

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Фізичний факультет**  
**Кафедра теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука**

**Затверджено**

На засіданні кафедри теоретичної фізики  
імені професора Івана Вакарчука  
фізичного факультету  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 1 від 31.08.2023 р.)

Завідувач кафедри  проф. Ткачук В.М.

**Силабус**

**з навчальної дисципліни «Методи математичної фізики 2»,**  
**що викладається в межах**  
**ОПП «Комп'ютерні технології в прикладній фізиці»**  
**ОПП «Нанофізика та наноматеріали»**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали**

**Львів 2023**

<b>Назва дисципліни</b>	Методи математичної фізики 2
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	вул. Драгоманова, 19, 79005, м. Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	фізичний факультет, кафедра теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 105 Прикладна фізика та наноматеріали
<b>Викладач дисципліни</b>	Лектор: доцент кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука, к.ф.-м.н Самар Микола Іванович
<b>Контактна інформація викладача</b>	<a href="mailto:mykola.samar@lnu.edu.ua">mykola.samar@lnu.edu.ua</a> ; <a href="https://physics.lnu.edu.ua/employee/samar-m-i">https://physics.lnu.edu.ua/employee/samar-m-i</a>
<b>Консультації з курсу відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Microsoft Teams, Telegram.
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://physics.lnu.edu.ua/course/metody-matematichnoi-fizyki-2-105-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy">https://physics.lnu.edu.ua/course/metody-matematichnoi-fizyki-2-105-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Методи математичної фізики 2» є нормативною дисципліною для підготовки бакалавра за спеціальністю 104 Фізика та астрономія, яка викладається в V семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	«Методи математичної фізики 2» - це продовження курсу математичної фізики, що складає основу математичного апарату наступних курсів теоретичної фізики.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<b>Мета:</b> 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, елементи функціонального аналізу. <b>Завдання:</b> навчити студентів самостійно розв'язувати крайові задачі математичної фізики різними методами, варіаційні задачі, оперувати з комплексними функціями, узагальненими та спеціальними функціями.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<b>Базова</b> 1. С. С. Піх, О. М. Попель, А. А. Ровенчак, І. І. Тальянський. Методи математичної фізики.– Л., ЛНУ імені Івана Франка.— 2011. 2. С. С. Піх, А. А. Ровенчак, Ю. С. Криницький. 1001 задача з математичної фізики.– Л., ЛНУ імені Івана Франка.— 2006. 3. М.О. Перестюк, В. В. Маринець, Теорія рівнянь математичної фізики. - К.: "Либідь". — 2006. 4. Вакал Є. С., Ловейкін А. В. Методи математичної фізики в прикладах і задачах : навчальний посібник для студентів механіко-математичного факультету. – К.: Видавець Кравченко Я.О., — 2020. 5. І. С. Доценко, О.І. Якименко, Методи математичної фізики: методичний посібник для студентів фізичного факультету. – К.: ВПЦ «Київський університет». — 2007. <b>Допоміжна</b> 1. А. Свідзінський. Математичні методи теоретичної фізики. – Луцьк: Ред.-вид. відділ “Вежа”.– 2001. 2. В. М. Адамян, М. Я. Сушко. Вступ до математичної фізики. Introduction to mathematical physics.– Одеса: Астропринт.– 2014. <b>Інформаційні ресурси</b>

	<p>1. MathWorld: the web most extensive mathematics resource. – <a href="http://mathworld.wolfram.com">http://mathworld.wolfram.com</a></p> <p>2. Wikipedia. – <a href="http://www.wikipedia.org">http://www.wikipedia.org</a></p>
<b>Тривалість курсу</b>	один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	120 годин, з яких 48 годин аудиторних занять, з них 32 години лекцій, 16 години практичних занять, та 72 годин самостійної роботи.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p><i>Курс формує такі загальні та спеціальні компетентності:</i></p> <p>ЗК_1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК_2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p>ЗК_3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово</p> <p>ЗК_7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>СК_6. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.</p> <p><i>Програмні результати навчання (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:</i></p> <p>P02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.</p>
<b>Ключові слова</b>	диференціальні рівняння в часткових похідних, спеціальні функції, варіаційний принцип.
<b>Формат курсу</b>	Очний
	проведення лекцій, практичних занять і консультації для кращого розуміння тем
<b>Теми</b>	Наведено у таблиці 1
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Екзамен в кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують ґрунтовних знань із дисциплін вищої математики: математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, векторного і тензорного аналізу, теорії функції комплексної змінної, інтегральних перетворень.
<b>Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання курсу</b>	Презентація, лекції, дискусія, розв'язок задач, підготовка доповідей. Передбачено ілюстрування лекційного матеріалу схемами та графіками.
<b>Необхідне обладнання</b>	персональний комп'ютер, загальноживані комп'ютерні програми й операційні системи, проектор
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• практичні/самостійні тощо: 10% семестрової оцінки; максимальна кількість балів — 10;</li> <li>• контрольні заміри: 40% семестрової оцінки; максимальна кількість балів — 40;</li> <li>• іспит: 50% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів — 50.</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів — 100.</p> <p><b>Академічна доброчесність</b> здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.</p>

	<p><b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Усю література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали, набрані на практичних та поточному тестуванні. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</p>
<p><b>Питання до екзамену (чи питання на контрольні роботи)</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Класифікація диференціальних рівнянь з двома незалежними змінними в точці. Характеристичне рівняння. Канонічна форма рівнянь. Крайові задачі та їх класифікація. Типи граничних умов.</li> <li>2. Рівняння коливань на нескінченій прямій. Формула Даламбера. Метод характеристик для хвильового рівняння. Сферичні хвилі.</li> <li>3. Метод відокремлення змінних для однорідного і неоднорідного рівняння коливань.</li> <li>4. Задача Штурма–Ліувілля. Властивості власних функцій і власних значень. Крайова задача з неоднорідними граничними умовами.</li> <li>5. Метод функцій Гріна в задачі Коші для однорідного і неоднорідного рівняння теплопровідності. Змішана крайова задача для рівняння теплопровідності з неоднорідними граничними умовами. Принцип Дюгамеля.</li> <li>6. Метод відокремлення змінних для однорідного і неоднорідного рівняння коливань. Задача Штурма–Ліувілля. Властивості власних функцій і власних значень. Крайова задача з неоднорідними граничними умовами.</li> <li>7. Спеціальні функції. Загальне рівняння для спеціальних функцій. Лема про асимптотичну поведінку розв'язків.</li> <li>8. Задача Штурма–Ліувілля для круга. Рівняння Бесселя. Функції Бесселя. Ортонормованість. Функції Ноймана. Функції Ганкеля. Функції Бесселя і Ганкеля уявного аргумента.</li> <li>9. Твірна функція для ортогональних многочленів. Розклад твірної функції у степеневий ряд. Формула Родрига. Рівняння для многочленів Лежандра, Ерміта, Лагера. Рекурентні співвідношення. Ортонормованість.</li> <li>10. Варіаційні принципи в фізиці. Задача про брахістохрону. Варіаційна задача з закріпленими кінцями. Рівняння Ейлера. Функціонали з вищими похідними. Рівняння Ейлера–Пуассона.</li> </ol>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

## Схема курсу «Методи математичної фізики 2»

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1–2	Л1. Класифікація рівнянь з $n$ -незалежними змінними в точці. Характеристичні поверхні. Л2. Зведення рівнянь до канонічного виду. Рівняння з двома незалежними змінними. Класифікація. Крайові задачі і їх класифікація. П1. Інтегральні перетворення.	Лекції — 4 год. практичні — 2 год. самостійна робота — 5 год.	2 тижні
3–4	Л3. Рівняння коливань на нескінченій прямій. Формула Даламбера. Л4. Метод відокремлення змінних для однорідного і неоднорідного рівняння коливань П2. Застосування інтегрального перетворення Лапласа для розв'язку звичайних диференціальних рівнянь.	Лекції — 4 год. практичні — 2 год. самостійна робота — 6 год.	2 тижні
5–6	Л5. Задача Штурма–Ліувілля. Властивості власних функцій і власних значень. Крайова задача з неоднорідними граничними умовами. Л6. Метод функцій Гріна в задачі Коші для однорідного і неоднорідного рівняння теплопровідності. Змішана крайова задача для рівняння теплопровідності з неоднорідними граничними умовами. Принцип Дюгамеля. П3. Класифікація і зведення до канонічної форми рівнянь з частинними похідними 2-порядку.	Лекції — 4 год. практичні — 2 год. самостійна робота — 4 год.	2 тижні
7–8	Л7. Метод функцій Гріна розв'язування крайових задач для рівнянь еліптичного типу. Властивості функцій Гріна. Л8. Об'ємні і поверхневі потенціали. Застосування потенціалів до розв'язування крайових задач. П4. Класифікація і зведення до канонічної форми рівнянь з частинними похідними 2-порядку. Задача Коші для рівнянь гіперболічного типу.	Лекції — 4 год. практичні — 2 год. самостійна робота — 6 год.	2 тижні
9–10	Л9. Загальне рівняння для спеціальних функцій. Лема про асимптотичну поведінку розв'язків. Задача Штурма–Ліувілля для круга. Рівняння Бесселя. Функції Бесселя. Ортонормованість. Функції Ноймана. Функції Ганкеля. Функції Бесселя і Ганкеля уявного аргумента Л10. Твірна функція для многочленів Лежандра. Розклад твірної функції у степеневий ряд. Формула Родрига. Рівняння для многочленів Лежандра. Рекурентні співвідношення. Ортонормованість П5. Задача Коші для рівнянь параболічного типу. Метод характеристик	Лекції — 4 год. практичні — 2 год. самостійна робота — 4 год.	2 тижні
11–12	Л11. Твірна функція для многочленів Ерміта. Рівняння для многочленів Ерміта. Ортонормованість многочленів Ерміта. Функції Ерміта.	Лекції — 4 год. практичні — 2 год. самостійна робота — 6 год.	2 тижні

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
	Л12. Твірна функція для многочленів Лагерра. Рівняння для многочленів Лагерра. Ортонормованість. Функції Лагерра. П6. Метод відокремлення змінних.		
13–14	Л13. Розв'язування рівняння Лапласа у сферичних координатах методом відокремлення змінних. Приєднані функції Лежандра. Ортонормованість функцій Лежандра. Л14. Сферичні функції. Ортонормованість сферичних функцій. П7. Метод відокремлення змінних.	Лекції — 4 год. практичні — 2 год. самостійна робота — 5 год.	2 тижні
15–16	Л15. Варіаційні принципи в фізиці. Задача про брахістохрону. Варіаційна задача з закріпленими кінцями. Рівняння Ейлера. Функціонали з вищими похідними. Рівняння Ейлера–Пуассона. Л16. Екстремум подвійного інтеграла. Рівняння Остроградського. Узагальнення на випадок вищих похідних. Ізопериметрична задача. Множники Лагранжа. П8. Метод інтегральних перетворень.	Лекції — 4 год. практичні — 2 год. самостійна робота — 6 год.	2 тижні