



## Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



### Фізична хімія

**Шифр та назва спеціальності**

161- Хімічні технології та інженерія

**Інститут**

ННІ Хімічних технологій та інженерії

**Освітня програма**

Енергоефективність і комп'ютерна хімічна інженерія

**Кафедра**

Фізичної хімії (194)

**Рівень освіти**

Бакалавр

**Тип дисципліни**

Спеціальна (фахова), Обов'язкова

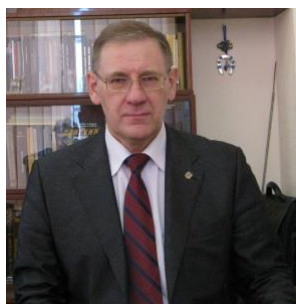
**Семестр**

3

**Мова викладання**

Українська

### Викладачі, розробники



**Сахненко Микола Дмитрович**

[mykola.sakhnenko@khpi.edu.ua](mailto:mykola.sakhnenko@khpi.edu.ua)

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної хімії НТУ «ХПІ»

Досвід науково-педагогічної роботи – 50 років. Автор понад 1000 наукових та науково-методичних публікацій, серед яких 14 підручників і навчальних посібників, 19 монографій і 17 розділів у закордонних монографіях, понад 120 авторських свідоцтв і патентів.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](http://web.kpi.kharkov.ua/fchem/uk/pro-kafedru/)

<http://web.kpi.kharkov.ua/fchem/uk/pro-kafedru/>

### Загальна інформація

#### Анотація

Дисципліна спрямована на формування базових знань з фізичної хімії, вміння застосовувати нові досягнення у галузі фізики та хімії при впровадженні передових технологій в виробництві та оволодіння основними сучасними методами досліджень.

#### Мета та цілі дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є засвоєння студентами теоретичних основ, принципів та законів сучасної фізичної хімії, формування здатності до розуміння та аналізу процесів та явищ, які спостерігаються при проведенні хіміко-технологічних операцій та фізико-хімічних аналізів; навчання методам розрахунку для визначення напряму перебігу хімічних процесів, їх енергетики та стану рівноваги; методам проведення експериментальних досліджень властивостей хімічних речовин і процесів та аналізу експериментальних даних; ознайомлення студентів із сучасними напрямками розвитку теоретичних та експериментальних досліджень у галузі фізичної хімії.

#### Формат занять

Лекції, лабораторні роботи, модульні контрольні роботи, індивідуальні розрахункові завдання, консультації. Підсумковий контроль - іспит.

#### Компетентності

K02 – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

K03. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.  
K09 – Здатність використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач

### **Результати навчання**

ПР03 – Знати та розуміти механізми і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості.  
ПР04 – Здійснювати якісний та кількісний аналіз речовин неорганічного та органічного походження, використовуючи відповідні методи загальної та неорганічної, органічної, аналітичної, фізичної та колоїдної хімії.

### **Обсяг дисципліни**

Загальний обсяг дисципліни 180 год. (6 кредитів ECTS): лекції – 48 год., лабораторні заняття – 48 год., самостійна робота – 84 год.

### **Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)**

Вища математика, фізика, загальна та неорганічна, органічна та аналітична хімія

### **Особливості дисципліни, методи та технології навчання**

Курс подано з використанням системного підходу задля формування системних знань, цілісних уявлень про дисципліну, формування навичок синтезу, порівняння і узагальнення інформації.

#### **Пояснювально-ілюстративний метод.**

Студенти здобувають знання у «готовому» вигляді, слухаючи лекцію, або з навчальної літератури, або за допомогою Інтернет-посібника. Студенти сприймають і осмислюють факти, оцінки, висновки й залишаються в рамках репродуктивного (відтворюючого) мислення.

#### **Репродуктивний метод.**

Йдеться про застосування вивченого на основі зразка або правила. Діяльність студентів є алгоритмічною, тобто відповідає інструкціям, розпорядженням, правилам – в аналогічній до представленого зразка ситуаціях. Організовується діяльність студентів за кількаразовим відтворенням засвоєваних знань. Для цього використовуються різноманітні вправи, лабораторні роботи, програмований контроль за методикою циклічного тестування.

#### **Частково-пошуковий, або евристичний метод.**

Його суть – в організації активного пошуку розв'язання висунутих педагогом пізнавальних завдань або під керівництвом педагога, або на основі евристичних програм і вказівок. Процес мислення поетапно направляється й контролюється педагогом або самими учнями на основі роботи над завданнями і навчальними посібниками.

## **Програма навчальної дисципліни**

### **Теми лекційних занять**

#### **Тема 1. Вступ. Хімічна термодинаміка**

Хімічна термодинаміка та її зміст. Основні поняття та визначення термодинаміки – термодинамічна система, стан, параметри стану, функції стану, процеси. Робота та теплота процесу. Оборотні та необоротні процеси. Перший закон термодинаміки, його формулювання. Внутрішня енергія. Ентальпія. Робота та зміна внутрішньої енергії в різних процесах.

#### **Тема 2. Термохімія**

Теплові ефекти при сталому тиску та сталому об'ємі. Закон Гесса. Теплоти утворення, теплоти згоряння. Теплоти розчинення. Розрахунки теплових ефектів в стандартних умовах. Енергія хімічного зв'язку. Теплоємність середня та істинна, залежність від температури. Залежність теплового ефекту від температури. Рівняння Кірхгофа.

#### **Тема 3. Другий закон термодинаміки**

Самочинні та несамочинні процеси. Формулювання другого закону термодинаміки. Ентропія. Зміна ентропії в різних процесах. Зміна ентропії ізольованої системи та напрямок процесу. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Термодинамічна ймовірність. Формула Больцмана. Ентропія. Постулат Планка, абсолютне значення ентропії.

#### Тема 4. Термодинамічні потенціали

Об'єднаний закон термодинаміки. Енергії Гіббса, Гельмгольца. Термодинамічні потенціали. Визначення напрямку процесів та стану рівноваги за змінами термодинамічних потенціалів. Рівняння Гіббса – Гельмгольца. Робота та теплота хімічного процесу. Хімічний потенціал. Різниця хімічних потенціалів компонентів як критерій спрямованості хімічного процесу.

#### Тема 5. Хімічна рівновага

Ознаки та критерії хімічної рівноваги. Рівновага у кінетичному описі. Закон дії мас. Константа хімічної рівноваги, способи її представлення та зв'язок між ними. Хімічні рівноваги в гетерогенних системах. Розрахунок рівноваг. Рівняння ізотерми хімічної реакції Вант-Гоффа. Рівняння ізотерми хімічної реакції за стандартних умов. Стандартна енергія Гіббса. Розрахунки константи рівноваги.

#### Тема 6. Фазові рівноваги

Принцип рухливої рівноваги. Залежність констант рівноваги від тиску, рівняння Планка. Залежність константи рівноваги від температури, рівняння ізобари, ізохори Вант-Гоффа. Фазові перетворення. Рівняння Клаузіуса – Клапейрона. Теплота фазових перетворень. Вплив загального тиску на тиск насиченої пари. Поняття складової, компоненту, ступенів свободи. Правило фаз Гіббса. Діаграми стану для однокомпонентних систем. Енантіотропні та монотропні перетворення.

#### Тема 7. Гетерогенні рівноваги у бінарних системах

Рівноваги пара – рідина. Тиск пари над розчином. Закон Рауля. Розрахунок тиску і складу пари над розчином. Перший закон Коновалова. Правило важеля. Діаграми стану "загальний тиск – склад", "температура кипіння – склад". Перегонка (ректифікація). Азеотропні суміші. Другий закон Коновалова. Системи з обмеженою взаємною розчинністю компонентів. Правило Алексєєва. Типи діаграм з обмеженою розчинністю компонентів. Екстракція.

#### Тема 8. Рівноваги у системах "розплав - тверда фаза"

Фізико-хімічний аналіз за Курнаковим. Розчинність твердих речовин. Залежність ідеальної розчинності від температури. Рівняння Шредера. Діаграми стану. Солідус і ліквідус. Основні типи діаграм двокомпонентних систем. Необмежені тверді розчини і умови їхнього утворення, виходячи з властивостей чистих компонентів. Діаграми з евтектикою та перитектикою. Обмежена розчинність у твердому стані. Діаграми стану з утворенням хімічних сполук. Кріоскопія. Ебуліоскопія.

#### Тема 9. Розчини. Йонні рівноваги у розчинах електролітів

Ідеальні та нескінченно розведені розчини. Реальні розчини. Електролітична дисоціація в розчинах. Теорія Арреніуса, її недоліки. Сольватація. Активність та коефіцієнти активності іонів, середньоіонні величини. Вплив розчинника на електролітичну дисоціацію. Сильні та слабкі електроліти. Константа і ступінь дисоціації для слабких електролітів. Дисоціація води. рН розчину.

#### Тема 10. Електропровідність розчинів електролітів

Електропровідність розчинів електролітів (питома, молярна). Залежність електропровідності слабких та сильних електролітів від концентрації і температури. Гранична молярна електрична провідність. Закон та рівняння Кольрауша. Рухливість іонів. Числа переносу іонів. Практичне застосування кондуктометрії.

#### Тема 11. Електродні процеси. Електрохімічні елементи.

Гальванічні елементи. Електрохімічний електрод. Виникнення стрибка потенціалу на межі розподілу фаз. Електрохімічний потенціал. Формула Нернста. Стандартний потенціал. Дифузійний потенціал. Класифікація електрохімічних електродів. Гальванічний елемент. Типи електрохімічних елементів. Ланцюги з переносом і без переносу. Електрорушійна сила гальванічного елементу. Термодинаміка гальванічного елементу.

#### Тема 12. Формальна хімічна кінетика

Предмет і задачі хімічної кінетики. Швидкість реакції, як її експериментально визначають. Кінетичне рівняння Больцмана. Основний постулат хімічної кінетики. Прості і складні реакції. Константа швидкості. Молекулярність і порядок реакції. Час напівперетворення. Кінетичний експеримент та його опис. Диференціальні рівняння та інтегрування для реакцій першого, другого й третього порядків.

#### Тема 13. Складні реакції

Методи визначення порядку реакції. Розрахунки кількості речовини, що прореагувала за той чи інший час. Складні реакції. Співвідношення між константами швидкостей окремих стадій.

Лімітуюча стадія реакції. Кінетика гетерогенних процесів. Термодинамічне походження кінетичного явища дифузії. Рушійна сила дифузії. Дифузійна та кінетична області перебігу гетерогенної реакції

#### **Тема 14. Теорії хімічної кінетики**

Теорія активних зіткнень Арреніуса. Енергія активації та передекспоненційний множник. Стеричний фактор. Теорія перехідного стану (активованого комплексу). Співставлення теорій. Мономолекулярні реакції.

#### **Тема 15. Каталіз**

Визначення та загальні принципи каталізу. Значення каталітичних процесів. Типи каталізу, кінетика і механізми каталізу. Гетерогенний каталіз. Активність та селективність каталізаторів. Отруєння каталізаторів. Активні центри гетерогенних каталізаторів. Роль адсорбції у кінетиці гетерогенних каталітичних реакцій. Енергія активації гетерогенних каталітичних реакцій. Теорії каталізу.

#### **Тема 16. Фізико-хімічні методи дослідження речовини**

Принципи побудови спектральних приладів. Шкала електромагнітних хвиль. Закон поглинання Ламберта-Бугера-Бера. Електронні спектри поглинання. Коливальна спектроскопія. Інфрачервоні спектри. Використання молекулярної спектроскопії в хімії.

Електричні властивості молекул. Полярні і неполярні молекули. Міра полярності. Дипольний момент. Поляризованість. Поляризація. Рівняння Лоренц-Лоренца і Клаузіуса-Моссоті.

#### **Тема 17. Основи колоїдної хімії**

Поняття про дисперсні системи. Основні особливості дисперсних систем. Зміна властивостей із зміною дисперсності площі питомої поверхні. Дисперсні системи як гетерогенні термодинамічні нерівноважні системи. Надлишок поверхневої (вільної) енергії як причина термодинамічної (агрегативної) нестійкості переважного числа дисперсних систем. Класифікація дисперсних систем. Поверхневі явища. Поверхневий натяг як міра вільної енергії поверхні. Термодинамічні функції поверхневого шару. Явище змочування. Крайовий кут. Гідрофобність та гідрофільність поверхонь. Флотація. Адгезія, робота адгезії. Когезія, робота когезії

#### **Тема 18. Адсорбція**

Адсорбція: фізична, хімічна, активна, пасивна, локалізована, нелокалізована. Ізотерма адсорбції та емпіричне рівняння ізотерми Фрейндліха. Адсорбція як ізотермічний процес. Поняття інтегральної та диференціальної теплоти адсорбції. Адсорбція на межі тверде тіло-газ. Теорія мономолекулярної адсорбції Ленгмюра. Поняття про полімолекулярну адсорбцію. Теорії Поляні та БЕТ. Адсорбція на межі розчин-газ. Поверхневоактивні речовини. Виведення адсорбційного рівняння Гіббса. Рівняння Шишковського. Перехід від рівняння Гіббса до рівняння Ленгмюра. Поняття про дифільність молекул. Правило Дюкло-Траубе. Іонообмінна адсорбція сильних електролітів, її практичне застосування. Ліотропні ряди іонів.

#### **Тема 19. Подвійний електричний шар. Електрокінетичні явища**

Природа та властивості ПЕШ. Причини утворення подвійного електричного шару, його будова за Штерном. Термодинамічний і електрокінетичний потенціали. Поведінка дисперсних систем у електричному полі. Електрофорез, електроосмос, потенціали течії та седиментації. Поняття про міцелу і колоїдну частку.

#### **Тема 20. Отримання та очищення дисперсних систем**

Отримання дисперсних систем методами фізичної і хімічної конденсації. Механізм і кінетика конденсації. Отримання колоїдних систем методом диспергування. Методи диспергування. Пептизація як метод отримання золів. Правило осадків. Ультрафільтрація, діаліз, електродіаліз та їх значення для очищення дисперсних систем.

#### **Тема 21. Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем**

Броунівський рух, його теплова природа. Теорія броунівського руху за Ейнштейном. Середній зсув частинок. Дифузія. Рівняння Ейнштейна Зв'язок між коефіцієнтом дифузії та середнім зсувом частинок. Фізичний зміст коефіцієнта дифузії: перший закон Фіка. Роль дифузії в процесах розчинення, адсорбції тощо.

#### **Тема 22. Стійкість та коагуляція дисперсних систем**

Агрегативна стійкість дисперсних систем. Фактори стійкості. Стабілізація і типи стабілізаторів. Основні теорії стійкості і коагуляції. Коагуляція колоїдних систем. Поріг коагуляції. Правило коагуляції. Повільна та швидка коагуляція. Кінетика швидкої коагуляції за Смолуховським. Механізм коагуляції. Хімічна, адсорбційна та електростатична коагуляції електролітами, їх недоліки. Фізична теорія коагуляції Дерягіна, Ландау, Фервея і Овербека (ДЛФО). Нейтралізаційна

та концентраційна коагуляція за Дерягіним. Основні явища, що спостерігаються під час коагуляції: неправильні ряди, звикання, синергізм та антагонізм у дії іонів.

### **Тема 23. Структуроутворення у дисперсних системах**

Структурування і вплив на нього різноманітних факторів. Тиксотропія, повзучість, період релаксації. В'язкість. Рівняння Ньютона і Пуазейля. Рівняння Ейнштейна. Основні реологічні криві. Основні типи моделей структурних систем. Коагуляційні і конденсаційно-кристалізаційні структури. Перехід коагуляційних структур у конденсаційно-кристалізаційні.

### **Тема 24. Мікрогетерогенні системи**

Класифікація колоїдних ПАР. Будова міцел мила Суспензії, їх стабілізація. Емульсії: прямі та зворотні; розбавлені, концентровані та желатинові. Зворотність фаз. Розпад емульсій. Піни; рідкі та тверді. Будова піни. Час життя, кратність пін. Аерозолі. Отримання, властивості та засоби руйнування. Причини їх агрегативної та седиментаційної нестійкості. Тумани і дими. Методи синтезу та розпаду цих систем. Сучасні методи газоочищення. Природні пористі речовини, синтетичні пінопласти, пінобетони, наповнені гуми та ін.

## **Теми практичних занять**

Практичні заняття в рамках дисципліни не передбачені.

## **Теми лабораторних робіт**

Лабораторна робота №1 Визначення теплових ефектів процесів та хімічних реакцій калориметричним методом.

Лабораторна робота №2 Побудова діаграми плавкості двокомпонентної системи

Лабораторна робота №3 Побудова діаграми перегонки летючої суміші

Лабораторна робота №4 Визначення ЕРС гальванічного елемента

Лабораторна робота №5 Вивчення кінетики гідратації оцтового ангідриду

Лабораторна робота №6 Визначення константи швидкості реакції інверсії тростинного цукру

Лабораторна робота №7 Вивчення електрокінетичних явищ у колоїдних системах

Лабораторна робота №8 Дослідження міцелоутворення у розчинах поверхнево – активних речовин

## **Самостійна робота**

Самостійна робота за дисципліною включає опрацювання лекційного матеріалу, підготовку до лабораторних занять, самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях, а також виконання індивідуального розрахункового завдання за темами «Термодинаміка хімічних реакцій», «Хімічна кінетика», «Колоїдна хімія» згідно з індивідуальним варіантом для кожного студента. Результати розрахунків оформлюються у письмовий звіт.

## **Література та навчальні матеріали**

### **Основна література**

1. Руднева С.І., Сахненко М.Д., Некрасов О.П., Дженюк А.В., Фізична хімія ONLINE. Ч.ІІ Термодинаміка та рівноваги: Навчальний посібник для студентів інженерно-хімічних спеціальностей. –Харків: ФОП Панов А.М., 2023. –308 с.
2. Руднева С.І., Сахненко М.Д., Дженюк А.В., Желавська Ю.А. Фізична хімія ONLINE. Ч.1: Навчальний посібник для студентів інженерно-хімічних напрямів освіти. –Харків: ФОП Панов А.М., 2021. –338 с.
3. Руднева С.І., Дженюк А.В., Сахненко М.Д. Фізична хімія: навчальний посібник для самостійної та дистанційної підготовки до лабораторних робіт з курсу фізичної хімії для студентів хімічних спеціальностей. – Харків: ФОП Панов А.М., 2020. – 270 с.
4. Руднева С.І., Сахненко М.Д., Дженюк А.В. Гетерогенні рівноваги в хімічній інженерії: навчальний посібник. – Харків: ФОП Панов А.М., 2020. – 116 с.
5. A.V. Djenyuk, S.I.Rudneva, N.D. Sakhnenko, O.A. Ovcharenko Physical Chemistry. Laboratory works Part I. – Харків: ФОП Бровін О.В., 2019. – 160 с.
6. S.I. Rudneva, N.D. Sakhnenko, A.V. Djenyuk Physical chemistry: Practical course. – Kharkiv: ФЛП Панов А.Н., 2018. – 148 р.



7. Руднева С.І. Методичні вказівки до самостійного вивчення питань, пов'язаних з електрохімією. Харків: НТУ „ХПІ”, 2008р. . – 44 с.
8. В.І.Лебідь. Фізична хімія. – Харків: Гімназія, 2008. – 478 с.
9. Яцимирський В.К. Фізична хімія. - К.: ВТФ «Перун», 2007, 512 с.
10. В.Гомонай. О.Гомонай. Фізична хімія. – Ужгород : Патент, 2004. – 712 с.

## Додаткова література

1. Практикум з курсу фізичної хімії /За заг. ред. Ю.І.Долженка, Харків: НТУ „ХПІ”, 2007р. -128 с.
2. Практикум з курсу фізичної хімії”, ч. II, /За заг.ред. Ю.І.Долженка, Харків: НТУ „ХПІ”, 2004.- 104 с.
3. Термохімія: задачі з курсу фізичної хімії та методичні вказівки до їх самостійного розв'язання /За заг. ред. Ю.І.Долженка, Харків: НТУ „ХПІ”, 2005р. . – 80 с.
4. Ведь М.В., Сахненко М.Д. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей.- Харків: НТУ «ХПІ», 2010- 272 с.
5. Сахненко М.Д, Артеменко В.М. Кінетика електродних реакцій. Харків:,НТУ „ХПІ”, 2014. – 205 с

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді іспиту (15%), поточного оцінювання (70%) та індивідуального завдання (15%).

*Екзамен:* письмове завдання (2 запитання з теорії) та усна доповідь.

*Поточне оцінювання:* контрольний захист лабораторних робіт (40%), модульні контрольні роботи (30%)

### Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

## Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrocheshnist/>

## Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження, підпис

Завідувач кафедри  
Валерій ВЕДЬ

Дата погодження, підпис

Гарант ОП  
Костянтин ГОРБУНОВ