

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра теоретичної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ
(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	Оптика (назва освітньої програми)
спеціалізація (за наявності)	 (назва спеціалізації)
вид дисципліни	обов'язкова

Форма навчання	очна
Навчальний рік	2023/2024
Семестр	4, 5
Кількість кредитів ECTS	8
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: Бєлих С.П., Субота С.Л.

Пролонговано: на 20²⁴/20²⁵ н.р. (підпис, ПІБ, дата) «18» 06 20²⁴р.
на 20²⁵/20²⁶ н.р. (підпис, ПІБ, дата) «28» 06 20²⁵р.

КИЇВ – 2023

Розробники: Белих С.П., канд. фіз.-мат. наук, асистент кафедри теоретичної фізики, Хотяїнцев В.М., доцент, канд. фіз.-мат. наук

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

В.о. зав. кафедри оптики


(підпис)

(Кондратенко С.В.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 7 від «16» березня 2023 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол №15 від «13» квітня 2023 року

Голова науково-методичної комісії


(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

1. Мета дисципліни – курс методи математичної фізики покликаний оволодіння студентами методами математичної фізики як інструментом аналітичного апарату фізики, а також формування у них цілісної системи знань та наукового способу мислення, у закріпленні здобутих раніше математичних знань через їх активне використання.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- Знати властивості елементарних функцій, основні закони механіки, електрики, постановку задач для звичайних диференціальних рівнянь. Пам'ятати вирази для оператора Лапласа в циліндричній та сферичній системах координат. Векторні диференціальні операції.
- Вміти застосовувати попередні знання з курсів математичного аналізу, математичної фізики, основ векторного та тензорного аналізу та диференціальних рівнянь для розв'язання алгебраїчних та диференціальних рівнянь та систем, розкласти функції в степеневі ряди.
- Володіти навичками обчислення похідних, інтегралів, дослідження і побудови графіків функцій, застосування методів теорії функцій комплексної змінної, навичками застосування дельта-функції, гама- і бета-функцій.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Нормативна дисципліна «Методи математичної фізики» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр фізики”. Вона є останнім загальним математичним курсом, що завершує загальну математичну освіту студентів, та є базовою для вивчення електродинаміки, квантової механіки та спеціальних дисциплін. Програма курсу орієнтована на студентів, які вже знайомі з математичним аналізом, звичайними диференціальними рівняннями і теорією функцій комплексної змінної, загальними курсами механіки, електрики, оптики. Результати навчання полягають у знанні основних рівнянь математичної фізики і постановок задач для них, їх фізичного змісту і фізичних моделей; здатності розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та оптики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів сучасної оптики, що характеризується складністю та невизначеністю умов, здатність організовувати і проводити оптичні вимірювання, розробляти і використовувати на практиці оптичні системи і оптоелектронні комплекси. Студенти мають володіти основними методами математичної фізики: методом відокремлення змінних, розкладання за власними функціями, інтегральними перетвореннями Фур'є і Лапласа, знати основні спеціальні функції, їх властивості, і уміти застосовувати їх до розв'язання рівнянь у частинних похідних, мати поняття про узагальнені функції і функції Гріна. Методи викладання: лекції, консультації, практичні заняття. Методи оцінювання: опитування в процесі практичних занять, контрольні роботи після основних розділів курсу, залік (4 семестр) та іспит (5 семестр). Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку, іспиту (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) - освоєння студентами методів розв'язання задач для рівнянь математичної фізики, постановок задач для них у різних фізичних ситуаціях. Також здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями з математичної фізики, здатність до пошуку, оброблення, аналізу і застосування на практиці інформації з різних джерел, в тому числі, з електронних ресурсів, та здатність студентів до абстрактного мислення, аналізу та синтезу матеріалу з фізичних і математичних дисциплін.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти (сьомий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП "Фізика", дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

інтегральної:

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та оптики

у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів сучасної оптики, що характеризується складністю та невизначеністю умов, здатність організовувати і проводити оптичні вимірювання, розробляти і використовувати на практиці оптичні системи і оптоелектронні комплекси.

загальних:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1).
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК2).

фахових:

- Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів (ФК2).
- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем (ФК5).
- Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи (ФК8).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК9).
- Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики при вивченні та дослідженні явищ і процесів в оптиці та оптоелектроніці (ФК16).
- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування задач в галузі оптики, проводити моделювання оптичних та оптико електронних систем (ФК17).

5. Результати навчання за дисципліною:

<i>Результат навчання</i> <i>(1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)</i>		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1	1.1 Моделі, що приводять до хвильового рівняння	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
	1.2 Постановки задач для хвильового рівняння, рівняння теплопровідності	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	6,25
	1.3 Узагальнений ряд Фур'є за системою ортогональних функцій	Лекція, практичне заняття	Модульна контрольна робота	12,5
	1.4 Принцип суперпозиції і варіанти його застосування до розв'язання задач для рівнянь у частинних похідних	Лекція, практичне заняття	Модульна контрольна робота	12,5
	1.5 Метод розкладання за власними функціями	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
	1.6 Загальний розв'язок однорідного одновимірного хвильового рівняння і формула Даламбера	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
	1.7 Інтегральні перетворення Фур'є і Лапласа	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
2	2.1 Відокремлювати змінні в хвильовому рівнянні, рівняннях теплопровідності і Лапласа з двома змінними	Лекція, практичне заняття	Контрольна робота	6,25

2.2 Розкласти функції в узагальнений ряд Фур'є за системою власних функцій спектральної задачі, користуючись співвідношенням ортогональності	Лекція	Самостійна робота	12,5
2.3 Застосовувати метод відокремлення змінних до розв'язання задач з неоднорідним рівнянням і з неоднорідними межовими умовами	Лекція	Модульна контрольна робота	12,5
2.4 Застосовувати принцип суперпозиції до розв'язання задач для рівнянь у частинних похідних	практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
2.5 Застосовувати метод відокремлення змінних до задач у полярних координатах	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
2.6 Застосовувати метод відокремлення змінних до задач у сферичних координатах	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
2.7 Використовувати властивості циліндричних функцій для розв'язання крайових задач	практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
2.8 Використовувати поліноми Лежандра і сферичні функції для розв'язання крайових задач	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
2.9 Застосовувати метод непарного продовження до розв'язання крайових задач	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
2.10 Розв'язувати основні типи задач на інтегральні рівняння	Лекція, практичне заняття	Модульна контрольна робота	12,5

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

Результати навчання дисципліни		
Програмні результати навчання	1	2
1. ПРН4. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.	+	+
2. ПР16. Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів	+	+

7. Структура курсу

Курс складається з 4-х змістових модулів: 2-а модулі в четвертому семестрі, та 2-а – у п'ятому, який включає в себе всього 30 год лекцій та 45 год практичних занять у 4 семестрі, та 14 год лекцій та 30 год пратичних у 5 семестрі.

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 4 семестр:

1. Модульна контрольна робота РН 2.1 (8 балів).
2. Модульна контрольна робота РН 1.3 (12 балів).
3. Модульна контрольна робота РН 2.3 (20 балів).
4. Задачі, усні відповіді (10, 10 балів).

- підсумкове оцінювання у формі заліку¹.

	ЗМ1	ЗМ2	залік	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	<u>18</u>	<u>18</u>	<u>24</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>100</u>

Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше **36 балів**.²

Оцінка за залік не може бути меншою **24 бали** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

- семестрове оцінювання 5 семестр:

1. Модульна контрольна робота РН 1.4 (12 балів).
2. Модульна контрольна робота РН 2.10 (20 балів).
3. Самостійна робота РН 2.2 (8 балів).
4. Задачі, усні відповіді (10, 10 балів).

	ЗМ1	ЗМ2	іспит	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	<u>18</u>	<u>18</u>	<u>24</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>100</u>

¹ 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 (якщо дисципліна завершується екзаменом (заліком), то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: **60 балів (60%) – семестровий контроль і 40 балів (40%) – екзамен (залік)**).

² У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом (заліком) не менше – **24 бали**, а рекомендований мінімум **не менше 24 балів**, оскільки якщо студент на екзамені (заліку) набрав менше **24 бали** (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен (залік)), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній (заліковій) відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше **36 балів**.

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

8.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою, яка складається із 4 змістових модулів (2 модулі в четвертому та 2 модулі в п'ятому семестрах). Система оцінювання знань включає поточний, модульний та семестровий контроль знань. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою незалежно в четвертому і п'ятому семестрі. Форми поточного контролю: оцінювання домашніх робіт, письмових самостійних завдань, тестів та контрольних робіт, виконаних студентами вдома і під час практичних занять. Студент може отримати максимально 60 балів за виконання домашніх робіт, самостійних завдань, усні відповіді, тести, доповнення на практичних заняттях в четвертому семестрі (по 30 балів в кожному змістовому модулі) та 60 балів в п'ятому семестрі (по 30 балів в кожному змістовому модулі). Модульний контроль: 4 модульні контрольні роботи (2 роботи в четвертому та 2 роботи у п'ятому семестрах). Студент може отримати максимально за модульні контрольні роботи 32 бали в четвертому семестрі і 32 бали в п'ятому семестрі (по 12 і 20 балів за першу і другу роботу відповідно). Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі заліку (40 балів) у четвертому семестрі та іспиту (40 балів) у п'ятому семестрі. Екзаменаційний білет включає 2 теоретичні питання (по 12 балів) та задачу (16 балів).

Шкала відповідності оцінок

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 / Fail	0-34
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59
Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

9. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій, практичних занять та самостійних робіт

IV СЕМЕСТР

№ теми	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	Практичні заняття	Самост. робота

1	Хвильове рівняння і задача для ХР	2	2	6
2	Метод відокремлення змінних (МВЗ) та ряди Фур'є.	2	2	6
3	Рівняння теплопровідності	2	2	6
4	Рівняння Лапласа та Пуассона	2	2	6
5	Принцип суперпозиції та задачі з різними видами джерел поля	2	2	6
6	Метод частинних розв'язків		4	4
	Модульна контрольна робота 1		2	
7	Метод розкладання за власними функціями	2	2	2
8	Метод характеристик, формула Даламбера	2	2	2
9	Збереження парності для необмеженої струни і метод непарного продовження	2	2	4
10	Задача про поширення межевого режиму і відбивання імпульсів		2	2
11	Інтегральне перетворення Фур'є.	2	2	2
12	Представлення розв'язків деяких задач через функції Гріна.		2	2
13	Інтегральне перетворення Лапласа.	2	2	2
14	Метод Дюамеля		1	8
15	Класифікація диференціальних рівнянь в частинних похідних 2-го порядку		2	4
16	Приведення до простішого вигляду лінійних диференціальних рівнянь у частинних похідних	2	2	2
17	Властивості ортонормованої послідовності функцій, нерівність Бесселя	2	2	2
18	Відокремлення змінних у рівнянні Лапласа у полярних і сферичних координатах	2	2	4
19	Відокремлення змінних у рівнянні Гельмгольца у полярних і сферичних координатах	4	2	4
20	Загальні властивості окремих рівнянь, задач і розв'язків.		2	1
	Модульна контрольна робота 2		2	
Всього		30	45	75

V СЕМЕСТР

№		Кількість годин
---	--	-----------------

теми	Назва лекції	лекції	Практичні заняття	самост. робота
Змістовий модуль 1				
1	Рівняння Бесселя, функції Бесселя. Інтегральне представлення Бесселя	2	4	6
2	Модифіковані функції Бесселя	2	4	4
3	Поліноми Ерміта і поліноми Лагерра	2	4	4
4	Поліноми Лежандра	2	2	4
5	Сферичні функції	2	2	4
	Модульна контрольна робота 1		2	
Змістовий модуль 2				
6	Узагальнені функції, слабка границя.	2	4	6
7	Фундаментальний розв'язок рівняння Лапласа і його застосування	2	2	6
8	Представлення розв'язків крайових задач через функції Гріна		2	8
9	Інтегральні рівняння		2	4
	Модульна контрольна робота 2		2	
	Всього	14	30	46

Загальний обсяг 240 год.³, в тому числі (вибрати необхідне):

Лекцій – **44 год.**

Практичні заняття - **75 год.**

Самостійна робота – **121 год.**

10. Рекомендовані джерела:

Основні:

1. Юрачківський А.П., Жугаєвич А.Я. Математична фізика в прикладах і задачах. – К: ВПЦ «Київський університет», – 2005. – 157 с.
2. Самойленко В.Г., Конет І.М. Рівняння математичної фізики. Навчальний посібник – К: ВПЦ «Київський університет», – 2014. – 283 с.
3. Доценко І.С., Якименко О.І. Методи математичної фізики: методичний посібник для студентів фізичного факультету. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2007. – 50 с.
4. Доценко І.С., Якименко О.І. Методичні рекомендації до практичних занять з курсу “Методи математичної фізики” для студентів фізичного факультету. – К.: РВЦ «Київський університет», 2006. – 50 с.
5. І.С. Доценко, С.І. Доценко, О.О. Приходько Методи математичної фізики (розділ “Спеціальні функції”). Навчальний посібник. – К.: Наукова столиця, 2019. – 112 с.

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

Додаткові:

1. Перестюк М.О. Маринець В.В. Теорія рівнянь математичної фізики. Курс лекцій. – К.: Либідь, 1993.
2. Перестюк М.О. Теорія рівнянь математичної фізики: Підручник/ М.О.Перестюк, В.В.Маринець. – К.: "Либідь", 2006.
3. Вірченко Н.О. Основні методи розв'язання задач математичної фізики. – К. КПІ, 1997.
4. В.М.Хотяїнцев, О.І. Якименко Додаткові задачі з курсу “Методи математичної фізики”. Спеціальні функції математичної фізики. – К. 2021. – 33 с.