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

Затверджено
На засіданні кафедра 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 «Рівняння математичної фізики», що викладається в межах ОПП «Квантові комп'ютери та квантове програмування» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів спеціальності 104 Фізика та астрономія

Львів 2023

Назва дисципліни	Рівняння математичної фізики
Адреса викладання дисципліни	вул. Драгоманова, 19, 79005, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 04 Фізика та астрономія
Викладач дисципліни	Лектор: доцент кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука, к.ф.-м.н Самар Микола Іванович
Контактна інформація викладача	mykola.samar@lnu.edu.ua; https://physics.lnu.edu.ua/employee/samar-m-i
Консультації з курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Microsoft Teams, Telegram.
Сторінка курсу	
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Рівняння математичної фізики» є обовязковою дисципліною для підготовки бакалавра за спеціальністю 104 Фізика та астрономія, яка викладається в IV семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	«Рівняння математичної фізики» - це продовження курсу математичної фізики, що складає основу математичного апарату наступних курсів теоретичної фізики.
Мета та цілі дисципліни	**Мета:** 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. **Завдання:** навчити студентів самостійно розв'язувати крайові задачі математичної фізики різними методами, варіаційні задачі, оперувати з комплексними функціями, узагальненими та спеціальними функціями.
Література для вивчення дисципліни	**Базова** 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 математичої 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. **Допоміжна** 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. **Інформаційні ресурси** 1. MathWorld: the web most extensive mathematics resource. –

	http: // mathworld.wolfram.com 2. Wikipedia. – http://www.wikipedia.org2. Wikipedia. – http://www.wikipedia.org
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	90 годин, з яких 48 годин аудиторних занять, з них 32 години лекцій, 16 години практичних занять, та 42 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	*Курс формує такі загальні та спеціальні компетентності:* К01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. К17. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів. К18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів. К20. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем. К24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації. К29. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту. *Програмні результати навчання (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:* ПР04. 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. ПР08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань. ПР11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПР12. Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження. ПР25. Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку.
Ключові слова	диференціальні рівняння в часткових похідних, спеціальні функції, варіаційний принцип.
Формат курсу	Очний
	проведення лекцій, практичних занять і консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у таблиці 1
Підсумковий контроль, форма	Екзамен в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують ґрунтовних знань із дисциплін вищої математики: математичного аналізу, диференціальних та інтеґральних рівнянь, векторного і тензорного аналізу, теорії функції

	комплексної змінної, інтегральних перетворень.
Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання курсу	Презентація, лекції, дискусія, розв'язок задач, підготовка доповідей. Передбачено ілюстрування лекційного матеріалу схемами та графіками.
Необхідне обладнання	персональний комп'ютер, загальновживані комп'ютерні програми й операційні системи, проєктор
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням: • практичні/самостійні тощо: 10% семестрової оцінки; максимальна кількість балів — 10; • контрольні заміри: 40% семестрової оцінки; максимальна кількість балів — 40; • іспит: 50% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів — 50. Підсумкова максимальна кількість балів — 100. **Академічна доброчесність** 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. **Відвідання занять** 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. **Література**. 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. **Політика виставлення балів**. 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 запізнень 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. Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.
Питання до екзамену (чи питання на контрольні роботи)	1. Класифікація диференціальних рівнянь з двома незалежними змінними в точці. Характеристичне рівняння. Канонічна форма рівнянь. Крайові задачі та їх класифікація. Типи граничних умов. 2. Рівняння коливань на нескінченій прямій. Формула Даламбера. Метод характеристик для хвильового рівняння. Сферичні хвилі. 3. Метод відокремлення змінних для однорідного і неоднорідного рівняння коливань. 4. Задача Штурма–Ліувілля. Властивості власних функцій і власних значень. Крайова задача з неоднорідними граничними умовами. 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.

	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. 7. Спеціальні функції. Загальне рівняння для спеціальних функцій. Леми про асимптотичну поведінку розв'язків. 8. Задача Штурма–Ліувілля для круга. Рівняння Бесселя. Функції Бесселя. Ортонормованість. Функції Ноймана. Функції Ганкеля. Функції Бесселя і Ганкеля уявного аргумента. 9. Твірна функція для ортогональних многочленів. Розклад твірної функції у степеневий ряд. Формула Родрига. Рівняння для многочленів Лежандра, Ерміта, Лаггера. Рекурентні співвідношення. Ортонормованість. 10. Варіаційні принципи в фізиці. Задача про брахістохрону. Варіаційна задача з закріпленими кінцями. Рівняння Ейлера. Функціонали з вищими похідними. Рівняння Ейлера–Пуассона.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Рівняння математичної фізики»

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. Інтеґральні 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 інтеґрального 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.	Лекції — 4 год. практичні — 2 год. самостійна робота — 6 год.	2 тижні

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
	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.		
9–10	Л9. Загальне рівняння для спеціальних функцій. Леми 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. Л12. Твірна функція для многочленів Лагерра. Рівняння для многочленів Лагерра. Ортонормованість. Функції Лагерра. П6. Метод відокремлення змінних.	Лекції — 4 год. практичні — 2 год. самостійна робота — 6 год.	2 тижні
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 інтеґральних перетворень.	Лекції — 4 год. практичні —2 год. самостійна робота — 6 год.	2 тижні