



# Хімічна кінетика та поверхневі явища

## Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

### Реквізити освітньої компоненти

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна інженерія та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології органічних речовин</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2023-2024 навчальний рік, 3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен письмовий</i>
Розклад занять	<i>Лекція 2 години на тиждень (1 пара), лабораторний практикум 2 години на тиждень (2 пари один раз на два тижні), практичні заняття 1 година на тиждень (1 пара один раз на два тижні) за розкладом на rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: <i>к.х.н., доцент Каменська Тетяна Анатоліївна, <a href="mailto:tetyana.kamenska@gmail.com">tetyana.kamenska@gmail.com</a></i> <i>к.х.н., доцент Пономарьов Микола Євгенович, <a href="mailto:myk.ponomaryov@gmail.com">myk.ponomaryov@gmail.com</a></i> Лабораторні практикуми: <i>к.х.н., доцент Каменська Тетяна Анатоліївна, <a href="mailto:tetyana.kamenska@gmail.com">tetyana.kamenska@gmail.com</a></i> <i>к.х.н. Чудінович Ольга Василівна, <a href="mailto:chudinovych@ukr.net">chudinovych@ukr.net</a></i> <i>к.х.н. Мельничук Олександр Володимирович, <a href="mailto:Melnichuk.O@nas.gov.ua">Melnichuk.O@nas.gov.ua</a></i> Практичні заняття: <i>к.х.н., доцент Каменська Тетяна Анатоліївна, <a href="mailto:tetyana.kamenska@gmail.com">tetyana.kamenska@gmail.com</a></i> <i>к.х.н., доцент Пономарьов Микола Євгенович, <a href="mailto:myk.ponomaryov@gmail.com">myk.ponomaryov@gmail.com</a></i>
Розміщення курсу	<i>Група ХО-11 фізична хімія в Telegram, частково «Електронний кампус КПІ»</i>

### Програма освітньої компоненти

#### 1. Опис освітньої компоненти, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Освітня компонента «Хімічна кінетика та поверхневі явища» 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 освітньої компоненти застосовуються ними у подальшому вивченні фахових дисциплін.

**Предмет освітньої компоненти:** основні фундаментальні закони та закономірності, які визначають перебіг фізико-хімічних процесів та фактори, які на них впливають; дисперсні системи, що утворюються і використовуються у хіміко-технологічних процесах та їхні властивості.

**Метою** освітньої компоненти є формування у студентів **здатностей**:

- застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 02);
- використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач (ФК 01);
- проводити учбово-дослідні експерименти та володіти основними прийомами роботи в хімічній лабораторії (ФК 10);
- використовувати професійно-профільовані знання, уміння й навички в галузі природничо-наукових дисциплін, загальної хімічної технології, процесів і апаратів хімічних виробництв для аналізу, оцінювання і проектування технологічних процесів та устаткування, володіти методами спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та продукції промисловості (ФК 11).

Після засвоєння освітньої компоненти студенти мають продемонструвати **такі результати навчання**:

- коректно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі (ПРН 02);
- знати і розуміти механізми і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості (ПРН 03);
- здійснювати якісний та кількісний аналіз речовин неорганічного та органічного походження, використовуючи відповідні методи загальної та неорганічної, органічної, аналітичної, фізичної та колоїдної хімії (ПРН 04)
- використовувати типові лабораторне обладнання та вимірювальну апаратуру, типові методи та устаткування, інструкції та довідкові дані, в умовах хімічної лабораторії або хімічного виробництва виконувати фізико-хімічні випробування з хімічними системами в твердій, газовій фазах та розчинах з метою визначення необхідних фізико-хімічних даних для технологічного регламенту або ТЗ, або технічних умов (ПРН 20).

**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;
- причин та факторів стабілізації дисперсних систем;
- методів отримання та очистки дисперсних систем.

**уміння:**

- здійснювати якісний та кількісний аналіз речовин неорганічного та органічного походження, використовуючи відповідні методи загальної та неорганічної, органічної, аналітичної, фізичної та колоїдної хімії.
- вирішувати задачі керування реальними хімічними та фізико-хімічними процесами у хімічній технології, органічному синтезі, на електрохімічних виробництвах тощо;

- одержувати дисперсні системи та визначати їх оптичні та молекулярно-кінетичні властивості.
- 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;
- розраховувати величини характеристик дисперсних систем (електрокінетичний потенціал, світлорозсіяння, тощо).

#### **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;
- використання теоретичних положень дисципліни з метою розрахунку (прогнозування) фізико-хімічних даних для технологічного регламенту або ТЗ, або технічних умов: фізико-хімічних властивостей, реакційної здатності компонентів процесу, стійкості дисперсних систем.

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

Пререквізити освітньої компоненти:

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.

Освітні компоненти, які базуються на результатах навчання (постреквізити):

Процеси та апарати хімічних виробництв	Кінетичні залежності в хімічних і фізико-хімічних процесах. Стан і поведінка електролітів у розчинах. Закономірності різних видів адсорбції. Утворення, стійкість і руйнування дисперсних систем (емульсій, аерозолів, суспензій і т. п.).
Загальна хімічна технологія	Кінетичні залежності в хімічних і фізико-хімічних процесах. Стан і поведінка електролітів у розчинах. Закономірності різних видів адсорбції.
Курсове і дипломне проектування	Кінетичні залежності в хімічних і фізико-хімічних процесах. Стан і поведінка електролітів у розчинах. Визначення характеристик

### 3. Зміст освітньої компоненти

#### 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 реакцій**

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

##### **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.

Топохімічні реакції.

##### **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 електролітних 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. Перенапруга 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. Хімічні джерела струму.

## **Розділ 3. ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА В ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМАХ**

### **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 дисперсій-ний 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 Тундаля. 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. Ультрамiкроскопія. Конденсор темного поля. Електронна мiкроскопія.

### **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. Паста. 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 мил 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. Лебідь В.І. Фізична хімія. – Харків: Фоліо, 2005. – 478 с.

2. Чумак В.Л., Іванов С.В. Фізична хімія. – Київ: Книжкове вид-во авіаційного університету, 2007. – 648 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:**

4. 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.: НТУУ «КПІ», 2016. – 77 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», 2012. – 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. Нижник В.В., Волошинець В.А., Нижник Т.Ю. Колоїдна хімія з елементами нанохімії. – Київ: Фітосоціоцентр, 2012. – 506 с.
9. 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.
10. Краткий справочник физико-химических величин. / Под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой. – Л.: Химия, 1983, 1999. – 232 с.

### **Навчальний контент**

#### **5. Методика опанування освітньою компонентою**

##### *Лекційні заняття*

Вичитування лекцій з освітньої компоненти проводиться паралельно з виконанням студентами лабораторного практикуму та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. Для читання лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо). Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

<b>№</b>	<b>Дата</b>	<b>Опис заняття</b>
1	1 тиждень	<p><b>Розділ 1. ХІМІЧНА КІНЕТИКА І КАТАЛІЗ</b></p> <p><b>Тема 1.1. Формальна кінетика</b></p> <p>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. 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>

2	2 тиждень	Продовження теми 1.1.: Методи визначення порядку реакції: метод підстановки, графічний метод, визначення порядку реакції за часом напівперетворення, метод логарифмування, метод Вант-Гоффа. Кінетика складних реакцій. Принцип незалежного перебігу окремих елементарних стадій хімічного процесу. Паралельні, оборотні, послідовні, спряжені реакції.
3	3 тиждень	<b>Тема 1.2. Вплив температури на швидкість хімічної реакції. Теорії хімічної кінетики</b> 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. Теорія активних зіткнень. Теорія перехідного стану.
4	4 тиждень	<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.
5	5 тиждень	<b>Тема 1.4. Кінетика фотохімічних 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. Радіаційнохімічні процеси
6	6 тиждень	<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.
7	7 тиждень	<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, 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. Мультиплетна теорія гетерогенного каталізу О.О. Баландіна.
8	8 тиждень	<b>Розділ 2. ЕЛЕКТРОХІМІЯ</b> <b>Тема 2.1. Рівноваги у розчинах електролітів</b> 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.
9	9 тиждень	Продовження теми 2.1.: Іон-дипольна взаємодія в розчинах електролітів. Механізми утворення електролітичних розчинів. Іон-іонні взаємодії в розчинах електролітів. Активність та середній іонний коефіцієнт активності електроліту. Іонна сила розчину. Правило іонної сили. Теорія сильних електролітів Дебая-Гюккеля. Іонна атмосфера. Зв'язок середнього іонного коефіцієнта активності сильних електролітів з іонною силою розчинів.
10	10 тиждень	<b>Тема 2.2. Електрична провідність (електропровідність) розчинів електролітів</b> 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. Механізми переносу струму в розчинах електролітів. Теорія електропровідності сильних електролітів Дебая-Гюккеля-Онзагера. Електрофоретичний та релаксаційний ефекти, їх вплив на електропровідність. Рівняння Дебая-Гюккеля-Онзагера. Числа переносу іонів, метод Гітторфа їх визначення. Аномальні числа переносу.
11	11 тиждень	Продовження теми 2.2.: Кондуктометрія. Кондуктометричний метод визначення ступеня дисоціації та константи дисоціації електроліту. Визначення добутку розчинності важкорозчинних речовин за кондуктометричними даними. Кондуктометричне титрування. <b>Тема 2.3. Електрорушійні сили (ЕРС) гальванічних елементів та електродні потенціали</b> 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.
12	12 тиждень	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. Застосування таблиці стандартних електродних потенціалів для аналізу процесів, які перебігають в ГЕ. Визначення напрямку та термодинамічних параметрів хімічної реакції, що перебігає у гальванічному елементі. Розрахунок констант рівноваги електрохімічних процесів.
13	13 тиждень	Продовження теми 2.3.: Потенціометрія. Визначення стандартних електродних потенціалів, стандартних термодинамічних

		характеристик реакцій, які перебігають в ГЕ, добутку розчинності малорозчинних електролітів, середніх іонних коефіцієнтів активності сильних електролітів, рН розчинів. Потенціометричне титрування.
14	14 тиждень	<p><b>Тема 2.4. Нерівноважні процеси в електрохімічних системах</b> Електроліз. Процеси на електродах під час електролізу водних розчинів електролітів. Закони електролізу Фарадея. Вихід продуктів електролізу за струмом. Кулонометри. Електродна поляризація, її види. Перенапруга водню, роль цього явища в електролізі. Рівняння Тафеля. Електрохімічна корозія металів, її механізм. Хімічні джерела струму.</p>
15	15 тиждень	<p><b>Розділ 3. ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА В ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМАХ</b> <b>Тема 3.1. Фізико-хімічні властивості високодисперсних систем</b> Методи одержання дисперсних систем. 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. Визначення розміру частинок дисперсних систем. 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>
16	16 тиждень	<p>Продовження теми 3.1: Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем. Броунівський 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 Тундала. 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. Ультрамікроскопія та її можливості. Конденсор темного поля. Електронна мікроскопія.</p>
17	17 тиждень	<p><b>Тема 3.2. Стійкість та руйнування вільнодисперсних систем</b> Стійкість і коагуляція дисперсних систем. 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.</p>

		<i>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.</i>
18	18 тиждень	<i>Продовження теми 3.2: Колоїдно-хімічне матеріалознавство. Суспензії, їх загальна характеристика. Стабілізація суспензій, їх властивості і застосування. Пасту. 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. 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 мил і синтетичних миючих засобів. Солюбілізація. Застосування колоїдних ПАР у промисловості.</i>

### Практичні заняття

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

<b>№</b>	<b>Тиждень</b>	<b>Кількість годин</b>	<b>Тема</b>	<b>Опис запланованої роботи</b>
1	1-2	2	<i>Методи визначення порядку реакції.</i>	<i>Розв'язання типових задач на визначення на визначення порядку реакції інтегральними та диференціальними методами, а також на визначення складу реакційної суміші через певні проміжки часу в реакціях різних порядків.</i>
2	3-4	2	<i>Вплив температури та наявності каталізатора на швидкість реакції. Кінетика гетерогенних процесів.</i>	<i>Розв'язання типових задач на визначення енергії активації реакції, констант швидкості за різних температур. Розв'язання типових задач на визначення швидкості процесів розчинення твердих речовин у рідинах.</i>
3	5-6	2	<i>Теорія електролітичної дисоціації Арреніуса. Електропровідність розчинів електролітів.</i>	<i>Розв'язання типових задач на визначення рН розчинів електролітів.</i>

				Розв'язання типових задач на визначення питомої, молярної та граничної молярної електропровідності електролітів, ступеня та константи дисоціації слабких електролітів.
4	7-8	2	Електрорушійні сили гальванічних елементів.	Розв'язання типових задач на визначення потенціалів електродів та електрорушійних сил гальванічних елементів.
5	9-10	2	Написання 1ої частини модульної контрольної роботи з теми «Хімічна кінетика».	
6	11-12	2	Електрорушійні сили гальванічних елементів.	Розв'язання типових задач на визначення термодинамічних характеристик та напрямку перебігу реакцій в гальванічних елементах..
7	13-14	2	Електроліз.	Розв'язання типових задач на основі законів Фарадея.
8	15-16	2	Написання 2-ої частини модульної контрольної роботи з теми «Електрохімія».	
9	17-18	2	Властивості дисперсних систем. Закономірності їхнього утворення, стійкості і руйнування.	Розв'язання типових задач на визначення молекулярно-кінетичних і оптичних характеристик дисперсних систем, на седиментацію і кінетику коагуляції, на правила іонної коагуляції.

#### Лабораторний практикум

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 лугу.</b> Визначення порядку, констант швидкості та природи лімітуючої стадії реакції нейтралізації твердої бензойної кислоти водним розчином КОН, 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.

#### Розрахункова робота

Виконання Розрахункової роботи має на меті застосування теоретичних знань, та умінь, отриманих на лекціях, лабораторних заняттях і в процесі самостійної роботи з літературними джерелами в ході вивчення освітньої компоненти «Хімічна кінетика та колоїдна хімія». Розрахункова робота поділяється на дві частини і містить завдання з розрахунків кінетичних характеристик реакції, активаційних параметрів хімічного процесу (частина 1), визначення характеристик дисоціації електроліту в розчині за електропровідністю, ЕРС і потенціалів електродів в гальванічному елементі, параметрів процесу електролізу водного розчину електроліту (частина 2). Завдання до РР наведено в методичних вказівках для розрахункових робіт [6]. Задачі складено у 30-ти варіантах. Кожен студент виконує завдання того варіанту, який визначає йому викладач.

#### Модульна контрольна робота

Для перевірки засвоєння студентами знань, отриманих внаслідок опрацювання лекційного матеріалу, виконання лабораторних робіт та в результаті самостійної роботи, проводяться дві частини МКР. Запитання і завдання МКР мають як теоретичний, так і практичний характер. МКР проводиться за всіма темами освітньої компоненти. Допуском до написання кожної частини МКР є виконання відповідної частини РР та захист лабораторних робіт, які стосуються теми МКР.

#### 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	2 – 2,5 години на тиждень

з лабораторних практикумів, підготовка до захисту лабораторних робіт.	
Виконання розрахункової роботи	10 годин
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	10 години
Підготовка до екзамену	30 годин

## Політика та контроль

### 7. Політика освітньої компоненти

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 платформи Google Meet, Zoom. Відвідування лекцій, практичних занять та лабораторних практикумів є обов'язковим.

#### Правила захисту лабораторних робіт:

1. До захисту допускаються студенти, які виконали лабораторну роботу, правильно оформили її протокол: 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. несвоєчасне виконання РР: - 0,5 – 4 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, виконання РР, написання МКР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: письмовий 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 бали  $\times 8 = 24$  бали.

Ваговий бал лабораторних робіт складається з:

- самостійної підготовки до роботи (опанування теорією, методикою виконання експерименту, написання протоколу) – 0,5 балів;
- обговорення та виконання лабораторної роботи – 0,5 балів;
- своєчасний захист роботи (впродовж двох тижнів після її виконання) – 2 бали.

У разі відсутності протоколу 0,5 балів не нараховуються і студент може бути недопущеним до виконання лабораторного практикуму, якщо він не засвоїв теоретичні відомості та не знає методики виконання роботи.

### 2.2. Модульна контрольна робота.

Ваговий бал кожної – 10. Максимальна кількість балів за дві частини контрольної роботи дорівнює 10 балів  $\times 2 = 20$  балів.

Модульні контрольні студенти пишуть на лекції або на практичних заняттях. Контрольні роботи проводяться у тестовій та письмовій формах. Перша частина МКР стосується розділу «Хімічна кінетика», друга – «Електрохімія». Завдання в контрольній роботі містять як теоретичні питання, так і задачі, що потребує вміння студента логічно мислити. Кількість балів за певну контрольну роботу визначається множенням частки правильних відповідей на 10 (максимальна кількість балів).

### 2.3. Розрахункова робота

Складається з двох частин [6], довідник [10] є обов'язковим до використання. Довідникові дані потрібно брати саме з цього джерела.

Ваговий бал кожної – 5 балів. Максимальна кількість балів за дві частини розрахункової роботи дорівнює 5 балів  $\times 2 = 10$  балів.

3. 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.

4. **На екзамені** студенти виконують письмову або тестову контрольну роботу, яка містить теоретичні питання та задачі. Теоретичне питання потребує детального пояснення. Для задачі повинен бути наведений студентом розв'язок і зазначатись розмірність результату. Залежно від правильності та якості відповіді кожне питання оцінюється як частка від 1. Кількість балів за екзамен визначається множенням загальної частки правильних відповідей на 46 (максимальна кількість балів).

Умовою допуску до екзамену є виконання РР, захист всіх лабораторних робіт, написання МКР, та кількість рейтингових балів не менше 27.

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

<i>Не виконані умови допуску</i>	<i>Не допущено</i>
----------------------------------	--------------------

## **9. Додаткова інформація з освітньої компоненти**

*Перелік запитань для підготовки до МКР наведено в [4], [7] п.4.*

### ***Робочу програму освітньої компоненти (силабус):***

***Складено:*** доц., к.х.н., доц. Каменською Т.А.  
доц., к.х.н., доц. Пономарьовим М.Є.

*Погоджено* Методичною комісією факультету (протокол № 9 від 25 травня 2023 р.)

*Ухвалено* кафедрою фізичної хімії (протокол № 14 від 22 червня 2023 р.)