

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор
з науково-педагогічної роботи

Пантелеймонов А. В.

« ____ » _____ 20 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

фізична кінетика

(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-наукова програма “Фізика”
(шифр і назва)

спеціалізація “Фізика”
(шифр і назва)

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

факультет фізичний

2020 / 2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

“ 28 ” 08 2020 року, протокол № 5

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Філь Дмитро Вячеславович, доктор фіз-мат. наук, с.н.с., професор кафедри теоретичної фізики

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

Протокол від “24” 06 2020 року, № 10

Завідувач кафедри теоретичної фізики академіка. М. Ліфшиця

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

Програму погоджено методичною комісією
фізичного факультету
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “25” 06 2020 року № 10

Голова методичної комісії фізичного факультету

_____ Макаровський М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “**Фізична кінетика**” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки другого рівню вищої освіти – магістр спеціальності (напряму) – 104 – «фізика та астрономія»
освітньо-наукова програма - фізика
освітньо-професійна програма – фізика

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Фізична кінетика» є надання студентам уявлень про принципи і методи опису нерівноважних систем і основні підходи до феноменологічного і мікроскопічного аналізу кінетичних явищ в таких системах.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни «Фізична кінетика»

- навчити студентів вмінню орієнтуватись в основних підходах опису кінетичних явищ в фізичних системах,
- навчити студентів використанню основних методів феноменологічного і мікроскопічного аналізу кінетичних явищ,
- надати студентам уявлення про сучасні "гарячі точки" і сучасну проблематику фізики нерівноважних систем.

1.3. Кількість кредитів – 3.

1.4. Загальна кількість годин – 90.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
1-й
Лекції
30 год.
Практичні, семінарські заняття
Не передбачені навчальним планом
Лабораторні заняття
Не передбачені навчальним планом
Самостійна робота
60 год.
Індивідуальні завдання
Не передбачені навчальним планом

1.6. Заплановані результати навчання

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

Знати, розуміти та бути здатним застосовувати на професійному рівні принципи і підходи до опису кінетичних явищ в нерівноважних фізичних системах для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення і класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів, які відбуваються у макроскопічних системах, з метою розв'язування типових фізичних задач, володіти понятійним апаратом фізичної кінетики.

Бути здатним застосовувати математичні знання з теорії ймовірностей та математичної статистики з метою отримання фізичних характеристик макросистем таким чином, щоб на основі відомих властивостей окремих частинок та їх взаємодії, вміти розраховувати кінетичні характеристики нерівноважних систем.

2. тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Кінетика повільних процесів. Дифузія, броунівський рух, кінетика зростання зародків нової фази.

Тема 1. Дифузія. Феноменологічний підхід і модель випадкових блукань.

Закон Фіка. Фундаментальний розв'язок рівняння дифузії. Середнє квадратична відстань і коефіцієнт дифузії в моделі випадкових блукань. Уявлення про субдифузію і супердифузію

Тема 2. Броунівський рух. Рівняння Ланжевону.

Стохастичне диференціальне рівняння і його формальний розв'язок. Співвідношення Ейнштейна. Перехід від рівняння Ланжевону до рівняння дифузії і рівняння Фоккера-Планка.

Тема 3. Використання рівняння Фоккера-Планка для опису дифузії броунівських частинок.

Дифузія в гармонійному потенціалі. Дифузія над потенційним бар'єром. Дифузія в потенціалі заскочника. Уявлення при броунівський мотор.

Тема 4. Кінетика зростання зародків нової фази. Початкова стадія.

Виведення рівняння Фоккера-Планка з основного кінетичного рівняння. Застосування рівняння Фоккера-Планка в задачі про зростання зародків нової фази. Критичний розмір зародків. Стаціонарний потік зародків в просторі розмірів.

Тема 5. Кінетика зростання зародків нової фази. Стадія коалесценції: теорія Ліфшиця-Сльозова.

Фізична причина коалесценції. Еволюція критичного розміру зародків. Функція розподілу зародків по розмірам.

Розділ 2. Кінетичне рівняння Больцмана і його застосування для опису транспортних і високочастотних явищ.

Тема 1. Кінетичне рівняння Больцмана і його основні властивості.

Рівняння Ліувілля для багаточастинкової функції розподілу і рівняння Больцмана для одночастинкової функції розподілу. Інтеграл зіткнень і його властивості. Н-теорема Больцмана.

Тема 2. Наближення часу релаксації. Залишковий опір.

Інтеграл зіткнень з домішками. Транспортний час релаксації. Формула Друде для статичної провідності.

Тема 3. Термоелектричні явища. Феноменологічний і кінетичний підходи.

Ефекти Зеєбека, Пельтьє і Томсона. Виведення феноменологічних рівнянь переносу з кінетичного рівняння Больцмана.

Тема 4. Термоелектричні явища. Розрахунок кінетичних коефіцієнтів.

Закон Відемана-Франца. Співвідношення між коефіцієнтами Зеєбека і Пельтьє.

Тема 5. Принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів Онзагера.

Формулювання і доказ принципу симетрії Онзагера в термінах термодинамічних сил і термодинамічних потоків. Застосування принципу симетрії для опису термоелектричних явищ в провідниках і термодифузії в бінарних сумішах.

Тема 6. Високочастотна провідність і високочастотна діелектрична проникність. Плазмонні хвилі і плазмонні резонанси в наноструктурах.

Виведення формули Друде для високочастотної діелектричної проникності електронного газу. Застосування формули Друде для опису діелектричної проникності металів. Резонансна поляризуємість металічної наночастинки.

Тема 7. Рівняння Власова. Високочастотна діелектрична проникність класичної плазми. Загасання Ландау.

Система рівнянь Власова з самоузгодженими полями. Розрахунок діелектричної проникності класичної плазми. Загасання Ландау і його фізичний зміст. Спектр плазмових коливань класичної плазми.

Тема 8. Перехід від рівняння Больцмана до гідродинамічних рівнянь.

Інваріанти інтегралу зіткнень. Виведення рівнянь гідродинаміки з рівняння Больцмана. Квазірівноважна функція розподілу.

Тема 9. Теплопровідність і в'язкість розрідженого газу.

Виведення рівнянь ідеальної гідродинаміки. Число Кнудсена. Розрахунок коефіцієнтів теплопровідності і в'язкості в наближенні часу релаксації

Розділ 3. Кінетика квантових систем.

Тема 1. Матриця густини. Рівняння фон Неймана.

Матриця густини чистого і змішаного станів. Еволюція матриці густини в часі. Рівняння фон Неймана.

Тема 2. Лінійний відгук квантових систем з неперервним спектром.

Розв'язок рівняння фон Неймана по теорії збурень. Діелектрична проникність виродженого електронного газу. Порівняння з класичним випадком.

Тема 3. Кінетика дискретних квантових систем.

Оптична сприйнятливість дискретних квантових систем. Відкриті квантові системи.

Розділ 4. Вступ до синергетики

Тема 1. Автоколивання, дисипативні структури і хаос в сильно нерівноважних системах.

Прості динамічні моделі автоколивань. Самоорганізація в сильно нерівноважних системах. Біфуркації і перехід до хаосу.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Кінетика повільних процесів. Дифузія, броунівський рух, кінетика зростання зародків нової фази						
Тема 1.	4	1				4
Тема 2.	4	1				4
Тема 3.	4	2				4
Тема 4.	4	2				4
Тема 5..	4	2				4
Разом за розділом 1	28	8				20
Розділ 2. Кінетичне рівняння Больцмана і його застосування для опису транспортних і високочастотних явищ						
Тема 6	5	2				3
Тема 7.	4	1				3
Тема 8.	4	1				3
Тема 9	4	1				3
Тема 10	4	1				3
Тема 11	4	1				3
Тема 12	4	1				3
Тема 13	5	2				3
Тема 14	5	2				3
Разом за розділом 2	39	12				27
Розділ 3. Кінетика квантових систем.						
Тема 15	5	2				3
Тема 16	5	2				3
Тема 17	5	2				3
Разом за розділом 3	15	6				9
Розділ 4. Вступ до синергетики.						
Тема 18	8	4				4
Разом за розділом 4	8	4				4
Усього годин	90	30				60

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Не передбачені навчальним планом.

5. Завдання для самостійної роботи

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

1. По всім нижче вказаним темам 1-18 опрацювати конспекти лекцій.
2. Прочитати відповідні параграфи в підручниках [1–5].

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	2	3
1	Рівняння параболічного типу, розв'язок за допомогою перетворення Лапласа.	4
2	Гаусова функція розподілу. Центральна гранична теорема.	4
3	Дифузія в зовнішньому полі	4
4	Дифузія в просторі імпульсів	4
5	Асимптотична поведінка на стадії коалесценції	4
6	Одночастинкові і багаточастинкові функції розподілу. Ланцюжок Боголюбова.	3
7	Побудова інтегралів зіткнень для класичних і квантових функцій розподілу .	3
8	Наближення часу релаксації при наявності декількох механізмів зіткнень.	3
9	Ефект Зеебека для виродженого і невиродженого електронного газу.	3
10	Тензор провідності електронного газу в магнітному полі. Розрахунок з використанням кінетичного рівняння Больцмана.	3
11	Застосування формули Друде для знаходження спектру поверхневих плазмонних хвиль.	3
12	Спектр повздовжніх і поперечних електромагнітних хвиль в плазмі.	3
13	Діелектрична проникність двокомпонентної плазми	3
14	Властивості рівнянь ідеальної гідродинаміки.	3
15	Матриця густини вільної частинки. Вігнеровська функція розподілу.	3
16	Загасання Ландау в квантовій системі.	3
17	Поглинання енергії поля дискретною квантовою системою	3
18	Біфуркації і хаос в відображеннях	4
	Разом	58

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені навчальним планом.

7. Методи контролю

Поточне опитування, письмовий екзамен.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання						Екзамен	Сума
Розділ 1	Розділ 2	Розділи 3-4	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом		
T1-T5	T6-T14	T15-T18					
10	15	15	-	-	40	60	100

Для зарахування розділу 1 треба набрати у підсумку не менше 5 балів за результатами поточного опитування. Для зарахування розділу 2 та розділів 3-4 набрати у підсумку не менше 7,5 балів за результатами поточного опитування. Для допуску до письмового екзамену треба набрати у підсумку не менше 20 балів. За екзаменаційну письмову роботу студент повинен набрати не менше 30 балів та загалом не менше 50 балів.

Критерії оцінювання письмової екзаменаційної роботи

Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань. Кожне питання оцінюється в 20 балів. У відповіді на теоретичні питання студент повинен продемонструвати знання теорії навчальної дисципліни «Фізична кінетика» 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 виводами основних формул, формулюванням фізичних законів

У процесі оцінювання теоретичних завдань екзаменаційного білету враховуються:

- повнота розкриття питання (4 бали);
- уміння чітко формулювати визначення фізичних понять, термінів та пояснювати їх (4 бали);
- здатність аргументувати отриману відповідь (4 бали);
- здатність робити аналітичні міркування, порівняння, формулювання висновків (4 бали);
- логічна послідовність викладення матеріалу у відповіді на завдання (4 бали).

Відповідь має бути обґрунтованою, з посиланням на відповідні фізичні закони та рівняння, з послідовними розрахунками всіх основних формул, доведеними до кінцевого результату з чіткою відповіддю на поставлене питання. За рішення задачі (практичного завдання) нараховуються такі бали:

1. Повна та послідовно обґрунтована відповідь отримує оцінку 20 балів у випадку, коли студент отримав правильну відповідь і продемонстрував метод і спосіб її отримання.
2. Оцінка 12-19 балів виставляється за відповідь, в якій є несуттєві похибки в логіці викладу,
3. Відповідь на питання отримує оцінку 7-11 балів, коли студент не отримав правильну відповідь або написав тільки кінцеву формулу без пояснень та виводу.
4. Відповідь на питання отримує оцінку 0-10 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 30 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. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика. М.:Наука, 1979.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, часть 1. М.:Наука, 1964.
3. Де Гроот и П.Мазур. Неравновесная термодинамика. М.: Мир, 1964
4. Биккин Х.М., Ляпилин И. И. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. Научно-образовательная серия «Физика конденсированных сред»; т. 1. Екатеринбург, Институт физики металлов, 2009.
5. Белиничер В.И. Физическая кинетика. Учебное пособие для магистрантов. Новосибирск, НГУ 1995.

Допоміжна література

1. Risken H. The Fokker-Plank equation. Methods of solution and applications. Berlin - Heidenberg- New York. Springer 1989.
2. Хуанг К. Статистическая механика. М.:Мир 1966.
3. Mayer S.A. Plasmonics. Fundamentals and applications. Springer - 2007.
4. Boyd R. W. Nonlinear optics. Elsevier Science. Academic Press. 2003.
5. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С. Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1977.
6. Климонтович Ю.Л. Статистическая физика. М.: Наука, 1982.

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

1. Учбові матеріали на сайті кафедри теоретичної фізики
http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students_study_ukr.html
http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students_ref_ukr.html
2. Відеолекції та відкриті освітні матеріали МФТІ. Відеокурс лекцій «Фізична кінетика», лектор чл.-кор. РАН Максимов Л.О.
<http://lectoriy.mipt.ru/course/TheoreticalPhysics-PhysicalKinetics-14L>
3. Лекторіум математичної лабораторії імені П.Л.Чебишева. Аномально дифузія і її застосування. <https://www.lektorium.tv/course/228033>