



## Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



# Поверхневі явища та дисперсні системи

### 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

Вибіркова

### Семестр

4

### Мова викладання

Українська

## Викладачі, розробники



### Некрасов Олександр Павлович

[Oleksandr.Nekrasov@khpі.edu.ua](mailto:Oleksandr.Nekrasov@khpі.edu.ua)

Кандидат технічних наук, професор, професор кафедри фізичної хімії НТУ "ХП"

Досвід роботи - 43 роки. Автор понад 130 наукових та навчально-методичних праць.

Має державні нагороди: Диплом Першого ступеня МОН України, почесна відзнака Харківської обласної ради «Слобожанська слава» та інші.

Провідний лектор з дисциплін:

«Фізична і колоїдна хімія»,

«Поверхневі явища та дисперсні системи»,

«Фізична хімія дисперсних систем».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

Дисципліна спрямована на формування базових знань щодо поверхневих явищ та дисперсних систем, на вміння застосовувати нові досягнення у галузі хімічної технології при впровадженні передових технологій в виробництві та оволодіння сучасними методами досліджень.

### Мета та цілі дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є формування у студентів системи практичних умінь з використанням основних методів фізичної та колоїдної хімії, розвиток у них умінь і навичок проводити прості розрахунки, що є фундаментом для подальшого вивчення явищ, що відбуваються на поверхні розподілу фаз у дисперсних системах.

### Формат занять

Лекції, лабораторні роботи, індивідуальне розрахункове завдання, консультації. Підсумковий контроль - залік.

## Компетентності

Здатність застосовувати нові досягнення у сфері поверхневих явищ і дисперсних систем для аналізу фізико-хімічних властивостей сировини та продуктів хімічного синтезу;  
Здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції.

## Результати навчання

Здатність застосовувати знання і розуміння поверхневих явищ і властивостей дисперсних систем для вирішення якісних та кількісних проблем хімічної інженерії та технологій;  
Здатність досліджувати вплив фізико-хімічних факторів на властивості об'єкта дослідження або проектування.

## Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредити ECTS): лекції – 16 год., лабораторні заняття – 32 год., самостійна робота – 56 год.

## Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

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

## Програма навчальної дисципліни

### Теми лекційних занять

#### Тема 1. Вступ до курсу.

Зміст і задачі курсу колоїдної хімії. Основні характеристики дисперсних і колоїдних систем. Класифікація дисперсних систем за розміром частинок дисперсної фази, агрегатним станом дисперсної фази і дисперсійного середовища, характером взаємодії між дисперсною фазою і середовищем, механічними властивостями.

Надлишок поверхневої (вільної) енергії як причина термодинамічної (агрегативної) нестійкості переважного числа колоїдних систем. Застосування знань в галузі поверхневих явищ та дисперсних систем для хімічної технології та інженерії.

#### Тема 2. Внутрішній тиск та поверхневий натяг.

Внутрішній тиск та поверхневий натяг. Молекулярні сили і полярність речовини. Поверхневий натяг як міра вільної енергії поверхні. Термодинамічні функції поверхневого шару. Явище змочування. Гідрофобність та гідрофільність поверхонь. Флотація. Адгезія. Когезія. Методи визначення поверхневого натягу.

#### Тема 3. Капілярні явища. Адсорбція.

Капілярний тиск. Капілярна конденсація. Поняття про адсорбцію, десорбцію. Адсорбція: фізична і хімічна, активна і пасивна, локалізована і нелокалізована. Природа адсорбційних сил. Адсорбція як екзотермічний процес. Теплоти адсорбції. Моделі теорій адсорбції.

#### Тема 4. Адсорбція на межах розчин-газ та тверде тіло-газ.

Поверхневоактивні речовини. Виведення адсорбційного рівняння Гіббса. Міра поверхневої активності за Ребіндером. Рівняння Шишковського. Перехід від рівняння Гіббса до рівняння Ленгмюра. Поняття про дифільність молекул. Правило Дюкло-Граубе.

Гідрофільні та гідрофобні адсорбенти. Енергетичні характеристики адсорбції газів та пари твердими тілами. Ліотропні ряди іонів. Іонообмінна адсорбція сильних електролітів.

### Тема 5. Електрокінетичні властивості колоїдних систем.

Досліди Рейса. Електрокінетичні явища: електрофорез, електроосмос. Будова міцели та колоїдної частинки. Утворення подвійного електричного шару. Теоретичні уявлення про будову міцели: історичний та сучасний аспект. Повний термодинамічний стрибок потенціалу. Електрокінетичний потенціал. Ізоелектрична точка. Адсорбція іонів на твердій поверхні.

### Тема 6. Вплив різних факторів на величину електрокінетичного потенціалу.

Залежність електрокінетичного потенціалу від концентрації електролітів, валентності і радіуса іона-коагулянта, температури, рН дисперсійного середовища. Правило Шульце-Гарді при коагуляції дисперсних систем електролітами. Перезарядження поверхні колоїдної часточки. Обмін іонів у зовнішній оболонці подвійного електричного шару. Ліотропні ряди іонів. Визначення електрокінетичного потенціалу методами електроосмосу та електрофорезу.

### Тема 7. Отримання та очищення дисперсних систем..

Отримання дисперсних систем методами фізичної і хімічної конденсації. Механізм і кінетика конденсації. Отримання колоїдних систем методом диспергування. Електричні методи диспергування. Диспергування за допомогою ультразвуку. Пептизація як метод отримання золів. Ультрафільтрація, діаліз, електродіаліз та їх значення для очищення дисперсних систем.

### Тема 8. Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем.

Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем. Броунівський рух і дифузія, зв'язок між ними. Теорія броунівського руху, розроблена Ейнштейном. Середній зсув частинок. Дифузія. Виведення рівняння Ейнштейна, що встановлює зв'язок між коефіцієнтом дифузії та радіусом частинок, температурою і в'язкістю системи. Зв'язок між коефіцієнтом дифузії та середнім зсувом частинок. Фізичний зміст коефіцієнта дифузії: перший закон Фіка. Роль дифузії в процесах розчинення, адсорбції тощо.

### Тема 9. Оптичні властивості дисперсних систем.

Розсіяння і поглинання світла у дисперсних системах, методи спостереження. Ефект Тіндалля. Теорія світлорозсіювання Релея. Рівняння Релея, його аналіз, межі застосування. Ультрамікроскопія та електронна мікроскопія. Нефелометрія. Флюоресценція. Особливості світлопоглинання колоїдними системами. Закон Ламберта-Бера-Бугера стосовно до дисперсних систем. Практична значимість знань теорії світлорозсіювання дисперсними системами.

### Тема 10. Стабілізація дисперсних систем.

Стабілізація і коагуляція дисперсних систем. Агрегатна і кінетична стійкість дисперсних систем. Сучасні уявлення про фактори стабілізації дисперсних систем. Фактори стійкості. Стабілізація і типи стабілізаторів: електричний, сольватаційний, структурно-механічний і ентропійний. Основні теорії стійкості дисперсних систем.

### Тема 11. Коагуляція дисперсних систем.

Коагуляція колоїдних систем, наявна та прихована. 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 і концентраційна коагуляція за Дерягіним. Сили відштовхування та притягання, їх залежність від відстані взаємодіючих часточок. Потенціальні криві, енергетичний бар'єр, ближня та дальня коагуляція. Основні явища, що спостерігаються під час коагуляції: неправильні ряди, звикання, синергізм та антагонізм у дії іонів.

### Тема 12. Структурно-механічні властивості дисперсних систем.

Структурно-механічні властивості дисперсних систем. Властивості коагуляційних структур, структурування і вплив на нього різних факторів. Структурування і вплив на нього різноманітних факторів. Тиксотропія, повзучість, період релаксації. В'язкість. Рівняння Ньютона і Пуазейля. Рівняння Ейнштейна. Залежність в'язкості дисперсних систем від концентрації та форми колоїдних частинок. Аномалія в'язкості. Рівняння Шведова -

Бінгама. Основні реологічні криві: крива в'язкості та течії, їх аналіз. Реологічні параметри та методи їх вимірювання. Основні реологічні моделі.

Конденсаційно-кристалізаційні структури. Перехід коагуляційних структур у конденсаційно-кристалізаційні під час технологічних процесів.

### **Тема 13. Поверхнево-активні речовини (ПАР).**

Поверхнево-активні речовини (ПАР) у колоїдному стані. Класифікація колоїдних ПАР. Фактори, що впливають на утворення міцел, будова міцел, термодинаміка колоїдних ПАР. Приклади напівколоїдних систем - розчини мил, барвників, танидів. Форми, в яких мила можуть перебувати в розчині. Перехід молекулярної форми в колоїдну і навпаки. Будова міцел за Гартлі та Мак-Беном. Поняття про гідрофільно-ліпофільний баланс. Стабілізуюча та мийна дія мил. Стабілізація. Роль міцел мила під час емульсійної полімеризації

### **Тема 14. Полімери та розчини ВМС.**

Фізико-хімічні властивості полімерів та розчинів ВМС, їх отримання та використання. Розчини ВМС, їх отримання та властивості. Будова молекул високомолекулярних сполук ВМС. Агрегативний стан полімерів. Набухання і розчинення ВМС. Вплив рН середовища і різних домішок на ступінь набухання ВМС. Тиск і температура набухання. Сольватація полімерів у розчині. Явище асоціації та утворення нової фази в концентрованих розчинах полімерів. Термодинаміка розчинення ВМС. Високомолекулярні електроліти (поліелектроліти). Промислове значення розчинів ВМС і дисперсних полімерів.

### **Тема 15. Одержання, стабілізація та руйнування мікрогетерогенних систем (МГС).**

Системи з газоподібним дисперсійним середовищем Аерозолі, одержання, властивості, руйнування. Системи з рідким дисперсійним середовищем Піни, стабілізатори пін, вимоги до них. Методи одержання стійких пін. Вплив концентрації стабілізаторів на стійкість пін. Методи руйнування пін. Емульсії. Методи стабілізації емульсій. Синтез і руйнування емульсій. Суспензії. Одержання і стабілізація суспензій. Системи з твердим дисперсійним середовищем. Природні пористі речовини, синтетичні пінопласти, пінобетони, наповнені гуми, пігментовані лакові покриття та ін. Методи очищення промислових вод: седиментація, коагуляція, флотація, ультрафільтрація. Методи очищення димів та пилу: центрифугування, електрофільтрація, електрофорез.

### **Теми практичних занять**

Практичні заняття в рамках дисципліни не передбачені.

### **Теми лабораторних робіт**

Лабораторна робота №1. Визначення питомої адсорбції на поверхні розподілу «тверде тіло – розчин».

Лабораторна робота №2. Вивчення електрокінетичних явищ у колоїдних системах.

Лабораторна робота №3. Визначення віскозіметричної константи Хаггінса полімерних розчинів.

Лабораторна робота №4. Визначення порога коагуляції золю електролітами.

Лабораторна робота №5. Дослідження міцелоутворення у розчинах поверхнево-активних речовин.

Лабораторна робота №6. Кінетика набухання високомолекулярних сполук.

Лабораторна робота №7. Седиментаційний аналіз.

Лабораторна робота №8. Підсумкове заняття.

### **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 «Поверхневі явища», «Електрокінетичні явища», «Оптичні явища», «Стійкість та коагуляція», «Молекулярно-кінетичні властивості», «Структурно-механічні властивості» згідно з індивідуальним варіантом для кожного студента. Результати розрахунків оформлюються у письмовий звіт.

## Література та навчальні матеріали

Некрасов О. П. Поверхневі явища і дисперсні системи : навч. посіб. / О. П. Некрасов, Б. А. Веретенченко [http://web.kpi.kharkov.ua/fchem/wp-content/uploads/sites/30/2021/09/Nekrasov\\_Veretenchenko\\_Posibnik\\_2018.pdf](http://web.kpi.kharkov.ua/fchem/wp-content/uploads/sites/30/2021/09/Nekrasov_Veretenchenko_Posibnik_2018.pdf)

### Додаткова література

1. М. Sakhnenko, Yu. Zhelavska, A. Jenyuk, L. Sheina. «Laboratory Practicum On Course «Physical Chemistry Of Dispersed Systems» (англійською мовою). - Харків: ФОП Панов А.М., 2021, 92с. <http://web.kpi.kharkov.ua/fchem/wp-content/uploads/sites/30/2014/09/Laboratory-works.rar>
2. Мчедлов-Петросян М.О. Колоїдна хімія: підручник / М.О. Мчедлов-Петросян, В.І. Лебідь, О.М. Глазкова, О.В. Лебідь; за ред. проф. М.О. Мчедлова-Петросяна. – 2-ге вид., випр. і доп. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2012. – 500 с. <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/13578>

## 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%).

*Залік:* 3 запитання з теорії та усна доповідь.

*Поточне оцінювання:* контрольний захист лабораторних робіт (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<br>(потрібне додаткове вивчення) | FX   |
| 1–34       | Незадовільно<br>(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

01.06.2024

Завідувач кафедри  
Микола САХНЕНКО

01.06.2024

Гарант ОП  
Костянтин ГОРБУНОВ