

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретичної фізики**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан фізичного
факультету

проф. Лазур В.Ю.
« 30 » серпня 2021 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ»**

Рівень вищої освіти
Галузь знань
Спеціальність

**перший (бакалаврський)
10 Природничі науки
104 Фізика та астрономія**

Освітня програма
Статус дисципліни
Мова навчання

**Фізика та астрономія
вибіркова
українська**

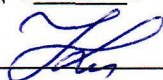
Ужгород – 2021

Робоча програма навчальної дисципліни «Методи математичної фізики» для здобувачів вищої освіти галузі знань 10 Природничі науки спеціальності 104 Фізика та астрономія освітньої програми Фізика та астрономія.

Розробник: Нодь Є.А., канд. фіз.-мат. наук, доцент

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри теоретичної фізики

протокол № 11 від « 16 » червня 2021 р.

Завідувач кафедри  доц. Карбованець М.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 10 від « 30 » червня 2021 р.

Голова науково-методичної комісії  доц. Карбованець М.І.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	Денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 4	Рік підготовки:
Загальна кількість годин – 120	3-й
Кількість модулів – 2	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання - 8: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 4	6-й
	Лекції:
	30 -год.
	Практичні (семінарські):
	- -год.
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні:
	30 -год.
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:
	60 -год.

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Методи математичної фізики**» є надання здобувачам вищої освіти знань основ теорії диференціальних рівнянь із частинними похідними (ДРЧП), ознайомлення з основними рівняннями математичної фізики та постановкою для них крайових задач, формування умінь складати математичні моделі різних явищ природи, які приводять до задач Коші, мішаних та крайових задач для ДРЧП, навчити студентів володінню відповідним математичним апаратом, який повинен бути достатнім для того, щоб майбутні фахівці могли опрацьовувати побудовані математичні моделі, тобто знаходити розв'язки отриманих задач, давати їх фізичну інтерпретацію, вміти проводити дослідження реальних процесів на основі вивчення якісних властивостей розроблених математичних моделей.

Вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

- | | |
|-----|--|
| ІК | Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов. |
| K01 | Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. |
| K03 | Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. |

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Методи математичної фізики**» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

ОК 14 Диференціальні і інтегральні рівняння

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувачів вищої освіти програмних результатів навчання (ПРН) відповідно до стандарту вищої освіти зі спеціальності **104 Фізика та астрономія** та освітньої програми **Фізика та астрономія**:

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
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.	ПРН-04
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.	ПРН-09
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.	ПРН-16

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «**Методи математичної фізики**»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Володіння відповідним математичним апаратом, який повинен бути достатнім для того, щоб майбутні фахівці з фізики та астрономії могли опрацьовувати математичні моделі, які приводять до задач Коші, мішаних та крайових задач для ДРЧП, а також складати такі моделі. Формалізувати фізичні задачі за допомогою освоєного математичного апарату, класифікувати отримані математичні співвідношення за типами і, слідуючи відомим алгоритмам, отримувати розв'язки.	ПРН-04
Вміти досліджувати та будувати моделі, для розв'язання яких використовують методи математичної фізики; працювати в команді.	ПРН-09
Вміти використовувати сучасні інформаційні технології для комп'ютерної реалізації математичних моделей та прогнозування поведінки конкретних систем, розв'язувати професійні задачі за допомогою комп'ютерної техніки, комп'ютерних мереж та Інтернету, в середовищі сучасних операційних систем.	ПРН-16

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- стандартизовані тести;
- поточне опитування;
- реферати;
- презентації результатів виконаних завдань;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах;
- залік.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування перед початком занять;
- індивідуальне та групове опитування;
- контрольна робота;
- розрахункові завдання;
- тестування;
- підготовка реферату;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю:

Модульний контроль здійснюється в формі виконання студентом модульного контрольного завдання (контрольної роботи, тесту, колоквіуму тощо) згідно затвердженого кафедрою графіку.

Форма підсумкового контролю: залік.

6 семестр

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота							Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	60	100
5	6	6	6	6	6	5		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота								Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	60	100
5	5	5	5	5	5	5	5		

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні заняття	7	40	8	40
Модульна контрольна робота	1	60	1	60
Разом	8	100	9	100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

При оцінюванні знань враховується в першу чергу повнота, правильність і вичерпність відповідей на поставлені в модульних контрольних роботах запитання. Оцінка виставляється за 100-бальною шкалою та національною 4-бальною шкалою. Відомість результатів оформлюється за системою ECTS.

Оцінка «відмінно» виставляється, якщо під час проведення контролю було виявлено:

1. Наявність у студента всебічних, повних, глибоких інтегрованих знань програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання запропонованого варіанту.
2. Вміння студента в письмовій та усній формі чітко, вичерпно і правильно викласти відповіді на питання запропонованого варіанту.
3. Глибоке розуміння студентом взаємозв'язку головних понять і положень предмета, розуміння значення цих положень і понять для майбутньої професії.
4. Високий рівень підготовленості студента з питань курсу до подальшої роботи над вдосконаленням рівня своєї професійної кваліфікації.

У відповідях студентів не має бути значних помилок. Відмінно виконана робота демонструє наявність у студента творчих здібностей.

Оцінка «добре» виставляється, коли студент письмово відповів на всі запитання, засвоїв всю навчальну програму курсу. У відповідях, які оцінені на «добре», можлива не більш як одна незначна помилка або виявлено декілька неточностей. Студент спроможний з допомогою літератури ліквідувати всі недоліки у відповідях.

Оцінка «задовільно» виставляється, коли студент дав відповіді на питання всіх завдань, але при цьому можуть проявитися певні прогалини у засвоєнні програми курсу. У відповідях, які оцінені на «задовільно», можуть зустрітися не більше як одна груба помилка або декілька значних та істотних неточностей.

Оцінка «незадовільно» виставляється за роботу, яка засвідчує про

наявність у студента великих та суттєвих прогалин у знаннях основного матеріалу курсу, а у наявних його письмових відповідях є як принципові, так і грубі помилки. Студенти, які не представили письмові відповіді на модульних контрольних роботах, вважаються такими, що одержали оцінку «незадовільно».

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «**Методи математичної фізики**» здійснюється у формі заліку.

Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: "зараховано" або "незараховано". Підсумкова оцінка визначається наступними критеріями.

Оцінка "зараховано" – якщо студент достатньо чітко і грамотно відповідає на питання в межах матеріалу, викладеного у рамках лекційних занять, може показати та обґрунтувати взаємозв'язок різних частин матеріалу, пройденого у межах матеріалу навчальної дисципліни; демонструє здатність до мислення, при відповіді на питання розмірковує, спираючись на отримані у рамках курсу знання, не допускає істотних неточностей у відповіді, правильно вибудовує логіку вирішення типових завдань;

Оцінка "незараховано" – якщо студент викладає основні питання недостатньо чітко або допускає істотні помилки при їх викладі, не може пояснити зв'язків у рамках викладеного матеріалу, не знає значної частини програмного матеріалу, не може дати точних визначень понять, пройдених у рамках курсу, дає розпливчасті формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

За бажанням студента результуюча підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		Екзамен та диференційований залік	Залік
90-100	A	відмінно	Зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	

60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	Не зараховано
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незадовільно» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань вносяться до відомості обліку успішності.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

СЕМЕСТР 6

Модуль 1

Тема 1. *Класифікація рівнянь в частинних похідних. Задачі, що приводять до рівнянь у частинних похідних.*

Поняття про диференціальні рівняння у частинних похідних, їх загальні й частинні розв'язки. Практичне застосування методів математичної фізики для опису закономірностей різних фізичних явищ. Загальна характеристика метода математичних моделей, розв'язання фізичних задач. Рівняння коливань струни. Рівняння малих поздовжніх коливань пружного стрижня. Рівняння поперечних коливань мембрани. Рівняння теплопровідності.

Тема 2. *Класифікація та зведення до канонічного виду лінійних рівнянь другого порядку з двома незалежними змінними. Класифікація крайових задач.*

Зведення до канонічного вигляду рівнянь гіперболічного, параболічного, еліптичного типу. Граничні та початкові умови. Їх фізична інтерпретація. Класифікація крайових задач. Постановки крайових задач для еліптичних рівнянь. Поняття про коректність постановки крайової задачі. Некоректні задачі математичної фізики. Задача Коші для хвильового рівняння.

Тема 3. *Метод розділення змінних (метод Фур'є) для одновимірних перших мішаних крайових задач.*

Перша мішана крайова задача для однорідного хвильового рівняння (вільні коливання струни). Перша мішана крайова задача для однорідного параболічного рівняння. Перша мішана крайова задача для неоднорідного хвильового рівняння (вимушені коливання струни). Перша мішана крайова задача для неоднорідного параболічного рівняння. Випадок неоднорідних граничних умов першого роду.

Тема 4. *Метод розділення змінних (метод Фур'є) для крайових задач в прямокутнику.*

Перша мішана крайова задача для гіперболічного рівняння в прямокутнику. Перша мішана крайова задача для параболічного рівняння. Задача Діріхле для рівняння Лапласа.

Тема 5. *Задача Коші для рівнянь параболічного типу.*

Постановка задачі Коші для параболічних рівнянь. Метод відокремлення змінних (метод Фур'є) для задачі Коші в одновимірному випадку. Формула Пуассона та фундаментальний розв'язок рівняння теплопровідності. Задача Коші в n -вимірному просторі.

Тема 6. Спеціальні функції математичної фізики. Позначення та криволінійні координати в математичній фізиці.

Загальна задача Штурма-Ліувілля. Функції Бесселя. Позначення в математичній фізиці. Диференціальні операції в криволінійних координатах.

Тема 7. Метод розділення змінних (метод Фур'є) для крайових задач в крузі.

Метод Фур'є для першої мішаної крайової задачі для однорідного хвильового рівняння в крузі. Метод Фур'є для першої мішаної крайової задачі для однорідного параболічного рівняння в крузі. Задача Діріхле для рівняння Лапласа. Інтеграл Пуассона.

Модуль 2

Тема 1. Фундаментальний розв'язок рівняння Лапласа. Метод функції Гріна.

Гармонічні функції в обмежених та необмежених областях. Формули Гріна. Фундаментальний розв'язок рівняння Лапласа. Основна інтегральна формула Гріна та основна формула теорії гармонічних функцій. Функція Гріна для оператора Лапласа. Приклади функцій Гріна для деяких областей.

Тема 2. Крайові задачі для гіперболічних рівнянь.

Існування та єдність розв'язку задачі Коші в одновимірному випадку. Стійкість розв'язку задачі Коші. Узагальнений розв'язок задачі Коші. Єдиність розв'язку першої мішаної крайової задачі для гіперболічного рівняння.

Тема 3. Принцип максимуму. Єдиність та стійкість розв'язку крайових задач для рівнянь параболічного типу.

Принцип максимуму для параболічних рівнянь та наслідки з нього. Принцип максимуму для еліптичних рівнянь та наслідки з нього. Єдиність та стійкість розв'язку першої мішаної крайової задачі. Єдиність розв'язків другої та третьої мішаних крайових задач. Єдиність розв'язку задачі Коші. Стійкість розв'язку задачі Коші.

Тема 4. Еліптичні рівняння та фізичні процеси, які до них приводять.

Фізичні процеси, що приводять до рівнянь еліптичного типу. Постановки крайових задач для еліптичних рівнянь. Фундаментальний розв'язок рівняння Лапласа.

Тема 5. Принцип максимуму та коректність крайових задач для рівнянь еліптичного типу.

Принцип максимуму та його наслідки. Єдиність та неперервна залежність від граничних умов розв'язку задачі Діріхле. Формули Гріна. Єдиність розв'язку задачі Неймана.

Тема 6. Метод розділення змінних (метод Фур'є) для еліптичних рівнянь.

Задача Діріхле для рівняння Лапласа в прямокутнику. Задача Діріхле для рівняння Лапласа в крузі. Інтеграл Пуассона.

Тема 7. *Метод функції Гріна.*

Основна інтегральна формула Гріна та основна формула теорії гармонічних функцій. Функція Гріна для оператора Лапласа. Приклади функцій Гріна для деяких областей.

Тема 8. *Класифікація інтегральних рівнянь. Зведення крайових задач для рівнянь еліптичного типу до розв'язування інтегральних рівнянь.*

Класифікація лінійних інтегральних рівнянь. Інтегральні рівняння в виродженими ядрами. Теореми Фредгольма. Задача Діріхле для рівняння Лапласа. Задача Неймана для рівняння Лапласа. Задача Діріхле для рівняння Пуассона.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання					
	Усього	у тому числі				
		лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
6-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Класифікація рівнянь в частинних похідних. Задачі, що приводять до рівнянь у частинних похідних.	8	2		2		4
Тема 2. Класифікація та зведення до канонічного виду лінійних рівнянь другого порядку з двома незалежними змінними. Класифікація крайових задач.	8	2		2		4
Тема 3. Метод розділення змінних (метод Фур'є) для одновимірних перших мішаних крайових задач.	8	2		2		4
Тема 4. Метод розділення змінних (метод Фур'є) для крайових задач в прямокутнику.	8	2		2		4
Тема 5. Задача Коші для рівнянь параболічного типу.	9	2		2		5
Тема 6. Спеціальні функції математичної фізики. Позначення та криволінійні координати в математичній фізиці.	9	2		2		5
Тема 7. Метод розділення змінних (метод Фур'є) для крайових задач в крузі.	8	2		2		4
Разом за модуль	58	14		14		30
Модуль 2						
Тема 1. Фундаментальний розв'язок рівняння Лапласа. Метод функції Гріна.	7	2		2		3
Тема 2. Крайові задачі для гіперболічних рівнянь.	7	2		2		3
Тема 3. Принцип максимуму. Єдиність та стійкість розв'язку крайових задач для рівнянь параболічного типу.	8	2		2		4

Тема 4. Еліптичні рівняння та фізичні процеси, які до них приводять.	8	2		2		4
Тема 5. Принцип максимуму та коректність крайових задач для рівнянь еліптичного типу.	8	2		2		4
Тема 6. Метод розділення змінних (метод Фур'є) для еліптичних рівнянь.	8	2		2		4
Тема 7. Метод функції Гріна.	8	2		2		4
Тема 8. Класифікація інтегральних рівнянь. Зведення крайових задач для рівнянь еліптичного типу до розв'язування інтегральних рівнянь.	8	2		2		4
Разом за модуль	62	16		16		30
Разом за семестр	120	30		30		60

6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Класифікація рівнянь в частинних похідних. Задачі, що приводять до рівнянь у частинних похідних.	2
2	Класифікація та зведення до канонічного виду лінійних рівнянь другого порядку з двома незалежними змінними. Класифікація крайових задач.	2
3	Метод розділення змінних (метод Фур'є) для одновимірних перших мішаних крайових задач.	2
4	Метод розділення змінних (метод Фур'є) для крайових задач в прямокутнику.	2
5	Задача Коші для рівнянь параболічного типу.	2
6	Спеціальні функції математичної фізики. Позначення та криволінійні координати в математичній фізиці.	2
7	Метод розділення змінних (метод Фур'є) для крайових задач в крузі.	2
8	Фундаментальний розв'язок рівняння Лапласа. Метод функції Гріна.	2
9	Крайові задачі для гіперболічних рівнянь.	2
10	Принцип максимуму. Єдиність та стійкість розв'язку крайових задач для рівнянь параболічного типу.	2
11	Еліптичні рівняння та фізичні процеси, які до них приводять.	2
12	Принцип максимуму та коректність крайових задач для рівнянь еліптичного типу.	2
13	Метод розділення змінних (метод Фур'є) для еліптичних рівнянь.	2
14	Метод функції Гріна.	2
15	Класифікація інтегральних рівнянь. Зведення крайових задач для рівнянь еліптичного типу до розв'язування інтегральних рівнянь.	2
Разом		30

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Класифікація рівнянь в частинних похідних. Задачі, що приводять до рівнянь у частинних похідних.	4
2	Класифікація та зведення до канонічного виду лінійних рівнянь другого порядку з двома незалежними змінними. Класифікація крайових задач. Задача Коші для хвильового рівняння.	4
3	Метод розділення змінних (метод Фур'є) для одновимірних перших мішаних крайових задач.	4
4	Метод розділення змінних (метод Фур'є) для крайових задач в прямокутнику.	4
5	Задача Коші для рівнянь параболічного типу.	5
6	Спеціальні функції математичної фізики. Позначення та криволінійні координати в математичній фізиці.	5
7	Метод розділення змінних (метод Фур'є) для крайових задач в крузі.	4
8	Фундаментальний розв'язок рівняння Лапласа. Метод функції Гріна.	3
9	Крайові задачі для гіперболічних рівнянь.	3
10	Принцип максимуму. Єдиність та стійкість розв'язку крайових задач для рівнянь параболічного типу.	4
11	Еліптичні рівняння та фізичні процеси, які до них приводять.	4
12	Принцип максимуму та коректність крайових задач для рівнянь еліптичного типу.	4
13	Метод розділення змінних (метод Фур'є) для еліптичних рівнянь.	4
14	Метод функції Гріна.	4
15	Класифікація інтегральних рівнянь. Зведення крайових задач для рівнянь еліптичного типу до розв'язування інтегральних рівнянь.	4
Разом		60

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Технічні засоби та обладнання: мультимедійний проектор, комп'ютер.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки, планшети, веб-камери.

Програмне забезпечення: MS Power Point, MS Excel, математичні пакети прикладних програм Mathcad, Matlab.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Карбованець М.І., Лазур В.Ю. Методи математичної фізики: навчальний посібник. – Ужгород: Видавництво УжНУ “Говерла”, 2019. – 74 с.
2. Перестюк М.О., Маринець В. В. Теорія рівнянь математичної фізики. Київ: Либідь, 2006. 422 с.
3. Tikhonov A. N., Samarskii A. A. Equations of Mathematical Physics. New Yourk: Dover, 1990. 765 p.
4. Курпа Л. В., Лінник Г. Б. Рівняння математичної фізики. Харків: Вид-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2011. 312 с.
5. Піх С. С, Попель О. М., Ровенчак А. А., Тальянський І. І. Методи математичної фізики. Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2011. 404 с.
6. Смирнов М.М. Задачи по уравнениям математической физики. М. : Наука, 1975. 125 с.
7. Араманович И.Г., Левин В.И. Уравнения математической физики. М. : Наука, 1969. 288 с.
8. Арсенин В.Я. Методы математической физики и специальные функции. М.: Наука, 1984. 313 с.
9. Бицадзе А.В., Калинин Д.Ф. Сборник задач по уравнениям математической физики. М. : Наука, 1977. – 224 с.
10. Бойко Б.Т., Курпа Л.В., Сенчук Ю.Ф. Рівняння математичної фізики : навч. посіб. Х. : НТУ “ХПІ”, 2001. – 288 с.
11. Н.О.Вірченко Деякі типові крайові задачі математичної фізики та методи їх розв'язання - К. "Вища школа", вид. При КДУ. – 1976. 56 с.

Допоміжна література

1. Положій Г. М. Рівняння математичної фізики. Київ: Рад. шк., 1959. 479с.
2. Курант Р, Гильберт Д. Методы математической физики. – Москва; Ленинград: Гос. изд-во технико-теоретической л-ры, 1951.– Т. I.– 476 с.; Т. II.– 544 с.
3. Уолкер Р., Метьюз Дж. "Математические методы физики". – М.: Атомиздат, 1972. – 401 с.
4. Николенко В. "Уравнения математической физики". – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 391 с.
5. Владимиров В.С.. "Уравнения математической физики". – М.: Наука, 1981. – 512 с.