

# [FPO12] ХІМІЧНА КІНЕТИКА ТА ТЕРМОДИНАМІКА МІЖФАЗНИХ ЯВИЩ І ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ



## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	
Спеціальність	
Освітня програма	<a href="#">161Б Хімічні технології косметичних засобів та харчових добавок</a> (2020-12-08);
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кред. ( )
Семестровий контроль/контрольні заходи	0
Розклад занять	<a href="https://rozklad.kpi.ua">https://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	
Розміщення курсу	

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Друга частина дисципліни «Фізична хімія» поглиблює та поєднує фундаментальні знання основних законів природознавства, які були отримані при вивченні попередніх природничих дисциплін, сприяє формуванню інженерного мислення, надає теоретичну підготовку, що необхідна для розуміння та подальшого вивчення різноманітних технологічних процесів бакалаврами з хімічних технологій та інженерії. Компетенції, які отримані студентами в

процесі вивчення цієї дисципліни застосовуються ними при подальшому вивченні фахових дисциплін.

**Предмет навчальної дисципліни:** основні фундаментальні закони та закономірності, які визначають перебіг фізико-хімічних процесів та властивості дисперсних систем, застосовуваних у хіміко-технологічних процесах.

**Метою** освітнього компонента є формування у студентів **здатностей**:

- використовуючи положення хімічної кінетики, математично описувати кінетику гомогенних і гетерогенних реакцій та розраховувати кінетичні параметри для складання технологічного регламенту;
- на основі теоретичних положень електрохімії та експериментальних даних обчислювати питому і молярну електропровідності, константу електролітичної дисоціації, електродні потенціали, електрорушійну силу гальванічного елемента, рН розчину, активність електроліту для складання контролю технологічного процесу (ФК-З).
- до кількісної оцінки дисперсних систем, включно з розрахунками і використання їх у хімічній технології та при захисті довкілля;
- знати основні закономірності формування поверхонь поділу фаз та їхні енергетичні, електричні, оптичні характеристики та закономірності утворення та руйнування дисперсних систем;
- уміти розраховувати різні характеристики отриманих дисперсних систем та їхніх поверхонь;

Після засвоєння навчального компонента студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ПР16 - Знання основних понять, визначень та законів термодинаміки, закономірностей фазових перетворень, теорій хімічної кінетики, властивостей іонних розчинів, які пов'язані з їх здатністю проводити електричний струм, параметрів поверхневих явищ та дисперсних систем

ПР15 - Знання принципів, методів і засад створення і аналізу дисперсних систем різного технологічного призначення

#### **знання :**

- основних кінетичних характеристик хімічних реакцій та закони, які їх зумовлюють;
- теорій хімічної кінетики;
- особливостей перебігу ланцюгових, фотохімічних, радіаційно-хімічних та гетерогенних процесів;
- типів та механізмів каталізу;
- теорії електролітичної дисоціації Арреніуса та її застосування до опису іонних рівноваг у розчинах електролітів;
- властивостей іонних розчинів, які пов'язані з їх здатністю проводити електричний струм;
- механізму утворення стрибка потенціалу на границі поділу між металом та розчином, характеристик різних типів електродів;
- особливостей виникнення електричного струму в різних типах гальванічних елементів та їх термодинамічних характеристик;
- законів електролізу Фарадея;
- причин виникнення електродної поляризації;
- механізму електрохімічної корозії металів та методів захисту від неї.
- причин та факторів стабілізації дисперсних систем – К18;
- методів отримання та очистки дисперсних систем – К17, К18;

**уміння:**

- визначати порядок, константу швидкості, енергію активації хімічної реакції, аналізувати вплив концентрації, температури, наявності каталізатора на її швидкість;
- визначати область перебігу гетерогенного хімічного процесу;
- будувати енергетичні діаграми гомогенного та гетерогенного каталізу;
- теоретично розраховувати та експериментально визначати рН розчинів, константу дисоціації слабкого електроліту, добуток розчинності малорозчинного електроліту, питому та молярну електропровідності розчину, потенціал електрода;
- робити вибір відповідного електрохімічного методу аналізу певної хімічної системи та умов його проведення;
- складати схеми гальванічних елементів та за допомогою їх електрохімічних характеристик визначати термодинамічні властивості хімічних процесів, що в них відбуваються;
- отримувати дисперсні системи конденсаційними та диспергаційними методами – K17;
- розраховувати величини характеристик дисперсних систем (електрокінетичний потенціал, світлорозсіяння, тощо) – K18, K19;

**досвід:**

- використання основних законів та закономірностей хімічної кінетики для визначення швидкості хімічного процесу за певних умов та визначення факторів, що впливають на неї;
- застосування хімічної термодинаміки для опису властивостей розчинів електролітів, визначення електропровідності розчинів електролітів;
- застосування специфіки електрохімічних реакцій для отримання електричної енергії;
- застосування електролізу для одержання речовин.
- знання основних понять, визначень та законів термодинаміки, закономірностей фазових перетворень, теорій хімічної кінетики, властивостей іонних розчинів, які пов'язані з їх здатністю проводити електричний струм, параметрів поверхневих явищ та дисперсних систем;
- знання принципів, методів і засад створення і аналізу дисперсних систем різного технологічного призначення.

**2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Зазначається перелік дисциплін, знань та умінь, володіння якими необхідні студенту для успішного засвоєння дисципліни:

Вища математика	Аналітичне диференціювання та інтегрування. Квадратні рівняння.
Фізика	Основи молекулярно-кінетичної теорії газів. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Дифузія. Закон Ома, закон Кулона.
Загальна та неорганічна хімія, Органічна хімія	Реакції за участю неорганічних та органічних речовин.
Фізична хімія	Основи хімічної термодинаміки, хімічна, фазова рівноваги

Дисципліни, які базуються на результатах навчання (постреквізити):

Процеси та апарати хімічних виробництв	Визначення і використання кінетичних параметрів фізико-хімічних процесів, застосування електрохімічних методів дослідження хімічних систем. Утворення, стійкість і руйнування дисперсних систем (емульсій, аерозолів, суспензій) і т. п. Структурування в дисперсних системах.
Загальна хімічна технологія	Кінетичні залежності в хімічних і фізико-хімічних процесах. Стан і поведінка електролітів у розчинах.
Хімічна технологія косметичних засобів	Методи утворення і очистки дисперсних систем, фактори стійкості ДС, кінетика коагуляції ДС, закономірності іонної та молекулярної адсорбції. Структурування в дисперсних системах.
Хімічна технологія харчових добавок	Методи утворення і очистки дисперсних систем, фактори стійкості ДС, закономірності іонної та молекулярної адсорбції. Структурування в дисперсних системах.
Курсове і дипломне проектування	Вивчення і використання оптичних, молекулярно-кінетичних властивостей ДС, стабілізація і утворення ДС, фізико-хімічна механіка ДС. Структурування в дисперсних системах.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### Розділ 1. ХІМІЧНА КІНЕТИКА І КАТАЛІЗ

##### Тема 1.1. Формальна кінетика

Термодинамічний та кінетичний критерії реакційної здатності хімічної системи. Прості та складні реакції. Механізм хімічного процесу. Молекулярність. Швидкість реакції. Лімітуюча стадія. Закон діючих мас. Кінетичне рівняння реакції. Константа швидкості хімічної реакції. Порядок реакції.

Кінетично необоротні реакції нульового, першого, другого та третього порядків. Час (період) напівперетворення, його залежність від концентрації в реакціях різних порядків.

Метод надлишку реагенту як метод підготовки системи для визначення порядку реакції. Інтегральні та диференціальні методи визначення порядку реакції.

Кінетика складних реакцій. Принцип незалежного перебігу окремих елементарних стадій хімічного процесу. Паралельні, оборотні, послідовні, спряжені реакції.

##### Тема 1.2. Вплив температури на швидкість хімічної реакції. Теорії хімічної кінетики

Залежність швидкості та константи швидкості хімічної реакції від температури. Правило Вант-Гоффа. Температурний коефіцієнт швидкості реакції. Рівняння Арреніуса. Енергія активації та методи її визначення. Енергетичні діаграми хімічних реакцій.

##### Тема 1.3. Кінетика ланцюгових реакцій

Природа ланцюгових реакцій та їх стадії: зародження, розвиток та обрив ланцюга. Нерозгалужені та розгалужені ланцюгові реакції.

##### Тема 1.4. Кінетика фотохімічних та радіаційно-хімічних реакцій

Природа фотохімічних процесів. Механізм перебігу фотохімічних реакцій: первинні та вторинні процеси. Основні закони фотохімії. Квантовий вихід. Кінетика фотохімічних процесів. Закон Бугера-Ламберта-Бера.

##### Тема 1.5. Кінетика гетерогенних процесів

Специфіка та основні стадії гетерогенних процесів. Дифузія. Закони Фіка. Коефіцієнт дифузії, його залежність від температури та інших факторів. Стаціонарний та нестаціонарний режими гетерогенних процесів.

Дифузійна та кінетична області гетерогенних хімічних процесів. Експериментальне визначення лімітуючої стадії гетерогенної хімічної реакції. Кінетика фізичних та хімічних процесів розчинення твердих речовин у рідинах.

### **Тема 1.6. Каталіз**

Загальні особливості каталізу та властивості каталізаторів (каталіз та хімічна рівновага, активність, селективність, специфічність каталізаторів). Вплив каталізатора на кінетичні параметри реакцій. Типи каталізу: гомогенний, гетерогенний, ферментативний, автокаталіз.

Механізми і енергетичні діаграми гомогенного каталізу. Види гомогенного каталізу: кислотно-основний, координаційний, окислювально-відновний, газозфазний.

Особливості гетерогенно-каталітичних процесів. Стадії гетерогенного каталізу. Роль хімічної адсорбції в каталітичному процесі. Природа активних центрів та поверхневих проміжних сполук. Промотування, старіння та отруєння каталізаторів. Енергетична діаграма гетерогеннокаталітичних процесів.

## **Розділ 2. ЕЛЕКТРОХІМІЯ**

### **Тема 2.1. Рівноваги у розчинах електролітів**

Основні положення класичної теорії електролітичної дисоціації Арреніуса. Класифікації електролітів. Константа та ступінь електролітичної дисоціації. Закон розведення Оствальда. Електролітична дисоціація води; рН розчинів. Гідроліз солей, константи гідролізу. Буферні розчини.

Іон-дипольна та іон-іонна взаємодія в розчинах електролітів. Механізми утворення іонів у розчинах. Загальна схема рівноваг у розчинах електролітів. Вплив хімічних і фізичних властивостей розчинника на силу електроліту.

Теорія сильних електролітів Дебая-Гюккеля. Іонна атмосфера. Зв'язок середнього іонного коефіцієнта активності сильних електролітів з іонною силою розчинів. Іон-іонна взаємодія в концентрованих розчинах, асоціація іонів.

### **Тема 2.2. Електрична провідність (електропровідність) розчинів електролітів**

Питома, молярна, еквівалентна електропровідності. Залежність питомої та молярної електропровідностей слабких та сильних електролітів від концентрації та температури. Гранична молярна електропровідність, методи її визначення.

Рухливість іонів, її залежність від температури, природи іонів та в'язкості середовища. Закон незалежного руху іонів Кольрауша.

Числа переносу іонів та методи їх визначення. Уявні числа переносу.

Теорія електропровідності сильних електролітів Дебая-Гюккеля-Онзагера. Коефіцієнт електропровідності. Електрофоретичний та релаксаційний ефекти, їх вплив на електропровідність. Рівняння Дебая-Гюккеля-Онзагера.

Механізми переносу струму в електролітичних розчинах.

Кондуктометрія.

### **Тема 2.3. Електрорушійні сили (ЕРС) гальванічних елементів та електродні потенціали**

Механізм виникнення електродних потенціалів. Подвійний електричний шар. Термодинамічний вивід рівняння для розрахунку ЕРС електрохімічної системи.

Електродні потенціали за водневою шкалою. Стандартні електродні потенціали. Електрохімічний ряд напруг металів.

Класифікація електродів. Електроди першого та другого роду, газові, окислювально-відновні, спеціальні. Хінгідронний електрод. Скляний електрод. Залежність електродних потенціалів від активності іонів, які визначають їх потенціал.

Основні типи електрохімічних ланцюгів: хімічні та концентраційні, з переносом та без переносу.

Дифузійний потенціал, механізм його виникнення. Методи урахування та усунення дифузійних потенціалів. Методи вимірювання ЕРС гальванічних елементів. Потенціометрія. Визначення добутку розчинності малорозчинних електролітів, середнього іонного коефіцієнта активності потенціометричним методом. Потенціометричне визначення рН розчинів. Потенціометричне титрування.

### **Тема 2.4. Нерівноважні процеси в електрохімічних системах**

Електроліз. Закони електролізу Фарадея. Вихід продуктів електролізу за струмом. Електродна поляризація, її види. Перенапряга водню, роль цього явища в електролізі. Рівняння Тафеля.

Корозія металів. Хімічна корозія. Механізм електрохімічної корозії. Методи захисту металів від корозії: захисні покриття, катодний захист, використання протекторів, пасивування металів. Інгібітори корозії.

## **Розділ 3. ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ**

### **Тема 3.1. Фізико-хімічні властивості високодисперсних систем.**

Методи одержання дисперсних систем. Диспергаційні і конденсаційні методи одержання дисперсних систем. Методи очищення ліозолів - діаліз, електродіаліз, ультрафільтрація. Застосування методів одержання дисперсних систем в хімічних та біохімічних технологіях.

Визначення розміру частинок дисперсних систем. Седиментація і дисперсійний аналіз. Кількісний опис седиментації частинок дисперсних систем. Принципи седиментаційного аналізу полідисперсних систем. Аналіз седиментаційної кривої. Побудова кривої розподілу частинок за радіусами.

Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем. Броунівський рух, його природа. Дифузія. Закон Фіка. Рівняння Ейнштейна для коефіцієнта дифузії. Рівняння Ейнштейна-Смолуховського. Особливості осмотичного тиску дисперсних систем. Використання осмотичних властивостей для визначення концентрації і розміру частинок дисперсних систем. Седиментаційно-дифузійна рівновага - аналіз рівняння.

Оптичні властивості дисперсних систем. Світлопоглинання і світлорозсіювання. Ефект Тиндалля. Рівняння Релея і його аналіз. Нефелометрія як метод визначення концентрації і дисперсності гетерогенних систем. Визначення форми частинок оптичними методами. Оптична густина дисперсних систем. Вплив дисперсності на забарвлення гетерогенних високодисперсних систем. Ультраматроскопія. Конденсор темного поля. Електронна мікроскопія.

### **Тема 3.2. Стійкість та руйнування вільнодисперсних систем**

Стійкість дисперсних систем - агрегативна и седиментаційна. Ліофільні і ліофобні системи. Термодинамічна стійкість ліофільних систем і фактори, що її обумовлюють. Фактори стійкості ліофобних систем. Вплив в'язкості, температури і концентрації на агрегативну стійкість. Вибір методу стабілізації дисперсної системи.

Основи теорії стійкості і коагуляції ДЛФО (Дерягіна, Ландау, Фервея та Овербека). Потенціальні криві взаємодії частинок дисперсних систем та їх аналіз. Залежність характеру потенціальних кривих від природи і концентрації електроліта, що коагулює. Нейтралізаційна і концентраційна коагуляція. Правила електролітної коагуляції. Специфічна коагуляція. Кінетика коагуляції. Швидка і повільна коагуляція. Кінетика швидкої коагуляції - теорія Смолуховського. Вивід, аналіз і застосування рівняння Смолуховського. Зміна частинної концентрації ліозолів при коагуляції. Розрахунок кратності частинок.

Колоїдно-хімічне матеріалознавство. Суспензії, їх загальна характеристика. Стабілізація суспензій, їх властивості і застосування. Пасти.

Емульсії; їх класифікація. Емульсії першого і другого роду, розведені, концентровані, висококонцентровані, критичні. Методи визначення типу емульсії. Одержання емульсій та їх стабілізація. Правило Банкрофта. Обернення фаз емульсій. Руйнування емульсій. Емульсії в природі і техніці.

Піни, їх загальна характеристика. Одержання стійких пін і фактори, що впливають на стійкість пін. Руйнування пін - піногасителі.

Аерозолі. Загальна характеристика аерозолів. Стійкість аерозолів. Методи одержання і руйнування аерозолів. Аерозолі в природі і техніці. Екологічний захист від шкідливих аерозолів.

Колоїдні поверхнево-активні речовини. Іоногенні і неіоногенні ПАР. Процес міцелоутворення в розчинах колоїдних ПАР. Форми міцел при різних концентраціях і середовищах (міцели Гартлі і Мак-Бена). Критична концентрація міцелоутворення (ККМ) і методи її визначення. Гідрофільно-ліофільний баланс (ГЛБ). Стабілізуюча і миюча дія миль і синтетичних миючих засобів. Солюбілізація. Застосування колоїдних ПАР у промисловості.

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Навчальні матеріали, які наведено нижче, доступні у бібліотеці університету. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

##### **Базові джерела:**

1. Чумак В.Л., Іванов С.В. Фізична хімія. – Київ: Книжкове вид-во авіаційного університету, 2007. – 648 с.
2. Лебідь В.І. Фізична хімія. – Харків: Фоліо, 2005. – 478 с.
3. Основи колоїдної хімії: фізико-хімія поверхневих явищ і дисперсних систем. М.О. Мчедлов-Петросян, В.І. Лебідь, О.М. Гладкова та ін. - Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2004. – 300 с

### **Додаткові джерела:**

1. Ковальчук, Є.П. Фізична хімія: Підручник. / Є.П. Ковальчук, О.В. Решетняк – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 800 с.
2. Atkins, P., & Paula, J. D. (2014). *Physical chemistry thermodynamics, structure, and change*. WH Freeman and Company New York.  
<http://dspace.fudutsinma.edu.ng/jspui/handle/123456789/2102>Vogt,
3. Jochen. author. auth<http://id.loc.gov/vocabulary/relators/aut> Exam Survival Guide: Physical Chemistry [electronic resource] / by Jochen Vogt. // Springer eBooks - Cham : Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2017. - XIII, 382 p. 137 illus., 133 illus. in color. online resource.
4. Поверхневі явища та дисперсні системи. Навчальний посібник для самостійної роботи студентів [електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: М. Є. Пономарьов, О. С. Бережницька, І.О. Ренський, Т.А. Каменська, Л. А. Хрокало, А. І. Васькевич– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 67 с.
5. Фізична хімія. Хімічна кінетика. Електрохімія. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.051301 «Хімічна технологія» усіх форм навчання / Уклад.: Г.А. Рудницька, Т.А. Каменська, Т.В. Кірсенко. – К.: НТУУ «КПІ», 20129. – 76 с.
6. Фізична хімія: Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт з дисципліни для студентів спеціальностей хіміко-технологічного напряму. Частина 2. / Уклад.: Т.А. Каменська, Т.В. Кірсенко, І.О. Ренський, Г.А. Рудницька. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 28 с.
7. Фізична хімія. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів напряму підготовки 6.051301 «Хімічна-технологія» усіх форм навчання. / Уклад.: Г.А. Рудницька, Т.А. Каменська, Т.В. Кірсенко, І.О. Ренський. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 60 с.
8. Фізична хімія: методичні вказівки до практичних занять для студентів напряму підготовки 6.051301 «Хімічна технологія» (161 «Хімічні технології та інженерія») усіх форм навчання / Уклад.: Т.А. Каменська, Т.В. Кірсенко. – К.:
9. Краткий справочник физико-химических величин. / Под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой. – Л.: Химия, 1983, 1999. – 232 с.
10. Нижник В.В., Волошинець В.А., Нижник Т.Ю. Колоїдна хімія з елементами нанохімії. Підручник. – Київ: Фітосоціоцентр, 2012. – 506 с.

## **Навчальний контент**

### **5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

#### *Лекційні заняття*

Вичитування лекцій з дисципліни проводиться паралельно з виконанням студентами лабораторного практикуму, відвідуванням практичних занять та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. Для читання лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, який розміщено на платформі Google Classroom. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

<b>№</b>	<b>Тиждень</b>	<b>Опис заняття</b>
----------	----------------	---------------------



1	1	<p><b>Розділ 1. ХІМІЧНА КІНЕТИКА І КАТАЛІЗ</b>  <b>Тема 1.1. Формальна кінетика</b>  Термодинамічний та кінетичний критерії реакційної здатності хімічної системи. Прості та складні реакції. Механізм хімічного процесу. Молекулярність. Швидкість реакції. Лімітуюча стадія. Зв'язок між швидкістю хімічної реакції та концентраціями реагуючих речовин. Закон діючих мас. Кінетичне рівняння реакції. Константа швидкості хімічної реакції. Порядок реакції.</p>
2	2	<p>Кінетично необоротні реакції нульового, першого, другого та третього порядків. Кінетичні рівняння для цих реакцій, розмірність констант швидкості та формули для їх обчислень. Час (період) напівперетворення, його залежність від концентрації в реакціях різних порядків.</p>
3	3	<p>Продовження теми 1.1.: Кінетика складних реакцій. Принцип незалежного перебігу окремих елементарних стадій хімічного процесу. Паралельні, оборотні, послідовні, спряжені реакції.</p>
4	4	<p><b>Тема 1.2. Вплив температури на швидкість хімічної реакції. Теорії хімічної кінетики</b>  Теорія активних зіткнень. Теорія перехідного стану.  <b>Тема 1.3. Кінетика ланцюгових реакцій</b>  Природа ланцюгових реакцій та їх стадії: зародження, розвиток та обрив ланцюга. Нерозгалужені та розгалужені ланцюгові реакції. Залежність швидкості ланцюгових процесів від тиску та температури.</p>
5	5	<p><b>Тема 1.4. Кінетика фотохімічних та радіаційно-хімічних реакцій</b>  Природа фотохімічних процесів. Механізм перебігу фотохімічних реакцій: первинні та вторинні процеси. Основні закони фотохімії. Квантовий вихід. Кінетика фотохімічних процесів. Закон Ламберта-Бера. Основні типи фотохімічних реакцій (ізомеризація, приєднання, фотоліз, ланцюгові реакції). Природа та механізм радіаційно-хімічних процесів. Стадії та типи цих реакцій, їх особливості. Дія випромінювання високих енергій на хімічні системи та її використання в хімічній технології. Радіоліз газів, води та водних розчинів, органічних сполук. Радіаційно-хімічна полімеризація.</p>
6	6	<p><b>Тема 1.5. Кінетика гетерогенних процесів</b>  Специфіка та основні стадії гетерогенних процесів. Дифузія. Закони Фіка. Коефіцієнт дифузії, фактори, які на нього впливають. Стаціонарний та нестаціонарний режим гетерогенних процесів. Дифузійна та кінетична області гетерогенних хімічних процесів. Вплив температури та режиму перемішування на швидкість гетерогенного процесу, який перебігає в дифузійній області. Експериментальне визначення лімітуючої стадії гетерогенної хімічної реакції. Кінетика фізичних та хімічних процесів розчинення твердих тіл у рідинах. Топохімічні реакції. Ступінь перетворення. Кінетика топохімічних реакцій. Зміна ступеня перетворення та швидкості реакції впродовж часу.</p>
7	7	<p><b>Тема 1.6. Каталіз</b>  Загальні особливості каталізу та властивості каталізаторів (каталіз та хімічна рівновага, активність, селективність, специфічність каталізаторів). Вплив каталізатора на кінетичні параметри реакцій. Типи каталізу: гомогенний, гетерогенний, ферментативний, автокаталіз. Механізми і енергетичні діаграми гомогенного каталізу. Види гомогенного каталізу: кислотно-основний, координаційний, окислювально-відновний, газофазний. Особливості гетерогенно-каталітичних процесів. Стадії гетерогенного каталізу. Роль хімічної адсорбції в каталітичному процесі. Природа активних центрів та поверхневих проміжних сполук. Промотування, старіння та отруєння каталізаторів. Енергетична діаграма гетерогеннокаталітичних процесів. Мультиплетна теорія гетерогенного каталізу О.О. Баландіна.</p>

8	8	<p><b>Розділ 2. ЕЛЕКТРОХІМІЯ</b></p> <p><b>Тема 2.1. Рівноваги у розчинах електролітів</b></p> <p>Іон-дипольна взаємодія в розчинах електролітів. Механізми утворення електролітних розчинів. Іон-іонні взаємодії в розчинах електролітів. Активність та середній іонний коефіцієнт активності електроліту. Іонна сила розчину. Правило іонної сили.</p> <p>Теорія сильних електролітів Дебая-Гюккеля. Іонна атмосфера. Зв'язок середнього іонного коефіцієнта активності сильних електролітів з іонною силою розчинів. Іон-іонна взаємодія в концентрованих розчинах, асоціація іонів.</p>
9	9	<p><b>Тема 2.2. Електрична провідність (електропровідність) розчинів електролітів</b></p> <p>Питома, молярна електропровідність. Залежність питомої та молярної електропровідності слабких та сильних електролітів від концентрації та температури. Гранична молярна електропровідність, методи її визначення. Абсолютна швидкість руху іонів, рухливість іонів, її залежність від температури, природи іонів та в'язкості розчинника. Закон незалежного руху іонів Кольрауша. Коефіцієнт електропровідності.</p> <p>Механізми переносу струму в розчинах електролітів.</p>
10	10	<p>Продовження теми 2.2.: Теорія електропровідності сильних електролітів Дебая-Гюккеля-Онзагера. Електрофоретичний та релаксаційний ефекти, їх вплив на електропровідність. Рівняння Дебая-Гюккеля-Онзагера.</p> <p>Числа переносу іонів, метод Гітторфа їх визначення. Аномальні числа переносу.</p> <p>Кондуктометрія. Кондуктометричний метод визначення ступеня дисоціації та константи дисоціації електроліту. Визначення добутку розчинності важкорозчинних речовин за кондуктометричними даними. Кондуктометричне титрування.</p>
11	11	<p><b>Тема 2.3. Електрорушійні сили (ЕРС) гальванічних елементів та електродні потенціали</b></p> <p>Механізм виникнення стрибка потенціалу на межі поділу «метал – розчин електроліту». Гальванічний елемент (ГЕ). Термодинамічний вивід рівняння для розрахунку ЕРС електрохімічної системи. Електродні потенціали у водневій шкалі. Рівняння Нернста для обчислення електродного потенціалу. Стандартні електродні потенціали. Електрохімічний ряд напруг металів.</p>
12	12	<p>Продовження теми 2.3.: Класифікація електродів. Електроди першого та другого роду, газові, окислювально-відновні, спеціальні (скляний електрод). Електроди порівняння. Залежність електродних потенціалів від активності іонів, що визначають потенціал.</p> <p>Застосування таблиці стандартних електродних потенціалів для аналізу процесів, які перебігають в ГЕ. Визначення напрямку та термодинамічних параметрів хімічної реакції, що перебігає у гальванічному елементі.</p> <p>Розрахунок констант рівноваги електрохімічних процесів.</p>
13	13	<p>Продовження теми 2.3.: Термодинаміка гальванічного елементу. Основні типи гальванічних ланцюгів: хімічні та концентраційні, з переносом і без переносу. Дифузійний потенціал, механізм його виникнення. Методи врахування та усунення дифузійних потенціалів.</p> <p>Методи вимірювання ЕРС. Елемент Вестона.</p> <p>Потенціометрія. Потенціометричне титрування.</p>
14	14	<p><b>Тема 2.4. Нерівноважні процеси в електрохімічних системах</b></p> <p>Електроліз. Процеси на електродах під час електролізу водних розчинів електролітів. Закони електролізу Фарадея. Вихід продуктів електролізу за струмом. Кулонометри.</p> <p>Електродна поляризація, її види. Перенапруга водню, роль цього явища в електролізі. Рівняння Тафеля.</p> <p>Корозія металів. Механізм електрохімічної корозії. методи захисту від корозії: захисні покриття, катодний та протекторний захист, дія на агресивне середовище. Інгібітори корозії.</p> <p>Хімічні джерела струму; вимоги, що до них висуваються. Первинні та вторинні хімічні джерела струму, паливні елементи.</p>

15	15	<p><b>Тема 4. Фізико-хімічні властивості високодисперсних систем</b>  <u>Методи одержання дисперсних систем.</u>  Диспергаційні і конденсаційні методи одержання дисперсних систем. Адсорбційне зниження міцності тіл. Ефект Ребіндера, його практичне значення та області застосування. Приклади одержання дисперсних систем методами фізичної та хімічної конденсації. Пептизація. Методи очищення ліозолів - діаліз, електродіаліз, ультрафільтрація, зворотній осмос. Застосування методів одержання дисперсних систем в хімічних та біохімічних технологіях.</p>
16	16	<p><u>Визначення розміру частинок дисперсних систем.</u>  Седиментація і дисперсійний аналіз. Закон Стокса. Кількісний опис седиментації частинок дисперсних систем. Принципи седиментаційного аналізу. Седиментаційний аналіз полідисперсних систем. Седиментаційно-дифузійна рівновага - аналіз рівняння.</p>
17	17	<p><b>Продовження теми 4:</b>  <u>Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем.</u>  Брунівський рух, його природа. Середній зсув. Дифузія. Закон Фіка. Рівняння Ейнштейна для коефіцієнта дифузії. Співвідношення між середнім зсувом і коефіцієнтом дифузії (рівняння Ейнштейна-Смолуховського). Особливості осмотичного тиску дисперсних систем. Використання осмотичних властивостей для визначення концентрації і розміру частинок дисперсних систем.  <u>Оптичні властивості дисперсних систем.</u> Світлопоглинання і світлорозсіювання. Ефект Тиндала. Рівняння Релея і його аналіз. Нефелометрія як метод визначення концентрації і дисперсності гетерогенних систем. Визначення форми частинок оптичними методами. Оптична густина дисперсних систем. Вплив дисперсності на забарвлення гетерогенних високодисперсних систем. Ультрамیکроскопія та її можливості. Конденсор темного поля. Електронна мікроскопія.</p>
18	18	<p><b>Тема 5. Стійкість та руйнування вільнодисперсних систем</b>  <u>Стійкість і коагуляція дисперсних систем.</u> Два види стійкості - агрегативна і седиментаційна. Ліофільні і ліофобні системи; самочинне утворення одних та необхідність стабілізації інших. Критерій ліофільності та ліофобності за Ребіндером. Термодинамічна стійкість ліофільних систем і фактори, що її обумовлюють (поверхневий натяг і ентропійний фактор). Фактори стійкості ліофобних систем. Вплив в'язкості, температури і концентрації на агрегативну стійкість. Вибір методу стабілізації дисперсної системи.  Основи теорії стійкості і коагуляції ДЛФО (Дерягіна, Ландау, Фервея та Овербека). Потенціальні криві взаємодії частинок дисперсних систем та їх аналіз. Залежність характеру потенціальних кривих від природи і концентрації електроліта, що коагулює. Нейтралізаційна і концентраційна коагуляція. Правила електролітної коагуляції. Залежність порога коагуляції від заряду коагулюючого іона електроліта. Правило Шульце-Гарді. Специфічна дія багатовалентних іонів - специфічна коагуляція.  <u>Кінетика коагуляції.</u> Швидка і повільна коагуляція. Кінетика швидкої коагуляції - теорія Смолуховського. Вивід, аналіз і застосування рівняння Смолуховського. Зміна частинної концентрації ліозолів при коагуляції. Розрахунок кратності частинок.</p>

#### Практичні заняття

Мета практичних занять полягає в отриманні студентами досвіду аналізувати закономірності перебігу різноманітних фізико-хімічних процесів, розраховувати їх кінетичні параметри, електрохімічні характеристики, колоїдно-хімічні властивості та визначати умови здійснення зазначених процесів. Під час підготовки до практичного заняття студенти повинні ознайомитись з відповідним розділом програми, опрацювати матеріал за конспектом лекцій, підручниками та навчальними посібниками.

№	Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи
1	1, 2	Формальна кінетика	Теоретичний огляд (методи визначення порядку реакції: метод підстановки, графічний метод, визначення порядку реакції за часом напівперетворення, метод надлишку реагента, метод Вант-Гоффа, метод початкових швидкостей) та розв'язання типових задач на визначення порядку/молекулярності реакції, констант швидкості, часу напівперетворення
2	5, 6	Залежність швидкості та константи швидкості хімічної реакції від температури.	Теоретичний огляд (правило Вант-Гоффа. Температурний коефіцієнт швидкості реакції. Рівняння Арреніуса. Енергія активації та методи її визначення. Енергетичні діаграми хімічних реакцій) та розв'язання типових задач щодо визначення енергії активації
3	3, 4	Формальна кінетика	Розв'язання типових задач на визначення механізму, природи лімітуючої стадії та кінетичних параметрів складних реакцій
4	7, 8	Написання 1-ої частини модульної контрольної роботи з теми «Хімічна кінетика»	
5	9, 10	Теорія електролітичної дисоціації Арреніуса.	Теоретичний огляд (класифікації електролітів. Константа та ступінь електролітичної дисоціації. Закон розведення Оствальда. Електролітична дисоціація води; рН розчинів. Гідроліз солей, константи гідролізу. Буферні розчини) та розв'язання типових задач на визначення властивостей розчинів слабких електролітів
6	11, 12	Термодинаміка гальванічного елемента	Теоретичний огляд та розв'язання типових задач на визначення стандартних електродних потенціалів, стандартних термодинамічних характеристик реакцій, які перебігають в ГЕ, добутку розчинності малорозчинних електролітів, середніх іонних коефіцієнтів активності сильних електролітів
7	13, 14	Нерівноважні процеси в електрохімічних системах	Розв'язання типових задач на тему електроліз: закони Фарадея, поляризація електроду, рівняння Тафеля; корозія металів та методи захисту від неї.
8	15,16	Написання 2-ої частини модульної контрольної роботи з теми «Електрохімія»	
9	17,18	Визначення розміру частинок дисперсних систем.  <u>Кінетика коагуляції.</u>	Принципи седиментаційного аналізу. Седиментаційний аналіз моно-, бі- та полідисперсних систем. Аналіз седиментаційної кривої. Побудова кривої розподілу частинок за радіусами. Седиментаційно-дифузійна рівновага. Використання молекулярно-кінетичних властивостей для визначення концентрації і розміру частинок дисперсних систем. Кінетика швидкої коагуляції - теорія Смолуховського. Застосування рівняння Смолуховського. Зміна частинної концентрації ліозолів при коагуляції. Розрахунок кратності частинок.

Лабораторні роботи виконуються з метою поглиблення знань предмету і набуття практичного досвіду застосування теоретичних знань до вирішення прикладних задач хімії та хімічної технології. Виконання лабораторного практикуму надає змогу студентам отримувати сукупність вмінь самостійного проведення експерименту, обчислювати його кількісні параметри, аналізувати одержані результати і робити обґрунтовані висновки.

№	Тиждень	Назва лабораторної роботи
1	1, 2	<b>Кінетика хімічних реакцій у розчинах. Дослідження кінетики розкладу пероксиду водню за сталої температури.</b> Визначення порядку реакції, констант швидкості, написання кінетичного рівняння, дослідження впливу концентрації каталізатора KI на величину константи швидкості і швидкість процесу.
2	3, 4	<b>Кінетика хімічних реакцій у розчинах. Дослідження кінетики реакції окислення йодиду калію персульфатом калію.</b> Визначення частинного порядку реакції за персульфатом калію, написання кінетичного рівняння, дослідження залежності константи швидкості від температури, обчислення енергії активації.
3	5, 6	<b>Кінетика гетерогенних процесів. Дослідження кінетики розчинення твердої кислоти у воді.</b> Визначення константи швидкості та порядку процесу розчинення твердої бензойної кислоти у воді, написання кінетичного рівняння процесу, обчислення товщини дифузійного шару.
4	7, 8	<b>Кінетика гетерогенних процесів. Дослідження кінетики реакції нейтралізації між твердою кислотою та розчином луґу.</b> Визначення порядку, констант швидкості та природи лімітуючої стадії реакції нейтралізації твердої бензойної кислоти водним розчином KOH, написання кінетичних рівнянь, обчислення товщини дифузійних шарів.
5	9, 10	<b>Електропровідність розчинів електролітів.</b> 1. Визначення константи електролітичної комірки. 2. Дослідження електропровідності розчинів сильних та слабких електролітів. 3. Визначення константи дисоціації слабого електроліту.
6	11, 12	<b>Електрорушійні сили.</b> 1. Визначення ЕРС хімічних гальванічних елементів та електродних потенціалів. 2. Визначення ЕРС концентраційного гальванічного елементу. 3. Визначення добутку розчинності галогеніду аргентуму у водному розчині.
7	13,14	<b>Електрорушійні сили.</b> Потенціометричне титрування.
8	15, 16	<b>Електроліз. Електрохімічний синтез перманганату.</b> Одержання електролізом перманганату натрію у водному розчині та визначення його виходу за струмом.
9	17, 18	Підсумкове заняття.

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу для роботи на практичних заняттях, оформлення звітів з лабораторних практикумів, виконання розрахункової роботи, підготовку до МКР, підготовку до екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу для роботи на практичних заняттях, оформлення звітів з лабораторних практикумів, підготовка до захисту лабораторних робіт.	3,5 години на тиждень
Виконання розрахункової роботи	10 годин

Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	5 години
Підготовка до екзамену	12 години

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У звичайному режимі роботи університету лекції, практичні заняття та лабораторні практикуми проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні, практичні заняття проводяться через платформи Google Meet, Zoom тощо, лабораторні практикуми – в лабораторії фізичної хімії. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через засоби Google Meet, Google Classroom, Zoom. Відвідування лекцій, практичних занять та лабораторних практикумів є обов'язковим.

Правила захисту лабораторних робіт:

1. До захисту допускаються студенти, які правильно оформили протокол лабораторної роботи: виконали розрахунки, побудували графіки (якщо це вимагається в роботі), написали висновок (якщо є зауваження викладача щодо оформлення роботи, то помилки слід усунути).
2. Захист відбувається на лабораторному занятті або на консультації викладача .
3. Після відповіді на питання викладача студенту виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. результативна участь у факультетських та університетських олімпіадах з дисципліни: +2 - 7 балів залежно від рівня заходу та призового місця;
2. Наявність власного конспекту лекційного та іншого теоретичного матеріалу як свідчення та підтвердження самостійної роботи студента, якості її виконання, особливо на дистанційній формі навчання (+2-3 бали);
1. Наявність сертифікату освітніх платформ Coursera, Edx (безкоштовна видача сертифікатів даних платформ триває) або інших, узгоджених з лектором дисципліни з дисциплін «Фізична хімія», «Колоїдна хімія», що засвідчує успішне завершення онлайн курсу (+5 балів пропорційно до оцінки успішності в сертифікаті та кількості засвоєних навчальних годин );
2. несвоєчасне виконання РР: - 0,2 - 2 бали.

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: захист лабораторних робіт, МКР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: письмовий або тестовий екзамен.

## **Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, яка складається з балів, що студент отримує за:

1. виконання та захист 8 лабораторних робіт;
2. контрольну роботу (одна МКР поділяється на 2 контрольні роботи);
3. виконання РР (складається з двох частин).

### **2. Критерії нарахування балів:**

2.1. Лабораторні роботи. Ваговий бал кожної – 3. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює  $3 \text{ балів} \cdot 8 = \mathbf{24 \text{ балів}}$ .

Ваговий бал лабораторних робіт складається з:

- самостійної підготовки до роботи (опанування теорією, методикою виконання експерименту, написання протоколу) – 1 бал;
- обговорення та виконання лабораторної роботи при своєчасному захисті роботи (впродовж двох тижнів після її виконання) – 2 бали;

У разі відсутності протоколу 1 бал не нараховується і студент може бути недопущеним до виконання лабораторного практикуму, якщо він не засвоїв теоретичні відомості та не знає методики виконання роботи.

1. Розрахункова робота. Складається з двох частин [6], довідник [9] є обов'язковим до використання. Довідникові дані потрібно брати саме з цього джерела [9]. Ваговий бал кожної РР – 5 балів. Максимальна кількість балів за дві частини контрольної роботи дорівнює  $5 \text{ балів} \cdot 2 = \mathbf{10 \text{ балів}}$
2. Модульна контрольна робота. Ваговий бал кожної – 12. Максимальна кількість балів за дві частини контрольної роботи дорівнює  $12 \text{ балів} \cdot 2 = \mathbf{24 \text{ балів}}$ . Модульні контрольні студенти пишуть на лекціях або на практичних заняттях (проводяться за узгодженням у зазначений викладачем час). Контрольні роботи проводяться у тестовій та письмовій формах (ця термінологія стосується як дистанційної форми навчання так й очної контрольної. Особливості онлайн процедури повідомляються лектором на перших заняттях). Перша частина МКР стосується розділу «Хімічна кінетика», друга – «Електрохімія». Завдання в контрольній роботі містять як теоретичні питання, так і задачі, що потребує комплексної підготовки студента та вміння логічно мислити. Перелік теоретичних питань наведено у [7, 8]. До кожного питання у тестовій формі запропоновано чотири варіанти відповіді, серед яких студент повинен вибрати правильну та навести розгорнуте пояснення. Кількість балів за певну контрольну роботу визначається множенням частки правильних відповідей на 12 (максимальна кількість балів).

1. Екзамен. **На екзамені** студенти виконують письмову контрольну роботу, яка містить теоретичні питання, тести та задачі. Теоретичні питання потребують розкриття та чіткого пояснення. Для задачі студент наводить розв'язок із зазначенням розмірності результату. Для питань у тестовій формі наведено чотири або більше варіанти відповіді, деякі питання та задачі можуть бути відкритими (без варіантів відповідей).

Залежно від правильності та якості відповіді кожне питання оцінюється як частка від 1. Кількість балів за екзамен визначається множенням загальної частки правильних відповідей на 42 (максимальна кількість балів). У випадку дистанційної форми навчання передбачено використання платформи Moodle (або Google forms) з аналогічною базою питань.

Таблиця нарахування балів за тестовий екзамен

% правильних відповідей	≥ 84	80-83	76-79	72-75	68-71	64-67	60-63	56-59	52-55	48-51	44-47	40-43
Бали	42	40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20

Максимальна сума балів, яку студент може набрати протягом семестру, складає 58 балів:

$$RC = r_{лр} + r_{мкр} + r_{рр} = 24 + 24 + 10 = 58 \text{ балів}^*$$

\*-заохочувальні бали враховуються тільки за умови успішного завершення роботи в семестрі та на екзамені. У цьому випадку до рейтингу студента додаються заохочувальні бали (максимальна кількість балів – 100).

Умовою допуску до екзамену є виконання РР, захист всіх лабораторних робіт, написання МКР, та кількість рейтингових балів не менше 29.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є виконання всіх запланованих на цей час робіт (на час календарного контролю). Студент отримує «зараховано» на **першому календарному контролі** (8-й тиждень) та на **другому календарному контролі** (14-й тиждень), якщо його поточний рейтинг складає не менше 50 % від максимально можливої кількості балів на момент проведення відповідного календарного контролю.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

**Кількість балів**

**Оцінка**



100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

*Тестові питання за основними темами дисципліни можна знайти в [1]. Перелік запитань для підготовки до МКР наведено в [8], [7] п.4, які розміщено онлайн на платформі Sikorsky - distance.*

**Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни**

---

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено**

**Ухвалено** кафедрою ФХ (протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 06-2021 від 29.06.2021)