

Київський університет імені Бориса Грінченка
Факультет інформаційних технологій та математики
Кафедра математики і фізики



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-методичної та
навчальної роботи

Олексій ЖИЛЬЦОВ

« 01 » 09 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

РІВНЯННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ

для студентів

спеціальності	<u>111 Математика</u>
освітнього рівня	<u>першого (бакалаврського)</u>
освітньої програми	<u>111.00.01 Математика</u>

Київ – 2022



Розробник:

Бодненко Д. М., к.п.н, доцент кафедри комп'ютерних наук і математики,
Факультет інформаційних технологій та управління Київського
університету імені Бориса Грінченка

Викладач:

Бодненко Д. М., к.п.н, доцент кафедри комп'ютерних наук і математики,
Факультет інформаційних технологій та управління Київського
університету імені Бориса Грінченка

Робочу програму розглянуто і затверджено на засіданні кафедри
комп'ютерних наук і математики

Протокол від 28 серпня 2020 р. № 10
Завідувач кафедри *О. С. Литвин* (О.С. Литвин)
(підпис)

Робочу програму погоджено з гарантом освітньої програми (керівником
освітньої програми 111.00.01 «Математика»
(назва освітньої програми)

 . . 20 р.
Керівник освітньої програми *М. М. Астаф'єва* (М.М. Астаф'єва)
(підпис)

Робочу програму перевірено

 . . 20 р.
Заступник директора/декана *І. В. Мельник* (І.В. Мельник)
(підпис)

Пролонговано:

на 2021/2022 н.р. *О. С. Литвин* (*Литвин О.С.*), «26» 08 2021 р., протокол № 10
(підпис) (ПІБ)
на 2022/2023 н.р. *О. С. Литвин* (*Литвин О.С.*), «04» 08 2022 р., протокол № 02
(підпис) (ПІБ)
на 20 /20 н.р. (), « » 20 р., протокол №
(підпис) (ПІБ)
на 20 /20 н.р. (), « » 20 р., протокол №
(підпис) (ПІБ)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика дисципліни за формами навчання	
	денна	заочна
Вид дисципліни	Вибіркова(ВДС1.07)	
Мова викладання, навчання та оцінювання	Українська	
Загальний обсяг кредитів / годин	5	
Курс	4	
Семестр	7	
Кількість змістових модулів з розподілом:	3	
Обсяг кредитів	5	
Обсяг годин, в тому числі:	120	
Аудиторні	70	
Модульний контроль	10	
Семестровий контроль	-	
Самостійна робота	70	
Форма семестрового контролю	залік	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу –вивчення дисципліни «Рівняння математичної фізики» є ознайомлення з основами теорії диференціальних рівнянь в частинних похідних, теоретичними положеннями та основними застосуваннями методів математичної фізики у сучасній теоретичній фізиці.

Основними завданнями вивчення рівнянь математичної фізики за цією програмою є:

- оволодіння студентами основами знань про методи розв'язання рівнянь математичної фізики;
- набуття системних знань про використання математичних рівнянь в фізичних процесах;
- знання і розуміння ролі рівнянь математичної фізики в пізнанні фундаментальних знань про природу, використання яких є базою науково-технічного прогресу.

Завдання курсу:

- **методичні**
- 1. уміння користуватися математичними методами розв'язку фізичних задач;
- 2. навички роботи прикладними програмами для розв'язку окремих задач математичної фізики.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен *знати*: основні поняття з програмного матеріалу даного курсу;

вміти: використовувати вивчений матеріал при вирішенні конкретних задач, застосовувати теоретичні знання на практиці.

3. використовувати вивчений матеріал при вирішенні конкретних задач та розрахунках даних предметної області.

4. Уміти проводити аналіз і синтез на основі запропонованих даних.

- **пізнавальні**

- уявлення про фундаментальні засади рівнянь математичної фізики, алгоритмічні аспекти розв'язання окреслених задач.

- **практичні**

5. уміння реалізовувати отримані знання при роботі із рівняннями математичної фізики різного роду;

2. Результати навчання за дисципліною

У процесі викладання навчальної дисципліни основна увага приділяється оволодінню студентами професійною компетентністю, та досягти наступних **програмних результатів навчання**:

Назва компетентності	Складові компетентності
ДФК-1 Додаткові фахові компетентності спеціалізацій	Навички основ моделювання сучасними математичними методами з розділів математики, вивчення яких передбачене навчальним планом в рамках зазначеної спеціалізації, з використанням, у тому числі, відповідних комп'ютерних програм та інформаційних технологій.
ДПРН-1 Додаткові програмні результати навчання	Використовувати методи дисциплін, що вивчаються в рамках спеціалізації (операційне числення, варіаційне числення, фінансову математику, дослідження операцій, символічні обчислення та комп'ютерну алгебру), до розв'язування легких і середньої складності прикладних задач, зокрема, оптимізаційних; застосовувати методи математичної фізики для моделювання реальних фізичних, біологічних, екологічних, соціально-економічних та інших процесів і явищ.

3. Програма навчальної дисципліни

Навчально-тематичний план

№ з/п	Тема занять	Загальна кількість годин	Лекції	Практичні, заняття	Модульний контроль	Самостійна робота		Семестровий контроль
Змістовий модуль 1 КЛАСИФІКАЦІЯ РІВНЯНЬ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ. ХВИЛЬОВІ ПРОЦЕСИ В НЕОБМЕЖЕНИХ І ОБМЕЖЕНИХ ОБЛАСТЯХ.								
1	Класифікація рівнянь математичної фізики	4	2	2				
2	Коливання нескінченної струни	4	2	2				
3	Хвильове рівняння	6	2	4				
4	Хвильові процеси в обмежених областях	30	2	4	4	20		
	Всього за змістовий модуль 1	44	8	12	4	20		
Змістовий модуль II. РІВНЯННЯ ПАРАБОЛІЧНОГО ТИПУ								
5	Вільні коливання мембрани	6	2	4				
6	Рівняння параболічного типу	6	2	4				
7	Процеси розповсюдження тепла та дифузії в необмежених та напівобмежених областях	28	2	4	2	20		
	Всього за змістовий модуль 2	40	6	12	2	20		
Змістовий модуль III. РІВНЯННЯ ЕЛІПТИЧНОГО ТИПУ.								
8	Рівняння еліптичного типу	14	2	12				
9	Метод теорії потенціалів	10	2	8				
10	Метод інтегральних перетворень.	42	2	6	4	30		
	Всього за змістовий модуль 3	66	6	26	4	30		
	Разом	150	20	50	10	70		

Змістовий модуль 1: Класифікація рівнянь математичної фізики. Хвильові процеси в необмежених і обмежених областях.

Тема №1 «Класифікація рівнянь математичної фізики»

1. Вступ. Задачі, що приводять до диференціальних рівнянь з частинними похідними (ДРЧП).
2. Основні поняття теорії ДРЧП. Класифікація ДРЧП 2-го порядку від двох незалежних змінних.
3. Зведення до канонічного вигляду ДРЧП 2-го порядку від двох незалежних змінних.

Тема №2 «Коливання нескінченної струни»

1. Задачі, що приводять до рівнянь гіперболічного типу.
2. Задача Коші для одновимірного однорідного хвильового рівняння. Формула Даламбера.
3. Стійкість розв'язку задачі Коші. Узагальнений розв'язок задачі Коші. Фізична інтерпретація загального розв'язку хвильового рівняння. Поширення хвиль відхилення.
4. Вимушені коливання нескінченної струни

Тема №3 «Хвильове рівняння»

1. Хвильове рівняння в просторі. Формула Кірхгофа.
2. Коливання мембрани. Формула Пуассона.
3. Загальна постановка задачі Коші. Характеристична задача (задача Гурса).

Тема №4 «Хвильові процеси в обмежених областях»

1. Крайові задачі. Вільні коливання струни із закріпленими кінцями.
2. Фізична інтерпретація розв'язку задачі про вільні коливання обмеженої струни.
3. Обґрунтування методу Фур'є.
4. Вимушені коливання обмеженої струни.
5. Інтегрування першої загальної мішаної задачі з неоднорідними крайовими умовами.

Змістовий модуль 2: Рівняння параболічного типу.

Тема №5 «Вільні коливання мембрани»

1. Вільні коливання прямокутної мембрани.
2. Оператор Лапласа в криволінійній системі координат.
3. Метод Фур'є для розв'язання задач про вільні коливання круглої мембрани.

Тема №6 «Рівняння параболічного типу»

1. Найпростіші задачі, що приводять до рівнянь параболічного типу. Рівняння теплопровідності.
2. Принцип максимального значення.
3. Мішана задача для одновимірного однорідного рівняння теплопровідності. Функція Гріна.

Тема №7 «Процеси розповсюдження тепла та дифузії в необмежених та напівобмежених областях»

1. Постановка задачі Коші та єдиність її розв'язку. Існування розв'язку задачі Коші.
2. Задача Коші про поширення тепла на нескінченній прямій.
3. Неоднорідне рівняння теплопровідності.
4. Задача про поширення тепла на струні, що має один закріплений кінець.

Змістовий модуль №3 : Рівняння еліптичного типу.

Тема №8 «Рівняння еліптичного типу»

1. Стаціонарне теплове поле.
2. Деякі частинні розв'язки рівняння Лапласа.
3. Формули Гріна. Інтегральне представлення розв'язку.
4. Властивості гармонійних функцій.
5. Постановка основних задач для рівняння Лапласа.
6. Задача Діріхле для круга. Метод Фур'є.
7. Інтеграл Пуассона.

Тема №9 «Метод теорії потенціалів»

1. Об'ємний потенціал.
2. Логарифмічний потенціал.
3. Застосування поверхневих потенціалів до розв'язання крайових задач.
4. Внутрішня задача Діріхле.
5. Зовнішня задача Неймана.

Тема №10 «Метод інтегральних перетворень»

1. Перетворення Фур'є.
2. Властивості перетворення Фур'є.
3. $\sin$ -, $\cos$ - перетворення Фур'є.
4. Перетворення Лапласа.

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Лінійні диференціальні рівняння в частинних похідних першого порядку від двох незалежних змінних.	2
2.	Класифікація ДРЧП 2-го порядку від двох незалежних змінних.	2
3.	Зведення до канонічного вигляду ДРЧП 2-го порядку від двох незалежних змінних.	2
4.	Задача Коші для однорідних коливань необмеженої струни. Поширення хвиль відхилення	2
5.	Побудова розв'язку задачі Коші для вимушених коливань нескінченної струни	2
6.	Вільні коливання в просторі.	2
7.	Розв'язування задачі Коші для однорідного рівняння коливань мембрани.	2
8.	Розв'язання задачі Коші з даними на характеристиках.	2
9.	Метод Фур'є при розв'язуванні задачі про вільні коливання струни.	4
10.	Метод Фур'є при розв'язуванні задачі про вимушені коливання струни.	4
11.	Інтегрування першої загальної мішаної задачі з неоднорідними крайовими умовами.	2
12.	Розв'язання рівнянь Лапласа в прямокутнику та крузі методом відокремлення змінних	4
13.	Задачі, які приводять до рівнянь гіперболічного типу. Інтегрування першої мішаної задачі для одновимірного рівняння теплопровідності.	4
14.	Задачі про поширення тепла на нескінченній прямій та на прямій, закріпленій в одному кінці.	4
15.	Метод Фур'є при розв'язуванні задачі Діріхле.	4
16.	Застосування інтегральних рівнянь до розв'язку основних крайових задач теорії потенціалу.	4
17.	Перетворення Фур'є. $\sin$ -, $\cos$ - перетворення Фур'є. Перетворення Лапласа.	4
	Усього годин	50

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Кількість балів
1	Класифікація рівнянь математичної фізики. Хвильові процеси в необмежених і обмежених областях	20	10
2	Рівняння параболічного типу	20	10
3	Рівняння еліптичного типу	30	10
		70	30

6. Контроль навчальних досягнень

Навчальні досягнення студентів з дисципліни оцінюються за модульно-рейтинговою системою, в основу якої покладено принцип поопераційної звітності, обов'язковості модульного контролю, накопичувальної системи оцінювання рівня знань, умінь та навичок, зведення кількості підсумкових балів до 100. Фактична кількість балів для кожного студента сумується протягом вивчення дисципліни

Оцінка за кожний змістовий модуль включає бали за поточну роботу студента на практичних заняттях, за виконання самостійних робіт, за модульну контрольну роботу.

У процесі оцінювання навчальних досягнень студентів застосовуються такі методи:

- методи усного контролю: індивідуальне опитування, фронтальне опитування, співбесіда, екзамен.
- методи комп'ютерного контролю: тестові програми.
- методи самоконтролю: уміння самостійно оцінювати свої знання, самоаналіз.

Кількість балів за роботу з теоретичним матеріалом, на заняттях, під час виконання самостійної роботи залежить від дотримання таких вимог:

- систематичність відвідування занять;
- своєчасність виконання навчальних і індивідуальних завдань;
- повний обсяг їх виконання;
- якість виконання навчальних і індивідуальних завдань;
- самостійність виконання;
- творчий підхід у виконанні завдань;
- ініціативність у навчальній діяльності;
- виконання тестових завдань.

Форми проведення модульного контролю та критерії оцінювання.

Форма проведення: комплексний тест по темам, передбачених змістовими модулями. Виконання модульних контрольних робіт здійснюється у вигляді розрахункових робіт за темами (та подаються при необхідності в електронному вигляді в системі е-навчання Moodle.) За правильну відповідь на кожне завдання в залежності від складності питання, студент отримує від 1-го до 5-х балів. Максимальна кількість балів за виконання завдань – 25 балів. Модульний контроль знань студентів здійснюється після завершення вивчення навчального матеріалу змістового модуля.

Максимальна кількість балів, якою може бути оцінена самостійна робота, становить 10 балів.

- 9-10 балів – відмінно, студент глибоко і міцно засвоїв матеріал, вичерпно, грамотно оформив роботу.
- 7-8 балів – добре, студент твердо знає матеріал, не допускає істотних неточностей при відповіді на поставлені питання.

- 4-6 балів – задовільно, студент знає тільки основний матеріал, але не засвоїв його деталей, допускає неточності при оформленні та відповіді на поставлені питання.
- 0-3 бали – незадовільно, студент не знає матеріалу, допускає істотні помилки при оформленні та відповіді на поставлені питання.

Контроль успішності студентів з урахуванням поточного і підсумкового оцінювання здійснюється відповідно до навчально-методичної карти дисципліни, де зазначено види контролю і кількість балів за видами. Систему оцінювання навчальних досягнень студентів та шкалу відповідності оцінок подано нижче у таблицях.

6.1 Система оцінювання навчальних досягнень студентів

Вид діяльності студента	Максимальна к-сть балів за одиницю	Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	
		кількість одиниць	максимальна кількість балів	кількість одиниць	максимальна кількість балів	кількість одиниць	максимальна кількість балів
Відвідування лекцій	1	4	4	3	3	3	3
Відвідування практичних занять	1	6	6	6	6	13	13
Робота на практичному занятті	10	6	60	6	60	13	130
Виконання завдань для самостійної роботи	14	1	10	1	10	1	10
Виконання модульної роботи	25	1	25	1	25	2	25
Виконання ІНДЗ	30	-					
Разом		-	105	-	104	-	181
Максимальна кількість балів:						390	
Розрахунок коефіцієнта $100/390=0,25641$:						0,256	

Підсумком вивчення дисципліни "Рівняння математичної фізики" є залік.

6.2. Завдання для самостійної роботи та критерії її оцінювання (Проектні завдання)

Змістовий модуль 1: Класифікація рівнянь математичної фізики. Хвильові процеси в необмежених і обмежених областях.

Тема №4 «Хвильові процеси в обмежених областях»

1. Крайові задачі. Вільні коливання струни із закріпленими кінцями.
2. Фізична інтерпретація розв'язку задачі про вільні коливання обмеженої струни.
3. Обґрунтування методу Фур'є.

Змістовий модуль 2: Рівняння параболічного типу.

Тема №7 «Процеси розповсюдження тепла та дифузії в необмежених та напівобмежених областях»

1. Неоднорідне рівняння теплопровідності.

2. Задача про поширення тепла на струні, що має один закріплений кінець.

Змістовий модуль №3 : Рівняння еліптичного типу.

1. Деякі частинні розв'язки рівняння Лапласа.
2. Формули Гріна.
3. Постановка основних задач для рівняння Лапласа.
4. Задача Діріхле для круга.
5. Метод Фур'є.
6. Інтеграл Пуассона.

Тема №9 «Метод теорії потенціалів»

1. Внутрішня задача Діріхле.
2. Зовнішня задача Неймана.

Тема №10 «Метод інтегральних перетворень»

1. sin-, cos- перетворення Фур'є.
2. Перетворення Лапласа.

Самостійна робота з розподілом балів

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Кількість балів
1	Хвильові процеси в обмежених областях	20	10
2	Процеси розповсюдження тепла та дифузії в необмежених та напівобмежених областях	20	10
3	Рівняння еліптичного типу	30	10
		70	30

6.3 Форми проведення модульного контролю та критерії оцінювання.

Методи усного контролю: індивідуальне опитування, фронтальне опитування, співбесіда.

Методи письмового контролю: модульне письмове тестування; підсумкове письмове тестування, колоквіум.

Комп'ютерного контролю: тестові програми.

Методи самоконтролю: уміння самостійно оцінювати свої знання, самоаналіз.

Форми проведення модульного контролю та критерії оцінювання.

Форма проведення: комплексний тест по темам, передбачених змістовими модулями. Виконання модульних контрольних робіт здійснюється у вигляді розрахункових робіт за темами (та подаються при необхідності в електронному вигляді в системі е-навчання Moodle.) За правильну відповідь на кожне завдання в залежності від складності питання, студент отримує від 1-го до 5-х балів. Максимальна кількість балів за виконання завдань – 25 балів. Модульний контроль знань студентів здійснюється після завершення вивчення навчального матеріалу змістового модуля.

6.4. Форма проведення семестрового контролю та критерії оцінювання

6.6 Шкала відповідності оцінок

Рейтингова оцінка	Оцінка за стобальною шкалою	Значення оцінки
A	90 – 100 балів	Відмінно – відмінний рівень знань (умінь) в межах обов'язкового матеріалу з можливими незначними недоліками
B	82-89 балів	Дуже добре – достатньо високий рівень знань (умінь) в межах обов'язкового матеріалу без суттєвих (грубих) помилок
C	75-81 балів	Добре – в цілому добрий рівень знань (умінь) з незначною кількістю помилок
D	69-74 балів	Задовільно – посередній рівень знань (умінь) із значною кількістю недоліків, достатній для подальшого навчання або професійної діяльності
E	60-68 балів	Достатньо – мінімально можливий допустимий рівень знань (умінь)
FX	35-59 балів	Незадовільно з можливістю повторного складання – незадовільний рівень знань, з можливістю повторного перескладання за умови належного самостійного доопрацювання
F	1-34 балів	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням курсу – досить низький рівень знань (умінь), що вимагає повторного вивчення дисципліни

Методичне забезпечення

Викладання навчальної дисципліни забезпечується сучасними технічними засобами навчання, які побудовані на новітніх інформаційно-комунікаційних технологіях (мультимедійний комп'ютер, мультимедійний проектор, інтерактивний комплекс SMART Board, авторські засоби мультимедіа).

На заняттях і під час самостійній роботі студентів використовуються методичні рекомендації щодо вивчення дисципліни, ілюстративні комп'ютерні дидактичні матеріали, які розроблені на кафедрі, а саме:

- Опорні конспекти лекцій.
- Навчальні посібники.
- Робоча навчальна програма.
- Збірка контрольних завдань для тематичного (модульного) оцінювання навчальних досягнень студентів.
- Засоби підсумкового контролю (комп'ютерна програма тестування, комплект друкованих завдань для підсумкового контролю).
- Презентації.

7. Навчально-методична карта дисципліни «Рівняння математичної фізики»

Модулі	Змістовий модуль 1				Змістовий модуль 2			Змістовий модуль 3		
Назва модуля	КЛАСИФІКАЦІЯ РІВНЯНЬ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ. ХВИЛЬОВІ ПРОЦЕСИ В НЕОБМЕЖЕНИХ І ОБМЕЖЕНИХ ОБЛАСТЯХ				РІВНЯННЯ ПАРАБОЛІЧНОГО ТИПУ			РІВНЯННЯ ЕЛІПТИЧНОГО ТИПУ		
Кількість балів за модуль	105				104			181		
Заняття	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Теми лекцій	Класифікація рівнянь математичної фізики	Коливання нескінченної струни	Хвильове рівняння	Хвильові процеси в обмежених областях	Вільні коливання мембрани	Рівняння параболічного типу	розповсюдження тепла та дифузії в необмежених та напівобмежених	Рівняння еліптичного типу	Метод теорії потенціалів	Метод інтегральних перетворень.
Бали	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Заняття	1	2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-18	19-22	23-25
Теми практичних занять	Класифікація рівнянь математичної фізики	Коливання нескінченної струни	Хвильове рівняння	Хвильові процеси в обмежених областях	Вільні коливання мембрани	Рівняння параболічного типу	Процеси розповсюдження тепла та дифузії в необмежених та напівобмежених областях	Рівняння еліптичного типу	Метод теорії потенціалів	Метод інтегральних перетворень.
Бали	11	11	22	22	22	22	22	66	44	33
Модульний контроль	25 балів				25 балів			25 балів		
Самостійна робота	10				10			10		

Усього 390 балів
100 : 390=0,256

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

Основна:

1. Рівняння математичної фізики : навч. посіб. / Л.В. Курпа, Г.Б. Лінник. – Харків : Вид-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2011. – 312 с.
2. Рівняння математичної фізики : навч. посіб. / Маринець В.В., Рєго В.Л. (І-ІІ частина) . – Ужгород : Вид-во Ужгородського нац. ун-ту, 2009. – 202 с.
3. Стрелковська І.В. Рівняння математичної фізики: навч. посіб. / І.В. Стрелковська, В.М. Паскаленко. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2017. – 104 с.

Допоміжна

1. Перестюк М.О. Теорія рівнянь математичної фізики / М.О. Перестюк, В.В. Маринець. – К.: Либідь, 1993. – 247 с.
2. Юрачківський А.П. Метод відокремлення змінних у задачах математичної фізики: Навч. посібник для студентів природничих факультетів /А.П. Юрачківський, В.О. Грязнова. – К.: РВЦ "Київський університет", 1988. – 142 с.
3. Білоколот Є.Д. Спеціальні функції в задачах математичної фізики / Є.Д. Білоколот, А.П. Юрачківський, Д.Д. Шека. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2000. – 92 с.

Інформаційні ресурси

1. Newton's 'Principia', first edition. 1687. High-resolution presentation of the Gunnerus Library's copy. (лат.)
2. Newton's 'Principia', first edition. 1687. (лат.)