

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ КОЛОЇДНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЇ ВОДИ
ім. А.В. ДУМАНСЬКОГО**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Інституту колоїдної хімії та хімії води

ім. А.В. Думанського НАН України

протокол № 10

від «23» 10 2023 р.

Директор Інституту колоїдної хімії та

хімії води ім. А.В. Думанського

НАН України,

академік НАН України

Владислав ГОНЧАРУК



ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

«Фізико-хімічна механіка»

**ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ
СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ**

**РІВЕНЬ ОСВІТИ
КВАЛІФІКАЦІЯ
ФОРМА НАВЧАННЯ**

**10 – ПРИРОДНИЧІ НАУКИ
102 – ХІМІЯ
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА,
КОЛОЇДНА ХІМІЯ
ТРЕТІЙ (ОСВІТНЬО-НАУКОВИЙ)
ДОКТОР ФІЛОСОФІЇ
ДЕННА**

КИЇВ – 2023

РОЗРОБНИК РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ:

Зав. відділу фізико-хімічної механіки дисперсних систем

Д-р техн. наук, проф. Макаров Анатолій Семенович

Програму затверджено на засіданні Вченої ради

Інституту колоїдної хімії та хімії води

ім. А.В. Думанського НАН України

Протокол № 10 від «23» 10 2023 р.

Вчений секретар

Людмила ЮРЛОВА

ВСТУП

Програму обов'язкової навчальної дисципліни «**Фізико-хімічна механіка**» складено відповідно до освітньо-професійної підготовки «**доктора філософії**» в галузі природничих наук за спеціальністю **102 – «Хімія»**.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є фундаментальні основи фізико-хімічної механіки, експериментальні методи дослідження тонко- та крупнодисперсних систем, застосування фізико-хімічної механіки в сучасних технологіях та охороні навколишнього природного середовища.

Міждисциплінарні зв'язки. Навчальна дисципліна «**Фізико-хімічна механіка**» згідно з навчальним планом належить до циклу дисциплін загальної підготовки, яка викладається на II курсі аспірантури, та відноситься до обов'язкових курсів спеціалізації «**Фізико-хімічна механіка**».

Нормативна навчальна дисципліна «**Фізико-хімічна механіка**» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «**доктора філософії**».

Матеріал курсу забезпечує загальний та професійний розвиток аспіранта, слугує основою для самостійної теоретичної та експериментальної роботи, формує поглиблені знання, необхідні для оволодіння методами дослідження штучних та природних дисперсних систем з різними об'ємними та поверхневими характеристиками та вміння управління властивостями таких систем в різноманітних технологічних процесах та охорони довкілля.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Мета навчальної дисципліни:

- засвоїти основні поняття фізико-хімічної механіки;
- вміти вирізняти першочергові характеристики дисперсної чи пористої системи, які визначають її основні властивості;
- засвоїти основи наукового дослідження в галузі фізико-хімічної механіки та дотичних областях.

Оволодіння програмою курсу сприятиме виконанню аспірантами завдань в рамках їх дисертаційної роботи та при дослідженнях з інших навчальних дисциплін, а також в подальшій науковій роботі. Матеріал курсу допоможе при аналізі інформаційних джерел, підготовці дисертаційної роботи, статей, доповідей на науково-практичних конференціях.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни:

- сформувати у аспірантів цілісне уявлення про фізико-хімічну механіку;
- ознайомити з особливостями дисперсного стану речовини у природі та технологічних процесах;
- ознайомити з основними поверхневими характеристиками дисперсних та пористих матеріалів;
- сформувати основні уявлення про механізми стабілізації та дестабілізації дисперсних систем;
- ознайомити з принципами керування властивостями дисперсних систем;
- забезпечити оволодіння експериментальними методами дослідження основних реологічних характеристик дисперсних систем;
- сформувати навички математичного аналізу отриманих результатів;
- ознайомити з новітніми досягненнями фізико-хімічної механіки.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни повинні:

Знати:

- визначення, основні поняття фізико-хімічної механіки;
- загальні властивості міжфазних поверхонь;
- відмінності між ліофобними та ліофільними дисперсіями;
- електроповерхневі явища в дисперсних системах;
- закони адсорбції та закономірності впливу адсорбційних шарів на властивості дисперсних систем;
- реологічні властивості дисперсних систем;

- структуроутворення та механічні властивості дисперсних систем.

Вміти:

- визначати тип дисперсної системи та основні параметри, необхідні для опису їх властивостей;
- підібрати коректні умови експерименту та провести дослідження, які допоможуть охарактеризувати дану дисперсію чи пористу систему;
- аналізувати отримані експериментальні дані з точки зору сучасних уявлень фізико-хімічної механіки;
- проводити необхідні розрахунки та співставляти теоретичні та експериментальні дані;
- виходячи із отриманих результатів знаходити шляхи керування властивостями досліджуваних дисперсій чи пористих систем.

В рамках даної дисципліни поглиблюються і розвиваються такі компетенції:

Універсальні компетенції:

- здатність до критичного аналізу, оцінки наявних знань, синтезу нових та складних ідей на основі логічних аргументів та експериментально перевірених фактів;
- здатність застосовувати творчий підхід до вирішення проблем, пов'язаних із дисперсними системами різної природи;
- здатність генерувати нові науково-теоретичні та практично спрямовані ідеї у сфері фізико-хімічної механіки та суміжних дисциплінах, знаходити найкращі рішення в нових умовах та ситуаціях.

Загальнопрофесійні компетенції:

- здатність самостійно здійснювати науково-дослідницьку діяльність в розробці дисперсних систем з запрограмованими характеристиками з використанням сучасних методів дослідження та інформаційно-комунікаційних технологій;
- здатність ініціювати та виконувати наукові дослідження, які дозволяють переосмислити наявні та отримані знання;
- комплексність у підході до володіння інформацією щодо сучасного стану і тенденції розвитку фізико-хімічної механіки та хімії поверхні;
- здатність до пошуку та аналізу інформації з різних джерел.

Професійні компетенції:

- здатність визначати тип дисперсної системи та вибирати адекватні методи їх дослідження;
- здатність використовувати існуючі теоретичні моделі до аналізу отриманих експериментальних даних та робити адекватні висновки;
- вміння регулювати властивості досліджуваної дисперсної системи з врахуванням факторів, які мають суттєвий вплив на поверхневі та об'ємні характеристики частинок;
- здатність самостійно здійснювати науково-дослідницьку діяльність в фізико-хімічній механіці з використанням сучасних теоретичних та експериментальних методів.

2. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 120 академічних годин/4кредити ЄКТС.

Модулі дисципліни і види занять

№	Назва модуля і теми дисципліни	Кількість кредитів ЄКТС	Обсяг навчальної роботи (в годинах)						Вид підсумкового контролю
			Загальний обсяг	всього	лекцій	практичні	семінари	Самостійна робота	
1	Характеристики міжфазної поверхні та фактори, які впливають на реологічні властивості дисперсних систем	2	60	27	10	17	–	33	
2	Реологічні властивості дисперсних систем	2	60	27	10	17	–	33	
Разом			4	120	54	20	34	–	
									Екзамен

Теми практичних робіт

№	Назва роботи	Кількість годин
1	Експериментальне дослідження властивостей поверхонь твердої фази дисперсних систем з різним ступенем гідрофобності.	3
2	Ознайомлення з сорбційно-аналітичним, калориметричним і рентгенодифрактометричним методами дослідження адсорбційних шарів.	3
3	Ознайомлення з приборами і методами дослідження реологічних властивостей дисперсних систем. Прибор Вейлера-Рєбіндера, конічний пластометр, реотест-2. (Ротаційна віскозиметрія, структурно-механічний аналіз).	6
4	Визначення дзета-потенціалу(ζ -потенціал) як метод вивчення поверхневого заряду твердої фази дисперсних систем.	2
5	Вивчення процесів диспергування та дезагрегації.	3
6	Фактори стабілізації дисперсних систем (електро-кінетичний, структурно-механічний).	3
7	Експериментальні дослідження реологічних властивостей дисперсних систем.	2
8	Вивчення залежності концентрування дисперсних систем від гранулометричного складу твердої фази і ПАР.	3
9	Методи регулювання седиментаційної та агрегативної стійкості дисперсних систем.	3
10	Взаємодія ПАР з гідрофільними та гідрофобними дисперсіями.	3

11	Ознайомлення з дослідженнями інституту в області методів регулювання реологічних властивостей дисперсних систем.	3
Разом по практичних роботах		34

Навчальна дисципліна містить два кредитні модулі.

МОДУЛЬ 1. Характеристики міжфазної поверхні та фактори, які впливають на реологічні властивості дисперсних систем

Тема 1. Основні характеристики дисперсних систем.

Сучасна фізико-хімічна механіка як вчення про створення дисперсних систем і матеріалів з наперед заданими якостями.

Універсальність та особливості дисперсного стану речовини у природі та технологічних процесах.

Визначальна роль поверхневих явищ при утворенні, стабілізації, руйнуванні дисперсних систем та керування їх властивостями.

Роль фізико-хімічної механіки в народному господарстві.

Значення фізико-хімічної механіки для розвитку біологічних, геологічних наук, ґрунтознавства, медицини.

Тема 2. Міжчастинкові взаємодії та загальні властивості поверхні розділу фаз

Методи термодинаміки поверхневих явищ.

Вільна поверхнева енергія, поверхневий натяг, молекулярний тиск; їх зв'язок з іншими характеристиками сил взаємодії в концентрованих дисперсних системах.

Молекулярна природа надлишку поверхневої енергії; дисперсійна складова поверхневої енергії на різних міжфазних межах.

Термодинамічні умови змочування та розтікання на твердих та рідких поверхнях.

Вибіркове змочування, його роль в процесах просочування, фільтрації, витіснення, флоатації.

Роль капілярних явищ у промисловості та агротехніці.

Тема 3. Адсорбційні шари та їх вплив на реологічні властивості дисперсних систем

Поверхнево-активні та інактивні речовини.

Робота, теплота та ентропія адсорбції.

Фізична адсорбція та хемосорбція.

Ізотерми адсорбції.

Особливості адсорбції молекул та іонів з розчинів на твердій поверхні.

Залежність поверхневого натягу від концентрації поверхнево-активних речовин.

Закономірність адсорбції на межах різних конденсованих фаз.

Основні класи аніонних, катіонних, амфолітних, неіоногенних ПАВ, їх роль як стабілізаторів, диспергаторів, пластифікаторів при створенні текучих концентрованих дисперсних систем.

Тема 4. Електроповерхневі властивості дисперсних матеріалів

Будова подвійного електричного шару слабо та сильно зарядженої поверхні.

Електрокінетичний потенціал; межа ковзання.

Електрокінетичні явища у вільно- та зв'язнодисперсних системах.

Подвійний електричний шар твердих частинок, міцел гідрофобних золей, білків та поліелектролітів.

Вплив електролітів та специфічної адсорбції на електрокінетичний потенціал.

Електрокінетичні та фільтраційні властивості пористих систем.

Мембранна рівновага Доннана.

Ізоелектрична точка та точка нульового заряду.

Іонний обмін у природі та техніці. Іонообмінна рівновага.

Практичне застосування електрокінетичних явищ.

Тема 5. Утворення дисперсних систем

Основи термодинаміки дисперсних систем.

Ліофобні та ліофільні системи.

Конденсаційні методи отримання дисперсних систем.

Гомогенне та гетерогенне зародкоутворення.

Процеси диспергування та дезагрегації в техніці та в природі.

Модуль 2. Реологічні властивості дисперсних систем

Тема 6. Молекулярно-кінетичні властивості не концентрованих дисперсних систем

Теорія броунівського руху.

Флуктуація концентрації в колоїдних розчинах.

Дифузія в колоїдних системах.

Осмотичні явища в колоїдних системах.

Седиментація в дисперсних системах.

Експериментальне визначення числа Авогадро.

Тема 7. Стійкість розбавлених дисперсних систем

Седиментаційна та агрегативна стабільність дисперсних систем.

Дестабілізація внаслідок коагуляції, коалесценції, рекристалізації; роль теплового руху частинок.

Фактори агрегативної стійкості ліофобних дисперсних систем; роль дисперсійного середовища.

Розклинювальний тиск в тонких плівках та його складові.

Структурно-механічний бар'єр як фактор стабілізації дисперсної системи.

Концентраційна та нейтралізаційна коагуляція гідрофобних золів.

Правило Шульце-Гарді.

Кінетика швидкої та повільної коагуляції. Оборотна коагуляція. Пептизація.

Флокуляція. Гетерокоагуляція.

Емульсії, піни, аерозолі: отримання, властивості, стійкість, застосування.

Тема 8. Реологічні властивості дисперсних систем

Вивчення структурно-механічних властивостей дисперсних систем на приборах Вейлера-Ребіндера, конічному пластометрі, реотесті-2.

Визначення структурно-механічних констант і характеристик: модулів швидкої і повільної деформацій (E_1 , E_2), рівноважного модуля (E), умовної статичної границі текучості – P_{K1} , найбільшої (шведівської) в'язкості η_1 , пластичної густини P_m .

Структурно-механічні типи дисперсних систем (6 типів).

Вивчення напруги зсуву τ і в'язкості в залежності від швидкості деформації на віскозиметрі реотест-2.

Типові криві течії рідкоподібних і твердоподібних тіл.

Природа ділатантних дисперсних систем і методи руйнування ділатансії.

Тема 9. Структуроутворення. Фізико-хімічна механіка дисперсних систем

Механічні властивості дисперсій та пористих систем, їх опис за допомогою реологічних моделей: пружність (високоеластичність), в'язкість, пластичність, міцність.

В'язко-пружна та в'язко-пластична поведінка дисперсій.

Структуроутворення в дисперсних системах; типи дисперсних структур.

Залежність міцності структури від її дисперсності (числа контактів) та властивості індивідуального контакту між частинками.

Періодичні колоїдні структури.

Тиксотропні коагуляційні структури у природі та техніці.

Пластичність та міцність твердих тіл і матеріалів.

Тема 10. Елементи управління структурно-механічними характеристиками дисперсних систем

Фактори, які визначають міцність структур і механізм структуроутворення.

Адсорбційно-сольватний і структурно-механічний фактори стійкості.

Методи регулювання в'язкості і стабільності концентрованих дисперсних систем.

Створення концентрованих текучих дисперсних систем.

Створення емульсійних концентрованих текучих дисперсних систем.

Стабілізація та руйнування емульсій.

Технологія одержання текучих концентрованих паливних дисперсних систем.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова:

1. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. М.: Наука, 1979. 382 с.
2. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984. 368 с.
3. Фролов М.Г. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1982. 464 с.
4. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1976. 512 с.
5. Круглицкий Н.Н. Основы физико-химической механики. Киев. Высш. шк., 1975. Т.1. 268 с.
6. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М.: Мир, 1979.
7. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы, М.: Наука, 1985.
8. Щукин Е.Д., Перцев Н.В., Осипов В.И., Злочевский Р.И. Физико-химическая механика природы дисперсных систем. М.: изд. МГУ, 1985. 264 с.
9. Макаров А.С., Макарова К.В. Фізико-хімічні й технологічні основи формування коагуляційних структур технічних дисперсій. Київ, Наукова думка, 2020. 246 с.
10. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. М.: Химия, 1980. 340 с.
11. Библик Е.Е. Реология дисперсных систем. Изд. Ленингр. ун-та, 1981, 172 с.

Допоміжна:

1. Everett D.H. Basic principles of colloid science. Royal society of chemistry. 2007/
2. Зоннтаг Т.Р., Штрэнге К. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. М.: Химия, 1973.
3. Фукс Г.И. О силах контактных взаимодействий твердых частиц в жидкой среде. Успехи коллоидной химии, 1973. Т. 42, №1. с. 117-129.
4. Измайлова В.Н., Ребиндер П.А. Структурообразование в белковых системах. М.: Наука, 1974. 268 с.
5. Круглицкий Н.Н. физико-химические основы регулирования свойств дисперсий глинистых минералов. Киев: Наукова думка, 1968. с. 35-75.
6. Лиштван И.Н. Коллоидная химия органических природных дисперсных систем. Успехи коллоидной химии, 1988. Т. 86, №1. с. 178-189
7. Ефремов И.Ф. Периодические коллоидные структуры. Ленинград: Химия, 1971. 192 с.
8. Урьев Н.Б. физико-химическая механика в технологии дисперсных систем. М.: Знание, 1975.
9. Макаров А.С., Сушко В.А., Круглицкий Н.Н. О критической концентрации структурообразования. Украинский химический журнал, 1979. Т. 45, №5. с. 438-442.
10. Гончарук В.В., Макаров А.С., Косигина І.М. Перспективи використання композитивного рідкого палива в енергетиці. Науковий збірник. Проблеми загальної енергетики, 2020. №2(61). с. 38-42.