

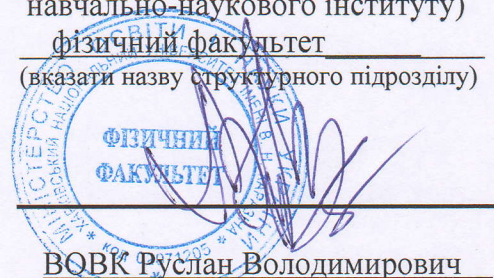
Міністерство освіти і науки України

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)



**ВОВК Руслан Володимирович**  
(вказати П.І.Б керівника)

“30” 09 2023р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**Асимптотичні методи у фізиці**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_

галузь знань \_\_\_\_\_ 10 Природничі науки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

спеціальність \_\_\_\_\_ 104 – Фізика та астрономія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

освітня програма \_\_\_\_\_ освітньо-професійна програма “Фізика” \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

вид дисципліни \_\_\_\_\_ обов'язкова \_\_\_\_\_  
(обов'язкова / за вибором)

факультет \_\_\_\_\_ фізичний \_\_\_\_\_

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

“30” 08 2023 року, протокол № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

**Апостолов Станіслав Сергійович, д. фіз.-мат. наук, проф.**

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

Протокол від “28” 08 2023 року, № 9

Завідувач кафедри теоретичної фізики академіка. М. Ліфшиця

  
(підпис)

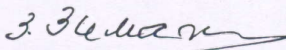
(Рашба Г.І.)  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої програми

фізика (спеціальність 104 – фізика та астрономія)

назва освітньої програми

Гарант освітньої-професійної програми  
(керівник проектної групи) Зиман З.З.

  
(підпис)

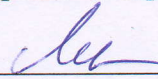
Зиман З.З.  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією  
фізичного факультету

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “29” 08 2023 року № 7

Голова методичної комісії фізичного факультету

  
(підпис)

Макаровський М.О.  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Асимптотичні методи у фізиці» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки другого рівню вищої освіти – магістр спеціальності (напряму) 104 – фізика та астрономія  
освітньо-професійна програма – фізика

### 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 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.

*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).

1.3. Кількість кредитів 3.

1.4. Загальна кількість годин 90.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
2-й
Семестр
3-й
Лекції
Практичні, семінарські заняття
Лабораторні заняття
37
Самостійна робота
53
Індивідуальні завдання
<b>Залік</b>

1.6. 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.

*Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:*

- Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні 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 (ПРН-1).

- Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них (ПРН-2).

- Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій (ПРН-3).
- Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії (ПРН-5).
- Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії (ПРН-6).
- Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації (ПРН-7).
- 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 (ПРН-8).
- Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки (ПРН-11).
- Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень (ПРН-13).
- 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 (ПРН-17).
- Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства (ПРН- 22).
- Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії (ПРН-23).
- Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій (ПРН-24).
- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку (ПРН-25).

## **2. тематичний план навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Наближені розв'язки алгебраїчних рівнянь.**

- Тема 1. Обчислення і оцінка похибки.
- Тема 2. Трансцендентні алгебраїчні рівняння.
- Тема 3. Неявні функції. Метод обернення Лагранжа.
- Тема 4. Асимптотичне обчислення сум.
- Тема 5. Асимптотики в геометрії.
- Тема 6. Наближена побудова графіків функцій.

### **Розділ 2. Асимптотичні розв'язки диференціальних рівнянь.**

- Тема 7. Диференціальні рівняння з малим параметром.
- Тема 8. Рішення диференціальних рівнянь в околі особливої точки.
- Тема 9. Сингулярно збурені диференціальні рівняння.
- Тема 10. Слабка нелінійність в рівняннях коливаль.
- Тема 11. Наближені графіки розв'язків диференціальних рівнянь.
- Тема 12. Фазові портрети.

### **Розділ 3. Асимптотики інтегралів.**

- Тема 13. Загальні методи наближеного обчислення інтегралів.
- Тема 14. Інтегрування по частинах.
- Тема 15. Інтеграл Фур'є.

Тема 16. Метод стаціонарної фази.

Тема 17. Метод Лапласа.

Тема 18. Метод перевалу.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Розділ 1. Наближені розв'язки алгебраїчних рівнянь</b>						
Тема 1	5			2		3
Тема 2	5			2		3
Тема 3	5			2		3
Тема 4	5			2		3
Тема 5	5			2		3
Тема 6	5			2		3
Разом за розділом 1	30			12		18
<b>Розділ 2. Асимптотичні розв'язки диференціальних рівнянь</b>						
Тема 7	5			2		3
Тема 8	5			2		3
Тема 9	5			2		3
Тема 10	5			2		3
Тема 11	5			2		3
Тема 12	5			2		3
Разом за розділом 2	30			12		18
<b>Розділ 3. Асимптотики інтегралів</b>						
Тема 13	5			2		3
Тема 14	5			2		3
Тема 15	5			2		3
Тема 16	5			2		3
Тема 17	5			2		3
Тема 18	5			3		2
Разом за розділом 3	30			13		17
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>			<b>37</b>		<b>53</b>

#### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Практичні заняття навчальним планом не передбачені.

#### 5. Завдання для самостійної роботи

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

1. По всім нижче вказаним темам прочитати відповідні параграфи в підручниках [1–5], підготуватися до розв'язання практичних завдань з відповідного циклу лабораторних робіт.
2. Самостійно виконати домашні завдання до лабораторних робіт.
3. Оформити та захистити всі лабораторні роботи.

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	2	3

Тема 1.	Обчислення і оцінка похибки.	3
Тема 2.	Трансцендентні алгебраїчні рівняння.	3
Тема 3.	Неявні функції. Метод обернення Лагранжа.	3
Тема 4.	Асимптотичне обчислення сум.	3
Тема 5.	Асимптотики в геометрії.	3
Тема 6.	Наближена побудова графіків функцій.	3
Тема 7.	Диференціальні рівняння з малим параметром.	3
Тема 8.	Рішення диференціальних рівнянь в околі особливої точки.	3
Тема 9.	Сингулярно збурені диференціальні рівняння.	3
Тема 10.	Слабка нелінійність в рівняннях коливань.	3
Тема 11.	Наближені графіки розв'язків диференціальних рівнянь.	3
Тема 12.	Фазові портрети.	3
Тема 13.	Загальні методи наближеного обчислення інтегралів.	3
Тема 14.	Інтегрування по частинах.	3
Тема 15.	Інтеграл Фур'є. В тому числі	3
Тема 16.	Метод стаціонарної фази.	3
Тема 17.	Метод Лапласа.	3
Тема 18.	Метод перевалу.	2
	<b>Разом</b>	<b>53</b>

### 6. Індивідуальні завдання

### 7. Методи контролю

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

### 8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Залік	Сума
Розділ 1	Розділ 2	Розділ 3	Разом		
T1-T6	T7-T12	T13-T18			
15	15	15	60	40	100

Для зарахування розділів 1-3 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 заліку треба набрати у підсумку не менше 30 балів. За залікову письмову роботу студент повинен набрати не менше 20 балів та загалом не менше 50 балів.

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

#### Критерії оцінювання письмової залікової роботи

У відповіді на теоретичне питання студент повинен продемонструвати знання теорії навчальної дисципліни «Асимптотичні методи» 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 выводами 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.

**Письмовий залік зданий, якщо сумарна оцінка за письмову залікову роботу не менше 20 балів, а сумарний підсумковий бал не менше 50 балів.**

### 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

### 9. Рекомендована література

#### Основна література

1. М.І. Шкіль. Асимптотичні методи в диференціальних рівняннях. К.: Вища школа, 1971.
2. W. Wasow. Asymptotic expansions for ordinary differential equations. New York: Courier Dover Publications, 2018.
3. Ali H. Nayfeh. Perturbation Methods. New York: Wiley, 2000.
4. Сніжко Н.В. Асимптотичні розвинення інтегралів, залежних від параметра. Запоріжжя: ЗДУ, 2004.
5. Апостолов С. С., Рохманова Т. М. Математичні методи наближених обчислень у теоретичній фізиці. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021.

#### Допоміжна література



1. П.Ф. Самусенко. Асимптотичне інтегрування сингулярно збурених систем диференціальнофункціональних 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

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

**Сайт кафедри теоретичної фізики:**

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