

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ
КАФЕДРА МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана

з навчальної роботи

_____ Людмила ОМЕЛЬЧУК

«__» _____ 20__ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Рівняння математичної фізики

галузь знань	12 «Інформаційні технології»
спеціальність	124 «Системний аналіз»
освітній рівень	бакалавр
освітня програма	«Системний аналіз»
вид дисципліни	обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2024/2025
Семестр	8
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач: д.т.н., доцент **Черній Дмитро Іванович**

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» 20__ р.

на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» 20__ р.

КИЇВ – 2025

Розробник:

Черній Дмитро Іванович, д.т.н., доцент, завідувач кафедри моделювання складних систем.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри моделювання складних систем

_____ **Дмитро ЧЕРНІЙ**

Протокол № __ від «__» _____ 2019 р.

Схвалено. Гарант освітньо-професійної програми першого рівня вищої освіти "Системний аналіз" _____ Михайло ШАРАПОВ

Протокол від «__» _____ 20__ року №__

Голова науково-методичної комісії _____ Тетяна КАРНАУХ

(підпис)

1. Мета дисципліни –засвоєння основних теоретичних положень та опанування методів розв’язання диференціальних рівнянь в частинних похідних, методів розв’язання початково-крайових задач та задач Коші, дослідження коректності постановок граничних задач, опанування методів побудови математичних моделей різноманітних фізичних процесів у вигляді граничних задач для рівнянь в частинних похідних.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни. Для успішного вивчення дисципліни «Рівняння математичної фізики» студент повинен відповідати наступним вимогам:

1. *Успішне опанування курсів:* «Математичний аналіз», «Диференціальні рівняння», «Алгебра», «Аналітична геометрія».
2. *Знати:* основні розділи з математичного аналізу, алгебри та аналітичної геометрії.
3. *Вміти:* знаходити похідні, обчислювати інтеграли, досліджувати функції на екстремум, розв’язувати системи лінійних алгебраїчних рівнянь з параметрами, володіти методами матричної алгебри.
4. *Володіти:* навичками помічати похідні та первісні від основних математичних функцій у різних математичних виразах; складати системи алгебраїчних рівнянь; методами обчислень коренів многочленів, Методами дослідження якісних характеристик побудованих математичних моделей.

3. Анотація навчальної дисципліни. У поняття методів математичної фізики включаються математичні методи, які застосовуються для побудови і вивчення математичних моделей, що описують широкий спектр фізичних явищ та процесів. Методи математичної фізики застосовні, також для побудови математичних моделей систем та досліджень їх властивостей та поведінки. Навчальна дисципліна “Рівняння математичної фізики” включає, як основні елементи теорії диференціальних рівнянь в частинних похідних другого порядку, так і як основні елементи теорії із застосуванням методів інтегральних рівнянь. Навчальна дисципліна “Рівняння математичної фізики” є складовою освітньо-професійної програми підготовки фахівців за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти Галузі знань 12 «Інформаційні технології» в рамках освітньо-професійної програми «Системи і методи прийняття рішень». Дана дисципліна належить до переліку нормативних дисциплін, спеціалізація «Системний аналіз» та «Прикладна статистика». Викладається у 2 семестрі 4 курсу в **обсязі – 90 год., (3 кредити ECTS)** зокрема: лекції – 14 год., практичні заняття – 14 год., консультації – 2 год., самостійна робота – 60 год. У курсі передбачено 2 змістових частини та 2 контрольні роботи. Завершується дисципліна – **заліком**.

4. Завдання (навчальні цілі).

Основними завданнями дисципліни «Рівняння математичної фізики» є набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) відповідно до освітнього ступеню «бакалавр», за спеціальністю «системний аналіз», які формують здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми системного аналізу у професійній діяльності або процесі навчання, що передбачають застосування теоретичних положень та методів системного аналізу та інформаційних технологій та характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.

Зокрема, розвивати:

- K02: здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- K05: здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;
- K07: здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- K20: здатність визначати основні чинники, які впливають на розвиток фізичних, економічних, соціальних процесів, виокремлювати в них стохастичні та невизначені по-

казники, формулювати їх у вигляді випадкових або нечітких величин, векторів, процесів та досліджувати залежності між ними;

- K24: здатність організувати роботу з аналізу та проектування складних систем, створення відповідних інформаційних технологій та програмного забезпечення;
- K25: здатність представляти математичні аргументи і висновки з них з ясністю і точністю і в таких формах, які підходять для аудиторії як усно так і в письмовій формі.

5. Результати навчання за дисципліною.

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
PH 1.1	Знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, аналітичну геометрію, лінійну алгебру.	Лекції, практичні заняття, самостійна робота, опрацювання рекомендованої літератури, виконання домашніх завдань	Контрольні роботи № 1,2, поточне оцінювання	30 %
PH 2.1	Вміти використовувати методи математичної фізики в задачах механіки, біології, економіки, керування, застосовувати системний підхід до побудови динамічних моделей.			30 %
PH 3.1	Обґрунтовувати власний погляд на задачу, спілкуватися з колегами з питань розв'язування задач, складати письмові звіти.			20 %
PH 4.1	Організувати свою самостійну роботу для досягнення результату			20 %

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання.

Результати навчання дисципліни	PH 1.1	PH 2.1	PH 3.1	PH 4.1
Програмні результати навчання				
<i>(з опису освітньої програми)</i>				
ПРО1. Знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, аналітичну геометрію, лінійну алгебру та векторний аналіз, функціональний аналіз та дискретну	+	+	+	+

математику в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу.				
ПР04. Знати та вміти застосовувати базові методи якісного аналізу та інтегрування диференціальних рівнянь і систем, диференціальних рівнянь в частинних похідних, в тому числі рівнянь математичної фізики.	+	+		
ПР09. Вміти створювати ефективні алгоритми для обчислювальних задач системного аналізу та систем підтримки прийняття рішень.	+	+	+	
ПР15. Розуміти українську та іноземну мови на рівні, достатньому для обробки фахових інформаційно-літературних джерел, професійного усного і письмового спілкування, написання текстів за фаховою тематикою.			+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

Семестрове оцінювання:

Максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: **100 балів:**

1. Контрольна робота 1 з першої частини: РН1.1 – **30** балів / 18 бали.
2. Контрольна робота 2 з другої частини: РН2.1. – **30** балів / 18 бали.
3. Поточне оцінювання: РН1.1, РН2.1., РН3.1, РН4.1 – **40** балів / 24 балів.

- підсумкове оцінювання у формі заліку. Виставляється за результатами роботи студентами впродовж усього семестру та не передбачає додаткових заходів оцінювання для успішних студентів.

Завдання контрольних робіт відповідають змісту практичних занять відповідної частини.

7.2 Організація оцінювання

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Контрольна робота 1: до 5 тижня 8 семестру включно.
2. Контрольна робота 2: до 10 тижня 8 семестру включно.

Студенти мають право на одне перескладання кожної контрольної роботи у визначений викладачем термін із можливістю отримання максимально 80 % початково визначених за цю контрольну роботу балів.

У випадку встановлення фактів порушення студентами академічної доброчесності передбачених пунктом 9.8.2 «Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка», що діє від 07.05.2018, вони будуть притягнуті до відповідальності, передбаченої пунктом 9.8.3 цього положення.

7.3 Шкала відповідності оцінок

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

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ лекції	Назва лекції (теми)	Кількість годин		
		Лекції	Практичні заняття	Самост. т. робота
Модуль 1. Постановка граничних задач. Методи розв'язання граничних задач математичної фізики.				
1	Тема 1. Предмет та метод дисципліни. Диференціальні оператори, символи. Оператор Гамільтона (набла), Оператор Лапласа (дельта). Скалярні та векторні властивості диференціальних операторів. <i>Самостійна робота:</i> Диференціальні оператори в n -вимірних просторах.	1		4
2	Тема 2. Класифікація рівнянь в частинних похідних. Класифікація квазілінійних рівнянь другого порядку з двома незалежними змінними. Класифікація квазілінійних рівнянь другого порядку з $n > 2$ незалежними змінними. Канонічні форми рівнянь. <i>Самостійна робота:</i> Застосування згального принципу класифікації рівнянь і систем рівнянь в частинних похідних. Задачі на визначення області збереження типу рівняння.	1	1	4
3	Тема 3. Постановка класичних задач математичної фізики. Граничні задачі для параболічних гіперболічних та еліптичних рівнянь в частинних похідних. Постановка задачі Коші. Постановка типових крайових задач. Постановка початково- крайових задач. Коректність постановок задач математичної фізики. Умови узгодження. <i>Самостійна робота:</i> Дослідження постановок задач. Визначення коректності постановок задач. Класичний та узагальнений розв'язки	1	1	4
4	Тема 4. Основні методи розв'язування задач математичної фізики. Задачі математичної фізики, що зводяться до задачі Коші. Розв'язання задач Коші. Методи розв'язування задач Коші для гіперболічних і параболічних рівнянь математичної фізики. <i>Самостійна робота:</i> Розв'язання задач коливання струн та мембран. Розв'язання задач дифузії та задач теплопровідності.	1	1	4
5	Тема 5. Основні методи розв'язування задач математичної фізики. Розв'язання початково- крайових задач.	1	1	4

	<p>Метод відокремлення змінних (метод Фур'є) в початково-крайових задачах.</p> <p>Метод відокремлення змінних (метод Фур'є) в початково-крайових задачах гіперболічного типу</p> <p>Метод відокремлення змінних (метод Фур'є) в початково-крайових задачах параболічного типу.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Задача Штурма-Ліувіля.</p> <p>Застосування методу відокремлення змінних.</p>			
6	<p>Тема 6. Основні методи розв'язування задач математичної фізики. Розв'язання типових крайових задач. Основні методи розв'язування крайових задач математичної фізики</p> <p>Метод характеристик. Метод функції Гріна. Метод Рімана. Метод теорії потенціалів.</p> <p>Метод відокремлення змінних (метод Фур'є).</p> <p>Метод відокремлення змінних (метод Фур'є). в крайових задачах еліптичного типу.</p> <p>Інтегральне представлення розв'язків основних граничних задач через функцію Гріна.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Побудова функцій Гріна для канонічних областей</p>	1		4
7	<p>Тема 7. Гармонічні функції та їх властивості. Властивості гармонічних функцій, теорема про середнє значення гармонічної функції, принцип максимуму гармонічної функції, регулярність на нескінченості гармонічних функції. Теореми єдності гармонічних функцій. Джерела виникнення рівняння Гельмгольца. Порушення єдності розв'язків рівняння Гельмгольца. Умови регулярності Зомерфельда.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Застосування оператора Лапласа в криволінійних системах координат.</p>	1	1	4
8	<p>Тема 8. Використання теорії потенціалів для дослідження граничних задач з рівняннями еліптичного типу. Граничні інтегральні рівняння для основних граничних задач рівняння Лапласа та Гельмгольца. Теореми про існування розв'язку внутрішньої задачі Діріхле та зовнішньої задачі Неймана. Теорема про існування розв'язку зовнішньої задачі Діріхле та внутрішньої задачі Неймана. Теорема існування розв'язку для першої та другої граничної задачі рівняння Гельмгольца.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Особливості дослідження граничних задач рівняння Лапласа на площині.</p>		1	4
Контрольна робота 1			2	
Модуль 2. Математичні моделі фізичних процесів.				
9	<p>Тема 9. Інтегральні рівняння. Класифікація. Основні теореми.</p> <p>Зв'язок між інтегральними та лінійними диференціальними рівняннями.</p>	1	1	4

	Методи розв'язання інтегральних рівнянь. <i>Самостійна робота:</i> Задачі на розв'язання інтегральних рівнянь.			
10	Тема 10. Зведення задач математичної фізики до інтегральних рівнянь. Зведення крайових задач до інтегральних рівнянь. <i>Самостійна робота:</i> Розв'язання задач з вільними межами.	1	1	4
11	Тема 11. Математичні моделі руху ідеальної нестисливої рідини. Інтегральні закони збереження маси, імпульсу та повної енергії, диференціальні рівняння руху ідеальної рідини. Рівняння стану речовини. Граничні умови на поверхні твердого тіла і рідини. Граничні умови на межі відокремлення двох різних середовищ. Спрощені моделі руху рідини, ізоентропічні та потенціальні рухи, моделі. Постановка задач з рухомими межами. Моделі коливальних процесів. <i>Самостійна робота:</i> Лінеаризація рівнянь моделі руху рідини, модель акустики, модель обтікання тонкого тіла.	1	1	4
12	Тема 12. Математичні моделі руху в'язкої рідини. Закони збереження маси імпульсу та енергії для в'язкої рідини в диференціальній та інтегральній формах. Тензор в'язких напружень. Математичні моделі теорії пружності та теорії пластичності. Математичні моделі розповсюдження тепла та дифузії речовини. <i>Самостійна робота:</i> Граничні задачі для в'язкої рідини.	1		4
13	Тема 13. Математичні моделі електростатики. Закон Кулона, поняття напруженості електростатичного поля, теорем Гауса, потенціальність електростатичного поля точкового та розподіленого зарядів. Поле диполя, поняття потенціалів. <i>Самостійна робота:</i> Постановки задач електростатики, граничні умови.	1		4
14	Тема 14. Математичні моделі магнітостатики. Магнітне поле, напруженість магнітного поля, закон Біо-Савара-Лапласа. Властивості стаціонарного магнітного поля. Рівняння магнітостатики. <i>Самостійна робота:</i> Постановка Постановки задач магнітостатики. Визначення граничних умов.	1		4
15	Тема 15 Методи інтегральних перетворень. Перетворення Фур'є. Перетворення Лапласа. Перетворення Мелліна.	1	1	4

Перетворення Ганкеля. Перетворення Лежандра. Перетворення Канторовича -Лебедева. Перетворення Мелера-Фока <i>Самостійна робота: Задачі на методи інтегральних перетворень</i>			
Контрольна робота 2		2	
ВСЬОГО	14	14	60

Загальний обсяг 90 годин, в тому числі:

Лекцій – 14 год.,

Практичні – 14 год.

Консультації – 2 год.

Самостійна робота – 60 год.

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Перестюк М.О., Маринець В.В. Теорія рівнянь математичної фізики.-Київ: «Либідь», 1993,250с.
2. Вірченко Н.О. Основні методи розв'язання задач математичної фізики.- Київ, КПІ, 1997,370с.
3. Довгий С.О., Ліфанов І.К. Метод Сингулярних інтегральних рівнянь. Теорія та застосування. -Київ, «наукова думка», 2004,510с.
4. Dovgiy, S.O., Lyashko, S.I., Cherniy, D.I. Algorithms of the Discrete Singularity Method for Computing Technologies // Cybernetics and Systems Analysis, 53 (6).-2017.- pp. 950-962. DOI: 10.1007/s10559-017-9997-4.

Додаткові:

1. Arnold V. Mathematical methods of classical mechanics. - Springer, 2010, 530p.
2. S.O.Dovgiy,I.K.Lifanov, D.I.Cherniy The method of singular integral equations and computational technologies. –Kyiv.: Publishing house "Yuston" 2016, pp.380.
3. Lifanov I.K., Poltavskii L.N., Vainikko G.M. Hypersingular integral equations and their application./ London, New York, Washington D.C.: «Chapman &Hall/CRC». Press Company, 2004, 398p.