

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

**АНОТАЦІЯ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

“Фізика рідин”

для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
рівень вищої освіти	бакалавр
освітньо-наукова програма	“Екофізика”
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	6
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання	українська
Форма заключного контролю	іспит

КИЇВ – 2022

ВСТУП

1. Мета дисципліни – оволодіння сучасними експериментальними методами дослідження молекулярної структури та фізичних властивостей рідин; методами термодинаміки, гідродинаміки, статистичної фізики, комп'ютерного моделювання, теоретичними положеннями та основними застосуваннями цих методів при постановці та інтерпретуванні результатів експериментів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна “Фізика рідин” базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки: “Математичний аналіз”, “Лінійна алгебра”, “Диференціальні рівняння та теорія ймовірності”, “Математична фізика”, “Молекулярна фізика”, “Оптика”, “Атомна фізика”, “Статистична фізика та термодинаміка”.

Попередні вимоги:

Студент повинен знати і вміти на основі математичних курсів з математичного аналізу, лінійної алгебри, диференціальних рівнянь та теорії ймовірності застосовувати закони із загальних курсів фізики, а саме з молекулярної фізики, оптики та атомної фізики.

Студент повинен знати і вміти на основі використання всіх попередніх математичних курсів та курсу з математичної фізики застосовувати методи статистичної фізики та термодинаміки.

3. Анотація навчальної дисципліни:

У рамках курсу “Фізика рідин” розглядаються термодинамічна та статистична теорія рідкого стану речовини та експериментальні методи дослідження рівноважних і нерівноважних властивостей рідин. Метою вивчення дисципліни є оволодіння сучасними експериментальними методами дослідження молекулярної структури та фізичних властивостей рідин; методами термодинаміки, гідродинаміки, статистичної фізики, комп'ютерного моделювання, теоретичними положеннями та основними застосуваннями цих методів при постановці та інтерпретуванні результатів експериментів. Навчальна задача курсу полягає в розширенні теоретичних знань та розвитку практичних умінь студентів щодо експериментальних методів визначення основних фізичних характеристик рідин. Результати навчання полягають в умінні логічно і послідовно формулювати основні принципи і закони термодинаміки та статистичної фізики рідин, що дозволить самостійно описувати та аналізувати експериментальні залежності та працювати з літературою по фізиці рідин, аналізувати комп'ютерні програми, знаходити необхідні дані у довідниках, робити оцінюючі передбачення. Методи викладання: лекції та консультації. Методи оцінювання: перевірка домашніх завдань, опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

4. Завдання (навчальні цілі):

1. Надати основні відомості з курсу “Фізика рідин”, які складають важливу частину загально-наукової підготовки студента за спеціальністю “Прикладна фізика та наноматеріали”.
2. Сформулювати розуміння основних принципів і законів термодинаміки та статистичної фізики рідин.
3. Підготувати слухачів до здатності самостійно аналізувати проблеми сучасного стану фізики рідин.
4. Сформулювати вміння, застосовувати методи теорії рідин для вирішення конкретних задач

прикладної фізики.

Забезпечення досягнення компетентностей:

ЗК-9. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ФК-3. Здатність брати участь у проведенні експериментальних досліджень властивостей фізичної системи, фізичних явищ і процесів.

ФК-7. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії, економіки та комп'ютерних технологій.

ФК-10. Здатність використовувати знання про природу об'єктів у роботах по створенню нових методик розрахунків.

Освітня компонента спрямована на досягнення таких Програмних результатів навчання:

ПРН-2. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики, методи розрахунків при розв'язанні економічних задач

ПРН-6. Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні

ПРН-7. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, економічних процесів, розробки приладів і наукоємних технологій

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практ.	СРС
Частина 1. Рівноважні властивості рідин. Метод функцій розподілу				
1	Тема 1. Рідкий стан речовини. Рідкий стан речовини. Класифікація рідин і рідинних систем. Міжмолекулярні сили та модельні потенціали. Характер теплового руху молекул в рідині. Огляд експериментальних методів дослідження рідинних систем.	2		2
2	Тема 2. Молекулярна структура рідин. Експериментальне визначення. Молекулярна структура рідин. Методи експериментального дослідження структури. Функція радіального розподілу атомної густини. Близьке впорядкування. Структурні характеристики Z та R .	2		2
3	Тема 3. Молекулярна структура рідин при різних параметрах стану. Зміна структури при плавленні речовини. Вплив термодинамічних параметрів T і p на структуру. Зв'язок $p(r)$ з бінарною функцією розподілу густини ймовірності певного положення 2-х частинок $g_2(r)$.	2		2
4	Тема 4. Метод функцій розподілу як метод теоретичного дослідження молекулярної структури рідин. Теоретичні методи дослідження молекулярної структури. Корелятивні функції різного порядку $g_s(q_1, q_2, \dots, q_s)$. Зв'язок $g_s(q_1, q_2, \dots, q_s)$ з функцією густини ймовірностей різних статистичних станів Гіббса.	2		2

5	Тема 5. Зв'язок функцій розподілу з термодинамічними характеристиками. Рівняння стану. Середні значення унарно- та парноадитивних величин. Внутрішня енергія. Рівняння стану. Вираз для тензора напружень.	2		2
6	Тема 6. Зв'язок функцій розподілу з термодинамічними характеристиками. Теорема про стисливість. Флуктуація числа частинок в об'ємі. Теорема про стисливість.	2		2
7	Тема 7. Зв'язок функцій розподілу з термодинамічними характеристиками. Ентропія. Пружні властивості рідин. Ентропія. Пружні властивості рідин. Адіабатичний модуль пружності. Модуль "миттєвого" зсуву.	2		2
8	Тема 8. Зв'язок функцій розподілу з термодинамічними характеристиками. Хімічний потенціал. Метод Кірквуда поступового включення взаємодії. Метод Вайдома. Потенціал середньої сили.	2		2
9	Тема 9. Рівняння ББГКІ для функцій розподілу. Теорія ББГКІ. Система інтегро-диференціальних рівнянь для $g_s(q_1, q_2, \dots, q_s)$. Умова ослаблення кореляцій. Розв'язок системи інтегро-диференціальних рівнянь для $g_s(q_1, q_2, \dots, q_s)$ у випадку малої густини системи. Фізичний зміст розв'язку.	2		2
10	Тема 10. Суперпозиційне наближення Кірквуда. Суперпозиційне наближення Кірквуда для корелятивних функцій. Аналіз похибки визначення $g_2(r)$ в цьому наближенні для потенціальних моделей жорстких сфер та Леонарда-Джонса. Розв'язок інтегро-диференціального рівняння для $g_2(r)$ в суперпозиційному наближенні. Фізичний зміст цього розв'язку. Порівняння результатів розрахунку з експериментом.	2		2
11	Тема 11. Рівняння Орнштейна-Церніке. Теорія Перкуса-Йєвіка. Повна $h(r)$, та пряма $c(r)$ корелятивні функції. Їх залежність від r . Зв'язок між $h(r)$ та $c(r)$. Метод функціонального розкладу. Рівняння для $g_2(r)$ в теорії Перкуса-Йєвіка. Фізичний зміст розв'язків.	2		2
12	Тема 12. Метод зв'язаних діаграм. Зв'язані діаграми. Особливості діаграм. Діаграмний розклад корелятивних функцій $h(r)$, $c(r)$ та $co(r)$. Фізичний зміст розв'язків.	2		2
13	Тема 13. Рівняння де Бура і Ван Леєвена. Рівняння де Бура і Ван Леєвана. Рівняння для $g_2(r)$ наближення Перкуса-Йєвіка та надзаплутаних ланцюгів. Фізичний зміст розв'язків.	2		2
Контрольна робота 1		2		
Частина 2. Наближені теоретичні та експериментальні методи вивчення рівноважних і нерівноважних властивостей рідин.				
14	Тема 14. Рівняння стану системи твердих сфер. Рівняння Перкуса-Йєвіка для системи твердих сфер. Розв'язок інтегрального рівняння. Проблема термодинамічної узгодженості. Рівняння стану Карнахана-Старлінга. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		3

15	Тема 15. Метод масштабної частинки. Функція розподілу “дірок”. Робота по створенню “дірки”. Енергія сольватації в системі твердих сфер.	2		3
16	Тема 16. Термодинамічна теорія збурень. Ідея Ван-дер-Ваальса. Термодинамічна теорія збурень у першому порядку. Теорія Баркера-Хендерсона. Теорія Уїкса – Чандлера – Андерсона.	2		3
17	Тема 17. Модельні теорії рівняння стану рідин. Коміркова теорія Леннарда – Джонса і Девоншайра. Конфігураційний інтеграл системи. Вільний об’єм. Енергія середнього поля. Рівняння стану Леннарда – Джонса і Девоншайра, область його застосування.	2		3
18	Тема 18. Рівняння стану Ейрінга. Рівняння стану Ейрінга та область його застосування. Порівняння результатів теорії та експерименту.	2		3
19	Тема 19. Діркові теорії рівняння стану рідин. Дірка в теорії Френкеля Я.І. Рівняння стану Френкеля Я.І. Діркові варіанти коміркових теорій Оно, Чернуші, Пікка, Хілла.	2		3
20	Тема 20. Експериментальні методи та результати дослідження рівняння стану рідин. Методи експериментальної термодинаміки. Методи p - V - T дослідження рідин. Фактор стиснення рідин та його залежність від p і T .	2		2
21	Тема 21. Напівемпіричні рівняння стану рідин. Ізотермічні малопараметричні рівняння стану. Рівняння стану Тейта. Фізичний зміст його констант. Їх залежність від молекулярної структури.	2		2
22	Тема 22. Методи молекулярної динаміки та Монте-Карло як основні методи комп’ютерного моделювання у фізиці рідин. Фізичні основи методу Монте-Карло. Фізичні основи методу Монте-Карло. Гіпотеза ергодичності. Періодичні граничні умови. Визначення положення частинок основної комірки.	2		3
23	Тема 23. Фізичні основи методу молекулярної динаміки. Методи наближеного інтегрування рівняння руху частинок основної комірки. Розрахунок внутрішньої енергії, рівняння стану та бінарної функції розподілу методами Монте-Карло та молекулярної динаміки.	2		3
24	Тема 24. Стисливість та теплове розширення рідин та рідинних систем. Коефіцієнти ізотермічної та адіабатичної стисливості та теплового розширення та їх залежність від тиску і температури та молекулярної будови. Результати експериментального дослідження та їх порівняння зі статистичними та модельними теоріями.	2		3

25	Тема 25. Кінетичні коефіцієнти рідин. Коефіцієнт само- та взаємної дифузії рідин. Методи дослідження коефіцієнтів самодифузії та взаємної дифузії рідин. їх залежність від температури та тиску та молекулярної структури рідин. Опис коефіцієнтів дифузії в нерівноважній статистичній механіці та в модельних теоріях.	2		3
26	Тема 26. Коефіцієнт зсувної в'язкості рідин. Методи дослідження коефіцієнта зсувної в'язкості рідин. Результати теоретичного, експериментального досліджень та комп'ютерного експерименту.	2		3
27	Тема 27. Теплопровідність рідин. Методи дослідження теплопровідності рідин. Результати теоретичного, експериментального досліджень та комп'ютерного експерименту. Механізми переносу теплової енергії в рідинах. Залежність коефіцієнта теплопровідності від тиску і температури та молекулярної будови.	2		3
Контрольна робота 2		2		
Всього		54		60

Загальний обсяг 120 год.¹, в тому числі:

Лекцій - **54 год.**

Консультації - **6 год.**

Самостійна робота - **60 год.**

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Адаменко І.І., Булавін Л.А. Фізика рідин та рідинних систем. – К.: АСМІ, 2006. 660 с.

Додаткова:

1. Schirmacher W. Theory of liquids and other disordered media. A short introduction. Lecture notes in Physics. Volume 887. Springer International Publishing Switzerland 2015. 167 p.

2. Kjellander R. Statistical mechanics of liquids and solutions. Intermolecular forces, structure and surface interactions. Volume 1. CRC Press, 2019. 497 p.

3. Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоєв В.М., Молекулярна фізика. Київ: Знання, 2006. 567 с.

¹ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.