

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»,
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	Методи 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 – 104 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	https://physics.lnu.edu.ua/course/metody-matematichnoji-fizyky-fizyka
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Методи математичної фізики» є вибірковою дисципліною для підготовки бакалавра за спеціальністю 104 Фізика та астрономія, яка викладається в III семестрі в обсязі 5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Методи математичної фізики (ММФ) займають важливе місце у навчальному процесі, це перша частина завершального математичного курсу, 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: теорія функцій комплексної змінної, теорія узагальнених функцій, елементи операційного числення. Завдання: навчити студентів самостійно оперувати з комплексними функціями, узагальненими функціями, обчислювати означені інтеграли із застосуванням теорії лишків, розв'язувати диференціальні рівняння математичної фізики методом інтегральних перетворень.
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. Наказной, П. О. Комплексний аналіз. Збірник задач – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, – 2021. 4. С. М. Єжов, М. А. Разумова. Теорія функцій комплексної змінної. — К., Видавництво Київський Університет. — 2012. 5. Т. А. Мельник, Комплексний аналіз. — К., Видавництво Київський Університет. — 2015. Допоміжна 1. В.Т. Швець, Вища математика: теорія функцій комплексної змінної, Одеса. Видавництво БМВ. — 2014. 2. А. Свідзінський. Математичні методи теоретичної фізики. – Луцьк: Ред.-вид. відділ “Вежа”.– 2001. Інформаційні ресурси 1. MathWorld: the web most extensive mathematics resource. – http://mathworld.wolfram.com 2. Wikipedia. – http://www.wikipedia.org

Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	150 годин, з яких 64 годин аудиторних занять, з них 32 години лекцій, 32 години практичних занять, та 86 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p><i>Курс формує такі загальні та спеціальні компетентності:</i></p> <p>K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p> <p>K06. Навички міжособистісної взаємодії.</p> <p>K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.</p> <p>K16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.</p> <p>K17. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.</p> <p>K19. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.</p> <p>K20. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.</p> <p>K23. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.</p> <p>K25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.</p> <p>K28. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.</p> <p><i>Програмні результати навчання (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:</i></p> <p>ПР01. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.</p> <p>ПР03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій. ПР08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.</p> <p>ПР08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.</p> <p>ПР10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів.</p> <p>ПР14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними</p>

	видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини. ПР17. Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду.
Ключові слова	комплексні числа, функція комплексної змінної, теорія лишків, узагальнені функції, інтегральні перетворення
Формат курсу	Очний
	проведення лекцій, практичних занять і консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у таблиці 1
Підсумковий контроль, форма	залік в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують ґрунтовних знань із дисциплін вищої математики: математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, векторного і тензорного аналізу.
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, загальноживані комп'ютерні програми й операційні системи, проєктор
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • практичні заняття: 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 20 • контрольна робота 80% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів 80. <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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 запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та</p>

	<p>плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</p>
Питання до екзамену (чи питання на контрольні роботи)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Комплексна змінна. Модуль та аргумент. Означення функції комплексної змінної. 2. Похідна функції комплексної змінної. Диференційовність і аналітичність. Умови Даламбера–Ейлера–Коші–Рімана. Однозначні та багатозначні функції. Точки розгалуження багатозначних функцій. 3. Інтегрування однозначних функцій. Теореми Коші. Теорема Морери. Інтегральна формула Коші та її наслідки, інтеграл типу Коші. Інтегрування багатозначних функцій. 4. Функціональні ряди. Теорема про рівномірну збіжність функціональних рядів. 5. Степеневі ряди. Ряди Тейлора. Теореми про степеневі ряди. Ряди Лорана. Область збіжності. 6. Означення ізольованої особливої точки функції комплексної змінної та їх класифікація. Теореми про зв'язок характеру особливої точки зі структурою ряду Лорана. 7. Означення лишку в особливій точці. Застосування теорії лишків. Обчислення означених інтегралів. Лема Жордана. 8. Пряме і обернене інтегральне перетворення Лапласа. Межі застосовності. Властивості перетворення Лапласа. Застосування перетворення Лапласа до розв'язування звичайних лінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами, поліноміальними коефіцієнтами. 9. Інші інтегральні перетворення. Пряме і обернене перетворення Фур'є. Межі застосовності. Властивості перетворення Фур'є. Зв'язок з перетворенням Лапласа. 10. Узагальнені функції. Дельта-функція Дірака. Дельта-функційні послідовності. Функціональні простори. Основні та узагальнені функції. Носій узагальненої функції. 11. Дії над узагальненими функціями. Диференціювання узагальнених функцій. Функція Гевісайда. Формули Сохоцького.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Методи математичної фізики»

Тиждні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1–2	<p>Л1. Комплексна змінна (алгебраїчна, тригонометрична, експоненціальна форма), модуль та аргумент. Послідовність та границя послідовності.</p> <p>Л2. Означення функції комплексної змінної. Границя функції комплексної змінної. Похідна функції. Умови Даламбера–Ейлера–Коші–Рімана. Однозначні та багатозначні функції. Точки розгалуження багатозначних функцій.</p> <p>П1. Виконання дій над комплексними числами.</p> <p>П2. Тригонометрична форма комплексного числа.</p>	<p>Лекції — 4 год.</p> <p>практичні — 4 год.</p> <p>самостійна робота — 11 год.</p>	2 тижні
3–4	<p>Л3. Інтегрування однозначних функцій. Теореми Коші. Теорема Морери. Інтегральна формула Коші та її наслідки, інтеграл типу Коші.</p>	<p>Лекції — 4 год.</p> <p>практичні — 4 год.</p>	2 тижні

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
	Л4. Інтегрування багатозначних функцій. Функціональні ряди. Теорема про рівномірну збіжність функціональних рядів. П3. Функції комплексної змінної. П4. Функції комплексної змінної.	самостійна робота — 10 год.	
5–6	Л5. Степеневі ряди. Ряди Тейлора. Теореми про степеневі ряди. Ряди Лорана. Область збіжності. Л6. Означення ізольованої особливої точки функції комплексної змінної та їх класифікація. Теореми про зв'язок характеру особливої точки зі структурою ряду Лорана. П5. Диференціювання функцій комплексної змінної. П6. Диференціювання функцій комплексної змінної.	Лекції — 4 год. практичні — 4 год. самостійна робота — 12 год.	2 тижні
7–8	Л7. Означення лишку в особливій точці. Л8. Аналітичне продовження. Ріманові поверхні. Конформні відображення. П7. Інтегрування функцій комплексної змінної. П8. Інтегрування багатозначних функцій комплексної змінної.	Лекції — 4 год. практичні — 4 год. самостійна робота — 10 год.	2 тижні
9–10	Л9. Застосування теорії лишків. Обчислення означених інтегралів. Лема Жордана. Л10. Диференціювання та інтегрування функцій-оригіналів та їх зображення. Інтеграл Дюгамеля. Теорема множення Бореля. Згортка функцій. Зображення добутку функцій. П9. Інтегральна формула Коші П10. Розклад функцій комплексної змінної у степеневі ряди	Лекції — 4 год. практичні — 4 год. самостійна робота — 11 год.	2 тижні
11–12	Л11. Пряме і обернене інтегральне перетворення Лапласа. Межі застосовності. Властивості перетворення Лапласа. Л12. Застосовування перетворення Лапласа до розв'язування звичайних лінійних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами, поліноміальними коефіцієнтами. П11. Ізольовані особливі точки П12. Обчислення лишків функцій	Лекції — 4 год. практичні — 4 год. самостійна робота — 10 год.	2 тижні
13–14	Л13. Пряме і обернене перетворення Фур'є. Межі застосовності. Властивості перетворення Фур'є. Зв'язок з перетворенням Лапласа. Л14. Синус-, косинус-перетворення Фур'є. Властивості. Перетворення Мелліна. Зв'язок з перетворенням Лапласа. П13. Обчислення інтегралів за теоремою Коші про лишки. П14. Обчислення інтегралів за теоремою Коші про лишки.	Лекції — 4 год. практичні — 4 год. самостійна робота — 12 год.	2 тижні
15–16	Л15. δ -функція Дірака. δ -функційні послідовності.	Лекції — 4 год.	2 тижні

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
	<p>Функціональні простори. Основні та узагальнені функції. Носій узагальненої функції. Л16. Дії над узагальненими функціями. Диференціювання узагальнених функцій. Функція Гевісайда. Формули Сохоцького П15. Лишок у безмежно віддаленій точці. П16. Застосування лишків до обчислення означених інтегралів.</p>	<p>практичні — 4 год. самостійна робота — 10 год.</p>	