



## Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



### Фізична хімія ч. I

**Шифр та назва спеціальності**

161 – Хімічні технології та інженерія

**Інститут**

ННІ Хімічних технологій та інженерії

**Освітня програма**

Технічна електрохімія і хімічні технології рідкісних розсіяних металів

**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@khpі.edu.ua](mailto:mykola.sakhnenko@khpі.edu.ua)

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної хімії НТУ «ХПІ», академік АН Вищої школи України  
Досвід науково-педагогічної роботи – 50 років. Автор понад 1000 наукових та науково-методичних публікацій, серед яких 14 підручників і навчальних посібників, 20 монографій і 20 розділів у закордонних монографіях, понад 120 авторських свідоцтв і патентів.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

### Загальна інформація

#### Анотація

Дисципліна спрямована на формування базових знань з фізичної хімії, умінь та навиків за спеціальністю, оволодіння основними сучасних методів 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 для професійної роботи за спеціальністю, навчання методам визначення напрямку перебігу хімічних процесів, їх енергетики та стану рівноваги; ознайомлення студентів із сучасними напрямками розвитку теоретичних та експериментальних досліджень у галузі фізичної хімії.

#### Формат занять

Лекції, лабораторні 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 направляє й контролюється педагогом або самими учнями на основі роботи над завданнями і навчальними посібниками.

## Програма навчальної дисципліни

### Теми лекційних занять

#### Тема 1. Вступ

Предмет та задачі фізичної хімії. Основні розділи та методи фізичної хімії. 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.

#### Тема 2. Перший закон термодинаміки. Закон Гесса

Математичне формулювання першого закону термодинаміки. Внутрішня енергія. Теплота. Ентальпія. Робота та зміна внутрішньої енергії в різних процесах. Наслідки з першого закону термодинаміки. Властивості теплоти в умовах постійного об'єму або тиску. Взаємозв'язок між ними. Тепловий ефект реакції (процесу). Термохімія. Закон Гесса. Наслідки з закону Гесса. Теплота утворення. Теплота згоряння. Розрахунки теплових ефектів за допомогою енергій зв'язку.

#### Тема 3. Закони Кірхгофа.

Теплоємність середня та істинна, теплоємність газів і конденсованих систем, залежність теплоємності від температури. Рівняння Кірхгофа в диференціальній та інтегральній формах. Аналіз. Використання наближення Уліха при розрахунках впливу температури на тепловий ефект реакції.

#### Тема 4. Другий закон термодинаміки

Обґрунтування другого закону термодинаміки. Теплова теорема Нернста. Самодовільні та не самодовільні процеси. Зміна ентропії в різних процесах. Зміна ентропії ізольованої системи та напрямок процесу. Зміна ентропії внаслідок перебігу хімічних реакцій. Нерівність Клаузіуса.

#### Тема 5. Третій закон термодинаміки

Статистичний характер другого закону термодинаміки. Термодинамічна ймовірність. Ентропія та ймовірність. Третій закон термодинаміки. Формула Больцмана. Постулат Планка. Властивості тіл поблизу абсолютного нуля. Абсолютні значення ентропії. Розрахунки ентропії у різних процесах.

#### Тема 6. Математичний апарат термодинаміки.

Об'єднане рівняння першого і другого законів термодинаміки. Рівняння Гіббса-Дюгема. Фундаментальне рівняння Гіббса. Визначення функцій стану  $F$ ,  $G$ ,  $H$ ,  $V$ . Запис для них фундаментальних рівнянь. Співвідношення Максвелла. Характеристичні функції, їх визначення і властивості. Енергія Гельмгольца і Гіббса як критерії спрямованості процесу і стану рівноваги. Рівняння Гіббса-Гельмгольца та його різні вирази. Температурна залежність  $\Delta G$ .

#### Тема 7. Основи статистичної термодинаміки

Статистична термодинаміка - передумови. Головні визначення статистичної термодинаміки Великий канонічний ансамбль. Сума за станами, її розрахунок. Визначення термодинамічних величин із використанням суми за станами. реакції.

#### Тема 8. Елементи термодинаміки необоротних процесів

Базові визначення нерівноважної термодинаміки Класифікація нерівноважних систем; Постулати термодинаміки необоротних процесів. Змінення ентропії у відкритих системах. Продукування ентропії в хімічних перетвореннях. Потоки і сили. Лінійні матеріальні рівняння.

#### Тема 9. Хімічний потенціал. Закон діючих мас.

Визначення хімічного потенціалу через похідні від різних термодинамічних функцій для ідеального і реального газів. Фугітивність, активність, застосування для розрахунку хімічного потенціалу компонента в ідеальному і реальному розчинах. Основні ознаки та властивості хімічної рівноваги. Хімічна спорідненість. Хімічні рівноваги реакцій при постійній температурі Закон діючих мас і його різні форми. Зв'язок між різними константами рівноваги. Особливості константи рівноваги гетерогенної реакції. Методи розрахунку складу рівноважної суміші.

#### Тема 10. Ізотерма хімічної реакції

Рівняння ізотерми Вант-Гоффа. Константа рівноваги. Аналіз впливу початкового співвідношення компонентів на імовірну спрямованість і рівноважний вихід продуктів реакції. Рівняння ізотерми хімічної реакції для стандартних умов. Стандартна енергія Гіббса.

#### Тема 11. Вплив зовнішніх факторів на хімічні рівноваги.

Принцип Ле Шательє. Його застосування до хімічних реакцій. Рівняння Планка. Аналіз. Залежність константи рівноваги від загального тиску. Рівняння ізобари та ізохори хімічної реакції. Розрахунки констант рівноваги для різних температур. Розрахунки констант хімічних рівноваг із залученням таблиць стандартних термодинамічних функцій. Визначення теплових ефектів реакцій з температурної залежності константи рівноваги.

#### Тема 12. Термодинаміка гетерогенних систем і фізико-хімія розчинів. Основні поняття фазових рівноваг.

Гетерогенна система. Компонент. Число незалежних компонентів. Фаза. Число ступенів свободи. Правило фаз Гіббса. Однокомпонентні системи. Діаграма стану води. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса і фазові переходи першого роду. Його застосування до процесів плавлення, випарювання та сублімації в однокомпонентних системах. Способи вираження концентрацій. Діаграми стану. Принцип побудови та інтерпретації діаграм стану. Принцип Курнакова. Фізико-хімічний аналіз. стану. Правило важеля. Основні типи діаграм двокомпонентних систем. Загальне визначення ідеальних розчинів. Колігативні властивості розчинів. Розчинність газів. Закон Генрі.

#### Тема 13. Рівновага рідина – пара в двокомпонентній системі. Леткі суміші.

Тиск пари над розчином. Закони Рауля щодо тиску пари, криоскопічного і ебуліоскопічного ефектів. Їх термодинамічне обґрунтування Визначення молекулярної маси речовини, що розчинена. 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 Обмежена розчинність рідин. Типи діаграм обмеженої розчинності рідини. Критична температура розчинності. Правило Алексєєва.

#### Тема 14. Гетерогенні рівноваги: рідина – тверда речовина.

Розчинність твердих речовин. Залежність ідеальної розчинності від температури. Рівняння Шредера у диференційній та інтегральній формах. Аналіз. Застосування для визначення теплоти і температур плавлення. Крива охолодження. Типи діаграм плавкості (діаграми з евтектикою,

діаграма з утворенням хімічної сполуки, з необмеженою розчинністю в твердому стані, з обмеженою розчинністю в твердому стані).

#### Тема 15. Закон розподілу Нернста-Шилова.

Прояви закону у ідеальних і реальних системах. Екстракція. Застосування у промисловості. Зонна плавка. Застосування для глибокої очистки речовин. Трикомпонентні системи. Визначення складу. Трикутник Гіббса. Діаграми стану металевих сплавів. Інтерметаліди як зміцнювальна фаза сплавів. Дуралюміни.

#### Тема 16. Речовина в інтерфазі.

Фізична хімія тонких плівок. Властивості поверхні та їх відміна від характеристик конденсованих матеріалів. Ізотропні поверхні. Фрактальність поверхні. Моно- та багат шарові плівки. Фазові переходи в моношарових структурах.

#### Тема 17. Транспортні процеси в конденсованих системах.

Дифузія в конденсованих тілах: стаціонарні умови, перший закон Фіка. Нестационарна дифузія. Другий закон Фіка. Результати експериментального дослідження дифузії. Модель випадкових блукань. Механізми дифузії в кристалах, вакансійний механізм. Дифузія в багатокомпонентних системах.

#### Тема 18. Розчини електролітів.

Електрохімічні системи і процеси. Складові електрохімічних систем: електроди, конденсовані іонні провідники. Розчини електролітів: визначення, стадії розчинення, кількісні характеристики. Електролітична дисоціація: визначення, кількісні характеристики, закон розведення Оствальда. Іон-дипольна взаємодія в розчинах електролітів. Енергії кристалічної ґратки і сольватації іонів. Іон-іонна взаємодія в розчинах електролітів. Іонна сила розчину.

#### Тема 19. Теорія міжіонної взаємодії.

Теорія Дебая – Гюккеля: поняття іонної атмосфери, потенціал іонної атмосфери в розчині 1,1-валентного електроліту. Перше та друге наближення і обмеження теорії Дебая – Гюккеля. Зв'язок середнього коефіцієнта активності з коефіцієнтами активності окремих іонів. Сучасні уявлення теорії розчинів сильних електролітів.

#### Тема 20. Електропровідність розчинів електролітів.

Електропровідність розчинів електролітів: питома і молярна електропровідності, визначення рухливості окремих іонів, закон та рівняння Кольрауша. Числа переносу, їх залежність від концентрації розчину. Методи визначення чисел перенесення. Кондуктометричний метод і його застосування: вимірювання електропровідності розчинів електролітів; визначення константи дисоціації і добутку розчинності. Теорія електропровідності Дебая – Онзагера. Аномалії електропровідності.

#### Тема 21. Масоперенос в розчинах електролітів.

Рушійні сили масопереносу, Процеси дифузії і міграції в розчинах електролітів: стаціонарна і нестационарна дифузія, дифузійний потенціал. Співвідношення Нернста-Ейнштейна і Планка-Гендерсона. Елімінування дифузійного потенціалу.

#### Тема 22. Електрохімічні кола.

Рівноваги на межі електрод/розчин електроліту. Електродний потенціал - поняття і особливості вимірювань. Електроди і електродні потенціали. Рівняння Нернста Електрохімічні ланцюги і рівноваги в них. Застосування рівняння Гіббса - Гельмгольца до електрохімічних систем. Мембранні та іоноселективні електроди. Електроди для вимірювання рН. Концентраційні кола. Прості і складні хімічні кола. Практичне застосування.

#### Тема 23 Фізико-хімічні основи сучасного матеріалознавства.

Фізична хімія сьогодення: зелена, біла та супрамолекулярна хімія, нанохімія. Нанорозмірні і наноструктурні матеріали, розмірні ефекти в конденсованих системах, тунельний ефект. Класифікація наноматеріалів за структурними ознаками. Наночатинки, наноструктуровані матеріали: консолідовані наноматеріали і нанодисперсії.

#### Тема 24 Фізична хімія наноматеріалів.

Фізико-хімічне підґрунтя синтезу нанооб'єктів за принципами згори донизу і знизу - вгору. Синтез консолідованих наноматеріалів, отримання покривів і плівок. Отримання наночастинок у рідкій фазі: хімічна конденсація, електрохімічне генерування, золь-гель метод. Квантові точки. Внесок українських науковців в нанонауку і розвиток нанотехнологій.

### 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 Визначення термодинамічних функцій хімічної реакції методом ЕРС
- Лабораторна робота №3 Визначення константи рівноваги гетерогенної реакції
- Лабораторна робота №4 Побудова діаграми розчинності двох розчинів з обмеженою розчинністю
- Лабораторна робота №5 Побудова діаграми плавлення двокомпонентної системи з евтектикою
- Лабораторна робота №6 Побудова діаграми перегонка легкої суміші
- Лабораторна робота №7 Кріоскопічний метод визначення молекулярної маси розчиненої речовини
- Лабораторна робота №8 Визначення константи дисоціації слабкого електроліту

## 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 темою «Термодинаміка хімічних реакцій» згідно з індивідуальним варіантом для кожного студента. Результати розрахунків оформлюються у письмовий звіт.

## Література та навчальні матеріали

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.  
<http://web.kpi.kharkov.ua/fchem/wp-content/uploads/sites/30/2023/08/FIZICHNA-HIMIYA-CHII-S1.pdf>
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.  
[http://web.kpi.kharkov.ua/fchem/wp-content/uploads/sites/30/2021/11/FH-ONLINE\\_S.pdf](http://web.kpi.kharkov.ua/fchem/wp-content/uploads/sites/30/2021/11/FH-ONLINE_S.pdf)
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.  
[http://web.kpi.kharkov.ua/fchem/wp-content/uploads/sites/30/2022/09/DistLab\\_s.pdf](http://web.kpi.kharkov.ua/fchem/wp-content/uploads/sites/30/2022/09/DistLab_s.pdf)
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.  
<http://web.kpi.kharkov.ua/fchem/wp-content/uploads/sites/30/2022/09/Geterogenni-rivnovagi-SIR.pdf>
5. Фізична хімія. Хімічна термодинаміка [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / уклад.: Т.А. Каменська, Г.А. Рудницька, М.Є. Пономарьов ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 2,594 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 257 с.  
<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48492/1/Fizychna.pdf>

## Додаткова література

1. 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.  
<http://web.kpi.kharkov.ua/fchem/wp-content/uploads/sites/30/2020/02/Practicum-I.pdf>
2. S.I. Rudneva, N.D. Sakhnenko, A.V. Djenyuk. Physical chemistry: Practical course. – Kharkiv: ФЛП Панов  
<http://web.kpi.kharkov.ua/fchem/wp-content/uploads/sites/30/2020/02/Physical-Chemistry.pdf>
3. G. Yar-Mukhamedova, T. Nenasnina, M. Ved', N.Sakhnenko, A. Karakurkchi, Nanocomposite electrolytic coatings based on cobalt alloys with refractory metals : obtaining, properties, applications. – Almaty : Kazakh University, 2022. – 214p.  
[http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/59619/3/Monograph\\_2022\\_Yar-Mukhamedova\\_Nanocomposite.pdf](http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/59619/3/Monograph_2022_Yar-Mukhamedova_Nanocomposite.pdf)

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді іспиту (10%), поточного оцінювання (30%) та індивідуального завдання (60%).

Екзамен: усна доповідь.

Поточне оцінювання: захист лабораторних робіт

### 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-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження,  
підпис

Завідувач кафедри  
Микола САХНЕНКО

Дата погодження,  
підпис

Гарант ОП  
Сергій ЛЕЩЕНКО