

Київський національний університет
імені Тараса Шевченка

Затверджено
Вченою радою фізичного факультету
«___»_____200__р.

Протокол №____
Голова вченої ради, декан

Проф. Макарець М.В.

Фізичний факультет
Кафедра молекулярної фізики

Доктор хімічних наук,
Доцент Вербінська Галина Миколаївна

Викладачі, що ведуть лабораторні заняття:
Доцент Вербінська Галина Миколаївна

ФІЗИКА ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

для студентів 4-го курсу фізичного факультету
групи спеціалізації „Молекулярна фізика”
спеціальності 6.070100

Затверджено
кафедрою молекулярної фізики
«___»_____200__р.

Протокол №____
Завідувач кафедри

Проф. Булавін Л.А.

Вступ

Дисципліна “Фізика дисперсних систем” для студентів фізичного факультету групи спеціалізації „Молекулярна фізика” є спеціальною дисципліною з циклу дисциплін вільного вибору студента для спеціальності “Фізика” спеціалізації „Молекулярна фізика”, що читається в VIII семестрі в обсязі 3 кредитів, в тому числі 48 годин аудиторних занять, з них 32 години лекцій і 16 години лабораторних робіт і 108 годин самостійної роботи. Закінчується заліком у VIII семестрі.

Метою і завданням навчальної дисципліни “Фізика дисперсних систем” є отримання базових знань з основ фізики дисперсних систем, колоїдної хімії та фізико-хімічної гідродинаміки.

Предмет навчальної дисципліни “Фізика дисперсних систем” – це основні закономірності утворення, стабільності та руйнування дисперсних систем, їх властивості, методи дослідження та використання в практичних цілях.

Вимоги до знань та вмінь.

Студент повинен знати:

1. Визначення та класифікацію дисперсних систем.
2. Методи дослідження та основні властивості дисперсних систем.
3. Умови утворення, стійкості та руйнування дисперсних систем.
4. Поверхневі сили та їх роль у процесах утворення та руйнування дисперсних систем.
5. Електрокінетичні явища в дисперсних системах та їх застосування на практиці.
6. Основи фізико-хімічної гідродинаміки та кінетики сепарації фаз дисперсних систем.

Студент повинен вміти:

1. Логічно і послідовно формулювати основні принципи і закони фізики дисперсних систем, колоїдної хімії та фізико-хімічної гідродинаміки.
2. Вміти визначати дисперсні системи за їх властивостями розсіювати світло та здатністю до сепарації фаз під дією різних фізико-хімічних факторів.
3. Розраховувати енергії взаємодії дисперсних частинок у дисперсійному середовищу.
4. Складати рівняння з кінетики коагуляції та флокуляції дисперсних систем та аналізувати їх.
5. Самостійно працювати з літературою з фізики дисперсних систем, колоїдної хімії та фізико-хімічної гідродинаміки, у тому числі знаходити необхідні дані у відповідних довідниках.

Місце в структурно-логічній схемі спеціальності. Спеціальна навчальна дисципліна “Фізика дисперсних систем” є складовою циклу професійної підготовки фахівців з молекулярної фізики освітньо-кваліфікаційного рівня „бакалавр”. Вона спирається на знання, отримані студентом, в рамках базових курсів з молекулярної фізики та термодинаміки, термодинаміки та статистичної фізики, спецкурсів „Фазові переходи” та „Фізика макромолекул”. У свою чергу, вона є підґрунтям для вивчення таких дисциплін як „Фізика аеродисперсних систем”, „Сучасні проблеми фізики”, „Нанофізика рідин” та „Додаткові розділи молекулярної фізики”.

Система контролю знань та умови складання іспиту. Навчальна дисципліна „Фізика дисперсних систем” оцінюється за **модульно-рейтинговою системою**. Вона складається з **2 модулів**. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за **100 - бальною шкалою**.

Форми поточного контролю: оцінювання результатів виконання та захисту лабораторних робіт та домашніх самостійних завдань. Максимальна кількість балів, яку студент може отримати за виконання лабораторних робіт і домашніх завдань в одному модулі, дорівнює **5 і 5 балам** відповідно. Наприкінці кожного змістовного модулю проводиться контроль знань у вигляді **модульної письмової контрольної роботи**. Максимальна кількість балів, яку студент може отримати за модульну контрольну роботу, дорівнює **20 балам**.

Підсумковий модульний контроль знань студента проводиться у формі заліку, під час якого може бути отримана максимальна кількість балів – **40 балів**.

Підсумкова семестрова рейтингова оцінка складається з семестрової модульної та екзаменаційної оцінок і дорівнює **100 балам**.

Підсумкова оцінка з дисципліни у балах 100-бальної шкали переводиться у **двобальну** (національну шкалу):

За 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою
60 – 100	Задовільно
35 – 59	Незадовільно
1 – 34	

При цьому, кількість балів відповідає оцінці:

1 – 34 – „незадовільно” з обов’язковим повторним вивченням дисципліни;

35 – 59 – „незадовільно” з можливістю повторного складання;

60 – 100 – „задовільно”.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин			
		лекції	семінари/ лаборант., практичні	самост. робота	інші форми контр.
Змістовий модуль 1					
1	Основні поняття фізики дисперсних систем	2		3	
2	Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем.	2	2	4	
3	Оптичні властивості дисперсних систем.	2	2	4	
4	Методи дослідження дисперсних систем.	2	2	4	
5	Поверхнево-активні речовини.	2		3	
6	Мицелютворення та солубілізація.	2	2	4	
7	Адсорбція на поверхні рідкої фази.	2		3	
8	Адсорбція на поверхні твердої фази.	2		3	
МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА					
Оцінка за модульну контрольну роботу					
Оцінка за лабораторні роботи					
Змістовий модуль 2					
9	Подвійний електричний шар та його будова.	2		4	
10	Електрофорез та електроосмос.	2		4	

11	Потенціал течії та потенціал осідання.	2		4	
12	Поверхневі сили взаємодії дисперсних частинок.	2		4	
13	Теорія стійкості дисперсних систем.	2	2	4	
14	Теорія перикінетичної коагуляції.	2	2	4	
15	Теорія ортокінетичної коагуляції.	2	2	4	
16	Методи сепарації фаз дисперсних систем	2	2	4	
МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА					
ЗАЛІК					
Оцінка за модульну контрольну роботу					
Оцінка за лабораторні роботи					
Оцінка за залік					
	ВСЬОГО	32	16	60	

Загальний обсяг 108 год., в тому числі:
лекції – 32 год.
лабораторні роботи – 16 год.
самостійна робота – 60 год.

ТЕМАТИЧНО – ЗМІСТОВНА ЧАСТИНА КУРСУ

Змістовний модуль 1

Лекція 1. Основні поняття фізики дисперсних систем.

Основні поняття та визначення фізики дисперсних систем. Ознаки та відмінності дисперсних систем від справжніх розчинів та їх класифікація. Міра дисперсності.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-4]

Лекція 2. Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем.

Дифузія та осмос в дисперсних системах. Виведення формули Сйнштейна-Стокса для коефіцієнта дифузії в дисперсних системах.

Лабораторна робота 1. Визначення розміру частинки по середньоквадратичному дифузійному відхиленню.

Завдання для самостійної роботи (4 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1-4]

Лекція 3. Оптичні властивості дисперсних систем.

Розсіяння та поглинання світла дисперсними системами. Формула Релея та її наслідки. Теорія Мі. Розсіяння світла товстим шаром суспензії.

Лабораторна робота 2. Розсіяння та поглинання світла дисперсними системами.

Завдання для самостійної роботи (4 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1-4]

Лекція 4. Методи дослідження дисперсних систем.

Рівняння дифузійно-гравітаційної рівноваги та метод Перрена для вимірювання числа Авагадро. Прилад Думаньського-Сведберга для вимірювання розмірів дисперсних частинок та молекулярної маси великих молекул. Поточний ультрамікроскоп.

Лабораторна робота 3. Визначення розміру дисперсних частинок за характером розсіяння ними світла.

Завдання для самостійної роботи (4 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1-4]

Лекція 5. Поверхнево-активні речовини (ПАР).

Будова та основні ознаки та властивості ПАР. Катіонні, аніонні та неіоногенні ПАР. Приклади та застосування.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-4]

Лекція 6. Міцелоутворення та солюбілізація.

Міцели та критична концентрація міцелоутворення. Будова та структура міцел. Явище солюбілізації та його застосування на практиці.

Лабораторна робота 4. Визначення критичної концентрації міцело утворення (ККМ).

Завдання для самостійної роботи (4 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1-4]

Лекція 7. Адсорбція на поверхні рідкої фази.

Теорія адсорбції ПАР на поверхні рідкої фази. Виведення рівняння Гіббса. Поверхнева активність та інактивність.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-4]

Лекція 8. Адсорбція на поверхні твердої фази.

Теорія адсорбції ПАР на поверхні твердої фази. Виведення рівняння Ленгмюра. Визначення розмірів молекул ПАР.

Завдання для самостійної роботи (3 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-4]

Матеріал, що винесений на самостійне вивчення

1. Діаліз дисперсних систем.
2. Гелі, їх будова та утворення.
3. Періодичні колоїдні структури.

4. Реологічні властивості дисперсних систем.
5. Когезія та адгезія.
6. Хімічна адсорбція.

Контрольні запитання та завдання

1. Що таке дисперсна система і які її відмінні ознаки від істинних розчинів?
2. За якими ознаками класифікують дисперсні системи?
3. Що таке дисперсійне середовище?
4. Що таке седиментація?
5. Що таке коагуляція?
6. Що таке коалесценція?
7. Що таке ліофільність?
8. Що таке ліофобність?
9. Яким чином Перрен визначив число Авагадро?
10. Яким чином Ейнштейн запропонував визначити число Авагадро?
11. Для чого застосовується прилад Думанського-Сведберга?
12. Від чого залежить швидкість броунівського руху частинок?
13. Від чого залежить броунівське середньо квадратичне відхилення частинки?
14. Оцінити розмір частинок d_p , якщо за час спостереження $t = 10$ хвилин її середньоквадратичне дифузійне відхилення $\sqrt{\langle r^2 \rangle}$ склало 39 мкм.
15. Знайти співвідношення у стані рівноваги концентрацій частинок у водній суспензії біля дна та біля верхнього краю циліндру (c_0/c), висота h якого дорівнює 50 см, діаметр частинок $d_p = 0,064$ мкм, а їх питома маса $1,01$ г/см³.
16. Знайти розмір макромолекул d_p (Å), молекулярна маса яких дорівнює $4 \cdot 10^6$ г/моль, а в'язкість водного розчину (6 г/л) - в 2,2 рази більше за в'язкість чистої води за нормальних умов.
17. Визначити розмір частинок золю d_p (нм), якщо осмотичний тиск суспензії, концентрація якої становить 150 кг/м³, становить 5 мм гідростатичного стовпа. Питома маса частинок – 3000 кг/м³.
18. Оцінити молекулярну масу M макромолекул білка, якщо відношення їх концентрацій c_1/c_2 на відстані r_1 та r_2 від осі обертання ротора центрифуги становить 4,28. При цьому: $r_1 = 8$ см, $r_2 = 10$ см, швидкість обертання ротора – $n = 1000$ с⁻¹, а питома маса білка $\rho = 0,98$ г/см³.
19. Який засіб можна застосувати, щоб відрізнити справжній розчин від дисперсної системи?
20. Від чого залежить інтенсивність Релеївського розсіяння світла?
21. За яких умов можна використовувати формулу Релея для інтенсивності розсіювання світла дисперсними частинками?
22. На якому принципі основана поточна ультрамікроскопія?
23. Для яких частинок розроблена теорія розсіювання світла Мі?
24. Що можна визначити, користуючись діаграмою Мі?
25. Як залежить інтенсивність розсіяного світла багатьма великими частинками (частинками Мі) від довжини хвилі падаючого світла λ ?
26. Яким чином відносна прозорість шару дисперсної системи (I/I_0) залежить від товщини шару L ?
27. Яким чином відносна прозорість шару дисперсної системи (I/I_0) з електропровідними частинками залежить від їх розміру d ?
28. Яким чином відносна прозорість шару дисперсної системи (I/I_0) з діелектричними частинками залежить від їх розміру d ?

29. Яким чином відносна прозорість шару дисперсної системи (I/I_0) з діелектричними частинками залежить від довжини хвилі падаючого світла λ ?
30. Де легше створити нову поверхню шляхом розриву твердого тіла?
31. Яку структуру мають молекули поверхнево-активних речовин?
32. Що таке адсорбція?
33. Від чого залежить поверхнева активність молекул ПАР?
34. Як залежить адсорбційна активність молекул ПАР від величині гідрофобної частини молекули?
35. Від чого залежить гранична величина адсорбції ПАР одного гомологічного ряду?
36. Що таке міцели?
37. Що таке солюбілізація?

Змістовний модуль 2

Лекція 9. Подвійний електричний шар та його будова.

Способи утворення подвійного шару та його будова. Рівняння Пуассона-Больцмана. Теорія Гуї-чепмана. Дебаєвський радіус екранування.

Завдання для самостійної роботи (4 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-4]

Лекція 10. Електрофорез та електроосмос.

Явища електроосмосу а електрофорезу в дисперсних системах. Теорія Гельмгольца-Смолуховського. Електрокінетичний потенціал та методи його вимірювання.

Завдання для самостійної роботи (4 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-4]

Лекція 11. Потенціал течії та потенціал осідання.

Явища потенціалу течії та потенціалу осідання в дисперсних системах. Теорія Гельмгольца-Смолуховського. Електрокінетичний потенціал та методи його вимірювання.

Завдання для самостійної роботи (4 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-4]

Лекція 12. Поверхневі сили взаємодії дисперсних частинок.

Уявлення про походження поверхневих сил. Іонно-електростатичні та дисперсійні сили взаємодії дисперсних частинок.

Завдання для самостійної роботи (4 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-6]

Лекція 13. Теорія стійкості дисперсних систем.

Теорія стійкості гідрофобних колоїдів Дерягіна-Ландау-Вервея-Овербека (ДЛВО). Критична концентрація електроліту та правило Шульце-Гарді.

Лабораторна робота 5. Визначення критичної концентрації коагуляції для електролітів різної валентності іонів (Правило Шульце-Гарді)

Завдання для самостійної роботи (4 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1-5]

Лекція 14. Теорія перикінетичної коагуляції.

Я вище перикінетичної коагуляції. Теорія Смолуховського.

Лабораторна робота 6. *Визначення характеристичного часу перикінетичної коагуляції.*

Завдання для самостійної роботи (4 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1-4]

Лекція 15. Теорія ортокінетичної коагуляції.

Я вище ортокінетичної коагуляції. Теорія Смолуховського.

Лабораторна робота 7. *Визначення характеристичного часу ортокінетичної коагуляції.*

Завдання для самостійної роботи (4 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1-4]

Лекція 16. Методи сепарації фаз дисперсних систем.

Сепарація фаз дисперсних систем за допомогою флокуляції, флотації, седиментації та фільтрації.

Лабораторна робота 8. *Визначення оптимальної концентрації флокулянта.*

Завдання для самостійної роботи (4 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.
3. Оформлення звіту з виконаної лабораторної роботи.

Література [1-4]

Матеріал, що винесений на самостійне вивчення

1. Теорія повільної коагуляції.
2. Методи вимірювання електрофоретичної рухомості.
3. Теорія впливу запізнення на дисперсійну взаємодію дисперсних частинок.
4. Гідродинамічна взаємодія частинок в процесі коагуляції.
5. Будова флокулянтів та механізм їх дії.

Контрольні запитання та завдання

1. Чим може бути зумовлена наявність подвійного електричного шару на поверхні розподілу фаз?
2. Чим відрізняється будова подвійного електричного шару на поверхні розподілу фаз «тверде/рідке (газ)»?
3. Які властивості подвійного електричного шару зумовлюють електрокінетичні явища?
4. Від чого залежить характеристична товщина дифузної частини подвійного шару?
5. Що таке дебаєвський радіус екранування?
6. Що таке електрокінетичний або ζ - потенціал?

7. Що таке ізоелектрична точка?
8. Чим зумовлені електрокінетичні явища?
9. Від чого не залежить швидкість електрофорезу?
10. Висота електроосмотичного підйому:
11. Що таке потенціал течії крізь пористе тіло?
12. Що таке потенціал осідання?
13. Чим обумовлена дисперсійна чи Лондон – Ван-дер-Ваальсова взаємодія молекул чи атомів?
14. Як сила взаємодії молекули з товстою платиною залежить від відстані до її поверхні h ?
15. Як тиск, що утворюють дисперсійні сили між двома товстими пластинами, залежить від відстані h між їх поверхнями?
16. Як сила взаємодії двох куль залежить від мінімальної відстані між їх поверхнями h ?
17. Від чого залежить сила іонно-електростатичної взаємодії дисперсних частинок у розчині електроліту?
18. В якому разі величина електростатичної взаємодії частинок зростає, коли вони знаходяться на фіксованій відстані?
19. За рахунок чого гідрофобні суспензії зберігають агрегативну стійкість ?
20. Яким чином критична концентрація електроліту, при якій суспензія втрачає агрегативну стійкість, залежить від заряду іонів z (правило Шульце-Гарді)?
21. Яким чином характеристичний час коагуляції (агрегації) суспензії змінюється зі збільшенням початкової концентрації частинок?
22. Яким чином характеристичний час перикінетичної коагуляції (агрегації) суспензії змінюється зі збільшенням температури?
23. Характеристичний час ортокінетичної коагуляції (агрегації) суспензій зменшується, коли?

Питання до заліку

Контрольні питання та завдання до I-го і II-го модулів одночасно є питаннями до заліку.

Рекомендована література

1. Е.Д. Шукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина, КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ: Учебник для университетов и химико-технологических ВУЗов, М., «Высшая школа», 2006 г.
2. С.С. Воюцкий, КУРС КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ, М., «Химия», 1976 г.
3. Д.А. Фридрихсберг, КУРС КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ, Л., «Химия», 1974 г.
4. КОЛОЇДНА ХІМІЯ, Під редакцією проф. В.В.Манка, Український державний університет харчових технологій, 1999 р.
5. Б.В.Дерягин, Теория устойчивости коллоидов и тонких плёнок. М., «Наука», 1986 г.
6. Б.В.Дерягин, Н.В.Чураев, В.М. Муллер, Поверхностные силы. М., «Наука», 1987 г.