

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра молекулярної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹

Флуктуації та динаміка молекул в конденсованому середовищі

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104 Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітній рівень бакалавр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма Фізика
(назва освітньої програми)
спеціалізований
вибірковий блок Молекулярна фізика
вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2021/2022</u>
Семестр	<u>8</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>іспит</u>

Викладачі: професор Булавін Леонід Анатолійович

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 2022/2023 н.р. [підпис] «30» сер 2022 р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ («__») «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ («__») «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2021

¹ Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Розробники²:

Булавін Леонід Анатолійович, доктор фіз.-мат. наук, професор,
завідувач кафедри молекулярної фізики
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри _____

_____ (підпис)

(Булавін Л.А.)

(прізвище та ініціали)

Протокол №__ від « » _____ 2021 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії _____

_____ (підпис)

(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

Розробники²:

Булавін Леонід Анатолійович, доктор фіз.-мат. наук, професор,
завідувач кафедри молекулярної фізики
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри

(підпис)

(Булавін Л.А.)

(прізвище та ініціали)

Протокол №__ від « » _____ 2021 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії

(підпис)

(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

ВСТУП

1. Мета дисципліни – оволодіння сучасними експериментальними та теоретичними методами досліджень флуктуацій та динаміки молекул в конденсованому середовищі.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати і вміти застосовувати методи математичного аналізу та лінійної алгебри в межах відповідних курсів, що читаються на фізичному факультеті.
2. Знати і вміти застосовувати закони рівноважної та нерівноважної термодинаміки.
3. Знати і вміти застосовувати методи класичної статистичної механіки рівноважних систем.
4. Знати і вміти застосовувати закони оптики в межах відповідних курсів, що читаються на фізичному факультеті.
5. Знати і вміти застосовувати закони ядерної фізики в межах відповідних курсів, що читаються на фізичному факультеті.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Флуктуації та динаміка молекул в конденсованому середовищі» розглядаються термодинамічна та статистична теорія флуктуацій та експериментальні методи дослідження (нейтронні та оптичні) динаміки молекул в конденсованому середовищі. Метою вивчення дисципліни є отримання систематичних знань з термодинамічної та статистичної теорії флуктуацій та оволодіння основами оптичних та нейтронних методів вивчення флуктуацій та динаміки молекул в конденсованому середовищі. Навчальна задача курсу полягає в оволодінні методами досліджень флуктуацій та динаміки молекул в конденсованому середовищі. Результати навчання полягають в умінні логічно і послідовно формулювати основні принципи і закони термодинаміки та статистичної фізики для дослідження флуктуацій в м'якій матерії. 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) – опанування студентами методами досліджень флуктуацій та динаміки молекул в конденсованому середовищі.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія»), ОНП «Фізика» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

Інтегральних:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальних:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Фахових:

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- Здатність використовувати базові знання з фізики для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації

5. Результати навчання за дисципліною: (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1.1	Отримання знань з термодинамічної та статистичної теорії флуктуацій.	лекції	Модульна контрольна робота	10
2.1	Вміти логічно і послідовно формулювати основні принципи і закони термодинаміки та статистичної фізики для дослідження флуктуацій в м'якій матерії	лекції		10
1.2	Отримання знань з теорії розсіяння світла на флуктуаціях густини та концентрації.	лекції	Модульна контрольна робота	10
1.3	Отримання знань зі спектрального складу розсіяного світла.	лекції		10
2.2	Вміти аналізувати експериментальні дані по розсіянню світла з метою отримання інформації про флуктуації та динаміку молекул в м'якій матерії.	лекції		10
2.3	Вміти порівнювати експериментальні дані по розсіянню світла з відповідними теоретичними розрахунками та результатами комп'ютерного експерименту	лекції		10
1.4	Отримання знань з основних механізмів взаємодії нейтронів з речовиною	лекції		Модульна контрольна робота
1.5	Отримання знань з узагальненого частотного спектру рідини	лекції	10	
2.4	Вміння аналізувати експериментальні дані по розсіянню нейтронів з метою отримання інформації про флуктуації та динаміку молекул в м'якій матерії	лекції	10	
2.5	Вміти порівнювати експериментальні дані по розсіянню нейтронів з відповідними теоретичними розрахунками та результатами комп'ютерного експерименту	лекції	10	

* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
Програмні результати навчання										
ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії.	+	+	+	+	+	+				
ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.		+	+	+	+		+	+	+	+
ПРН5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії				+	+				+	+
ПРН8. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань								+		+

7. Структура курсу

Курс складається з 3-х змістових модулів: «Теорія флуктуацій», який включає в себе 5 лекцій, «Теорія розсіяння», який включає в себе 9 лекцій, «Нейтронні методи досліджень», який включає в себе 6 лекцій.

8. Схема формування оцінки:

8.1 Форми оцінювання студентів: (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 (6 балів-10 балів). Виконання домашніх завдань (2 бали-3 бали). Усна відповідь (4 бали-7 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (6 балів-10 балів). Виконання домашніх завдань (2 бали-3 бали). Усна відповідь (4 бали-7 балів).
3. Модульна контрольна робота 3 (6 балів-10 балів). Виконання домашніх завдань (2 бали-3 бали). Усна відповідь (4 бали-7 балів).

- підсумкове оцінювання у формі екзамену

Підсумкове оцінювання у формі екзамену³: (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі)

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	ЗМ2/Частина 3 (за наявності)	екзамен	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>24</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>40</u>	<u>100</u>

у випадку комплексного екзамену слід вказати питому вагу складових

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.⁴

(слід чітко прописати умови, які висуваються викладачами даної дисципліни).

Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

8.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

Шкала відповідності

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail	35-59
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Epic Fail	0-34
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ**

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практичні	самостійна робота
Частина 1. Теорія флуктуацій				
1	Тема 1. Термодинамічна теорія флуктуацій Вступ. Визначення флуктуацій. Роль флуктуацій у фізиці. Флуктуацій як спосіб фазового переходу. Флуктуації та критичні явища. Розподіл флуктуацій за Гауссом. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4

³ Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі теоретичного засвоєння матеріалу з усіх розділів дисципліни, семінарських занять, виконання практичних, лабораторних, індивідуальних, підсумкових контрольних робіт, творчих робіт впродовж семестру, передбачених робочою навчальною програмою (**100 балів** - для залікових дисциплін, у випадку, якщо дисципліна завершується екзаменом, то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: **60 балів (60%) – семестровий контроль і 40 балів (40%) – екзамен**).

⁴ У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше – **20 балів**, а рекомендований мінімум **не менше 36 балів**, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше **24 балів** (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

2	Тема 1. Термодинамічна теорія флуктуацій Формули для флуктуацій основних термодинамічних величин. Флуктуації об'єму та температури. Флуктуації тиску та ентропії. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
3	Тема 2. Статистична теорія флуктуацій Флуктуації густини. Флуктуації концентрації в бінарних розчинах. Визначення кореляційних функцій. Властивості кореляційних функцій. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
4	Тема 2. Статистична теорія флуктуацій Зв'язок між кореляційною функцією s -го порядку з функцією розподілу Гіббса. Обчислення середніх значень фізичних величин за допомогою кореляційних функцій. Знаходження флуктуацій числа частинок через кореляційну функцію. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
5	Тема 3. Порівняння статистичної і термодинамічної теорій флуктуацій Кореляція флуктуацій числа частинок. Порівняння термодинамічної та статистичної теорії флуктуацій. с.р.с. Виконання домашнього завдання	2		4
	<i>Контрольна робота 1</i>	2		
Частина 2. Теорія розсіяння				
6	Тема 4. Розсіяння світла в газах та рідинах Розсіяння світла як метод вивчення флуктуації та динаміки молекул. Теорія Релея. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
7	Тема 4. Розсіяння світла в газах та рідинах Флуктуації густини та розсіяння світла в газах. Розсіяння поляризованого та неполяризованого світла. Закони Релея. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
8	Тема 4. Розсіяння світла в газах та рідинах Коефіцієнт екстинкції та коефіцієнт розсіяння, зв'язок між ними. Розсіяння світла в рідинах. Теорія Ейнштейна-Смолуховського. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
9	Тема 4. Розсіяння світла в газах та рідинах Наближені вирази для $\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho}\right)$. Підхід Ейнштейна. Підхід Рохара. Підхід Вальдхайма. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
10	Тема 4. Розсіяння світла в газах та рідинах Знаходження похідної $\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho}\right)$ в моделі Вальдхайма. Порівняння	2		4

	з експериментом. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання			
11	Тема 5. Розсіяння світла в кристалах Розсіяння світла в кристалах. Ефект Мандельштама-Брілюєна. Експеримент по спостереженню ефекту Мандельштама-Брілюєна. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
12	Тема 6. Спектральний склад розсіяного світла Два типи флуктуацій густини. Формули Ландау-Плачека. Уточнення формули Ландау-Плачека. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
13	Тема 7. Дисперсія звуку Застосування ефекту Мандельштама-Брілюєна. Дисперсія звуку. Феноменологічна теорія Леонтовича. Ультразвукова спектроскопія. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
14	Тема 8. Розсіяння світла поблизу критичних точок Розсіяння світла на флуктуаціях концентрації. Розсіяння світла поблизу критичних точок випаровування та розшарування. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
	<i>Контрольна робота 2</i>		2	
Частина 3. Нейтронні методи дослідження				
15	Тема 9. Взаємодія нейтронів з речовиною Розсіяння нейтронів як метод дослідження динаміки молекул та флуктуацій в конденсованому середовищі. Властивості нейтронів. Природа взаємодії нейтронів з речовиною. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
16	Тема 10. Техніка нейтронного експерименту Амплітуда та переріз розсіяння нейтронів. Розсіяння нейтронів на вільному атомі. Порівняння методу розсіяння нейтронів та методу розсіяння рентгенівського випромінювання. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
17	Тема 11. Нейтронні спектрометри Джерела нейтронів. Монохроматори нейтронів, що базуються на хвильових та корпускулярних властивостях нейтронів. Детектори нейтронів. Переріз розсіяння. Диференціальний та двічі диференціальний переріз розсіяння. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
18	Тема 12. Просторово-часові функції Ван-Хова Розсіяння нейтронів на сукупності атомів. Просторово-часові кореляційні функції Ван-Хова. Моделювання автокореляційної функції в гаусовому наближенні. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4

19	Тема 14. Нейтронна спектроскопія критичних явищ Нейтронні дослідження критичних явищ. Методика пропускання повільних нейтронів. Гравітаційний ефект. Рівноважні властивості речовини поблизу критичних точок випаровування, розшарування та поблизу подвійних критичних точок. Дифузія поблизу критичної точки. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	2		4
20	Тема 15. Квазіпружне розсіювання нейтронів в молекулярних рідинах Дослідження води та водних розчинів електролітів за допомогою квазіпружного та когерентного розсіювання нейтронів. Моделі дифузії. Одночастинковий та колективний внески у коефіцієнт самодифузії. Узагальнений частотний спектр. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	1		2
21	Тема 16. Нанофізика рідин Нейтронні дослідження рідин в обмежених об'ємах. Рідини в порах та гелях. Нейтронні дослідження рідинних систем з фулеренами та фулеритами. Магнітні рідинні системи. Нанофізика рідин. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Виконання домашнього завдання	1		2
	<i>Контрольна робота 3</i>		2	
	ВСЬОГО	40		80

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 120 год.⁵, в тому числі:

Лекцій – **40 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття - **0 год.**

Лабораторні заняття - **0 год.**

Тренінги - **0 год.**

Консультації - **___ год.**

Самостійна робота - **80 год.**

⁵ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА⁶:

Основна: (Базова)

1. Адаменко І.І., Булавін Л.А. Фізика рідин та рідинних систем. – К.: АСМІ, 2006. – 660 с.
2. Evans D.J., Searles D., Williams S.R. Fundamentals of classical statistical thermodynamics: dissipation, relaxation and fluctuation theorems. – Wiley VCH, 2016. – 223 p.

Додаткова:

3. Булавін Л.А., Куклін О.І., Носовський А.В., Соловійов Д.В. Нейтронні та рентгенівські дослідження ліпідних мембран. – Чорнобиль (Київ. обл.): Ін-т проблем безпеки АЕС, 2021. – 160 с.
4. Булавін Л.А., Кизима О.А., Носовський А.В. Нейтронна діагностика розчинів фулеренів. – Чорнобиль (Київ. обл.): Ін-т проблем безпеки АЕС, 2019. – 184 с.
5. Булавін Л.А., Авдєєв М.В., Ключников О.О., Нагорний А.В., Петренко В.І. Нейтронографія магнітних рідинних систем. – Чорнобиль (Київ. обл.): Ін-т проблем безпеки АЕС, 2015. – 244 с.

⁶ В тому числі Інтернет ресурси