



РІВНЯННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>11 математика і статистика</i>
Спеціальність	<i>113 прикладна математика</i>
Освітня програма	<i>Наука про дані та математичне моделювання</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>доктор фіз.-мат. наук, професор Лось Валерій Миколайович, v_los@yahoo.com</i> Практичні / Семінарські: <i>доктор фіз.-мат. наук, професор Лось Валерій Миколайович, v_los@yahoo.com</i>
Розміщення курсу	<i>Немає</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Математична фізика розвивалася паралельно розвитку теоретичної математики і фізики, її предметна область — це вивчення фізичних процесів таких як коливання, дифузія у неперервних середовищах, явища теплопровідності чи квантування класичного руху частки методами теорії диференціальних операторів з частинними похідними. Саме прикладні задачі теорії теплоти, гідродинаміки, акустики, механіки тощо привели до виникнення такого важливого розділу сучасної математики як теорія диференціальних рівнянь з частинними похідними. Отже, апарат математичної фізики є основним способом дослідження фізичних полів та процесів в неперервних середовищах і широко застосовується в обчислювальному експерименті та математичному моделюванні. Дисципліна відіграє важливу роль у підготовці фахівців у галузі прикладної математики, оскільки крайові задачі виникають в різноманітних областях науки й техніки, і мають надзвичайно широкий спектр застосувань (фундаментальні теоретичні дослідження, економіка та фінанси, прикладні природознавчі та інженерні галузі тощо).

Мета та завдання кредитного модуля

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- аналізувати предметні галузі й давати формальний опис реальних систем;
- будувати математичні моделі фізичних явищ;
- визначати тип математичної моделі (класифікувати рівняння) та обирати метод аналітичного розв'язання.

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння дисципліни «Рівняння математичної фізики» мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- класифікації рівнянь в частинних похідних другого порядку та основних положення теорії характеристик;
- постановок основних крайових задач для різних типів рівнянь в частинних похідних;
- методів Фур'є розділення змінних та методів інтегральних перетворень для розв'язання задач математичної фізики.

уміння:

- приводити рівняння в частинних похідних другого порядку до канонічного вигляду;
- розв'язувати (класичні) задачі Коші для хвильових рівнянь та рівнянь теплопровідності;
- розв'язувати крайові задачі методом Фур'є розділення змінних;
- розв'язувати крайові задачі методами інтегральних перетворень.

досвід:

- спрощення вигляду рівняння в частинних похідних шляхом приведення його до відповідного канонічного вигляду;
- аналітичного розв'язування крайових задач методами Фур'є та інтегральних перетворень;
- розв'язування задач Коші.

Компетентності:

- ЗК1 здатність учитися і оволодівати сучасними знаннями,
- ЗК3 здатність генерувати нові ідеї (креативність),
- ЗК6 здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу,
- ЗК8 знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності,
- ФК1 здатність використовувати й адаптувати математичні теорії, методи та прийоми для доведення математичних тверджень і теорем,
- ФК2 здатність виконувати завдання, сформульовані у математичній формі,
- ФК14 здатність сформулювати математичну постановку задачі, спираючись на постановку мовою предметної галузі, та обирати метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.

Програмними результатами навчання є:

- РН1 демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці;
РН2 володіти основними положеннями та методами математичного, комплексного та функціонального аналізу, лінійної алгебри та теорії чисел, аналітичної геометрії, теорії диференціальних рівнянь, зокрема рівнянь у частинних похідних, теорії ймовірностей, математичної статистики та випадкових процесів, чисельними методами.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

- дисципліні «Рівняння математичної фізики» передують дисципліни «Математичний аналіз», «Алгебра та геометрія», «Диференціальні рівняння», «Функціональний аналіз» навчального плану підготовки бакалаврів за спеціальністю 113 Прикладна математика;
- дисципліна «Рівняння математичної фізики» забезпечує вивчення дисципліни «Математичне моделювання» навчального плану підготовки бакалаврів за спеціальністю 113 Прикладна математика.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ РІВНЯНЬ МАТЕМАТИЧНОЇ ФІЗИКИ

Тема 1.1. Класифікація рівнянь в частинних похідних

Тема 1.2. Основні рівняння математичної фізики

Тема 1.3. Постановка крайових задач та їх коректність

РОЗДІЛ 2. ГІПЕРБОЛІЧНІ, ПАРАБОЛІЧНІ ТА ЕЛІПТИЧНІ РІВНЯННЯ

Тема 2.1. Вільні та вимушені коливання нескінченної струни, метод характеристик

Тема 2.2. Задача Коші для гіперболічних рівнянь

Тема 2.3. Задача Гурса для гіперболічних рівнянь

Тема 2.4. Крайові (початково-граничні) задачі для гіперболічних рівнянь. Метод Фур'є

Тема 2.5. Задачі в обмежених областях для параболічних рівнянь. Метод Фур'є та його застосування до розв'язування крайових задач для рівняння теплопровідності

Тема 2.6. Задачі Коші для рівнянь параболічного типу

Тема 2.7. Застосування інтегральних перетворень до розв'язання задач математичної фізики

Тема 2.8. Крайові задачі для рівнянь Лапласа і Пуассона.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Івасишен С.Д. та ін. Основи класичної теорії рівнянь математичної фізики: навчальний посібник. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018 – 360 с.
2. Івасишен С.Д. та ін. Рівняння математичної фізики: основні методи, приклади, задачі. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018 – 210 с.
3. Перестюк М.О., Маринець В.В. Теорія рівнянь математичної фізики. – Київ: Либідь, 2006, -363с.

Допоміжна література

1. Лопушанська Г.П., Бугрій О.М., Лопушанський А.О. Диференціальні рівняння та рівняння математичної фізики: підручник. – Львів, Видавець І. Є. Чижиков, 2017. – 372 с.
2. Герасимчук В. С. Методи математичної фізики. Частина 1. Вступ до теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних. Навчальний посібник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 25 с.
3. Герасимчук В. С. Методи математичної фізики. Частина 2. Математичні моделі деяких поширених фізичних процесів. Навчальний посібник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 38 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Класифікація рівнянь в частинних похідних Квазілінійні рівняння в частинних похідних другого порядку. Класифікація рівнянь в частинних похідних у випадку двох незалежних змінних
2	Основні рівняння математичної фізики Основні рівняння математичної фізики (рівняння теплопровідності, хвильові рівняння).
3	Основні рівняння математичної фізики Основні рівняння математичної фізики (рівняння Лапласа і Пуассона).
4	Класифікація рівнянь в частинних похідних Класифікація рівнянь в частинних похідних у випадку, коли незалежних змінних більше двох
5	Постановка крайових задач та їх коректність Означення коректності задачі, приклади коректних та некоректних постановок.
6	Рівняння гіперболічного типу Рівняння гіперболічного типу, вільні та вимушені коливання нескінченної струни, метод характеристик.
7	Задача Коші для гіперболічних рівнянь Задача Коші для гіперболічних рівнянь. Формула Даламбера
8	Задача Гурса для гіперболічних рівнянь Задача Коші для гіперболічних рівнянь (закінчення). Задачі з даними на характеристиках. Задача Гурса для гіперболічних рівнянь.
9	Крайові задачі для гіперболічних рівнянь (початок). Крайові задачі для гіперболічних рівнянь. Метод Фур'є розділення змінних (початок)
10	Крайові задачі для гіперболічних рівнянь (закінчення). Метод Фур'є розділення змінних (закінчення)
11	Задачі в обмежених областях для параболічних рівнянь Рівняння параболічного типу. Задачі в обмежених областях для параболічних рівнянь. Метод Фур'є та його застосування до розв'язування крайових задач для рівняння теплопровідності
12	Задачі в обмежених областях та задачі Коші для параболічних рівнянь Задачі в обмежених областях для параболічних рівнянь (закінчення). Задача Коші для рівняння теплопровідності

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
13	Задачі Коші для рівнянь параболічного типу Задачі Коші для рівнянь параболічного типу (закінчення). Формула Пуассона та її наслідки.
14	Інтегральні перетворення та їх застосування у математичній фізиці (початок). Застосування інтегральних перетворень до розв'язання задач математичної фізики (початок). Методика пошуку ядра перетворення. Перетворення Фур'є.
15	Інтегральні перетворення та їх застосування у математичній фізиці (закінчення). Застосування інтегральних перетворень до розв'язання задач математичної фізики (закінчення). Перетворення Лапласа.
16	Крайові задачі для рівнянь Лапласа і Пуассона Рівняння еліптичного типу. Крайові задачі для рівнянь Лапласа і Пуассона.
17-18	Гармонічні функції та їх властивості Формули Гріна. Інтегральне зображення достатньо гладкої функції. Гармонічні функції та їх властивості.

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Класифікація рівнянь з двома незалежними змінними Класифікація рівнянь в частинних похідних та приведення їх до канонічного вигляду (рівняння 2-го порядку з двома незалежними змінними)
2	Метод характеристик Задача Коші для гіперболічних рівнянь. Формула Даламбера. Задача Гурса.
3	Метод Фур'є для однорідних гіперболічних рівнянь Метод Фур'є розділення змінних для гіперболічних рівнянь з однорідною правою частиною
4	Метод Фур'є для неоднорідних гіперболічних рівнянь Метод Фур'є розділення змінних для гіперболічних рівнянь з неоднорідною правою частиною
5	Метод Фур'є для однорідних параболічних рівнянь Метод Фур'є розділення змінних для параболічних рівнянь з однорідною правою частиною
6	Метод Фур'є для неоднорідних параболічних рівнянь Метод Фур'є розділення змінних для параболічних рівнянь з неоднорідною правою частиною
7	Неоднорідні крайові задачі для гіперболічних параболічних рівнянь Розв'язування крайових задач для гіперболічних і параболічних рівнянь з неоднорідними крайовими умовами.
8	Застосування інтегральних перетворень Фур'є Застосування інтегральних перетворень Фур'є до розв'язання задач математичної фізики.

№ з/П	Назва теми заняття та перелік основних питань
9	Метод Фур'є для еліптичних задач Метод Фур'є для еліптичних граничних задач в кругових областях.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента полягає:

- підготовка до лекційних та практичних занять – систематично до 2 год. на заняття,
- підготовка до модульних контрольних робіт - до 5 год на роботу,
- підготовка до колоквиуму - до 5 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

1. Систематичне відвідування лекційних і практичних занять.
2. Перескладання (переписування) модульної контрольної роботи не передбачене.
3. У випадку недостатньої кількості балів (менше 60) перед заліком може бути дано додаткові завдання, щоб добрати бали до 60.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з:

- 1) балів за виконання модульної контрольної роботи;
- 2) балів за активність на практичних заняттях
- 3) балів за відповідь на колоквиумі

СИСТЕМА РЕЙТИНГОВИХ БАЛІВ

1. Бали за модульну контрольну роботу

Модульна контрольна робота поділяється на дві 45-хвилинні контрольні роботи, що проводяться у вигляді тестів. Завдання на тестові контрольні роботи містять по 5 типових практичних прикладів.

Кількість балів за розв'язання кожного прикладу: 3 бали.

Критерії оцінювання:

3 – правильна відповідь;

0 – неправильна відповідь;

Викладач має право після завершення тесту вибірково запросити фотокопії студентських робіт та поставити нуль балів за завдання, розв'язання яких буде відсутнє чи неправильне.

Максимальна кількість балів за модульний контроль:

3 бали × 5 завд. × 2 тест. контр. роб. = **30 балів**.

2. Бали за активність на практичних заняттях

Бали нараховуються за плідну роботу та відповіді на практичних заняттях. Але не більше ніж **10 балів** протягом усього семестру.

1 бал --- самостійно правильно розв'язане завдання і прокоментоване розв'язання

0.5 бала --- плідна робота на практичному занятті (ці бали нараховуються, якщо студент був присутній на занятті і виконував усі практичні завдання, які на ньому розв'язувалися)

0 балів --- пасивна робота на практичному занятті

3. Бали за відповідь на колоквиумі

Колоквиум відбувається у формі усної співбесіди викладача із студентом. Викладач задає студенту поступово декілька питань, на які студент відразу повинен надавати свою відповідь.

Питання викладача можуть бути як продовженням опитування за попереднім питанням, так і бути на іншу тему.

За відповідь на кожне питання студент отримує певну кількість балів. Питання, в залежності від їх складності можуть вартувати від 1 до 5 балів.

Максимальна кількість балів за відповідь на колоквіумі дорівнює **10 балів**.

Під час відповіді на питання колоквіуму максимальну кількість балів студент отримує у випадку, якщо він надав повні та правильні відповіді на всі запитання викладача або припустився незначних похибок, які не вплинули на саму відповідь.

Нуль балів студент отримує у випадку, коли відповідь на запитання взагалі не була надана або містить грубі помилки. Якщо відповідь частково правильна, то студент за неї отримує, як правило, кількість балів, вдвічі меншу за максимально можливу за відповідне запитання.

4. Розрахунок шкали (R) рейтингу

Семестрова складова рейтингової шкали $R_C = 50$ балів, вона визначається як сума балів, отриманих за виконання модульної контрольної роботи, активність на практичних заняттях та відповідь на колоквіумі.

Рейтингова шкала з дисципліни дорівнює:

$$R = 60 + 40 * (R_{\max} - R_{\text{доп}}) / (R_C - R_{\text{доп}}) = 100 \text{ балів,}$$

тут $R_{\max} = 50$ – максимальний можливий семестровий рейтинг студента,

$R_{\text{доп}} = 25$ – мінімальна кількість балів, необхідна для допуску.

5. Умова допуску до семестрової атестації та визначення оцінки

Необхідною умовою допуску студента до семестрової атестації є семестровий рейтинг студента ($R_{\text{ст}}$) не менше 50 % від R_C , тобто не менше **25 балів**. В іншому разі студент повинен виконати додаткову роботу та підвищити свій рейтинг.

Сумарний рейтинг студента R_D визначається за формулою

$$R_D = 60 + 40 * (R_{\text{ст}} - R_{\text{доп}}) / (R_C - R_{\text{доп}}) = 20 + 1,6 * R_{\text{ст}}$$

Оцінка виставляється відповідно до значення R_D :

Сумарний рейтинг R_D	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
$25 \leq R_D \leq 59$	Незараховано
$R_{\text{ст}} < 25$	Не допущений

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено проф. д.ф.-м.н., проф. Лось Валерій Миколайович.

Ухвалено кафедрою ПМА (протокол № 7 від 09.02.2022р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 6 від 25.03.2022р.)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.