параметри, їх фізичний зміст. Метод відомого

доданку, його переваги, області застосування. Аналітична функція. Залежність відносної похибки визначення від величини доданку. Потенціометричне титрування, індикаторні електроди. Інтегральна та диференційні криві титрування, їх побудова, знаходження КТТ.

Тема 5.2. Явища при протіканні струму через розчин.

Електролітичні ячейки. Потенціал робочого електроду, рівняння Нернста. Е.р.с. ячейки, прикладена напруга. Потенціал виділення. Поляризація електродів. Речовини-деполяризатори. Стадії електрохімічного процесу: масоперенос і перенос заряду. Дифузія, конвекція, міграція. Концентраційна поляризація та кінетична поляризація.

Електрогравіметрія. Робочий електрод, умови визначень. Вимоги до реакцій на електроді. Приклади аналітичного застосування, метрологічні характеристики.

Тема 5.3. Кулонометрія.

Принцип аналізу. Закон Фарадея. Градувальна та аналітична функції. Вихід за струмом як градувальний параметр. Способи визначення кількості електрики за силою струму. Хімічні кулометри. Кулонометрія з контролем потенціалу робочого електроду (пряма кулонометрія). Кулонометрія при постійному струмі (кулонометричне титрування).

Тема 5.4. Вольтамперометрія.

Принцип утворення аналітичного сигналу. Ртутний краплинний електрод. Полярграфічна ячейка. Вольтамперна хвиля. Потенціал напівхвилі як якісна характеристика речовини-деполяризатора. Причини протікання залишкового струму. Граничний та дифузійний струм. Рівняння Ільковича, градувальна характеристика вольтамперометрії. Похибки, зумовлені конденсаторним та міграційним струмом, розчиненим киснем.

Розділ VI. ОПТИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ

Тема 6.1. Принципи взаємодії речовини з електромагнітним випромінюванням.

Поглинання і емісія випромінювання. Основні характеристики випромінювання (довжина хвилі, частота, хвильове число, потужність та інтенсивність випромінювання). Спектр електромагнітного випромінювання. Відповідність між діапазонами спектру і енергетичними переходами в речовині. Ультрафіолетова, видима і інфрачервона області спектру.

Тема 6.2. Атомно-емісійний аналіз (АЕА).

Принципова схема приладу в АЕА. Джерела атомізації і збудження: дуга, іскра, полум'я, індуктивно зв'язана плазма, їх порівняльна характеристика. Способи введення проби. Процеси в атомізаторах та похибки АЕА. Градувальна характеристика АЕА. Самопоглинання. Виявлення та визначення компонентів в АЕА. Емісійна спектроскопія полум'я, компоненти, що визначаються. Вплив матриці об'єкту аналізу на результати АЕА. Спектроскопічні буфери.

Тема 6.3. Атомно-абсорбційний аналіз (ААА).

Джерела монохроматичного випромінювання: лампа з порожнистим катодом, безелектродні лампи. Основні типи атомізаторів: прямоточний пальник, пальник з попереднім змішуванням, неполум'ний атомізатор — графітова кювета. Переваги та недоліки різних типів атомізаторів.

Процеси в атомізаторі та джерела похибок: емісія полум'я, фонове поглинання, похибки, зумовлені атомізацією проби. Вплив матриці об'єкту аналізу. Усунення похибок. Градувальна характеристика в ААА, закон Бугера.

Тема 6.4. Молекулярна абсорбційна спектроскопія (спектрофотометрія).

Особливості молекулярних спектрів в УФ і видимій областях спектру. Основні вузли приладів для МАС. Джерела випромінювання, монохроматори і детектори в фотокolorиметрах і спектрофотометрах для УФ і видимої області спектру.

Закон Бугера-Ламберта-Бера і градувальна характеристика МАС. Причини відхилень від основного закону світопоглинання і методичні похибки МАС. Оптимальний діапазон поглинання. Вибір поглинаючої форми у відповідності з діапазоном визначуваних концентрацій. Застосування органічних реагентів при визначенні неорганічних компонентів. Багатокомпонентний аналіз.

Розділ VII. ХРОМАТОГРАФІЯ

Тема 7.1. Основні поняття хроматографії.

Принцип хроматографічного розділення. Стаціонарна і рухома фази. Класифікація методів хроматографії згідно природи фаз, механізму розділення та техніки експерименту. Способи хроматографування (фронтальна, елюентна, витісняюча хроматографія). Хроматограма, її характеристики: час утримування, об'єм, що утримується, напівширина хроматографічного піку, висота і площа піку. Коефіцієнт ємності, його зв'язок з коефіцієнтом розподілу. Характеристики ефективності і селективності розділення.

Тема 7.2. Газова хроматографія.

Газо-твердофазна та газо-рідинна хроматографія. Газо-носії. Детектори: полум'яно-іонізаційний, детектор по теплопровідності, детектор електронного захвату. Програмування температури як спосіб оптимізації характеристик хроматографічного розділення.

Ідентифікація компонентів. Індеси Ковача. Методи кількісного хроматографічного аналізу: нормування, абсолютного градування, внутрішнього стандарту.

Тема 7.3. Високоефективна рідинна хроматографія.

Типи стаціонарних і рухомих фаз. Нормальнофазова і оберненофазова хроматографія. Капілярні колонки. Основні вузли хроматографу. Детектори: флуориметричний, фотометричний. Градієнтне елюювання. Компоненти, що визначаються.

ЗАГАЛЬНА ТА НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ

ЧАСТИНА 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ НЕОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

Тема 1. Атомно-молекулярна теорія

Базові поняття атомно-молекулярного вчення: атом, молекула, прості та складні речовини, хімічна формула, хімічна реакція. Кількісні характеристики в атомно-молекулярній теорії: розмір та маса атомів і молекул, моль і кількість речовини. Відносні та молярні маси, молярний об'єм. Атомна одиниця маси та вуглецева шкала мас. Стехіометричні закони.

Тема 2. Будова атома та періодична система

2.1. Атомне ядро.

Ядро як фундаментальна основа атома. Протонно-нейтронна модель ядра. Дефект маси. Умови стабільності ядер. Ізотопи, ізобари, ізотони. Закон постійності ізотопного складу. Відносні атомні та молекулярні маси.

2.2. Будова атома

Квантові числа, їх фізичний зміст. Енергетичний рівень, підрівень, орбіталь. s-, p-, d- та f- орбіталі. Багатоелектронні атоми.

Принципи заповнення атомних орбіталей: принцип мінімуму енергії, принцип Паулі. Максимальна ємність атомних орбіталей. Деталізація принципу мінімуму енергії для багатоелектронних атомів: правило Хунда, правило Клечковського, правило максимальної симетрії електронного розподілу. Порядок заповнення електронних орбіталей. Ефект екранування заряду ядра електронами та ефект проникнення електронів до ядра. Поняття про ефективний заряд ядра та про ефективне головне квантове число. Побудова періодичної системи елементів.

2.4. Періодичний закон та періодична система

Періодичний закон як загальний об'єктивний закон. Періодична система елементів як форма вираження періодичного закону. Структурні одиниці періодичної системи. Формування періодів та особливості електронної структури атомів. Основні атомні характеристики: атомні та іонні радіуси, енергія іонізації, енергія спорідненості до електрону, електронегативність. Закономірності зміни атомних характеристик в групах та періодах.

Тема 3. Хімічний зв'язок та будова молекул

Розвиток уявлень про валентність та хімічний зв'язок.

Ковалентний зв'язок. Характеристики ковалентного зв'язку: кратність, енергія та довжина зв'язку, валентні кути. Основні положення методу валентних зв'язків (МВЗ). Механізми утворення ковалентного зв'язку: обмінний та донорно-акцепторний. Валентність (ковалентність) елементів. Гібридизація атомних орбіталей. Типи гібридизації та стеріохімія молекул. Вплив неподілених електронних пар на геометрію молекул. Кратні та делокалізовані зв'язки, σ -, π -, δ - зв'язки. Основні властивості ковалентного зв'язку: направленість, насиченість, поляризуємість. Неполарний та полярний ковалентний зв'язок. Фактори, що визначають полярність молекул.

Іонний зв'язок як граничний випадок полярного ковалентного зв'язку. Енергія іонного зв'язку. Енергія ґратки іонного кристалу. Рівняння Борна-Майєра та Капустинського. Поняття про взаємну поляризацію іонів. Поляризуюча дія іонів та характер хімічного зв'язку. Структура іонних кристалів та іонні радіуси.

Металевий зв'язок. Поняття про електронний газ. Уявлення зонної теорії будови твердих тіл. Провідники, напівпровідники, діелектрики. Зв'язок між властивостями металевих систем та особливостями металевого зв'язку.

Тема 4. Міжмолекулярні взаємодії та агрегатний стан речовини

4.1. Міжмолекулярні взаємодії

Взаємозв'язок характеру міжмолекулярних взаємодій зі структурою та властивостями молекул та атомів, що входять до їх складу.

Ван-дер-Ваальсова (універсальна) взаємодія. Природа сил Ван-дер-Ваальса. Постійний, наведений та миттєвий дипольний моменти. Дипольні (орієнтаційна та індукційні) та дисперсійні взаємодії молекул. Вплив електростатичної взаємодії на властивості речовин.

Водневий зв'язок. Міжмолекулярний та внутрішньомолекулярний зв'язок. Вплив між- та внутрішньомолекулярного водневого зв'язку на властивості речовин.

4.2. Агрегатний стан речовини

Різні агрегатні стани речовини та залежність цих станів від зовнішніх умов та типу взаємодії між частинками речовини. Чиста речовина. Залежність властивостей речовин від ступеню її чистоти. Поняття про фізико-хімічну систему. Гомогенні та гетерогенні системи. Суміші. Газовий стан. Рідкий стан. Твердий стан.

Тема 5. Комплексні (координаційні) сполуки

Основні положення координаційної теорії Вернера: центральний атом, ліганди та адденди: зовнішня та внутрішня сфери, координаційне число центрального атома, ядро комплексу та його заряд, головна та побічні валентності, координаційна ємність (дентатність) ліганду. Класифікація комплексних сполук. Основи номенклатури. Типи ізомерії комплексних сполук.

Комплексні сполуки з полідентантними лігандами. Хелати. Кластери, багатоядерні та π -комплекси. Макроциклічні комплекси з краун-етерами.

РОЗДІЛ 2. ЗАКОНОМІРНОСТІ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Тема 6. Хімічна рівновага

Зворотні та незворотні процеси. Динамічний характер хімічної рівноваги. Принцип Ле-Шательє. Рівновага як стан, що відповідає мінімуму енергії Гіббса.

Термодинамічна константа рівноваги. ЗДМ. Фактори, що впливають на величину константи рівноваги: природа реагуючих речовин, температура, природа розчинника. Зв'язок між величиною константи хімічної рівноваги та зміною енергії Гіббса.

Тема 7. Елементи теорії розчинів

Способи вираження складу розчину: масова доля, молярна доля, об'ємна доля, молярна концентрація, моляльність, молярна концентрація еквіваленту, титр.

Питома та молярна електропровідність розчинів. Залежність електропровідності розчину від природи та концентрації електроліту. Роль діелектричної проникності розчинника при утворенні іонів розчиненої речовини.

Сильні та слабкі електроліти. Рівновага в розчинах слабких електролітів. Константа дисоціації як міра сили електроліту. Закон розведення Оствальда.

Обмінні реакції в розчинах. Загальні умови протікання реакцій обміну в розчинах електролітів. Іонні рівняння реакцій.

Електролітична дисоціація води, константа дисоціації води, іонний добуток води. Вплив температури на дисоціації води. Водневий показник (рН). Поняття про кислотне, нейтральне та лужне середовище. Поняття про індикатори. Методи визначення рН. Буферні розчини.

Сучасні уявлення про кислоти та основи. Кисотно-основна рівновага. Визначення кислот та основ по Арреніусу. Протонна теорія кислот та основ Бренстеда. Електронна теорія Льюїса та Усановича. Теорія сольвосистем. Константи кислотності та основності в водних розчинах. Відносність понять кислота та основа. Реакція нейтралізації. Амфотерність молекул та іонів.

Тема 8. Окисно-відновні процеси та елементи електрохімії

Суть окисно-відновних реакцій. Поняття ступеню окислення елементу в сполучі. Процеси окислення та відновлення. Окисники та відновники. Складання рівнянь окисно-відновних реакцій. Метод електронного балансу, метод напівреакцій. Основні типи окисно-відновних реакцій: міжмолекулярні, внутрішньомолекулярні, диспропорціонування, контрпропорціонування.

Електродний потенціал та фактори, що визначають його величину - потенціал іонізації, спорідненість до електрону, енергія металічної ґратки, енергія гідратації (сольватації) іонів, температура, ступінь окислення, концентрація окисленої та відновної форм. Рівняння Нернста. Нормальний (стандартний) потенціал окисно-відновної системи, його знак та величина.

ЧАСТИНА 2. ХІМІЯ елементів та найважливіших сполук

РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯЛЬНИЙ ОГЛЯД ЕЛЕМЕНТІВ ТА ЇХ СПОЛУК

Тема 9. Періодичний закон як основа систематики в неорганічній хімії

Періодичний закон - основа класифікації атомів при використанні відомостей про їх будову та властивості. Періодична система як основа класифікації простих речовин та бінарних сполук. Періодичний характер зміни деяких властивостей бінарних сполук. Пізнавальне та педагогічне значення періодичної системи.

Особливості будови атомів s-, p- d-елементів. Положення в періодичній системі.

РОЗДІЛ 4. ХІМІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ЇХ НАЙВАЖЛИВІШИХ СПОЛУК

Тема 10. Елементи сьомої групи

Загальна характеристика елементів VII групи. Особливості електронної структури атомів, валентність, ступені окислення. Зміна атомних характеристик елементів VIIA та VIIB підгрупи.

10.1. Гідроген

Гідроген. Ізотопи Гідрогену: протій, дейтерій, тритій. Положення Гідрогену в періодичній системі. Особливості будови та розмір атома гідрогену. Ступені окислення та валентність. Властивості простої речовини. Сполуки гідрогену з металами та неметалами. Гідриди елементів, їх властивості та класифікація. Сполуки гідрогену в позитивному ступені окислення.

10.2. Галогени

Загальна характеристика підгрупи галогенів: будова атомів (особливості будови атома фтору), розміри атомів та іонів, ступені окислення та валентності, електронегативність та типи хімічного зв'язку в сполуках з різними елементами, порівняльна стійкість молекул простих речовин, розповсюдженість в природі.

Співставлення фізичних та хімічних властивостей галогенів. Зміна стійкості, відновлювальних та окисних властивостей галогенідів гідрогену. Порядок взаємного витіснення галогенів з їх сполук різних типів.

Фтор, хлор, бром, йод: отримання, фізичні та хімічні властивості.

10.3. Підгрупа Мангану

Манган - представник d-елементів. Ступені окислення: катіоногенний та аніоногенний характер атомів, парамагнітність атомів та іонів, здатність утворювати комплексні сполуки, металічність простих речовин. Властивості простих речовин. Явище алотропії.

Сполуки мангану зі ступенем окислення +2, +4, +6, +7. Їх властивості: кислотно-основні, окисно-відновні, хімічна активність.

Тема 11. Елементи шостої групи

Загальна характеристика елементів VI групи. Особливості електронної структури: валентність, атомні та іонні радіуси, потенціали іонізації, спорідненість до електрону. Типові елементи: Оксиген, Сульфур. Зміна атомних характеристик елементів VIA і VIB підгруп.

11.1. Оксиген

Особливості будови та розміри атома оксигену. Ступені окислення, валентності. Алотропія. Хімічні властивості простих речовин. Розповсюдженість в природі. Лабораторні та промислові способи одержання кисню. Його застосування. Використання рідкого кисню.

Озон. Властивості та способи одержання озону. Будова молекули озону. Використання озону. Роль озону в природі.

Типові сполуки кисню. Оксиди та їх класифікація. Номенклатура оксидів. Пероксиди. Водневі сполуки кисню. Вода. Будова молекули води.

11.2. Сульфур

Будова атома сульфуру, ступені окислення, валентності. Фізичні властивості простих речовин. Алотропія. Поліморфізм. Хімічні властивості сірки. Застосування сірки. Самородна сірка та засоби її видобування.

Сульфідні елементи. Їх класифікація. Гідросульфід. Дигідроген сульфуру, його фізичні та хімічні властивості. Способи одержання. Практичне використання сірководню та сульфідів.

Кисневі сполуки сульфуру.

11.3. Підгрупа хрому

Хром, Молібден, Вольфрам - d-елементи VI групи. Електронна конфігурація атомів. Прості речовини. Сполуки Хрому, Молібдену, Вольфраму зі ступенем окислення +2, +3, +6. Їх властивості. Явище координаційної ізомерії в оксохроматах (III).

Тема 12. Елементи п'ятої групи

Загальна характеристика елементів V групи. Будова атомів. Валентність та ступені окислення атомів елементів. Характер хімічних зв'язків в сполуках. Подібність та відмінність VA та VB підгруп.

12.1. Типові елементи VA підгрупи

Азот. Особливості будови та розміри атома азоту. Фізичні та хімічні властивості простої речовини. Способи одержання азоту. Способи виділення азоту з повітря. Знаходження азоту в природі. Використання азоту. Нітриди. Способи одержання та класифікація. Аміак, його фізичні та хімічні властивості, будова молекули. Кислотно-основні та окиснювально-відновні властивості аміаку. Гідроксиламін: будова молекули, способи одержання, властивості та використання. Окиснювально-відновні реакції гідроксиламіну. Солі гідроксиламонію. Азотистоводнева кислота та її солі. Оксиди азоту.

Фосфор. Поширеність в природі. Алотропні модифікації фосфору. Одержання та використання фосфору в промисловості. Фізичні та хімічні властивості фосфору. Кисневі сполуки фосфору. Оксид фосфору (III), будова молекули, властивості, способи одержання. Фосфориста кислота, одержання, властивості. Фосфіти. Фосфорноватиста кислота, будова, одержання, властивості. Гіпофосфіти. Оксид фосфору (V), будова молекули, одержання, властивості. Гідратація оксиду фосфору (V). Ортофосфорна кислота. Фосфати та гідрофосфати.

12.2. Підгрупа миш'яку

Загальна характеристика елементів підгрупи миш'яку. Властивості та одержання простих речовин. Розповсюдженість в природі. Алотропія миш'яку. Сполуки миш'яку, сурьми, вісмуту (III) та (V).

12.3. Підгрупа ванадію (VB підгрупа)

Загальна характеристика елементів підгрупи ванадію. Будова атомів, ступені окислення, валентність. Схильність до утворення катіонної та аніонної форм. Схильність до комплексоутворення. Координаційні числа в сполуках. Фізичні та хімічні властивості металів. Природні сполуки та їх переробка. Сплави. Використання ванадію, ніобію і танталу та їх сполук.

Оксиди ванадію (II, III, IV, V). Кислотно-основні властивості гідроксидів металів (V). Їх відношення до води, кислот, лугів. Ванадати, ніобати, танталати. Ванадіти. Сполуки оксованадію (IV) (ванаділи).

Галогеніди. Хлориди ванадію (II, III, IV). Галогеніди металів (V). Гідроліз галогенідів. Комплексні галогеніди.

Тема 13. Елементи четвертої групи

Загальна характеристика елементів IV групи. Валентність та ступінь окислення елементів. Характер хімічних зв'язків в сполуках. Порівняння властивостей елементів IVA та IVB підгруп.

13.1. Типові елементи IVA підгрупи

Вуглець. Особливості будови атома вуглецю. Алотропія вуглецю. Знаходження вуглецю в природі. Штучне одержання графіту та алмазів. Карбін. Вугілля як адсорбент газів, парів та розчинених речовин. активоване вугілля. Хімічні властивості вільного вуглецю.

Сполуки вуглецю з металами та неметалами. Карбіди металів, їх класифікація. Використання карбідів в техніці. Графітиди.

Кисневі сполуки вуглецю. Оксид вуглецю (II), будова молекули, одержання, властивості. Координаційні сполуки оксиду вуглецю (II) з металами (карбоніли). Відновні властивості оксиду вуглецю (II). Фосген.

Оксид вуглецю (IV). Вугільна кислота, властивості. Карбонати, бікарбонати. Солі карбамінової кислоти. Карбамід.

Кремній. Будова атома, розповсюдженість в природі, використання простої речовини. Причина відмінності хімії кремнію та вуглецю. Основні кремнеземні мінерали - кварц, силікати, алюмосилікати.

Одержання кремнію. Фізичні і хімічні властивості. Кисневі сполуки кремнію (II), його природні модифікації.

13.2. Підгрупа германію

Загальна характеристика підгрупи германію. Властивості простих речовин. Відношення простих речовин до кисню, металів, води, кислот та лугів.

Оксиди, гідроксиди та солі олова свинцю (II) та (IV). Солі олова (II) та свинцю (II). Станіти, плумбіти. Відновлювальні властивості сполук олова (II).

ТЕМА 14. Елементи третьої групи

Загальна характеристика елементів III групи. Валентність та ступені окислення елементів. Характер зміни властивостей елементів в головній та побічній підгрупах.

14.1. Типові елементи IIIA підгрупи

Бор. Будова атома, ступені окислення, максимальна валентність, типи гібридизації атома бору в сполуках.

Поширеність бору, ізотопний склад, знаходження в природі, основні природні сполуки бору. Проста речовина, її будова та властивості. Одержання бору. Сполуки бору з металами та неметалами. Борида металів. Борани, їх склад, одержання, властивості. Борофтористоводнева кислота, її солі.

Кисневі сполуки бору. Борний ангідрид. Борні кислоти, їх солі. Бура, одержання, будова, гідроліз. Переробка природних боратів, складні ефіри борної кислоти. Використання сполук бору.

Алюміній. Будова атома, ступені окислення, валентність, типи гібридизації, координаційні числа в сполуках. Розповсюдженість, ізотопний склад та природні сполуки алюмінію. Виробництво алюмінію. Фізичні та хімічні властивості алюмінію. Сплави алюмінію та їх використання. Оксид алюмінію. Корунд, його властивості. Штучні рубіни. Гідроксид алюмінію, його одержання та властивості. Солі алюмінію і кисневмісних кислот. Сполуки алюмінію з галогенами. Сульфід, нітрид алюмінію. Алюмінати, одержання і властивості. Гідроліз солей алюмінію і алюмінатів. Комплексні сполуки та подвійні солі алюмінію. Гідрид алюмінію і алюмогідриди. Використання сполук алюмінію.

ТЕМА 15. Елементи другої групи

Загальна характеристика елементів II групи періодичної системи. Схожість та відмінність елементів головної та побічної підгруп. Характер зміни властивостей елементів по підгрупах. s-елементи II групи (IIa підгрупа). Загальна характеристика s-елементів II групи.

15.1. Головна підгрупа II групи

Особливості електронної будови атома берилію. Поширеність, ізотопний склад, природні сполуки берилію. Переробка берилію. Токсичність берилію та його сполук.

Одержання і властивості металевого берилію. Використання в техніці берилію та його сплавів. Оксид і гідроксид берилію, їх одержання і властивості. Солі берилію і берилати, їх гідроліз. Галогеніди берилію, особливості їх будови. Комплексні сполуки берилію. Практично важливі сполуки берилію.

Магній. Положення магнію в періодичній системі. Поширеність, ізотопний склад, мінерали магнію (доломіт, магнезит, карналіт). Одержання магнію з мінеральної сировини. Сплави магнію, їх значення для сучасної техніки. Фізичні та хімічні властивості магнію. Оксид та гідроксид магнію. Солі магнію, їх гідроліз. Магнезійний цемент. Сполуки магнію з галогенами. Використання магнію та його сполук.

Лужноземельні метали. Будова атомів кальцію, стронцію, барію. Поширеність, ізотопний склад. Мінерали кальцію (вапняк, крейда, мармур, гіпс), стронцію (целестин, стронціаніт), барію (важкий шпат, вітерит). Одержання металевих кальцію, стронцію та барію. Фізичні і хімічні властивості лужноземельних металів. Оксиди і гідроксиди. Гідриди кальцію, стронцію і барію. Галогеніди і нітриди. Розчинні та нерозчинні солі. Комплексоутворююча властивість іонів лужноземельних металів.

15.2. Підгрупа цинку (IВ підгрупа)

Загальна характеристика елементів підгрупи цинку. Будова атомів цинку, кадмію, ртуті. Поширення, ізотопний склад. Природні сполуки. Одержання і використання цинку, кадмію, ртуті. Фізичні та хімічні властивості. Сплави цинку і кадмію. Амальгами. Оксиди і гідроксиди. Зміна кислотно-основних властивостей оксидів і гідроксидів в низці цинк (II)-кадмій (II)-ртуть (II). Солі цинку (II), кадмію (II), ртуті (II), їх гідроліз. Комплексні сполуки цинку (II), кадмію (II), ртуті (II), одержання, склад, константи стійкості. Цинкати. Сполуки ртуті (I), одержання, будова, властивості. Оксид ртуті (I), гідроксид ртуті (I), солі ртуті (I). Каломель. Використання сполук цинку, кадмію, ртуті.

ТЕМА 16. Елементи першої групи

Загальна характеристика елементів I групи, будова атомів елементів головної та побічної підгруп, валентні електрони, Характерні ступені окислення. Елементи подібності та основні відмінності металів IA і IB підгруп. Зміни характеристик атомів по підгрупах. Знаходження в природі.

16.1. Лужні метали (IA підгрупа)

Загальна характеристика s-металів I групи, електронна будова атомів і іонів, хімічні та фізичні властивості елементів, їх зміна в підгрупі. Відновні властивості лужних металів. Методи одержання. Характеристика бінарних сполук лужних металів. Властивості оксидів, гідроксидів, гідридів. Пероксиди і надпероксиди. Солі. Особливості літію, подібність його сполук зі сполуками магнію як проява правила діагональної подібності в періодичній системі. Використання лужних металів.

Натрій і калій. Знаходження в природі, методи одержання, використання. Одержання гідроксидів. Карбонати і бікарбонати. Сода, способи одержання. Нітрати калію і натрію (селітри). Біологічна роль калію і натрію, калійні добрива.

16.2. Підгрупа міді (IВ підгрупа)

Загальна характеристика елементів, будова атомів, валентні стани, характерні ступені окислення. Розповсюдженість в природі. Мідь. Проста речовина, фізичні та хімічні властивості. Сполуки міді (I) і (II). Оксиди міді (I) і (II), гідроксиди міді (I) і (II), їх властивості, куприти, солі. Найвіжливіші комплексні сполуки міді (I) і (II).

Срібло. Проста речовина, фізичні і хімічні властивості. Сплави срібла, сріблення. Сполуки срібла (I) - оксид, гідроксид, солі. Комплексні сполуки срібла (I), одержання, стійкість, використання. Сполуки срібла (II). Видобування срібла з відходів кольорової металургії.

ТЕМА 17. Елементи восьмої групи

Загальна характеристика елементів VIII групи. Особливості побудови VIII групи періодичної системи. Електронна будова і ступені окислення елементів VIII групи.

Електронна будова атомів інертних газів. Склад молекул. Фізичні властивості. Знаходження в природі.

Історія відкриття елементів підгрупи гелію. Способи одержання і розділення інертних газів. Відкриття сполук інертних газів (Б.А.Нікітін, Н.Бартлет). Хімічні сполуки: фториди і оксиди ксенона, їх окислювальні властивості. Фторидні сполуки криптона і радона. Використання інертних газів та їх сполук.

17.1. Побічна підгрупа VIII групи

Загальна характеристика d-елементів VIII підгрупи. Валентні сполуки елементів і особливості зміни по горизонтальних та вертикальних одиницях періодичної системи.

Будова атомів, ізотопний склад, поширеність, природні сполуки. Зміна стійкості сполук з найнижчими та найвищими ступенями окислення в низці залізо-кобальт-нікель.

Залізо. Проста речовина, поліморфні модифікації, їх значення для властивостей залізних матеріалів. Хімічні властивості.

Сполуки заліза (II) оксид, гідроксид, солі. Сіль Мора, карбонати заліза (II) (середній, кислий, основний). Сполуки заліза (III): оксид, змішаний оксид, гідроксид, ферити. Солі заліза (III), їх гідроліз. Ферати як похідні заліза (VI). Одержання і властивості фератів.

Кобальт. Проста речовина, її будова і властивості. Поліморфізм. Найважливіші сплави. Сполуки кобальту (II): оксид, гідроксид, солі прості та комплексні. Сполуки кобальту (III): оксид, гідроксид, солі прості та комплексні. Кобальтові фарби. Принципи виробництва кобальту.

Нікель. Проста речовина, її будова, властивості. Поліморфізм. Нікелювання. Сплави нікелю. Сполуки нікелю (II): оксид, гідроксид, солі прості та комплексні. Оксиди нікелю. Природні сполуки нікелю. Принципи виробництва нікелю.

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Тема 1. Електронні уявлення в органічній хімії

Характеристичність та адитивність властивостей атомів та зв'язків. Взаємне впливання атомів в молекулі. Спряження як взаємодія атомів та зв'язків. Хімічний зв'язок як проява спільної взаємодії атомів в молекулі. Спрямованість зв'язку. Наближені математичні методи опису електронної будови молекул метод молекулярних орбіталей та теорія резонансу. Молекулярні орбіталі, засоби їх опису: σ - та π -зв'язки, локалізовані та делокалізовані молекулярні орбіталі.

Тема 2. Алкани - насичені вуглеводні

Гомологічний ряд алканів, номенклатура та ізомерія, алкільні радикалі. Природні джерела. Методи одержання: гідрування ненасичених вуглеводнів, відновлювання сполук різних класів, реакція Вюрца, декарбоксілювання та електроліз солей карбонових кислот. Електронна та просторова будова алканів; їх конформації. Спектральні характеристики. Хімічні властивості алканів. Гомолітичний тип розриву зв'язків. Вільні радикали: фактори, що обумовлюють їх відносну стабільність. Загальна уява про механізм ланцюгових радикальних реакцій заміщення в алканах. Галогенування, сульфогалогенування, нітрування, окисленн. Вуглеводні як моторне паливо. Гетеролітичний тип розриву зв'язку в алканах. Карбокатіони, їх електронна будова та відносна стабільність. Реакції алканів в надкислих середовищах.

Тема 3. Олефіни - вуглеводні з подвійним зв'язком

Поняття про подвійний зв'язок. Енергія утворення подвійного зв'язку, його стереохімія. Номенклатура та ізомерія олефінів. Хімічні властивості подвійного $C = C$ зв'язку. Реакції приєднання. Іонне (електрофільне приєднання галогенів, молекул типу $H-X$ та механізм цих процесів, правило Марковнікова) та радикальне (правило Хараши). Реакції окиснення. Хімічні властивості α -метиленової групи, з'єднаної з π -зв'язком. Полімерізація та засоби її запровадження (поліетилен, поліпропілен та інші). Приєднання до олефінів третинних галогідних алкілів. Утворення з допомогою олефінів π -комплексів.

Алкадієни, класифікація, ізомерія. Найважливіші 1,3-дієни та методи їх отримання. Спряження подвійних зв'язків - ефект кон'югації. Хімічні властивості 1,3-дієнів: каталітичне гідрування, електрофільне приєднання в умовах кінетичного чи термодинамічного контролю, дієновий синтез. Полімеризація 1,3-дієнів та її значення в техніці. Природний та штучний каучук, його вулканізація.

Властивості аленів. Порівняння аленів та супряжених дієнів. Ацетилен-ален-дієнова перегрупівка. Полієни.

Тема 4. Алкіни - вуглеводні з потрійним зв'язком.

Номенклатура та ізомерія алкінів. Способи утворення потрійного зв'язку, s,p -гібридація. Фізичні та спектральні властивості алкінів. Хімічні перетворення алкінів: каталітичне гідрування, електрофільне приєднання галогеноводнів, води, спиртів, кислот, реакції заміщення на базі ацетилену (реакції Фаворського, Реппе). Перетворення ацетилену в вінілацетилен. Алкіни як дієнофіли. Кислотні властивості термінальних ацетиленів.

Тема 5. Галогенопохідні вуглеводнів.

Моногалогенопохідні аліфатичних вуглеводнів, їх номенклатура та ізомерія. Способи утворення зв'язку $C-Hal$: заміщення атому водню, приєднання до подвійного зв'язку, заміщення групи OH . Особливості утворення зв'язків $C-F$ та $C-I$. Хімічні властивості моногалогеналканів: нуклеофільне заміщення атомів галогенів та дегідрогалогенування. Уява про механізми тину S_N1 , $E1$, S_N2 , $E2$. Інші реакції. Сполуки з підвищеною та зниженою рухомістю атому галогену. Полігалогенпохідні. Хлороформ, CCl_4 . Карбени. Фреони.

Тема 6. Спирти

Насичені одноатомні спирти: їх номенклатура, ізомерія, класифікація. Способи утворення спиртів: приєднання води до $C=C$ зв'язку, гідроліз галогеналканів, відновлення кето- та карбокси-сполук за допомогою металоорганічних сполук. Водневий зв'язок та властивості спиртів: фізичні, спектральні, хімічні. Кислотність та

основність спиртів: як вони змінюються в ряді первинних, вторинних та третинних спиртів і як це обумовлює реакційну здатність цих спиртів. Загальні уявлення про механізм нуклеофільного заміщення та відщеплювання в аліфатичному ряді. Приєднання спиртів до олефінів, ацетиленів, утворення простих та складних ефірів. Окислення спиртів.

Ненасичені спирти. Аліловий та пропаргіловий спирти: їх отримання та хімічні властивості.

Багатоатомні спирти: етиленгліколь, гліцерин. Класифікація, методи утворення, фізичні та хімічні властивості. Процеси хелатування. Практичне значення етиленгліколю, гліцерину.

Тема 7. Прості ефіри

Їх номенклатура, ізомерія. Методи їх отримання. Взаємодія ефірів з кислотами, їх розщеплення та окислення. Циклічні прості ефіри, краун-ефіри. Комплексоутворення з солями металів, застосування в міжфазному каталізі.

Тема 8. Оксосполуки (альдегіди та кетони)

Номенклатура. Способи утворення карбонільної групи: окиснення алканів, спиртів, оксосинтез, гідратація алкінів, озоноліз та інші. Відновлювальні методи отримання із похідних кислот. Електронна будова групи C=O, її зв'язок з реакційною здатністю. Якісні реакції альдегідів. Нуклеофільні реакції оксосполук: гідратація, взаємодія зі спиртами, бісульфитом натрію, PCl. Кето-енольна таутомерія та хімічні властивості оксосполук, що з нею пов'язані: галогенування та галоформне відщеплення, нітрування, конденсації за участю α -метиленової групи.

Ненасичені альдегіди та кетони, способи одержання та хімічні властивості. Електронна будова спряжених ненасичених кетонів та її прояв в реакційній здатності цих сполук. Кетени.

Тема 9. Карбонові кислоти

Одноосновні аліфатичні кислот, їх номенклатура. Способи одержання кислот: окиснення сполук різних класів, одержання за допомогою металоорганічних сполук, малонового та ацетооцтового ефірів, гідроліз похідних кислот. Природні джерела карбонових кислот. Електронна будова карбоксильної групи. Водневі зв'язки за її участю. Кислотність. Хімічні властивості кислот. Взаємні перетворення функціональних похідних кислот. Вищі карбонові кислоти. Мила. Жири, масла.

Дикарбонові кислоти. Способи їх одержання та хімічні властивості. Особливості малонового ефіру. Адипінова кислота та її застосування.

Ненасичені карбонові кислоти. Акрилова та метакрилова кислоти, їх ефіри. Фумарова та малеїнова кислоти.

Вугільна кислота та її похідні. Сечовина. Фосген. Поліуретани.

Альдегідо- та кето-кислоти. Синтез Клайзена. Ацетооцтовий ефір, його таутомерія та хімічні властивості. Реакції із застосуванням ацетооцтового ефіру.

Загальні способи утворення гідроксикислот. Хімічні властивості. Природні гідроксикислоти: гліколева, молочна, яблунева, винна та лимонна кислоти.

Тема 10. Органічні сполуки сірки

Меркаптани, меркаптіди, діалкілсульфіди, тіоефіри. S-Аналоги альдегідів та кетонів, карбонових кислот. Сульфокислоти та їх функціональні похідні. Диметилсульфоксид як розчинник. CS₂.

Тема 11. Нітросполуки

Номенклатура нітроалканів. Способи утворення нітросполук: нітрування алканів, заміщення атому галогену, окиснення амінів. Електронна будова нітрогрупи та її електроноакцепторний характер. Таутомерія та хімічні властивості нітроалканів: гідрування, галогенування, конденсації, перегрупування в гідроксамові кислоти.

Тема 12. Аліфатичні аміни.

Номенклатура, ізомерія, електронна будова аміногрупи. Способи утворення амінів: нуклеофільне заміщення галоген-, гідроксо-, аміно-груп, відновлювання нітро- та інших азотовміщуючих сполук, перегрупування амідів, азидів та деяких інших сполук. Основність амінів. Хімічні властивості: алкілювання, ацилювання, взаємодія з азотистою кислотою. Окиснення. Четвертичні солі амонію, їх значення в промисловості. Діаміни, їх отримання, значення в промисловості.

Тема 13. Стереохімія органічних сполук

Хіральність молекул, S- і R-номенклатура. Проекційні формули. Енантіомери та рацемати. Конфігураційні ряди (D- та L-). Методи розподілу рацематів.

Тема 14. Вуглеводи.

Їх класифікація. Моносахариди відкрита та циклічна форми. Таутомерія. Реакції за участю моносахаридів, їх взаємоперетворення. Глікозидний гідроксил. Стереохімія моносахаридів: D- та L-ряди, аномери, епімери. Проекційні формули Фішера та Коллі-Толленса. Мутаротація вуглеводів.

Ди- та полісахариди. Біози та їх класифікація. Хімічні властивості. Сахароза. Крохмаль, целюлоза, їх будова та властивості. Біологічне значення вуглеводів, принцип їх спиртового бродіння.

Тема 15. Амінокислоти

Номенклатура, ізомерія, способи їх отримання. Електронна будова α -аміно-кислот, їх стереохімія, основно-кислотні властивості. Бетаїни. Загальні уявлення про пептиди та білки. Будова білків та їх значення в природі.

Тема 16. Ароматичні вуглеводні

Бензол, його електронна будова. Поняття ароматичності. Номенклатура та ізомерія ароматичних вуглеводнів. Способи одержання. Фізичні та спектральні властивості. Механізм електрофільного заміщення в бензольному ядрі: σ - та π -комплекс. Електронний вплив різних замісників на спрямування цих реакцій. Реакції приєднання водню, озону, галогенів. Окиснення бензолу та його гомологів. Окремі представники: бензол, толуол, ксилоли та інші.

Тема 17. Ароматичні галоген- та нітросполуки, сульфокислоти

Галогенпохідні, їх номенклатура, ізомерія, способи отримання. Умови, які сприяють галогенуванню в ядро чи

побічний ланцюг. Фізичні та хімічні властивості галоген похідних.

Сульфокислоти, способи їх отримання. Фізичні та хімічні властивості. Хлораміни. Сполуки, що мають миючі та дезінфікуючі властивості.

Нітросполуки, номенклатура, способи їх одержання. Нітрування в ядро та в побічний ланцюг. Фізичні та хімічні властивості нітросполук.

Тема 18. Ароматичні аміни, діазо- та азосполуки

Класифікація амінів, ізомерія. Методи отримання первинних ароматичних амінів. Основність амінів, її залежність від будови аміну. Фізичні та спектральні властивості, хімічні перетворення: солеутворення, алкілювання, ацилювання, галогенування, нітрування, дія азотистої кислоти та інші. Діаміни. Інші похідні аніліну.

Синтез діазосполук: їх електронна будова, її зв'язок зі стабільністю. Хімічні властивості діазосполук. Реакції з відділенням азоту: заміщення діазогруп на галогід, водень, гідроксил та інші групи, взаємодія з ароматичними вуглеводнями, ненасиченими карбонільними та карбоксильними сполуками, іонний та радикальний механізм цих перетворень. Реакції зі збереженням азоту: синтез гідразинів, реакції азосполучення.

Тема 19. Феноли та ароматичні спирти.

Номенклатура, способи отримання. Електронна будова фенолів, чим вона відрізняється від будови спиртів. Фізичні та спектральні особливості фенолів. Кислотність фенолів. Їх хімічні властивості: реакції за участю ОН групи, вплив цієї групи на здатність ароматичного ядра до реакцій електрофільного заміщення. Вплив різних замісників на кислотність фенолів. Штучні полімери з фенолів. Ароїли.

Двох- та трьох-атомні феноли: їх способи отримання, фізичні та хімічні властивості.

Тема 20. Ароматичні альдегіди та кетони

Способи отримання цих сполук: гідроліз гемінальних дигалоген-похідних, окиснення гомологів бензолу чи ароматичних спиртів, реакції Фріделя-Крафтса, Гаттермана-Коха. Хімічні властивості: окиснення та відновлювання, реакції приєднання, конденсації та перегрупування.

Тема 21. Ароматичні кислоти.

Способи їх отримання. Кислотність, її залежність від замісників у бензольному ядрі. Хімічні властивості ароматичних кислот. Їх перетворення в функціональні похідні. Дикарбонові кислоти, фталева кислота та її ізомери. Способи їх отримання та перетворення, їх практичне застосування.

Тема 22. Багатоядерні ароматичні сполуки

Конденсовані ароматичні сполуки. Нафталін, антрацен, фенатрен. Способи їх одержання, фізичні та хімічні властивості. Поліциени.

Тема 23. Гетероциклічні сполуки

Загальні уявлення про гетеро цикли: їх номенклатура, класифікація. Особистий вплив гетероатома на розподіл електронної густини в молекулі.

П'ятичленні гетероцикли. Фуран, тіофен, пірол: їх отримання, ароматичний характер та хімічні властивості. Реакції заміщення, приєднання та розширення циклів.

П'ятичленні полігетероатомні цикли. Піразол та імідазол як сполуки, що водночас мають кислотний та основний характер, методи їх синтезу, реакційна здатність. Три-, тетра- і пентазоли. Оксазоли. Тіазоли.

Шестичленні гетероцикли. Піридин, його будова, одержання, хімічні властивості, основність, реакції електрофільного та нуклеофільного заміщення, кватернізація. Важливіші представники: вітаміни, лікарські препарати, алкалоїди. Хіноліни.

ФІЗИЧНА ХІМІЯ ТА КОЛОЇДНА ХІМІЯ

Розділ 1. Хімічна термодинаміка

Тема 1.1. Перший закон термодинаміки

Хімічна термодинаміка та її зміст. Основні поняття та визначення термодинаміки – термодинамічна система, стан, параметри стану, функції стану, процеси. Робота та теплота процесу. Оборотної та необоротні процеси. Перший закон термодинаміки, його формулювання. Внутрішня енергія. Ентальпія. Робота та зміна внутрішньої енергії в різних процесах. Теплоємність середня та істинна, залежність від температури. Теплові ефекти при сталому тиску та сталому об'ємі. Закон Гесса. Теплоти утворення, теплоти згоряння. Теплоти розчинення. Залежність теплового ефекту від температури. Рівняння Кірхгофа.

Тема 1.2. Другий закон термодинаміки

Самочинні та несамоchинні процеси. Формулювання другого закону термодинаміки. Цикл Карно. Теорема Карно – Клаузіуса. Ентропія. Зміна ентропії в різних процесах. Зміна ентропії ізолюваної системи та напрямок процесу. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Термодинамічна імовірність. Ентропія та імовірність. Формула Больцмана. Постулат Планка, абсолютне значення ентропії. Розрахунок абсолютного значення ентропії.

Тема 1.3. Термодинамічні потенціали

Об'єднаний перший та другий закони термодинаміки для оборотних та необоротних процесів. Максимальна та максимальна корисна роботи. Робота та теплота хімічного процесу.

Тема 1.4. Ідеальні та реальні гази

Ідеальний газ. Рівняння стану. Реальні гази. Леткість. Методи розрахунку леткості.

Поняття про парціальні мольні та удавані величини, їх визначення, властивості, методи розрахунку. Рівняння Гіббса – Дюгема. Термодинамічні потенціали газових сумішей. Ідеальні та нескінченно розведені розчини. Реальні

розчини. Активність, коефіцієнти активності.

Тема 1.5. Фазові рівноваги

Фазові перетворення. Рівняння Клаузіуса – Клапейрона. Теплота фазових перетворень. Вплив загального тиску на тиск насиченої пари. Тиск пари над розчином. Закон Рауля та відхилення від нього. Розчинність газів. Закон Генрі. Залежність розчинності газів від температури. Розрахунок тиску і складу пари над розчином. Перший закон Коновалова.

Розділ 2. Розчини електролітів

Тема 2.1. Електролітична дисоціація

Електролітична дисоціація в розчинах. Теорія Арреніуса, її недоліки. Сольватація. Теорія Борна. Активність та коефіцієнти активності іонів, середньоіонні величини. Вплив розчинника на електролітичну дисоціацію.

Тема 2.2. Теорія розчинів сильних електролітів

Міжіонні взаємодії. Іонна сила розчину. Правило іонної сили. Основні положення теорії Дебая–Хюккеля. Розрахунок коефіцієнтів активності.

Тема 2.3. Іонні рівноваги в розчинах електролітів

Розчини слабких електролітів. Концентраційна та термодинамічна константи дисоціації. Кисотно-основні рівноваги. Теорія Бренстеда. Класифікація розчинників. Дисоціація води.

Розділ 3. Електрохімічні елементи та електрохімічні процеси

Тема 3.1. Електродна рівновага

Електрохімічні процеси. Електрорушійна сила. Термодинаміка електрохімічних елементів. Електроди, типи електродів: першого, другого, третього роду, іонообмінні, окисно-відновні. Стандартні електродні потенціали. Рівняння Нернста. Воднева шкала електродних потенціалів.

Тема 3.2. Електрохімічні кола

Теорії виникнення електродного потенціалу та електрорушійної сили. Поверхневий, зовнішній та внутрішній потенціали. Потенціали Гальвані і Вольта. Гальвані-потенціал на межах метал – метал, метал – розчин. Складові електрорушійної сили. Принципи класифікації електрохімічних кіл. Типи електрохімічних кіл. Природа дифузійного потенціалу. Концентраційні та хімічні кола.

Розділ 4. Хімічна кінетика

Тема 4.1. Формальна кінетика

Швидкість реакції. Основний постулат хімічної кінетики. Молекулярність та порядок реакції. Константа швидкості реакції. Односторонні реакції першого, другого, n-ного порядку. Методи визначення порядку реакції. Складні реакції – двосторонні, паралельні, послідовні. Принцип стаціонарності Боденштейна. Залежність швидкості реакції від температури. Рівняння Арреніуса. Енергія активації. Поняття про складні реакції: ланцюгові реакції, фотохімічні процеси.

Тема 4.2. Теорії хімічної кінетики

Теорія активних співударів. Рівняння для константи швидкості. Енергія активації та передекспоненційний множник. Стеричний фактор. Теорія перехідного стану (активованого комплексу). Реакції в розчинах. Вплив розчинника на швидкість реакції. Фотохімічні реакції.

Розділ 5. Фізична хімія поверхневих явищ та дисперсних систем.

Тема 5.1. Термодинаміка поверхневих явищ та будова поверхні розділу фаз

Геометричні параметри поверхні. Границя розділу фаз, її силове поле. Поверхневий натяг, його фізичний зміст та термодинамічне визначення. Поверхнева енергія та міжмолекулярні взаємодії в конденсованих фазах.

Поверхні розділу конденсованих фаз. Крайовий кут змочування та робота адгезії. Формула Дюпре. Розтікання рідини, ефект Марангоні. Селективне змочування: ліо/гідро/фільні та ліо/гідро/фобні поверхні. Міжфазний натяг на поверхні розділу насичених розчинів двох обмежено розчинних рідин, правило Антонова.

Дисперсність та термодинамічні властивості тіл. Вплив дисперсності на внутрішній тиск. Формула Лапласа. Поверхнева енергія та рівноважні форми тіл. Капілярні явища. Формула Жюрена. Залежність термодинамічної реакційної здатності від дисперсності. Формула Томсона (Кельвіна) та Фрейндліха-Оствальда. Вплив дисперсності на температуру фазового переходу. Методи визначення поверхневого натягу на межі розділу фаз.

Тема 5.2. Адсорбційні шари та вплив їх на властивості дисперсних систем

Адсорбційні явища на межі розділу фаз. Адсорбція та поверхневий натяг. Будова та властивості адсорбційних шарів на межі розділу фаз вода- повітря. Фундаментальне адсорбційне рівняння Гіббса. Поверхнева активність. Правило Дюкло-Траубе. Поверхнево-активні речовини (ПАР) та їх класифікація. Залежність поверхневого натягу від концентрації ПАР, рівняння Шишковського.

Адсорбція газів та парів на однорідній поверхні. Адсорбційні взаємодії при фізичній адсорбції. Мономолекулярна адсорбція. Ізотерма адсорбції Ленгмюра. Взаємозв'язок рівнянь Ленгмюра та Шишковського.

Вплив на адсорбцію природи адсорбенту та адсорбата. Хемосорбція. Енергетичні параметри адсорбції. Теорія полімолекулярної адсорбції Брунпуера-Еммета-Теллера (БЕТ). Кінетика адсорбції. Активована та неактивована адсорбція. Адсорбція газів та парів на неоднорідній поверхні (пористі тіла). Потенціальна теорія Поляні. Теорія капілярної конденсації. Вплив структури пористого тіла на адсорбцію. Рівняння Дубініна-Радушкевича.

Молекулярна та іонна адсорбція із розчинів на твердій поверхні. Селективна адсорбція із розчинів. Іонообмінна адсорбція. Рівновага іонного обміну. Рівняння Нікольського. Практичне застосування іонообмінної адсорбції.

Тема 5.3. Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем

Броунівський рух та дифузія в колоїдних системах. Теорія броунівського руху за Ейнштейном-

Смолуховським. Зв'язок між середньоквадратичним зсувом часточок та коефіцієнтом дифузії. Осмотичний тиск в колоїдних системах, його роль в фізико-хімічних процесах.

Седиментація в дисперсних системах. Закономірності седиментації в гравітаційному та доцентровому полях. Седиментаційний аналіз дисперсності суспензії. Рівняння Сведберга-Одена. Диференціальна та інтегральна криві розподілу часточок за розмірами. Застосування центрифуги та ультрацентрифуги для аналізу дисперсності.

Тема 5.4. Оптичні властивості дисперсних систем

Явище розсіяння світла колоїдними системами. Формула Релея. Вплив розмірів часточок на процеси розсіяння світла. Індикатриса розсіяння світла. Поглинання світла та забарвлення колоїдних розчинів. Закон Бугера-Ламберта-Бера для дисперсних систем.

Методи дослідження ультрамікрогетерогенних систем, які основані на явищах розсіяння світла: ультрамікроскопія, турбідиметрія, нефелометрія. Рентгенографічний та електронографічний методи дослідження структури високодисперсних систем.

Тема 5.5. Електричні властивості дисперсних систем

Утворення та будова подвійного електричного шару (ПЕШ). Рівняння Пуассона-Больцмана для ПЕШ. Щільна та дифузійна частина ПЕШ електрично зарядженої поверхні. Параметр Дебая та ефективна товщина ПЕШ. Електрокінетичний потенціал (ζ -потенціал).

Електрокапілярні криві, вплив на їх форму ПАР. ПЕШ часточок гідрофобних золів (міцел). Будова та формула міцели.

Вплив індиферентних та неіндиферентних електролітів на структуру ПЕШ та ζ -потенціал. Перезарядка поверхні. Ізоелектричний стан. Електрокінетичні явища та методи їх вивчення. Електрофорез та електроосмос, рівняння Гельмгольца-Смолуховського, експериментальне визначення ζ -потенціалу. Практичне застосування електрокінетичних явищ.

Тема 5.6. Класифікація та одержання дисперсних систем

Класифікація дисперсних систем за ступенем та характером дисперсності, за формою частинок, за характером руху дисперсної фази, за агрегатним станом. Суспензії, золі, гелі, емульсії, піни, аерозолі, поруваті тіла, капілярні системи, ксерогелі. Класифікація дисперсних систем за характером міжмолекулярних взаємодій на межі розділу фаз. Виникнення і загибель дисперсних систем. Класифікація методів одержання вільнодисперсних систем. Диспергаційні методи. Ефект Ребіндера. Конденсаційне утворення нової фази: термодинаміка і кінетика. Хімічні методи отримання дисперсних систем. Самочинне диспергування. Стабілізація дисперсій. Отримання зв'язанодисперсних систем

Ліофільні колоїдні системи. Критична концентрація міцелоутворення (ККМ) в розчинах ПАР, методи її визначення. ПАР в миючих засобах. Розчинення вуглеводнів (солюбілізація) в мицелах миючих засобів. Спільність і відмінності розчинів ВМС і істинно-колоїдних розчинів. Визначення молекулярних мас ВМС та міцелярних мас міцел ПАР за світлорозсінянням. В'язкість розчинів полімерів: рівняння Штаудінгера. Висолювання і коацервація. Поліелектроліти. Глобули білків.

Тема 5.7. Стійкість дисперсних систем

Агрегативна та седиментаційна стійкість дисперсних систем, фактори, що впливають на них. Розклинюючий тиск за Дерягіним. Основи теорії Дерягіна-Ландау-Фервея-Овербека (ДЛФО). Молекулярна та електростатична складові розклинюючого тиску в теорії ДЛФО. Взаємодія сферичних часточок.

Закономірності коагуляції гідрофобних золів електролітами. Правило Шульце-Гарді. Поріг коагуляції, рівняння Дерягіна. Кінетичне рівняння Смолуховського, його лінійні анаморфози. Кінетика повільної коагуляції. Константи швидкості та енергія активації коагуляції. Захисна дія ВМС. «Золоті» числа.

Пептизація. Взаємна коагуляція золів. Явище флокуляції золів та суспензій поліелектролітами (водорозчинними полімерами). Адсорбційно-сольватний, структурно-механічний та ентропійний фактори стійкості. Піни та емульсії, одержання та фактори їх стійкості. Аерозолі, особливості будови та властивості. Стійкість та руйнування аерозолів в природі та техніці.

Тема 5.8. Мікрогетерогенні системи

Аерозолі: тумани, пил, дими. Стійкість і руйнування аерозолів в природі і техніці. Порошки. Суспензії: грубі і тонкі; муті. Перетворення суспензій у пасти, у порошки. Відмінність мікрогетерогенних систем від ультрамікрогетерогенних. Розведені, концентровані і висококонцентровані емульсії. Стабілізація емульсій. Газові емульсії. Піни. Плівки як елемент пін і емульсій. Кратність піни. Будова пін. Стабілізація і руйнування пін.

ХАРЧОВА ХІМІЯ ТА ХАРЧОВА БЕЗПЕКА

1. Білки. Ліпіди. Вуглеводи.
2. Харчові кислоти. Фенольні сполуки.
3. Вітаміни та вітаміноподібні речовини.
4. Ферменти та ферментні препарати.
5. Мінеральні речовини. Вода.
6. Нормативно-правові основи безпеки харчової продукції.
7. Класифікація шкідливих речовин, видів небезпек та шляхи забруднення харчової продукції.
8. Забруднювачі хімічної природи. Загальна та токсико-гігієнічна характеристика основних ксенобіотиків у харчових продуктах.

9. Біологічні контамінанти і специфічна мікрофлора харчової продукції. Мікробіологічні контамінанти. Мікотоксини грибів.
10. Біологічні контамінанти і специфічна мікрофлора харчової продукції. Паразитарні контамінанти. Гельмінтози.
11. Санітарно-гігієнічна експертиза харчової продукції.
12. Основні принципи зниження шкідливих речовин у харчовій продукції. Нормування та регламентація вмісту ксенобіотиків у продовольчій сировини, напівфабрикатів, готової продукції харчових виробництв.

ЛІТЕРАТУРА

АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ

1. Кузьма Ю., Ломницька Я., Чабан Н. Аналітична хімія. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2001 – 298 с.
2. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.
3. Зінчук В.К., Гута О.М. Хімічні методи якісного аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2006 – 151 с.
4. Douglas A. Skoog, Donald M. West, F. James, Holler, Stanley R. Crouch Fundamentals of Analytical Chemistry, Ninth Edition, Publisher: Mary Finch, 2014. 957 p.
5. Бугаєвський О.А., Дрозд А.В., Логінова Л.П., Решетняк О.О., Юрченко О.І. Теоретичні основи та способи розв'язання задач з аналітичної хімії / Харків: ХНУ, 2003. – 320 с.
6. Юрченко О.І., Бугаєвський О.А., Дрозд А.В., Мельник В.В., Холін Ю.В. Аналітична хімія. Загальні положення. Рівноваги. Якісний та кількісний аналіз. Навчальний посібник / Під редакцією О.І. Юрченко. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – 344 с.
7. Бугаєвський О.А., Дрозд А.В., Науменко В.А., Юрченко О.І. Лабораторний практикум з аналітичної хімії / Під редакцією О.І. Юрченко. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – 344 с.
8. Л.П.Логінова, В.М.Клещевнікова, О.О.Решетняк, О.В.Харченко. Збірник задач з аналітичної хімії. Навчальний посібник / За ред. Л.П. Логінової. Харків, ХВУ, ХДУ, 1999. – 248 с.
9. Бугаєвський О.А., Решетняк О.О. Таблиці констант хімічних рівноваг, що застосовуються у аналітичній хімії / Харків: ХНУ, 2000. – 77 с.
10. Юрченко О.І., Дрозд А.В., Бугаєвський О.А. Аналітична хімія. Загальні положення. Якісний аналіз / Харків: ХНУ, 2002. — 123 с.
11. Беліков К. М. Атомно-емісійна спектроскопія з індуктивно зв'язаною плазмою та рентгено-флуоресцентний аналіз: навчальний посібник / К. М. Беліков, О. І. Юрченко, Т. В. Черножук. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2024. – 108 с.
12. Хімічна метрологія та сучасні методи пробопідготовки: навчальний посібник / О.І. Юрченко, Т. В. Черножук, А.В. Пантелеймонов, О.М. Бакланов. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2024. – 128 с.

НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ

1. Степаненко О.М., Рейтер Л.Г., Ледовских В.М., Іванов С.В. Загальна та неорганічна хімія: у 2-х ч., 2002.
2. Рейтер Л.Г., Степаненко О.М., Басов В.П. Теоретичні розділи загальної хімії : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів. Київ : Каравела, 2003. 344 с.
3. Телегус В.С., Бодак О.І., Заречнюк О.С., Кінжибало В.В. Основи загальної хімії. Львів: Світ, 2000. 423 с.
4. Слободяник М.С., Скляр С.І., Чеботько К.О. Загальна і неорганічна хімія. Київ: Фенікс, 2003. 752 с.
5. Яворський В.Т. Основи теоретичної хімії: Підручник. Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2008. 348 с.
6. Слободяник М.С., Улько Н.В., Бойко К.М., Самойленко В.М. Загальна та неорганічна хімія практикум : навч. посібн. для вузів / за ред. М.С. Слободяника. Київ : Либідь, 2004. 336 с.
7. Ракитська Т.Л. Загальна хімія : навч. посіб. / Т. Л. Ракитська ; Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. - Вид. 2-ге, допов. та перероб. Одеса : ОНУ, 2020. 292 с.
8. Загальна хімія. Практичні заняття з неорганічної хімії : навч.метод. посіб. для студ. І курсу хім. ф-ту / уклад. Т. Л. Ракитська [та ін.] ; Одеський національний ун-т ім. І.І. Мечникова. Одеса : Астропринт, 2007 . Ч. 1. - О. : Астропринт, 2007. – 212 с.
9. Kai Landskron. Inorganic Coordination Chemistry. Libre Texts. 2024. 343 p.
10. Mark Anthony Benvenuto. Industrial Inorganic Chemistry. 2nd Edition De Gruyter. 2024. 211 p.
11. Ram Charitra Maurya. Inorganic Chemistry. Some new Facts. De Gruyter. 2021. 644 p.

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

1. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. ОРГАНІЧНА ХІМІЯ, Львів: Центр Європи, 2009.
2. Чирва В.Я., Ярмолюк С.М., Толкачев Н.В., Земляков О.Є. ОРГАНІЧНА ХІМІЯ, Київ: Отава, 2009.
3. Черних В.П., Зименковський Б.С., Грищенко І.С. ОРГАНІЧНА ХІМІЯ, у 3-х томах. Харків: «Основа», 1993-1997.

- Обушак М.Д., Біла Є.Є. ОРГАНІЧНА ХІМІЯ, ч. 1, Львів: ЛНУ ім. І Франка, 2018.
- Гуляєва Н.І., Іщенко І.К., Орлов В.Д., Полуянов В.П. ОРГАНІЧНА ХІМІЯ, в 2-х томах. Харків: ХВУ, ХДУ, ч. 1., 1995.
- Черних В.П., Гриценко І.С., Лозинський М.О., Коваленко З.І. ЗАГАЛЬНИЙ ПРАКТИКУМ З ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ, Х.: «Золоті сторінки», 2002.
- Григоренко О.О. ОРГАНІЧНА ХІМІЯ В РЕАКЦІЯХ. Київ: Київський університет, 2014.
- Воронов С.А., Дончак В.А., Когут А.М. ОРГАНІЧНА ХІМІЯ. Львів: Львівська Політехніка, 2021.

ФІЗИЧНА ХІМІЯ

- Лебідь В. І. Фізична хімія. Харків: Фоліо, 2005. – 478 с.; Харків: Гімназія, 2008. – 478 с.
- Яцимирський В.К. Фізична хімія.– К.: Перун, 2007. – 512с.
- Фізична хімія : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. Л. Чумак, С. В. Іванов. - К. : Видавництво НАУ, 2007. - 648 с.
- Фізична хімія: підручник / Л. С. Воловик, Є. І. Ковалевська, В. В. Манк. та ін. — К.: Фірма "ІНКОС", 2007. — 496 с.
- Atkins' Physical Chemistry, 11th Edition / P. Atkins, J. de Paula, J. Keeler. –Oxford University Press, 2018, 1040 p.
- Student Solutions Manual to Accompany Atkins' Physical Chemistry 11th Edition / P. Bolgar, H. Lloyd, A. North, V. Oleinikovas, S. Smith, J. Keeler. – Oxford University Press, 2018, 736 p.
- Антропов Л. І. Теоретична електрохімія. – Київ: Либідь, 1993. – 544 с.
- Фізична хімія: задачі та вправи : навчальний посібник / В. І. Рубцов. – 2-ге вид., випр. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 416 с.

ХАРЧОВА ХІМІЯ ТА ХАРЧОВА БЕЗПЕКА

- Євлаш В.В., Торяник О.І, Коваленко В.О., Аксьонова О.Ф., Отрошко Н.О., Кузнецова Т.О., Павлоцька А.Ф., Торяник Д.О. Харчова хімія: Навчальний посібник. – Х.: Світ книг, 2012. – 504 с.
- Мороз І.А., Гулай О.І., Шемет В.Я. Харчова хімія : Навчальний посібник. Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2022. - 236 с.
- Скоробогатий Я.П., Гузій А.В, Заверуха О.М. Харчова хімія : Навчальний посібник / – Львів : «Новий Світ – 2000», 2020. – 514 с.
- Харчова хімія. Полісахариди. Навчальний посібник /Н.К. Черно, Н.О. Денісюк, С.О. Озоліна, О.В. Севастьянова, Л.С. Гураль. – Одеса: Освіта України, 2014. – 222 с.
- Хацевич О.М., Складанюк М.Б. Хімія та аналіз харчових продуктів: Лабораторний практикум. – Навчально-методичний посібник. – Івано-Франківськ: Вид. Супрун В.П., 2019. – 105 с.
- Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів: навчальний посібник-практикум/ В.В. Євлаш, Л.В. Газзаві-Рогозіна, І.С. Пілюгіна, Л.І. Сєногонова – Х.: Світ Книг, 2021. – 120 с.
- Гігієна та санітарія закладів ресторанного господарства : Навч. посібник / В. В. Євлаш, М. П. Головка, О. П. Прісс, М. Л. Серік, Б. О. Старостенко, Л. В. Газзаві-Рогозіна // – Х. : ХДУХТ, 2019. – 246 с.
- Димань Т.М., Мазур Т. Г. Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів. – К.: Академія, 2011. – 520 с.
- Основи фізіології, гігієни та безпеки харчування: Навч. посіб: У 2 ч. – Ч. II. Основи гігієни та безпеки харчування / О.М. Царенко, М.І. Машкін, Л.Ф. Павлоцька та ін. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2004. – 278 с.

Критерії оцінювання

Екзаменаційний білет для письмової роботи містить 5 завдань. Максимальна оцінка за завдання (задачу) складає 20 балів. Оцінка за завдання (задачу) виставляється у відсотках від максимальної відповідно до відсотку правильних відповідей. Загальна сума балів всіх завдань – 100.

При оцінюванні беруться до уваги такі фактори:

- 1) загальне розуміння логіки вирішення задачі;
- 2) правильність написання формул хімічних сполук, визначення валентності та ступенів окиснення, зарядів іонів;
- 3) знання головних хімічних властивостей основних класів хімічних сполук (органічних та неорганічних);
- 4) правильність написання рівнянь хімічних реакцій, в тому числі окисно-відновних;
- 5) правильність написання структурних формул речовин (в першу чергу, органічних);
- 6) правильність вживання хімічної номенклатури, вміння дати назву речовині за формулою та записати формулу за назвою;
- 7) знання основних співвідношень для кількісних розрахунків – вміння обчислити кількість речовини, молярну масу, масову частку, концентрацію, вміння вживати закони ідеальних газів для обчислення об'єму, тиску та відносної густини газів;
- 8) правильність арифметичних розрахунків;
- 9) правильність вживання одиниць вимірювання.

Максимальним балом оцінюється правильно розв'язана задача з урахуванням всіх факторів, що вказані вище.

Оцінка вище 85% від максимальної виставляється в разі правильного в цілому розв'язання задачі з незначними арифметичними помилками або невірними одиницями вимірювання.

Оцінка 70-85% від максимальної виставляється в разі правильного шляху розв'язання задачі при наявності більш суттєвих помилок, які впливають на кінцевий результат.

Оцінка 50-85% від максимальної виставляється за часткове розв'язання задачі або в разі наявності дуже серйозних помилок.