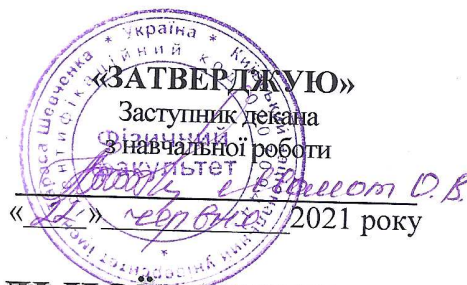


КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра молекулярної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹
ОСНОВИ ТЕПЛОФІЗИКИ

(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 денна
Навчальний рік 2021/2022
Семестр 6
Кількість кредитів ECTS 3
Мова викладання, навчання
та оцінювання українська
Форма заключного контролю залік

Викладачі: доцент Лазаренко Максим Михайлович

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

Пролонговано: на 20 22/2023 н.р. [Signature] «22» 05 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 контролів.

Розробники²:

Лазаренко Максим Михайлович, доктор фіз.-мат. наук,
доцент кафедри молекулярної фізики
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри _____

_____ (підпис)

(Булавін Л.А.)

(прізвище та ініціали)

Протокол №_ від

202_ 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 (радї 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: Лазаренко Максим Михайлович, доктор фіз.-мат. наук,
доцент кафедри молекулярної фізики
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри

(підпис)

(Булавін Л.А.)
(прізвище та ініціали)

Протокол №_ від 202_ 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 – є оволодіння сучасними математичними методами теплофізики, теоретичними положеннями та основними застосуваннями цих методів при постановці та інтерпретації теплофізичних експериментів для конденсованих середовищ.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати закони термодинаміки, загальні умови термодинамічної рівноваги.
2. Вміти застосовувати попередні знання з курсів математичного аналізу, диференційних та інтегральних рівнянь, математичної фізики, теоретичної механіки для розв'язку рівнянь у частинних похідних, знаходження похідних складних функцій, запису гамільтоніана системи, знаходження екстремумів функцій.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу “Основи теплофізики” розглядаються сучасні підходи до опису механізмів переносу тепла в конденсованих середовищах та експериментальні методи дослідження їх теплофізичних характеристик. Мета вивчення дисципліни - отримання глибоких та систематичних знань, які стосуються сучасних математичних методів теплофізики, теоретичних положень та основами застосування цих методів при постановці та інтерпретації теплофізичних експериментів для конденсованих середовищ. Навчальна задача курсу полягає у засвоєнні основних методів теорії теплопровідності та застосування цих методів при постановці та інтерпретації теплофізичного експерименту. Результати навчання полягають в умінні вибирати та застосовувати методи та теплофізичні моделі, необхідні для теоретичного дослідження теплофізичних властивостей фізичних систем, а також для постановки та інтерпретації експерименту. Методи викладання: лекції, лабораторні роботи, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, захист лабораторних робіт, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (80%) та заліку (20%).

4. Завдання (навчальні цілі) – навчити основним методам теорії теплопровідності та застосування цих методів при постановці та інтерпретації теплофізичного експерименту.

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 працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

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>
<i>Код</i>	<i>Результат навчання</i>			
1.1	Оволодіння основним поняттями теплофізики, такими як теплопровідність, теплоємність, тепловий потік, рівняння балансу тепла, крайові задачі теплопровідності	<i>лекції</i>	<i>Модульна контрольна робота, опитування</i>	30
2.1	Вміти вибирати методи та теплофізичні моделі, необхідні для теоретичного дослідження теплофізичних властивостей конденсованих середовищ, а також для постановки та інтерпретації експерименту.	<i>лекції</i>	<i>Модульна контрольна робота, опитування</i>	30
2.2	Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.	<i>Лабораторні роботи</i>	<i>Захист лабораторних робіт</i>	40

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

<i>Результати навчання дисципліни</i>	1.1	2.1	2.2
Програмні результати навчання			
1 ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, 16 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 8 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		+	

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

існуючих фізичних теорій.			
ПРН9. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.			+

7. Схема формування оцінки:

7.1. Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Опитування під час першого змістового модуля (10 балів).
2. Модульна контрольна робота 1 (15 балів).
3. Захист лабораторних робіт (15 балів)
1. Опитування під час другого змістового модуля (10 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (15 балів).
3. Захист лабораторних робіт (15 балів)

- підсумкове оцінювання у формі заліку (20 балів).

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	Залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>25</u>	<u>25</u>	<u>10</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>40</u>	<u>40</u>	<u>20</u>	<u>100</u>

Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше **50** балів

Оцінка за залік не може бути меншою **10 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

7.2. Організація оцінювання:

Шкала відповідності

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
Частина 1. Теоретичні основи теплофізики				
1	Тема 1. Теплова енергія. Природа теплового руху. Температура. Теплоємність. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Перший початок термодинаміки. Робота і теплова енергія.	2		3
2	Тема 2. Процеси теплопереносу в конденсованих середовищах. Теплопровідність. Конвекція. Випромінювання. Їх мікроскопічна природа. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Перенос тепла в анізотропному середовищі.	2		3
3	Тема 3. Закон Фур'є. Тепловий потік та його густина. Закон Фур'є для	2		3

	ізотропних та анізотропних середовищ. Коефіцієнт теплопровідності. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Фізичний зміст температури.			
4	Тема 4. Рівняння переносу тепла. Загальне рівняння переносу тепла в лагранжевих та ейлеревих координатах. Конвективний член. Рівняння теплопровідності у одно та трьох вимірному просторі. Температуропровідність. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Локальна теплова рівновага. Вимірювання теплового потоку за допомогою тепломіра.	2		3
5	Тема 5. Постановка задач в теорії теплопровідності Типи крайових задач в теорії теплопровідності. Межові та початкові умови. Однорідні та неоднорідні рівняння теплопровідності. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Варіанти розташування термопар в теплофізичному експерименті.	2		3
6	Тема 6. Неоднорідні рівняння теплопровідності. Об'ємні джерела тепла та їх природа. Джоулеве тепло. Вплив фазових переходів на поширення тепла. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Закон Стефана-Больцмана. Мікроскопічна природа теплового випромінювання.	2		3
7	Тема 7. Задачі теплопровідності без початкових умов. Температурні хвилі та їх затухання. Розподіл температур у рухомій в'язкій рідині. Розподіл температур в необмеженому стержні. Лабораторна робота.1 Вимірювання в'язкості медикобіологічних систем за допомогою капілярного віскозиметра. Лабораторна робота. 2 Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя біологічних рідин ротаційним віскозиметром ВСН-3. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.	2	6	3
8	Тема 8. Розподіл температур в хімічному реакторі Одновимірна модель хімічного реактора. Розв'язок нелінійного рівняння теплопровідності. Умова стійкості роботи хімічного реактора. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.	2		3
9	Тема 9. Вільна конвекція. Визначення вільної конвекції. Умови реалізації вільної конвекції. Система рівнянь, що описує вільну конвекцію. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Температурні умови існування вільної конвекції.	2		2
10	Тема 10. Висхідний конвективний струмінь. Висхідний тепловий потік. Система рівнянь для висхідного потоку. Розподіл температур в потоці та його поперечний розмір. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.	2		3
	<i>Модульна контрольна робота 1</i>			2
Частина 2. Експериментальні методи дослідження теплофізичних характеристик				
11	Тема 11. Методи вимірювання температури. Термоелектричний ефект та його використання для вимірювання температури. Особливості виготовлення	2	2	3

	термопар. Вимірювання термо-ЕРС. Конструкції термометрів опору. Методи вимірювання температури за допомогою термометрів опору. Лабораторна робота.3 Вимірювання температури термоелектричним методом і термометром опору с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Температурні шкали. Типи ртутних термометрів. Газова термометрія.			
12	Тема 12. Імпульсна теплова дія. Визначення терміну імпульсна теплова дія за допомогою δ -функції. Експериментальна реалізація імпульсної теплової дії. Розподіл температур у стержні при імпульсній дії. Методи обробки експериментальних даних отриманих за допомогою даного метода. Експрес-метод вимірювання теплової активності. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Поширення тепла в неоднорідному стержні.	2		2
13	Тема 13. Ізотермічна теплова дія Розв'язок рівняння теплопровідності для напівобмеженого стержня. Використання цього розв'язку для аналізу експериментальних даних. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Перенос тепла від артерії до вени. Перфузія.	2		2
14	Тема 14. Визначення теплоємності в нестационарному режимі для конденсованих середовищ. Конструкція нестационарного $C \lambda$ -калориметра. Методика визначення теплоємності. Методика визначення коефіцієнта теплопровідності. Регулювання чутливості тепломіра. Похибки у визначенні теплофізичних характеристик. Лабораторна робота.4 Визначення теплоємності медикобіологічних систем в широкому інтервалі температур. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Вимірювання температури поверхні твердих тіл.	2	2	3
15	Тема 15. Визначення теплофізичних характеристик у квазістационарному режимі Конструкція вимірювача теплоємності з адіабатичною оболонкою. Теорія роботи приладу. Методика визначення теплоємності. Порівняльний калориметр з циліндричними тепломірами. Особливості вимірювання теплоємності цим приладом. Лабораторна робота. 5 Визначення теплоти плавлення біополімерів, що кристалізуються. (4 год) с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Вимірювання теплот фазових переходів.	2	4	3
	Підсумкова модульна контрольна робота			2
	ВСЬОГО	30	14	46

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 90 год.³, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **0 год.**

Лабораторні заняття – **14 год.**

Тренінги – **0 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **46 год.**

³ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА⁴:

Основна: (Базова)

1. Лазаренко М.М., Забашта Ю.Ф., Сенчуров С.П., Свечнікова О.С. Термодинамічні та релаксаційні характеристики рідинних та полімерних систем. Київ: КНУ імені Тараса Шевченка, 2017. С.40
2. Железний, В. П., В. З. Геллер, and Ю. В. Семенюк. "Експериментальна теплофізика. Методи дослідження теплофізичних властивостей речовин." (2018).
3. Molchanov, A. M. (2019). Thermophysics and fluid dynamics. *OSF Preprints*, 160.

Додаткова:

4. Grimvall, G. (2021). *Thermophysical properties of materials*. Elsevier. 424

⁴ В тому числі Інтернет ресурси