Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра комп'ютерної фізики

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Директор навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

_____ Тетяна ГАРЯЄВСЬКА

«_29_» _____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СТОХАСТИЧНА ФІЗИКА

рівень вищої освіти	другий (магістерський)
галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма	«Комп'ютерна фізика»
вид дисципліни	за вибором

навчально – науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

28 грудня 2023 року. протокол №12-1/23

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:
Нємченко Костянтин Едуардович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри комп'ютерної фізики

Програму схвалено на засіданні кафедри комп'ютерної фізики

Протокол від 15 грудня 2023 року № 12/23

Завідувач кафедри комп'ютерної фізики



Костянтин НЄМЧЕНКО

Програму погоджено з гарантом освітньо-наукової програми «Комп'ютерна фізика»

Гарант освітньо-наукової програми «Комп'ютерна фізика»

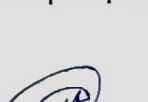


Костянтин НЄМЧЕНКО

Програму погоджено науково-методичною комісією
навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

Протокол від 21 грудня 2023 року № 12/23

Голова науково-методичної комісії
навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики



Денис ПРОТЕКТОР

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Стохастична фізика» складена відповідно до освітньо-наукової програми «Комп'ютерна фізика» другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є ознайомлення та володіння сучасними методами стохастичної фізики.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни є практичне застосування сучасних математичних методів фізики стохастичних процесів для розв'язування задач; створення математичної бази фізичних досліджень.

Загальні компетентності

1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК1).
2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. (ЗК5).
3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК6).
4. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК11).
5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність). (ЗК12).
6. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні. (ЗК13).
7. Здатність використовувати теоретичні та практичні знання про широкий спектр обчислювальних методів та математичних алгоритмів, включаючи принципи розробки та узагальнення цих методів та алгоритмів (ЗК14).

Спеціальні компетентності

1. Здатність відповідно до поставленої задачі проводити самостійно та в команді наукові дослідження фізичних систем, явищ і процесів (експериментальні, теоретичні, комп'ютерне моделювання) в галузі прикладної фізики та наноматеріалів. (СК4)
2. Практичну майстерність обчислень, включаючи взаємодію між науковими проблемами та даними, математичними моделями, загальними алгоритмами та програмним забезпеченням для багаторазового використання (СК6)
3. Вміння аналізувати та візуально відображати результати обчислень та оцінювати їх відповідність стосовно основних проблем та / або гіпотез (СК7)

1.3. Кількість кредитів 4

1.4. Загальна кількість годин 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-й	-й
Семестр	
3-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	год.
Лабораторні заняття	
0 год.	год.
Самостійна робота	
56 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
0 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

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

Використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, електроніки та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень та розв'язання виробничих задач.

Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: предметну область та розуміти особливості професійної діяльності.

вміти: вчитися і оволодівати сучасними знаннями, генерувати нові ідеї, володіти особливостями абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Програмні результати навчання за освітньою програмою:

1. ПРН1. Використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, електроніки та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень та розв'язання виробничих задач.
2. ПРН10. Мати розвинуту обгрунтовану наукову інтуїцію і вміти відображати та розробляти ефективні та особисті стратегії навчання.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Тема 1 Елементи стохастичної теорії

Функції розподілу випадкових величин. Поняття випадкових процесів. Використання елементів стохастичної теорії у фізиці. Питання про контраст. Питання про послідовні процеси.

Тема 2 Теорія випадкових блукань

Найпростіші задачі на випадкові блукання з рівної і нерівній ймовірності.
Дифузійна задача та випадкові блукання. Задача про випадкові блукання в континуальному термодинамічному випадку.

Тема 3 Основи фізичної кінетики

Предмет фізичної кінетики, мета, задачі та структура дисципліни. Роль і місце фізичної кінетики в побудові теорії систем багатьох одержанні кількісних оцінок закономірностей у випадкових явищах та обробці даних спостережень і експериментів.

Тема 4. Кінетична стадія еволюції

Характерні фізичні просторові та часові масштаби системи багатьох частинок. Параметр газовості. Час кореляції та час релаксації. Концепція скороченого опису нерівноважної макросистеми по Боголюбову. Три стадії еволюції системи багатьох частинок до рівноважного стану.
Одночасткова функція розподілу. Виведення рівняння Больцмана для одночасткової функції розподілу частинок ідеального газу. Властивості зіштовхувального інтеграла. Лема Больцмана. Н-теорема Больцмана.
Розв'язок рівняння Больцмана у рівноважному стані ідеального газу.

Тема 5 Гідродинамічна стадія еволюції ідеального газу

Загальний макроскопічний закон збереження мікроскопічних величин, які зберігаються при зіткненнях двох частинок. Отримання рівнянь неперервності, переносу імпульсу та тепла для ідеального газу. Число Кнудсена. Розв'язок рівняння Больцмана у нульовому порядку по малому числу Кнудсена.
Розвязок рівняння Больцмана та рівнянь переносу імпульсу та тепла у першому порядку по малому числу Кнудсена. Густина потоку тепла та тензор тиску газу у першому порядку по числу Кнудсена. Рівняння Нав'є-Стокса.

Тема 6. Гідродинамічна стадія еволюції суміші ідеальних газів.
Лоренцева форма інтегралу зіткнень. Дифузія домішки легкого газу у важкому газі. Рухливість. Дифузія домішки важкого газу у легкому газі. Дифузне наближення у кінетиці. Рівняння Фокера-Планка.

Тема 7. Граничні умови для рівняння Больцмана та рівнянь переносу імпульсу та тепла.
Функція розподілу частинок відбитих від стінки. Коефіцієнти акомодації. Проблеми визначення граничних умов для рівняння Нав'є-Стокса та рівняння переносу тепла. Сковзання та температурний стрибок.

Тема 8. Практичні задачі. Течії розрідженого газу при великих значеннях числа Кнудсена. Явище Кнудсена. Витікання газу у вакуум

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 1 Елементи стохастичної теорії	15	4	4			7						
Тема 2. Кінетична стадія еволюції	15	4	4			7						
Тема 3. Основи фізичної кінетики	15	4	4			7						
Тема 4. Кінетична стадія еволюції ідеального газу	15	4	4			7						
Тема 5 Гідродинамічна стадія еволюції ідеального газу	15	4	4			7						
Тема 6. Гідродинамічна стадія еволюції суміші ідеальних газів.	15	4	4			7						
Тема 7. Граничні умови для рівняння Больцмана та рівнянь переносу імпульсу та тепла.	15	4	4			7						
Тема 8. Практичні задачі.	15	4	4			7						
Усього годин	120	32	32			56						

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

1.	Тема 1 Вступ.	4
2.	Тема 2. Основні понятті статистичної механіки.	4
3.	Тема 3. Система багатьох частинок.	4
4.	Тема 4. Кінетична стадія еволюції ідеального газу	4
5.	Тема 5 Гідродинамічна стадія еволюції ідеального газу	4
6.	Тема 6. Гідродинамічна стадія еволюції суміші ідеальних газів.	4
7.	Тема 7. Граничні умови для рівняння Больцмана та рівнянь переносу імпульсу та тепла.	4
8.	Тема 8. Практичні задачі.	4
	Разом	32

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1.	Ознайомитись з основними принципами стохастичної теорії	7
2.	Розв’язати задачі з функцій розподілу	7
3.	Розв’язати задачі з випадкових блукань	7
4.	Розв’язати задачі з теорії дифузії	7
5.	Розв’язати задачі з кінетичної теорії	7
6.	Розв’язати задачі з кінетичного рівняння Больцмана	7
7.	Розв’язати задачі з законів збереження	7
8.	Розв’язати задачі з отримання гідродинамічних рівняннь	7
	Разом	56

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені навчальним планом

7. Методи навчання

Основними формами викладання навчального матеріалу з дисципліни «Стохастична фізика» є лекції, практичні заняття та самостійна робота студентів. Лекційні заняття будуть проводитись методом розповідь-бесіда. Практичні заняття будуть проводитись шляхом розв’язання окремими студентами задач перед загальною аудиторією та виконання практичних задач за комп’ютером. Основною метою практичних занять є розвиток навичок практичного застосування фізичної кінетики і закріплення теоретичного матеріалу.

8. Методи контролю

Система рейтингових балів та критерії оцінювання :

Контроль виконання 8 завдань кожна по 18 (20 балів – восьме завдання)

Критерії оцінювання:

a) Повністю правильно виконане завдання оцінюється в 18 (20) балів;
b) Завдання виконане з несуттєвими помилками оцінюється в 16 балів (незначні помилки в арифметичних розрахунках);
c) Часткове виконання завдання оцінюється в 10 балів (правильно обрана логіка рішення, але грубі помилки в розрахунках);
d) Часткове виконання завдання оцінюється в 5 балів (правильно обрана логіка рішення, зовсім відсутні розрахунки);
e) Неправильно виконане завдання оцінюється в 0 балів.

Якщо студент отримав оцінку менше 2 балів за задачу він зобов'язаний переписати цю роботу, але не більше двох разів.

Мінімальна кількість балів для допуску студента до підсумкового іспиту становить – 20 балів.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання	
Т1	5
Т2	5
Т3	5
Т4	5
Т5	5
Т6	5
Т7	5
Т8	5
Контрольна робота	20
Іспит	40
Сума	100

Т1, Т2 … Т8 – теми розділів.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

2 бал – робота в аудиторії
3 бали – виконання самостійної роботи

Критерії оцінювання відповідей на контрольній роботі

Теоретичні питання (8 балів)
Наявність відповіді – 2 бали
Коректність викладок, визначень – 2 бали
Правильність відповіді – 2 бали
Відсутність помилок в розрахунках – 2 бали
Розв'язання задачі № 1 (12 балів)
Наявність відповіді – 3 бали
Коректність викладок, визначень – 3 бали
Правильність відповіді – 3 бали
Відсутність помилок в розрахунках – 3 бали

Критерії оцінювання відповідей на підсумковій роботі

Питання 1 – теоретичне питання (5 балів)
Відсутність помилок в теоретичній частині – 2 бал
Коректність викладок – 1 бал
Послідовність викладок – 1 бал
Логічність викладок – 1 бал
Питання 2 дослідницька задача. (15 балів)
Наявність відповіді – 1 бал
Коректність викладок – 2 бал
Логічність викладок – 1 бал
Коректність визначень – 1 бал
Повнота відповіді – 1 бал

Правильність відповіді – 2 бал
Наявність графічного відображення – 2 бал
Знання цілей задачі – 1 бал
Відсутність помилок в розрахунках – 2 бал
Відсутність помилок в теоретичній частині – 2 бал

Питання 3 – дослідницька (15 балів)
Наявність відповіді – 1 бал
Коректність викладок – 2 бал
Логічність викладок – 1 бал
Коректність визначень – 1 бал
Повнота відповіді – 1 бал
Правильність відповіді – 2 бал
Наявність графічного відображення – 2 бал
Знання цілей задачі – 1 бал
Відсутність помилок в розрахунках – 2 бал
Відсутність помилок в теоретичній частині – 2 бал

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	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. Nangia, Nishant; Johansen, Hans; Patankar, Neelesh A.; Bhalla, Amneet Pal S. (2017). "A moving control volume approach to computing hydrodynamic forces and torques on immersed bodies". Journal of Computational Physics. 347: 437–462. arXiv:1704.00239. Bibcode:2017JCoPh.347..437N. doi:10.1016/j.jcp.2017.06.047. S2CID 37560541.
2. White, F. M. (1974). Viscous Fluid Flow. New York: McGraw–Hill. ISBN 0-07-069710-8.
3. Wilson, DI (February 2018). "What is Rheology?". Eye. 32 (2): 179–183. doi:10.1038/eye.2017.267. PMC 5811736. PMID 29271417.
4. Platzer, B. (2006-12-01). "Book Review: Cebeci, T. and Cousteix, J., Modeling and Computation of Boundary-Layer Flows". ZAMM. 86 (12): 981–982. Bibcode:2006ZaMM...86..981P. doi:10.1002/zamm.200690053. ISSN 0044-2267.
5. Shengtai Li, Hui Li "Parallel AMR Code for Compressible MHD or HD Equations" (Los Alamos National Laboratory) [1] Archived 2016-03-03 at the Wayback Machine

Допоміжна література

1. Ortiz de Zarate, Jose M.; Sengers, Jan V. (2006). Hydrodynamic Fluctuations in Fluids and Fluid Mixtures. Amsterdam: Elsevier.

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

1. http://znanium.com/bookread.php?book=416475
2. http://onlinelibrary.wiley.com - наукові журнали видавництва Wiley&Sons
3. http://www.sciencedirect.com/ - наукові журнали видавництва Elsevier