

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету (директор
навчально-наукового інституту)

фізичний факультет

(вказати назву структурного підрозділу)

РОХМІСТРОВ Дмитро Володимирович
(вказати П.І.Б керівника)

2026 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Математичні методи теоретичної фізики

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

галузь знань 10 Природничі науки

(шифр і назва)

спеціальність 104 – Фізика та астрономія

(шифр і назва)

освітня програма “Фізика”

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

вид дисципліни за вибором

(обов’язкова / за вибором)

факультет фізичний

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою фізичного факультету

“ 27 ” 08 2026 року, протокол № 10

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Аксьонова Наталія Анатоліївна, канд. фіз.-мат. наук, доцент

Програму схвалено на засіданні кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

Протокол від “ 26 ” 08 2026 року № 1

Завідувач кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця


(підпис)

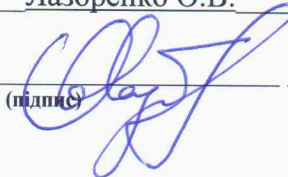
Рашба Г.І.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої програми

фізика (спеціальність 104 – фізика та астрономія)

назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи) Лазоренко О.В.


(підпис)

Лазоренко О.В.
(прізвище та ініціали)

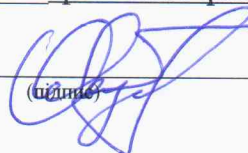
Програму погоджено методичною комісією

фізичного факультету

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 26 ” 08 2026 року № 9

Голова методичної комісії фізичного факультету


(підпис)

Лазоренко О.В.
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Математичні методи теоретичної фізики**» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого рівню вищої освіти – бакалавр

спеціальності (напряму) 104 – фізика та астрономія
спеціалізації

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Математичні методи теоретичної фізики» є формування уявлень студентів про основні теоретико-математичні методи обчислення точних і наближених виразів та розв'язків рівнянь.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни «Математичні методи теоретичної фізики»

- ознайомлення студентів з методами наближених обчислень,
- вивчення студентами термінів, які пов'язані із асимптотиками,
- навчити студентів вибирати адекватні підходи для розв'язання фізичних задач наближеними методами за допомогою навчальної та довідкової літератури.

1.3. Кількість кредитів 5.

1.4. Загальна кількість годин 150*.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
3-й
Семестр
6-й
Лекції
32 год.
Практичні, семінарські заняття
16 год.
Лабораторні заняття
Не передбачені навчальним планом
Самостійна робота
102 год. (в тому числі 1 год. на курсову роботу)
Індивідуальні завдання
Курсова робота (за рахунок самостійної роботи)
Екзамен

* у разі формування малочисельних груп обсяг аудиторного навчального навантаження, відведеного на вивчення навчальної дисципліни, зменшується відповідно до Положення про планування й звітування науково-педагогічних працівників Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна.

1.6. Перелік компетентностей, що формує дана дисципліна

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується складністю та невизначеністю умов (ІК).
- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1).
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2).
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-3).
- Здатність бути критичним і самокритичним (ЗК-4).
- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК-5).
- Навички міжособистісної взаємодії (ЗК-6).
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК-8).
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків (ЗК-9).
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК-12).
- Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК-13).
- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії (ФК-1).
- Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень (ФК-4).
- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем (ФК-5).
- Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси (ФК-6).
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК-7).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК-9).
- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей (ФК-10).
- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень (ФК-12).
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти - обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук. (ФК-13).
- Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту (ФК-14).

1.7. Перелік результатів навчання, що формує дана дисципліна

Заплановані результати навчання.

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

Знати, розуміти та бути здатним застосовувати на базовому рівні принципи та методи обчислення наближених виразів та розв'язків рівнянь математичної та теоретичної фізики.

Бути здатними застосовувати відповідні асимптотичні методи для наближеного розв'язку математичних та фізичних задач, впроваджувати здобуті фундаментальні знання з цього розділу при розробці нових наукових методик для адекватних наближених розрахунків задач сучасної теоретичної фізики.

1.8. Пререквізити (перелік дисциплін, що передують вивченню даної дисципліни): загальна фізика, класична механіка, квантова механіка, вища математика, основи використання ПК.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Рівняння у частинних похідних

Тема 1. Вступ. Елементи математичної фізики і аналізу.

Тема 2. Основні поняття. Приклади із фізики. Методи розв'язання.

Тема 3. Рівняння першого порядку. Лінійні та нелінійні рівняння. Системи рівнянь.

Тема 4. Метод годографа. Перетворення годографа.

Тема 5. Канонічний вид рівнянь 2-го порядку. Випадок двох та багатьох змінних.

Тема 6. Поділ змінних. Метод Фур'є.

Розділ 2. Спеціальні функції

Тема 7. Циліндричні функції. Розкладання в ряд.

Тема 8. Сферичні функції. Частинка в центральному полі.

Тема 9. Гіпергеометричні функції. Функція Гауса. Поліноми Лагерра.

Розділ 3. Асимптотичні методи.

Тема 10. Асимптотичне розкладання. Інтеграл Лапласа. Методи перевалу та стаціонарної фази.

Розділ 4. Теорія груп та їх застосування у фізиці

Тема 11. Симетрії. Основні поняття теорії груп. Власні вектори та власні значення.

Тема 12. Групи та алгебри Лі. Приклади матричних алгебр Лі.

Тема 13. Подання групи обертань. Уявлення алгебри кутових моментів.

Розділ 5. Тензорне представлення

Тема 14. Тензори. Три визначення тензора. Правила відбору.

Розділ 6. Функції Гріна.

Тема 15. Функція Гріна. Нестационарні рівняння.

Тема 16. Зв'язок функцій Гріна першого та другого роду. Формула Пуассона.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
		л	п/с	лаб	інд	с.р
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Рівняння у частинних похідних						
Тема 1	5	2	1			6
Тема 2	7	2	1			6
Тема 3	7	2	1			6
Тема 4	7	2	1			6
Тема 5	9	2	1			6
Тема 6	9	2	1			6
Разом за розділом 1	53	12	6			36
Розділ 2. Спеціальні функції						
Тема 7	5	2	1			6
Тема 8	5	2	1			6
Тема 9	7	2	1			6
Разом за розділом 2	24	6	3			18
Розділ 3. Асимптотичні методи.						
Тема 10	9	2	1			10
Разом за розділом 3	9	2	1			10
Розділ 4. Теорія груп та їх застосування у фізиці						
Тема 11	9	2	1			6

Тема 12	11	2	1			6
Тема 13	11	2	1			6
Разом за розділом 4	31	6	3			18
Розділ 5. Тензорне представлення						
Тема 14	11	2	1			8
Разом за розділом 5	11	2	1			8
Розділ 6. Функції Гріна.						
Тема 15	11	2	1			6
Тема 16	11	2	1			6
Разом за розділом 6	22	4	2			12
Усього годин	150	32	16			102

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Рівняння у частинних похідних	6
2	Спеціальні функції	3
3	Асимптотичні методи дослідження	1
4	Теорія груп та їх застосування у фізиці	3
5	Тензорне представлення фізичних процесів	1
6	Функції Гріна для розв'язання задач фізики	2
	Разом	16

5. Завдання для самостійної роботи

Пояснення щодо того, що повинен зробити студент під час самостійної роботи.

1. По всім нижче вказаним темам опрацювати конспекти лекцій, прочитати відповідні параграфи в підручниках [1–8].
2. Самостійно виконати домашні завдання.
3. Написати курсову роботу та приготувати до неї презентацію для захисту.

6. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Рівняння у частинних похідних	36
2	Спеціальні функції	18
3	Асимптотичні методи дослідження	10
4	Теорія груп та їх застосування у фізиці	18
5	Тензорне представлення фізичних процесів	8
6	Функції Гріна для розв'язання задач фізики	12
	Разом	102

Курсова робота, виконується під час самостійної роботи.

Можливі запропоновані теми курсових робіт

1. Рівняння Гельмгольца
2. Застосування методу ітерацій для наближених обчислень.
3. Узагальнений метод усереднення Крилова-Боголюбова.

4. Лема Ватсона та її застосування для асимптотичного розкладання інтегралу Лапласа.
5. Метод найшвидшого спуску (метод Дебая) для асимптотичного обчислення інтегралів.
6. Застосування формули Ейлера-Маклорена для асимптотичного обчислення сум.
7. Метод розтягнутих параметрів для рівнянь нелінійних коливань.

7. Методи навчання

Лекційні та семінарські заняття, консультування в рамках підготовки до самостійної роботи з метою виконання індивідуальної курсової роботи: перевірка етапів виконання, підготовка та проведення захисту та екзамену.

8. Методи контролю

Поточне опитування, перевірка домашніх завдань, захист курсової роботи, екзамен.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Екзамен	Сума
Розділ 1	Розділ 2-3	Розділ 4-6	Курсова робота			
T1-T6	T7-T10	T11-T16	Рукопис роботи та презентація	Захист курсової роботи		
15	15	15	5	10	60	100

T1, T2 ... – теми розділів.

Для зарахування розділів 1-6 треба набрати у підсумку не менше 7,5 балів за результатами поточного опитування та за виконання домашніх завдань за кожний з розділів. Для зарахування курсової роботи треба представити її у письмовому вигляді, підготувати презентацію (не менше 2, 5 балів) та захистити роботу (не менше 5 балів) й набрати у підсумку не менше 7,5 балів. Для допуску до письмового екзамену треба набрати у підсумку не менше 30 балів. За екзаменаційну письмову роботу студент повинен набрати не менше 20 балів та загалом не менше 50 балів.

Екзаменаційний білет складається з чотирьох питань – двох теоретичних та двох практичних (задач). Максимальна оцінка за кожне з питань білету – 10 балів.

Критерії оцінювання письмової екзаменаційної роботи

У відповіді на теоретичне питання студент повинен продемонструвати знання теорії навчальної дисципліни «Математичні методи теоретичної фізики» та її понятійно-категоріального апарату, термінології, понять і принципів предметної області дисципліни.

Максимальні бали виставляються в разі чіткої, логічної, послідовної відповіді на поставлене питання, з висновками основних формул, формулюванням фізичних законів

У процесі оцінювання теоретичних завдань екзаменаційного білету враховуються:

- повнота розкриття питання (2 бали);
- уміння чітко формулювати визначення фізичних понять, термінів та пояснювати їх (2 бали);
- здатність аргументувати отриману відповідь (2 бали);
- здатність робити аналітичні міркування, порівняння, формулювання висновків (2 бали);
- логічна послідовність викладення матеріалу у відповіді на завдання (2 бали).

Рішення задач повинні бути обґрунтованими, з посиланням на відповідні фізичні

закони та рівняння, які застосовуються при рішенні, з послідовними розрахунками всіх основних формул, доведеним до кінцевого результату з чіткою відповіддю на поставлене питання. За рішення задачі (практичного завдання) нараховуються такі бали:

1. Завдання розв'язано на оцінку 10 балів у випадку, коли студент отримав правильну відповідь і продемонстрував метод і спосіб її отримання.
2. Завдання розв'язано на оцінку 8-9 балів, коли студент не отримав правильну відповідь, але продемонстрував вірний метод і спосіб її отримання.
3. Завдання розв'язано частково на оцінку 5-7 балів, коли студент не отримав правильну відповідь, але частково розв'язав задачу та отримав деякі проміжні результати.
4. Завдання розв'язано на оцінку 0-4 балів, коли студент не отримав правильну відповідь, причому метод і спосіб розв'язання завдання були не вірними.

Екзамен зданий, якщо сумарна оцінка за письмову екзаменаційну роботу не менше 20 балів, а сумарний підсумковий бал не менше 50 балів.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Під час вивчення навчальної дисципліни використання технологій штучного інтелекту (ШІ) здійснюється відповідно до Політики використання технологій штучного інтелекту Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

У межах дисципліни застосовуються такі моделі використання ШІ:

1. Модель «ШІ заборонено».

Використання технологій штучного інтелекту не допускається під час виконання контрольних заходів, спрямованих на перевірку індивідуальних знань і сформованості компетентностей здобувача освіти, зокрема: усного опитування, модульних контрольних робіт, екзамену (заліку), якщо інше не визначено викладачем, інших видів оцінювання, для яких викладачем встановлено обмеження щодо використання ШІ.

2. Модель «ШІ як асистент».

Під час підготовки до практичних занять, виконання індивідуальних завдань, рефератів, аналітичних оглядів та інших письмових робіт дозволяється використання ШІ для: пошуку та систематизації інформації, добору та первинного аналізу наукових джерел, пояснення складних понять, удосконалення структури тексту, перевірки граматики, стилю та оформлення, генерації ідей, плану роботи або прикладів.

Фінальний текст роботи, висновки, аналіз, інтерпретація результатів та прийняті рішення повинні бути самостійно підготовлені здобувачем освіти.

3. Модель «ШІ як інструмент».

Для окремих лабораторних, практичних, проєктних або дослідницьких робіт використання технологій штучного інтелекту може бути обов'язковою складовою виконання завдання. У таких випадках здобувачі освіти можуть використовувати генеративні моделі ШІ для: аналізу та підготовки даних, генерації, аналізу й оптимізації програмного коду, порівняння результатів роботи різних моделей ШІ, створення візуалізацій, схем або зображень, аналізу великих масивів даних, проведення експериментів із застосуванням сучасних інструментів штучного інтелекту.

Усі результати, отримані за допомогою ШІ, підлягають критичному аналізу, перевірці та доопрацюванню здобувачем освіти.

Декларування використання ШІ.

У разі використання технологій штучного інтелекту здобувач освіти зобов'язаний зазначити: назву сервісу або моделі ШІ; дату використання; характер допомоги (генерація ідей, пошук інформації, аналіз даних, генерація коду, редагування тексту тощо).

За вимогою викладача здобувач освіти повинен надати використані запити (prompts) або пояснити спосіб використання інструментів ШІ.

Недеклароване використання технологій штучного інтелекту або подання згенерованого ШІ матеріалу як власного результату навчальної діяльності розглядається як порушення принципів академічної доброчесності відповідно до внутрішніх нормативних документів Університету.

У випадку наявності *неформальної освіти* вказати платформи, назви курсів та кількість балів, що буде зарахована здобувачеві після успішного проходження відповідних курсів та надання відповідного документа (сертифікат, свідоцтво, тощо).

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Свідзинський А. В. Математичні методи теоретичної фізики. – Луцьк: Вежа, 2001
2. М.І. Шкіль. Асимптотичні методи в диференціальних рівняннях. К.: Вища школа, 1971.
3. W. Wasow. Asymptotic expansions for ordinary differential equations. New York: Courier Dover Publications, 2018.
4. Ali H. Nayfeh. Perturbation Methods. New York: Wiley, 2000.
5. Сніжко Н.В. Асимптотичні розвинення інтегралів, залежних від параметра. Запоріжжя: ЗДУ, 2004.
6. Апостолов С. С., Рохманова Т. М. Математичні методи наближених обчислень у теоретичній фізиці. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021.
7. С.С.Піх, О.М.Попель, А.А.Ровенчак, І.І. Тальянський. Методи математичної фізики. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2011. - 404 с.
8. Подопрігора Н.В., Трифонова О.М., Садовий М.І. Математичні методи фізики: навчальний посібник. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 300 с.

Допоміжна література

1. П.Ф. Самусенко. Асимптотичне інтегрування сингулярно збурених систем диференціально-функціональних рівнянь з виродженнями. К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2011.
2. A.B. Vasileva, V. F. Butuzov, L. V. Kalachev. The Boundary Function Method for Singular Perturbation Problems. Philadelphia: SIAM, 1995

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

Сайт кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М. Ліфшиця:

<http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/Robochi%20programy/MathMethods-final-2021.pdf>

<http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/Robochi%20programy/MathMethods-final-2021.pdf>