

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 Фізика  
(назва освітньої програми)

спеціалізація  
(за наявності) \_\_\_\_\_  
(назва спеціалізації)

вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання	<u>очна</u>
Навчальний рік	<u>2022/2023</u>
Семестр	<u>4, 5</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>8</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>іспит</u>

Викладачі: Хотяїнцев В.М., Якименко О.І., Приходько О.О.

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

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

Розробник: Хотяїнцев В.М., доцент, канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри теоретичної фізики

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри теоретичної фізики

Решетняк (Решетняк В.Ю.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 19 від « 27 » травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту (педагогічною радою коледжу)

Протокол від « 10 » червня 2022 року № 11

Голова науково-методичної комісії Решетняк (Решетняк В.Ю.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Голова педагогічної ради (для коледжів)

« 10 » червня 2022 року

**1. Мета дисципліни** – Курс методів 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 в знанні основних рівнянь математичної фізики і постановок задач для них, їх фізичного змісту і фізичних моделей, що таких рівнянь і постановок задач. 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 вміти 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 застосуванні 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 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 (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).

## 5. Результати навчання за дисципліною:

<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>
<b>Код</b>	<b>Результат навчання</b>			
<b>1</b>	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
<b>2</b>	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 Застосувати 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 вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1	2
<b>Програмні результати навчання</b>		
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. ПРН16. 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	+	+

## 7.1 Форми оцінювання студентів:

### - семестрове оцінювання 4 семестр:

1. 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).

1. Підсумкове оцінювання у формі заліку. На заліку максимально можна отримати 40 балів.
2. Умови допуску до заліку: набрати не менше 30 балів за результатами семестрового оцінювання.

## - 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).
4. Задачі, усні відповіді (10, 10 балів).

1. Підсумкове оцінювання у формі іспиту. На іспиті максимально можна отримати 60 балів.
2. Умови допуску до підсумкового екзамену: набрати не менше 30 балів за результатами семестрового оцінювання у 5 семестрі.

**7.2 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).

### 7.3 Шкала відповідності оцінок

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

## 8. 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			6
2	Метод відокремлення змінних (МВЗ) та ряди Фур'є.			6
3	Рівняння теплопровідності			6

4	Рівняння Лапласа та Пуассона			6
5	Принцип суперпозиції та задачі з різними видами джерел поля			6
6	Метод частинних розв'язків	2	2	4
	<b>Модульна контрольна робота 1</b>		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 межового режиму і відбивання імпульсів	2	2	2
11	Інтегральне перетворення Фур'є.	2	2	2
12	Представлення розв'язків деяких задач через функції Гріна.	2	2	2
13	Інтегральне перетворення Лапласа.	4	2	2
14	Метод Дюамеля	4	2	2
15	Класифікація диференціальних рівнянь в частинних похідних 2-го порядку	2	2	2
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	Загальні властивості окремих рівнянь, задач і розв'язків.	2	2	2
	<b>Модульна контрольна робота 2</b>		2	
<b>Всього</b>		<b>30</b>	<b>30</b>	<b>60</b>

## V СЕМЕСТР

№ теми	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	Практичні заняття	самоств. робота
<b>Змістовий модуль 1</b>				
1	Відокремлення змінних у рівнянні Лапласа у полярних і сферичних координатах	2	2	6
2	Відокремлення змінних у рівнянні Гельмгольца у полярних і сферичних координатах	4	2	4
3	Рівняння Бесселя, функції Бесселя	2	2	6

4	Інтегральне представлення Бесселя	2	2	4
5	Модифіковані функції Бесселя	2	2	4
6	Поліноми Ерміта і поліноми Лагерра	2	2	4
7	Поліноми Лежандра	2	2	4
8	Сферичні функції	2	2	4
	<b>Модульна контрольна робота 1</b>		2	
<b>Змістовий модуль 2</b>				
9	Узагальнені функції, слабка границя.	4	4	6
10	Фундаментальний розв'язок рівняння Лапласа і його застосування	2	2	6
11	Представлення розв'язків крайових задач через функції Гріна	4	2	8
12	Інтегральні рівняння	2	2	4
	<b>Модульна контрольна робота 2</b>		2	
	<b>Всього</b>	30	30	60

**Загальний обсяг 240 год.<sup>1</sup>**, в тому числі (вибрати необхідне):

Лекцій – **60 год.**

Практичні заняття - **60 год.**

Самостійна робота – **120 год.**

## 9. Рекомендовані джерела:

### Основні:

1. Перестюк М.О. Теорія рівнянь математичої фізики: Підручник/ М.О.Перестюк, В.В.Маринець. – К.: "Либідь", 2006.
2. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1972.
3. Юрачківський А.П., Жугаєвич А.Я. Математична фізика в прикладах і задачах. – К: ВПЦ «Київський університет», – 2005. – 157 с.
4. Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физике. М.: Наука, 1987. 1972.
5. Методи математичної фізики: методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи для студентів фізичного факультету. Упорядник В.М. Хотяїнцев. 3-є видання. Київ, 2019. – 88 с.
6. Доценко І.С., Якименко О.І. Методи математичної фізики: методичний посібник для студентів фізичного факультету. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2007. – 50 с.

### Додаткові:

1. Перестюк М.О. Маринець В.В. Теорія рівнянь математичної фізики. Курс лекцій. – К.: Либідь, 1993.
2. Фарлоу С. Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров. – М.: Мир, 1985.

<sup>1</sup> **Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.**



3. Вірченко Н.О. Основні методи розв'язання задач математичної фізики. – К. КПІ, 1997.
4. Боголюбов А.Н., Кравцов В.В. Задачи по математической физике. –М.: Изд-во МГУ, 1998.
5. Свешников А. Г., Боголюбов А.Н., Кравцов В. В. Лекции по математической физике. –М., 1993.
6. Никифоров А.Ф., Уваров В. Б. Специальные функции математической физики. – М.: 1978.
7. Додаткові задачі з курсу «Методи математичної фізики». Спеціальні функції математичної фізики. Упорядники В.М. Хотяїнцев, О.І. Якименко. Київ, 2021. – 34 с.

## **10. Додаткові ресурси:**

[Сторінка курсу «Методи математичної фізики»](#), розділ «Додаткові відомості»