

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

Кафедра фізики функціональних матеріалів



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ФІЗИКА НЕРІВНОВАЖНИХ ВІДКРИТИХ СИСТЕМ для студентів

галузь знань 10 Природничі науки
спеціальність 104: Фізика та астрономія
освітній рівень магістр
освітня програма «Медична фізика»
вид дисципліни обов'язкова (ОК21)

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2021/2022</u>
Семестр	<u>2</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>3</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

Викладачі: Лесюк Андрій Іванович, Грабовський Юрій Євгенович

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

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

КИЇВ – 2021

Розробники: Лесюк Андрій Іванович кандидат фіз.-мат. наук,
асистент кафедри фізики функціональних матеріалів

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізики функціональних матеріалів

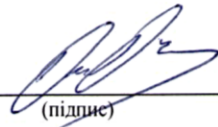
_____ (підпис)  (Микола КУЛІШ)

Протокол № 10 від «20» травня 2021 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії _____


(підпис)

(Олег ОЛІХ)

«_____» _____ 20__ року

ВСТУП

1. Мета дисципліни – отримання знань з основ лінійної та нелінійної термодинаміки нерівноважних необоротних процесів та їх застосування для розв'язку практичних задач, пов'язаних з нестационарними, нерівноважними потоками речовини, енергії та заряду у відкритих фізичних системах.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати основні поняття курсів «Математичний аналіз», «Аналітична геометрія та лінійна алгебра», «Тензорне та векторне числення», «Диференціальні рівняння», «Математична фізика», «ТФКЗ», «Класична механіка», «Термодинаміка», «Статистична фізика та термодинаміка».
2. Вміти послідовно формулювати основні положення і закони молекулярної фізики та термодинаміки; застосовувати основні закони збереження механічних величин; вільно володіти поняттями та методами основних математичних дисциплін і застосовувати їх до розв'язання фізичних проблем.
3. Володіти елементарними навичками пошуку та аналізу інформації, опрацювання спеціалізованої літератури, побудови алгебраїчних та диференціальних рівнянь, їх розв'язання та аналізу розв'язку з фізичної точки зору.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

Дисципліна «Фізика нерівноважних відкритих систем» для студентів фізичного факультету груп спеціалізацій «Медична фізика», «Квантові комп'ютери, обчислення та інформація» та «Фізика наносистем» є обов'язковою компонентою відповідних освітніх програм. Викладається у II семестрі магістратури в обсязі 3 кредитів, в тому числі 30 годин лекцій. Закінчується заліком. Предмет дисципліни «Фізика нерівноважних відкритих систем» – це закони збереження маси, енергії та імпульсу, рівняння балансу ентропії, лінійні та нелінійні співвідношення між термодинамічними силами та потоками, процеси самоорганізації у відкритих нерівноважних системах.

4. Завдання (навчальні цілі) – оволодіння основними методами і принципами нерівноважної термодинаміки необоротних процесів у відкритих фізичних системах необхідними в майбутній практичній діяльності фахівця.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (другий (магістрський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

Інтегральні:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

Загальних:

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

спеціальних (фахових, предметних):

СК1. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.

СК2. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.

СК5. Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

СК10. Здатність формулювати та аналізувати фундаментальні фізичні принципи і закони за якими функціонує людський організм.

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	Студент повинен знати: Основні поняття та визначення термодинаміки; особливості перебігу термодинамічних процесів у відкритих системах, що перебувають у станах близькому та далекому від термодинамічної рівноваги; умови утворення дисипативних структур та приклади таких структур	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Контрольні роботи, колоквиум, залік.</i>	40
2.1	Студент повинен вміти: Визначати термодинамічні потоки та сили, їх зв'язок з ентропією системи, на основі цього визначати стан системи, визначати стійкість станів термодинамічної системи. Самостійно працювати з відповідною літературою з нерівноважної термодинаміки	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Контрольні роботи, колоквиум, залік.</i>	50
3.1	Демонструвати обізнаність у сучасних уявленнях та перспективах розвитку нерівноважної термодинаміки відкритих фізичних систем як галузі фізики, що розвивається	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Опитування в процесі лекції, перевірка рефератів та інших форм самостійної роботи</i>	10

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

Результати навчання дисципліни	1.1	2.1	3.1
Програмні результати навчання			
РН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.	+		
РН02.Проводити експериментальні та теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.		+	
РН05. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.		+	
РН06. Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та інновацій в області фізики.	+	+	
РН07.Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики, оприлюднених у формі публікацій чи усної доповіді.	+	+	+
РН08.Презентувати результати досліджень у формі доповідей на		+	+

семінарах, конференціях тощо, здійснювати професійний письмовий опис наукового дослідження, враховуючи вимоги, мету та цільову аудиторію.			
РН09.Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.		+	+
РН10.Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та астрономії, використовуючи різні джерела, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.		+	
РН11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.	+	+	
РН13.Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.		+	
РН17. Розуміти та вміти формулювати та аналізувати фундаментальні фізичні принципи і закони за якими функціонує людський організм.	+		+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

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

7.2 Організація оцінювання:

Форми поточного контролю: оцінювання результатів виконання домашніх самостійних завдань та усні відповіді під час лекцій, колоквиум. Максимальна кількість балів, яку студент може отримати в одному модулі, дорівнює **40 балам**.

Підсумковий модульний контроль знань студента проводиться у формі **заліку**, під час якого може бути отримана максимальна кількість балів – **20 балів**.

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

Поточний –

- усна відповідь, домашня письмова робота –
- колоквиум –

10 балів;
30 балів

7.3 Шкала відповідності оцінок

За 100 – бальною шкалою	За національною шкалою
60 - 100	Зараховано
1 – 59	не зараховано

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Лаб.	С/Р
1	<p>Тема 1. Вступ. Предмет і метод курсу. Зв'язок нерівноважної термодинаміки з іншими розділами фізики.</p> <p>Рівноважна і нерівноважна термодинаміка. Зв'язок нерівноважної термодинаміки з іншими розділами теоретичної фізики, молекулярної фізики і фізичної хімії. Ізольовані, відкриті та закриті системи. Завдання для самостійної роботи</p> <p>1. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>2. Термодинамічні потенціали, умови екстремумів в термодинаміці.</p> <p>Література [2,6,7,9].</p>	2		4
2	<p>Тема 2. Необоротні термодинамічні процеси. Причини необоротності. Необоротні процеси теплопередачі, адіабатичного розширення, дифузії. Термодинамічні потоки та сили. Сили у випадку хімічних реакцій, потоку градієнта температури, концентрації, хімічного потенціалу, напруженості електричного поля.</p> <p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>1. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>2. Необоротні процеси в поляризованому середовищі.</p> <p>Література [1, 3, 4].</p>	2		4
3	<p>Тема 3. Принципи лінійної нерівноважної термодинаміки. Принцип локальної рівноваги. Рівняння Онзагера руху макросистеми. Принцип Кюрі для ізотропних систем. Принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів. Співвідношення Онзагера. Приклади зв'язаних потоків: термомеханічний, термоелектричний та термомагнітний ефекти, термодифузія(ефект Сорре).</p> <p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>1. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>2. Статистичні основи теорії. Література [1, 3, 5, 9]</p>	4		8
4	<p>Тема 4. Термодинамічні процеси у відкритих нерівноважних системах. Вироблення ентропії та дисипація енергії у відкритій системі. Теорема Пригожина. Стійкість стаціонарного стану.</p> <p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>1. Вивчення матеріалу лекції. Література [2, 4, 6]</p>	2		4
5	<p>Тема 5. Формалізм нелінійної термодинаміки. Системі, що знаходяться у стані, далекому від термодинамічної рівноваги. Загальні властивості вироблення ентропії. Лінійний аналіз стійкості нерівноважних стаціонарних станів. Циклічні процеси.</p> <p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>1. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>Література [2, 7, 8,14]</p>	4		8
6	<p>Тема 6. Еволюція відкритих нерівноважних систем. Критерій Гленсдорфа-Пригожина. Модифіковані рівняння Онзагера для спряжених процесів в положенні далекому від стану термодинамічної рівноваги.</p> <p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>1. Вивчення матеріалу лекції. Література [2]</p>	4		8

7	Тема 7. Стохастична інтерпретація динамічних рівнянь нелінійної нерівноважної термодинаміки. Варіаційні принципи нелінійної термодинаміки. Завдання для самостійної роботи 1. Вивчення матеріалу лекції. Література [4, 6]	2		4
8	Тема 8. Дисипативні структури у суттєво нерівноважних системах. Просторові, часові та просторово-часові дисипативні структури. Завдання для самостійної роботи 1. Вивчення матеріалу лекції. 2. Приклади виникнення дисипативних структур. Література [2, 11, 13]	2		4
9	Тема 9. Розвиток теорії нелінійної термодинаміки. Теорія біфуркацій. Порушення симетрії. Синергетика. Теорія фракталів. Завдання для самостійної роботи 1. Вивчення матеріалу лекції. 2. Теорія катастроф. Література [6,11,12]	2		4
10	Тема 10. Нерівноважні фазові переходи. Завдання для самостійної роботи (2 год.) 1. Вивчення матеріалу лекції. Література [6]	2		4
11	Тема 11. Турбулентність. Вихрові структури. Надтекучість, надпровідність. Теплова конвекція. Рідкі кристали. Лазерне випромінювання. Завдання для самостійної роботи 1. Вивчення матеріалу лекції. 2. Явища самоорганізації в хімії та біології. Література [11,12]	4		8
ВСЬОГО		30		60

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Тренінги – **0 год.**

Консультації - **___ год.**

Самостійна робота - **60 год.**

9. Рекомендована література:

Основна: (Базова)

1. С.Р. де Гроот, П. Мазур. Неравновесная термодинамика. М.: Мир, 1964.
2. И. Пригожин, Д. Кондепуди. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. М.: Мир, 2002.
3. Р. Хаазе. Термодинамика необратимых процессов. М.: Мир, 1967.
4. И. Дьярмати. Неравновесная термодинамика. М.: Мир, 1974.
5. Д.Н. Зубарев. Неравновесная статистическая термодинамика. М.: Наука, 1971.
6. Л.А. Булавін, Д.А. Гаврюшенко, В.М. Сисоєв. Нерівноважна термодинамика. Ч. 1. Рівняння дифузії. К.: ВЦ Київський університет, 2003.

Додаткова:

7. И.Ф. Бахарева. Нелинейная неравновесная термодинамика. Изд-во Саратовского ун-та, 1976.
8. И. Пригожин. Введение в термодинамику необратимых процессов. И.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.
9. И.П. Базаров, Э.В. Геворкян, П.Н. Николаев. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. Изд. МГУ, 1989.
10. Е.П. Агеев. Неравновесная термодинамика в вопросах и задачах.
11. В.Й. Сугаков. Основы синергетики. К.: Обереги, 2001.
12. Г. Хакен. Синергетика. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах.
13. Г. Николис, И. Пригожин. Самоорганизация в неравновесных системах.
14. П. Гленсдорф, И. Пригожин. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуации.