

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Навчально-науковий інститут фізико - технічних та комп'ютерних наук
Кафедра термоелектрики та медичної фізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор навчально-наукового інституту
фізико-технічних та комп'ютерних наук

Олег АНГЕЛЬСЬКИЙ

“09” серпня 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
Методи математичної фізики
(обов'язкова)

Освітньо-професійна програма	<u>Прикладна фізика та наноматеріали</u>
Спеціальність	<u>105 Прикладна фізика та наноматеріали</u>
Галузь знань	<u>10 Природничі науки</u>
Рівень вищої освіти	<u>Перший (бакалаврський)</u>
<u>Навчально-науковий інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук</u>	
Мова навчання	<u>Українська</u>

Чернівці 2024 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «**Методи математичної фізики**» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Прикладна фізика та наноматеріали» підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали галузі знань 10 Природничі науки, затвердженої Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (Протокол № 6 від «26» травня 2022 року).

Розробник:

Іваночко Михайло Миколайович, доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент;

Маханець Олександр Михайлович, професор, доктор фізико-математичних наук, професор.

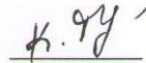
Викладач:

Іваночко Михайло Миколайович, доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент.

Погоджено з гарантом ОП і затверджено на засіданні кафедри термоелектрики та медичної фізики ННІФТКН ЧНУ імені Юрія Федьковича

Протокол № 1 від 09 серпня 2024 року

В.о. завідувача кафедри



Кобилянський Р.Р.

Схвалено методичною радою ННІФТКН

Протокол № 1 від 09 серпня 2024 року

Голова методичної ради ННІФТКН



Козярський І.П.

Пояснювальна записка

Мета навчальної дисципліни: засвоєння студентами тих розділів математики, що виникли в результаті дослідження різних фізичних явищ: теорії диференціальних рівнянь в частинних похідних, варіаційного числення та розділів, дотичних до них, таких як теорія функцій комплексної змінної, теорія узагальнених функцій, теорія спеціальних функцій. Методи математичної фізики займають важливе місце у навчальному процесі, це завершальний математичний курс, що складає основу математичного апарату наступних курсів теоретичної фізики.

Пререквізити. Для успішного вивчення дисципліни «Методи математичної фізики» студенти повинні опанувати такі курси: Математичний аналіз, Аналітична геометрія та лінійна алгебра, Теорія ймовірності і математична статистика, Основи векторного і тензорного аналізу, Диференціальні та інтегральні рівняння, Механіка, Молекулярна фізика, Електрика і магнетизм.

Завдання вивчення навчальної дисципліни:

- Навчання студентів самостійно розв'язувати крайові задачі математичної фізики різними методами, варіаційні задачі, оперувати з комплексними функціями, узагальненими та спеціальними функціями.
- Ознайомлення з основними класами рівнянь математичної фізики та їх фізичним змістом.
- Вивчення методів розв'язування рівнянь у частинних похідних — аналітичних та чисельних.
- Засвоєння основних понять теорії функцій, спеціальних функцій та їх застосування в задачах фізики.
- Формування вмінь застосовувати методи математичного аналізу для дослідження фізичних моделей.
- Розвиток навичок постановки та аналізу математичних задач на основі фізичних законів.
- Ознайомлення з методами побудови та аналізу аналітичних розв'язків для різних фізичних задач.

Результати навчання

Відповідно до освітньо-професійної програми «Прикладна фізика та наноматеріали», вивчення дисципліни «Методи математичної фізики» сприяє формуванню у здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти таких **компетентностей**:

Загальні компетентності (ЗК)

- ЗК1.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК2.** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК5.** Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК6.** Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.
- ЗК7.** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК8.** Навички міжособистісної взаємодії.
- ЗК9.** Здатність працювати автономно.

Фахові компетентності (ФК)

- ФК4.** Здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок.
- ФК5.** Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.
- ФК6.** Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.
- ФК7.** Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.
- ФКС1.** Знати загальні принципи дії термоелектричних пристроїв та апаратури. Здатність аналізувати особливості теплових процесів у різних термоелектричних пристроях. Опанувати теоретичні та практичні навички комп'ютерного моделювання функціональних матеріалів, перетворювачів енергії, теплових насосів, інформаційних та енергетичних систем.

Програмних результатів навчання за спеціальністю (ПР):

РН1. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

РН2. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.

РН4. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

РН5. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.

РН6. Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.

РН7. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики.

ПРН2. Знати методи та засоби проектування оптимальних властивостей термоелектричних матеріалів та пристроїв на їх основі.

ПРН3. Мати теоретичні та практичні навички комп'ютерного моделювання функціональних матеріалів, перетворювачів енергії, теплових насосів, інформаційних та енергетичних систем.

Опис змісту робочої програми навчальної дисципліни

Загальна інформація про розподіл годин

Назва навчальної дисципліни Методи математичної фізики												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	Змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	2	4	6	180	2	45	45	–	–	90	–	екзамен

Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем навчальних занять	Кількість годин					
	денна форма					
	Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Виведення та розв'язування рівнянь математичної фізики						
Тема 1. Виведення одновимірного хвильового рівняння, яке описує вільні поперечні коливання струни із закріпленими кінцями.	11	3	3			5
Тема 2. Рівняння для напруженості змінного електричного та магнітного полів у вакуумі.	12	3	3			6
Тема 3. Виведення рівнянь параболічного типу (рівнянь теплопровідності та дифузії).	9	2	2			5
Тема 4. Задачі, що приводять до рівнянь еліптичного типу. Рівняння Пуассона, Лапласа та Гельмгольца.	11	3	3			6
Тема 5. Розв'язування рівнянь гіперболічного типу. Постановка граничних та початкових умов.	9	2	2			5

Тема 6. Розв'язування хвильових рівнянь методом відокремлення змінних Ейлера – Фур'є.	12	3	3			6
Тема 7. Вимушені коливання струни, закріпленої на кінцях. Загальна гранична задача.	12	3	3			6
Тема 8. Розв'язування хвильового рівняння, яке описує коливання закріпленої струни у середовищі.	12	3	3			6
Разом за ЗМ1	89	22	22		–	45
Змістовий модуль 2. Спеціальні функції						
Тема 9. Інтегрування рівняння Лапласа у циліндричних координатах. Рівняння Бесселя. Розв'язування рівняння Бесселя нульового порядку.	11	3	3			5
Тема 10. Умова ортогональності функцій Бесселя нульового порядку. Розв'язування рівняння Бесселя першого порядку.	11	3	3			5
Тема 11. Розв'язки рівняння Бесселя ν -го порядку: функції Бесселя та функції Неймана.	9	2	2			5
Тема 12. Інтегрування рівнянь математичної фізики у сферичній системі координат. Розв'язування рівняння Лапласа у сферичних координатах. Рівняння Лежандра. Поліноми Лежандра.	11	3	3			5
Тема 13. Сферичні та кульові функції. Стаціонарний розподіл температури в кулі.	11	3	3			5
Тема 14. Розв'язування рівнянь параболічного типу. Постановка крайових задач. Метод відокремлення змінних. Розв'язування однорідної крайової задачі.	9	2	2			5
Тема 15. Поширення тепла в стержні, кінці якого знаходяться при заданих змінних температурах. Розв'язування неоднорідного рівняння теплопровідності.	9	2	2			5
Тема 16. Рівняння еліптичного типу. Фундаментальні розв'язки рівнянь Лапласа та Гельмгольца. Граничні задачі для рівнянь еліптичного типу.	9	2	2			5
Тема 17. Метод відокремлення змінних для рівнянь еліптичного типу. Перша крайова задача для круга. Формула Пуассона.	11	3	3			5
Разом за ЗМ 2	91	23	23		–	45
Усього годин	180	45	45		–	90

Тематика лекційних занять з переліком питань

№	Назва теми лекції
1.	<i>T1. Виведення одновимірного хвильового рівняння, яке описує вільні поперечні коливання струни із закріпленими кінцями .</i> Л1. Вступ. Виведення рівняння, яке описує вільні поперечні коливання струни із закріпленими кінцями. Фізичні задачі, що приводять до рівнянь математичної фізики.
2.	<i>T2. Рівняння для напруженості змінного електричного та магнітного полів у вакуумі.</i> Л2. Виведення рівняння вимушених коливань струни та коливань двохвимірної системи. Виведення рівняння для напруженості змінного електричного та магнітного полів у вакуумі.

3.	<i>T3. Виведення рівнянь параболічного типу.</i> Л3. Виведення рівнянь теплопровідності та дифузії.
4.	<i>T4. Задачі, що приводять до рівнянь еліптичного типу.</i> Л4. Виведення рівнянь Пуассона та Лапласа. Рівняння, що описує потенціальний або ламінарний рух нестисливої рідини або газу. Рівняння Гельмгольца.
5.	<i>T5. Розв'язування рівнянь гіперболічного типу.</i> Л5. Розв'язування рівнянь гіперболічного типу. Постановка граничних та початкових умов.
6.	<i>T6. Розв'язування рівнянь гіперболічного типу.</i> Л6. Розв'язування хвильових рівнянь методом відокремлення змінних Ейлера – Фур'є.
7.	<i>T7. Вимушені коливання струни, закріпленої на кінцях. Загальна гранична задача.</i> Л7. Задача про вимушені коливання закріпленої струни. Перша крайова задача.
8.	<i>T8. Розв'язування хвильового рівняння, яке описує коливання закріпленої струни у середовищі.</i> Л8. Розв'язування хвильового рівняння, яке описує коливання закріпленої струни у середовищі з опором.
9.	<i>T9. Спеціальні функції.</i> Л9. Інтегрування рівняння Лапласа у циліндричних координатах. Рівняння Бесселя.
10.	<i>T10. Розв'язування рівняння Бесселя нульового порядку.</i> Л10. Розв'язування рівняння Бесселя нульового порядку. Умова ортогональності функцій Бесселя нульового порядку.
11.	<i>T11. Розв'язування рівняння Бесселя першого порядку.</i> Л11, 12. Розв'язування рівняння Бесселя першого порядку. Розв'язки рівняння Бесселя ν -го порядку: функції Бесселя та функції Неймана.
12.	<i>T12. Інтегрування рівнянь математичної фізики у сферичній системі координат.</i> Л13. Розв'язування рівняння Лапласа у сферичних координатах. Рівняння Лежандра. Поліноми Лежандра.
13.	<i>T13. Сферичні та кульові функції. Стаціонарний розподіл температури в кулі.</i> Л14, 15. Сферичні та кульові функції. Стаціонарний розподіл температури в кулі.
14.	<i>T14. Розв'язування рівнянь параболічного типу. Постановка крайових задач. Метод відокремлення змінних. Розв'язування однорідної крайової задачі.</i> Л16. Метод відокремлення змінних. Розв'язування однорідної крайової задачі.
15.	<i>T15. Поширення тепла в стержні, кінці якого знаходяться при заданих змінних температурах. Розв'язування неоднорідного рівняння теплопровідності.</i> Л17,18. Поширення тепла в стержні, кінці якого знаходяться при заданих змінних температурах. Розв'язування неоднорідного рівняння теплопровідності.
16.	<i>T16. Рівняння еліптичного типу. Фундаментальні розв'язки рівнянь Лапласа та Гельмгольца. Граничні задачі для рівнянь еліптичного типу.</i> Л19. Рівняння еліптичного типу. Фундаментальні розв'язки рівнянь Лапласа та Гельмгольца.
17.	<i>T17. Метод відокремлення змінних для рівнянь еліптичного типу. Перша крайова задача для круга. Формула Пуассона.</i> Л20,21. Метод відокремлення змінних для рівнянь еліптичного типу.

Тематика практичних занять з переліком питань

№	Назва теми (завдання)
1.	<i>T1. Виведення одновимірною хвильового рівняння, яке описує вільні поперечні коливання струни із закріпленими кінцями .</i> Виведення рівнянь математичної фізики.

2.	<i>T5. Розв'язування рівнянь гіперболічного типу.</i> Розв'язування диференційних рівнянь з частинними похідними.
3.	<i>T7. Вимушені коливання струни, закріпленої на кінцях</i> Розв'язування задач про вимушені коливання струни. Розв'язування загальної граничної задачі.
4.	<i>T9. Спеціальні функції.</i> Інтегрування рівняння Лапласа у циліндричних координатах.
5.	<i>T10. Розв'язування рівняння Бесселя нульового порядку.</i> Розв'язування рівняння Бесселя нульового порядку. Доведення умов ортонормування для функцій Бесселя нульового порядку.
6.	<i>T11. Розв'язування рівняння Бесселя першого порядку.</i> Розв'язування задач, які потребують використання функцій Бесселя нульового та першого порядків.
7.	<i>T12. Інтегрування рівнянь математичної фізики у сферичній системі координат.</i> Доведення, що поліноми Лежандра є розв'язками рівняння Лежандра, а приєднані поліноми Лежандра є розв'язками узагальненого рівняння Лежандра.
8.	<i>T14. Розв'язування рівнянь параболічного типу.</i> Розв'язування однорідної крайової задачі для рівнянь параболічного типу методом відокремлення змінних Ейлера – Фур'є.
9.	<i>T17. Метод відокремлення змінних для рівнянь еліптичного типу.</i> Розв'язування першої крайової задачі для круга. Формула Пуассона.
10.	<i>T15. Поширення тепла в стержні, кінці якого знаходяться при заданих змінних температурах.</i> Розв'язування задач теплопровідності, які потребують розв'язування неоднорідного рівняння теплопровідності.

Контроль виконання, винесених на підготовку практичних завдань проводиться в рамках модульних контролів та переглядом викладачем виконання домашніх завдань. Максимальна кількість набраних студентом балів за практичну роботу складає 20 балів.

Завдання для самостійної роботи студентів

№	Завдання для самостійної роботи (види роботи)
1.	Рівняння теплопровідності в одному, двох та трьох вимірах.
2.	Функція Гріна для одновимірного та двовимірного рівнянь теплопровідності.
3.	Рівняння Пуассона та Лапласа. Гармонічні функції.
4.	Вимушені теплові коливання. Рівняння Гельмгольца.
5.	Рівняння дифузії. Функція Гріна.
6.	Диференціювання узагальнених функцій. δ -функція Дірака. Γ – функція та її властивості. Основні формули для Γ – функцій.
7.	Узагальнені розв'язки лінійних диференціальних рівнянь.

Контроль виконання завдань, винесених на самостійне опрацювання проводиться в рамках модульного контролю. Бали за цю роботу входять у загальну кількість балів за конкретний модуль.

Методи навчання

Методи навчання:

лекції: проблемний виклад, частково-пошукові та дослідницькі методи, презентації, бесіди і дискусії;

практичні заняття: метод проблемного підходу, дослідницький метод.

Самостійна робота студентів передбачає: конспектування лекційного матеріалу; вивчення теоретичного матеріалу лекційних занять та опрацювання літературних джерел,

рекомендованих цією програмою; проведення розрахунків та підготовку звітів з лабораторних робіт.

Інтерактивні методи навчання: застосуванням електронних мультимедійних комплексів навчальних дисциплін та ресурсів, а також платформи для дистанційного навчання Moodle (<https://moodle.chnu.edu.ua>).

Форми навчальних занять: лекції, практичні заняття, консультації.

Система контролю та оцінювання

Методи контролю

У процесі оцінювання навчальних досягнень застосовуємо методи усного і письмового контролю, зокрема такі **засоби оцінювання** та демонстрування результатів навчання:

- *засоби усного контролю:* індивідуальне опитування, фронтальне опитування, презентації результатів виконаних завдань;
- *засоби письмового контролю:* контрольні роботи, тестування, самостійні роботи, виконання та захист лабораторних;
- *засоби самоконтролю:* уміння самостійно оцінювати свої знання, самоаналіз.

У разі проведення навчального процесу та оцінювання у дистанційній формі використовуються засоби Moodle (у тому числі тестування; <https://moodle.chnu.edu.ua>).

Система оцінювання знань є накопичувальною (складається із суми балів за різними видами здійсненого контролю).

Форми контролю

Основними формами поточного контролю є:

- усні відповіді студентів;
- виконання тестових завдань з метою перевірки рівня засвоєння теоретичного матеріалу за навчальними темами;
- усна відповідь студента при здачі лабораторної роботи;
- виконання модульної контрольної роботи (тестування та розв'язання навчально-професійних задач).

Зазначені форми контролю на лекційних та лабораторних заняттях є обов'язковими для всіх студентів.

Форма підсумкового контролю – іспит.

Критерії оцінювання поточного та підсумкового контролю навчальних досягнень студентів

Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів за результатами поточного контролю

Критеріями оцінювання навчальних досягнень студентів за результатами поточного контролю є:

- Знання теоретичного матеріалу
- Практичні навички
- Самостійність і критичне мислення
- Якість виконання завдань
- Активність на заняттях
- Дотримання термінів виконання завдань
- Академічна доброчесність

Розподіл балів, які отримують студенти за модулі

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)		Кількість балів (іспит)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль №1	Змістовий модуль №2		

T1,T2, T3,T4,T5, T6, T7, T8	T9,T10,T11,T12,T13, T14, T15, T16, T17		
30	30	40	100

T1,T2, T3,T4,T5,T6,T7,T8,...,T16,T17 – теми змістових модулів.

Критерії підсумкового оцінювання результатів навчання студентів з навчальної дисципліни

Критерієм підсумкового оцінювання є досягнення студентом певних знань передбаченим результатом навчання, коли студент опанував теоретичними та практичними знаннями навчальної дисципліни.

На залік виносяться питання теоретичних знань і практичних навиків студентів з навчальної дисципліни. Залікові білети містять два теоретичних питання.

Теоретичні питання (пункт 1 і 2 білетів) оцінюються максимальною кількістю балів рівною 20 за наступними критеріями:

- ◆ **16-20 балів:** коли студентом дані правильні вичерпні відповіді на всі поставлені запитання, уміло застосовані теоретичні знання, висвітлені питання не за завченою схемою, а своїми словами, з глибоким розумінням всіх основних процесів перетворення та акумулювання енергії вимірювальних пристроях.
- ◆ **11-15 балів:** коли студентом дані правильні відповіді на всі поставлені запитання, але відповіді не зовсім повні, в окремих випадках допущені незначні неточності у формулюванні закономірностей чи у записах аналітичних виразів пов'язаних з перетворенням та акумулюванням енергії, окремі моменти не дістали належного з'ясування.
- ◆ **6-10 балів:** коли відповідь студента правильна і становить більше половини матеріалу, що містять питання згідно програми, але присутні істотні помилки у поясненні основних явищ пов'язаних з перетворенням та акумулюванням енергії.
- ◆ **0-5 балів:** коли не дано правильні відповіді на поставлені запитання, або відповіді надто поверхові, непослідовні і неточні, виявляють незнання студентом програмного матеріалу, містять грубі помилки, що свідчить про нерозуміння основних понять та явищ пов'язаних з перетворенням та акумулюванням енергії.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Рейтингова оцінка з дисципліни	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	5 (відмінно)
80-89	B	4 (добре)
70-79	C	4 (добре)
60-69	D	3 (задовільно)
50-59	E	3 (задовільно)
35-49	Fx	2 (незадовільно) з можливістю повторного складання
1-34	F	2 (незадовільно) з обов'язковим самостійним повторним опрацюванням освітнього компонента до перескладання

Критерії підсумкової оцінки як показника результатів вивчення навчальної дисципліни

Згідно шкали ЄКТС загальна кількість балів, яку студент може отримати у процесі вивчення дисципліни, становить 100 балів, з яких 60 балів студент набирає при поточних

видах контролю і 40 балів – у процесі підсумкового контролю (іспит).

Таким чином знання студентів оцінюється як з теоретичної, так і з практичної підготовки за такими критеріями:

«А» 90-100 балів ставиться у разі, якщо студент:	– постійно готувався до занять та згідно з програмою дисципліни; – глибоко та всебічно розкривав зміст питань; – показав уміння формулювати висновки, узагальнювати та аналізувати навчальний матеріал; – показав уміння вільно виконувати завдання; – переконливо та логічно викладав матеріал, проявляв творчий підхід до підготовки до лабораторних робіт; – належним чином виконував завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю або допускав при усних відповідях та тестуванні окремі незначні неточності.
«В» 80-89 балів ставиться у разі, якщо студент:	– розкривав згідно з програмою дисципліни зміст питань; – робив узагальнення та висновки з окремих питань; – виконав усі лабораторні роботи; – виконував завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю, але недостатньо використовував додаткову літературу; – при усних відповідях не досить повно і аргументовано викладав матеріал, а при тестуванні мали місце окремі неточності; – не проявив творчий підхід до виконання індивідуальних завдань та наукових повідомлень.
«С» 70-79 балів ставиться у разі, якщо студент:	– розкривав згідно з програмою дисципліни зміст питань; – виконував завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю, але допускав окремі неточності при усних відповідях, тестуванні; – не проявляв належної активності на лекційних та лабораторних заняттях, недостатньо використовував додаткову літературу; неохайно виконував завдання лабораторних робіт.
«D» 60-69 ставиться у разі, якщо студент:	– відповідав на окремі питання, які обговорювалися; – формулював висновки з окремих питань; – виконував завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю, але допускав окремі неточності; – не проявляв належної активності на лабораторних заняттях та старанності при виконанні завдань для самостійної роботи; – недостатньо використовував додаткову літературу; – виконав не всі завдання для самостійної роботи, або не виконав хоча б одну лабораторну роботу.
«E» 50-59 балів ставиться у разі, якщо студент:	– відповідав на окремі питання, які обговорювалися; – виконував окремі завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю, але допускав неточності при усних відповідях (будуючи свою відповідь на звичайному повторенні навчального матеріалу без його осмислення), тестуванні; – не проявляв належної активності на лабораторних заняттях, старанності при виконанні завдань для самостійної роботи; – недостатньо використовував основну та додаткову літературу; – виконав не всі лабораторні роботи; – не належним чином виконував індивідуальні завдання.
«Fx» 35-49 балів ставиться	– поверхнево розкривав зміст питань, які розглядалися; – допускав суттєві помилки при усних та письмових відповідях; – поверхнево ознайомився з рекомендованою літературою; – частково виконав завдання для самостійної роботи; – допускав принципові помилки під час виконання завдань;

у разі, якщо студент:	– не виконував лабораторні роботи; – не виконав завдання модульного контролю.
«F» 1-34 балів ставиться у разі, якщо студент:	– поверхнево розкривав зміст питань, які розглядалися; – допускав суттєві помилки при усних та письмових відповідях, тестуванні; – поверхнево ознайомився з рекомендованою літературою; – не виконав завдання для самостійної роботи; – не виконував лабораторні роботи; – на підсумковому занятті не вміє відтворити зміст окремих питань, передбачених програмою дисципліни; – не виконав завдання модульного контролю.

**Перелік питань для самоконтролю та контролю навчальних
досягнень студентів з навчальної дисципліни**
Питання для поточного контролю

Модуль 1

1. Вивід хвильового рівняння, яке описує поперечні коливання струни із закріпленими кінцями.
2. Вивід рівнянь параболічного типу. Рівняння теплопровідності та дифузії.
3. Вивід рівнянь еліптичного типу. Рівняння Пуассона, Лапласа та Гельмгольца
4. Постановка крайових та початкових умов для рівнянь гіперболічного типу. Перша крайова задача.
5. Метод розділення змінних Ейлера-Фур'є для розв'язування хвильових рівнянь (рівнянь гіперболічного типу).
6. Стоячі хвилі – розв'язок хвильового рівняння, яке описує поперечні коливання струни, закріпленої на кінцях.
7. Розв'язування хвильового рівняння, яке описує вимушені коливання закріпленої на кінцях струни.
8. Розв'язування хвильового рівняння, яке описує коливання закріпленої струни у середовищі з опором.
9. Розв'язування загальної граничної задачі для хвильових рівнянь.

Модуль 2

1. Розв'язування рівняння Лапласа у циліндричних координатах. Рівняння Бесселя.
2. Розв'язування рівняння Бесселя нульового порядку. Функції Бесселя нульового порядку.
3. Умова ортогональності та норма функцій Бесселя нульового порядку.
4. Розв'язування рівняння Бесселя порядку. Функції Бесселя першого порядку.
5. Функції Бесселя довільного ν -го порядку. Вирази для функцій Бесселя $J_\nu(x)$, записані через Γ -функцію.
6. Функції Бесселя напівцілого порядку. Рекурентні формули для функцій Бесселя.
7. Розв'язування рівняння Лапласа у сферичній системі координат. Рівняння Лежандра.
8. Розв'язування рівняння Лежандра.
9. Поліноми Лежандра. Формула Родріга для знаходження поліномів Лежандра довільного степеня. Умова ортогональності та норма поліномів Лежандра.
10. Сферичні та кульові функції – розв'язки рівняння Лапласа у сферичній системі координат.
11. Задача про стаціонарний розподіл температури в кулі.
12. Постановка крайових задач для рівнянь параболічного типу. Перша крайова задача.
13. Розв'язування однорідної крайової задачі для рівнянь параболічного типу.
14. Задача про поширення тепла в стержні, кінці якого знаходяться при заданих змінних температурах.
15. Розв'язування неоднорідного рівняння теплопровідності.
16. Розв'язування задачі про поширення тепла у нескінченному циліндрі.
17. Задача про поширення тепла у нескінченному стержні, бічна поверхня якого теплоізована.

18. Фундаментальні розв'язки рівнянь Лапласа та Гельмгольца.
19. Основна формула для гармонічних функцій. Властивості гармонічних функцій.
10. Постановка граничних задач для рівнянь еліптичного типу.
11. Розв'язування внутрішньої та зовнішньої задач Діріхле для круга. Формула Пуассона.

Питання для підсумкового контролю

1. Як виводиться хвильове рівняння, яке описує поперечні коливання струни із закріпленими кінцями?
2. Як виводяться рівняння параболічного типу, зокрема рівняння теплопровідності та дифузії?
3. Як виводяться рівняння еліптичного типу, такі як рівняння Пуассона, Лапласа та Гельмгольца?
4. Якою є постановка крайових та початкових умов для рівнянь гіперболічного типу та що таке перша крайова задача?
5. Як застосовується метод розділення змінних Ейлера-Фур'є для розв'язування хвильових рівнянь (рівнянь гіперболічного типу)?
6. Що таке стоячі хвилі та як виглядає розв'язок хвильового рівняння, яке описує поперечні коливання струни, закріпленої на кінцях?
7. Як розв'язується хвильове рівняння, яке описує вимушені коливання струни, закріпленої на кінцях?
8. Як розв'язується хвильове рівняння, яке описує коливання закріпленої струни у середовищі з опором?
9. Як розв'язується загальна гранична задача для хвильових рівнянь?
10. Як розв'язується рівняння Лапласа у циліндричних координатах та яке рівняння Бесселя при цьому виникає?
11. Як розв'язується рівняння Бесселя нульового порядку та які властивості мають функції Бесселя нульового порядку?
12. Яка умова ортогональності та яка норма функцій Бесселя нульового порядку?
13. Як розв'язується рівняння Бесселя першого порядку та що собою представляють функції Бесселя першого порядку?
14. Як виглядають функції Бесселя довільного порядку ν та як записуються вирази для функції Бесселя $J_\nu(x)$ через Γ -функцію?
15. Які властивості мають функції Бесселя напівцілого порядку та які існують рекурентні формули для функцій Бесселя?
16. Як розв'язується рівняння Лапласа у сферичній системі координат та яке рівняння Лежандра при цьому виникає?
17. Як розв'язується рівняння Лежандра?
18. Що таке поліноми Лежандра, як використовується формула Родріга для їх знаходження, та яка умова ортогональності і норма цих поліномів?
19. Що таке сферичні та кульові функції та як вони пов'язані з розв'язками рівняння Лапласа у сферичній системі координат?
20. Яка постановка та розв'язання задачі про стаціонарний розподіл температури в кулі?
21. Як формулюються крайові задачі для рівнянь параболічного типу та що таке перша крайова задача?
22. Як розв'язується однорідна крайова задача для рівнянь параболічного типу?
23. Як формулюється та розв'язується задача про поширення тепла в стержні, кінці якого знаходяться при заданих змінних температурах?
24. Як розв'язується неоднорідне рівняння теплопровідності?
25. Як розв'язується задача про поширення тепла у нескінченному циліндрі?
26. Як формулюється та розв'язується задача про поширення тепла у нескінченному стержні з теплоізолюваною бічною поверхнею?
27. Які існують фундаментальні розв'язки для рівнянь Лапласа та Гельмгольца?
28. Яка основна формула для гармонічних функцій та які властивості мають гармонічні функції?
29. Як формулюються граничні задачі для рівнянь еліптичного типу?

30. Як розв'язуються внутрішня та зовнішня задачі Діріхле для круга та як отримується формула Пуассона?

Зарахування результатів неформальної освіти

Відповідно до «Положення про взаємодію формальної та неформальної освіти, визнання результатів навчання (здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти, в системі формальної освіти) у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича (протокол № 109 від 28 березня 2022 року) (<https://www.chnu.edu.ua/media/Zaykf41y/polozhennia-pro-vzaiemodiiu-formalnoi-ta-neformalnoi-osvity.pdf>) у процесі вивчення дисципліни здобувачу освіти може бути зараховано до 25% балів, отриманих за результатами неформальної та/ або інформальної освіти з проблем, що відповідають тематиці курсу.

Рекомендована література

Основна література

1. Піх С. С., Попель О. М., Ровенчак А. А., Тальянський І. І. Методи математичної фізики. — Л. : ЛНУ ім. Івана Франка, 2011. — 404 с.
2. Карбованець М.І., Лазур В.Ю. Методи математичної фізики: навчальний посібник. — Ужгород: Видавництво УжНУ “Говерла”, 2019. — 74 с.
3. Бугаєнко Г.О. Методи математичної фізики. К.: Вища школа, 1970.
4. Перестюк М.О., Маринець В.В. Теорія рівнянь математичної фізики. — К.: Либідь, 2001.- 333с.
5. Мартинюк П.М. Рівняння математичної фізики: Навч. посібник — Рівне: НУВГП, 2007. - 178 с.
6. Блажевський С.Г., Ленюк О.М. Диференціальні рівняння та елементи математичної фізики: навчально-методичний посібник. — Чернівці: Чернівецький національний ун-т ім. Юрія Федьковича, 2021. — 248 с.
7. Вакал Є.С., Ловейкін А.В. Методи математичної фізики в прикладах і задачах: навч. посібник. — Київ: Видавець Кравченко Я.О., 2020. — 187 с.
8. Рудавський Ю. К., Костробій П. П., Сухорольський М. А., Зашкільняк І. М., Колісник В. М. Рівняння математичної фізики. Узагальнені розв'язки крайових задач: Навч. посіб. для студ. техн. спец. вищ. закл. освіти . - Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Л., 2002. — 236 с.

Додаткова література

1. Самойленко, А. М. Методи математичної фізики: навч. посіб. / А. М. Самойленко, В. П. Шевчук. — Київ: Наукова думка, 2005. — 456 с.
2. Поляков, А. А. Диференціальні рівняння математичної фізики / А. А. Поляков. — Київ: Вища школа, 1990. — 280 с.
3. Коробейников, В. П. Математичні методи фізики / В. П. Коробейников. — Харків: ХНУ, 2007. — 312 с.
4. Кириченко, О. А. Методи математичної фізики: підручник / О. А. Кириченко. — Київ: КНУ ім. Т. Шевченка, 2013. — 370 с.
5. Morse, P. M., Feshbach, H. Methods of Theoretical Physics / P. M. Morse, H. Feshbach. — New York: McGraw-Hill, 1953. — Vol. 1–2. — 1978 p.
6. Arfken, G. B., Weber, H. J., Harris, F. E. Mathematical Methods for Physicists / G. B. Arfken, H. J. Weber, F. E. Harris. — 7th ed. — Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2013. — 1220 p.
7. Haberman, R. Applied Partial Differential Equations with Fourier Series and Boundary Value Problems / R. Haberman. — 5th ed. — Upper Saddle River: Pearson, 2013. — 793 p.
8. Butkov, E. Mathematical Physics / E. Butkov. — Reading: Addison-Wesley, 1968. — 780 p.

Інформаційні ресурси

1. Електронна бібліотека Національного університету імені Тараса Шевченка [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://library.univ.kiev.ua/ukr/elcat/new/> .
2. Vernadsky National Library of Ukraine [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua> .

3. Інститут математики НАН України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.imath.kiev.ua>.
4. MathWorld — Wolfram Research [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://mathworld.wolfram.com>.
5. OpenStax CNX: Mathematics and Physics [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://openstax.org/subjects/math>.

Політика щодо академічної доброчесності

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні навчальної дисципліни регламентовано такими документами:

- «Етичний кодекс Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича»
<https://www.chnu.edu.ua/media/jxdfs0zb/etychnyi-kodeks-chernivetskoho-natsionalnoho-universytetu.pdf>

- «Положення про виявлення та запобігання академічного плагіату у Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича»
https://www.chnu.edu.ua/media/f5eleobm/polozhennya-pro-zapobihannia-plahiatu_2024.pdf

Дотримання академічної доброчесності передбачає:

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилання на джерела інформації у разі використання не авторських ідей, розробок, тверджень, відомостей і т.п.;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної наукової діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.

Порушенням академічної доброчесності вважається:

- академічний плагіат – оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства;
- фабрикація – вигадкування даних чи фактів, що використовуються в наукових дослідженнях;
- фальсифікація – свідомо зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються наукових досліджень.

За порушення академічної доброчесності здобувачі освіти можуть бути притягнені до такої академічної відповідальності:

- повторне проходження оцінювання (модульний контроль, іспит, залік тощо);
- повторне проходження відповідного освітнього компонента освітньої програми.