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

_____ Ірина ГАРЯЧЕВСЬКА

"___" _____ 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СТАТИСТИЧНА МЕХАНІКА

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

2024 / 2025 навчальний рік

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

28 серпня 2024 року, протокол № 8/24

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:
Нємченко Костянтин Едуардович, доктор фізико-математичних наук, професор
Віхтинська Тетяна Геннадіївна, старший викладач кафедри комп'ютерної фізики

Програму схвалено на засіданні кафедри комп'ютерної фізики

Протокол від 28 серпня 2024 року № 8/24

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 28 серпня 2024 року № 8/24

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

_____ Денис ПРОТЕКТОР

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Статистична механіка» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки «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 фізики стохастичних процесів.

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 (ЗК):

1. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. (ЗК4)
2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. (ЗК5)
3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК6)
4. Здатність генерувати нові ідеї (креативність). (ЗК12)
5. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні. (ЗК13)

Спеціальні компетентності (СК):

1. Здатність аналізувати отримані результати, презентувати їх фахівцям у даній галузі, оформлювати наукові статті та науковотехнічні звіти, в тому числі із суміжних галузей, для розв'язання виробничих задач. (СК3)
2. 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)
3. Вміння програмувати на мовах високого рівня, компілювати мови та ефективно використовувати комп'ютерну систему алгебри. (СК9)
4. Вміння підвищувати ефективність чисельних алгоритмів та відповідного програмного забезпечення. (СК10)
5. Здатність перетворювати наукові проблеми в загальніобчислювальні моделі та зрозуміти, як різні джерела помилок впливають на точність та надійність моделей та обчислені результати. (СК14)

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 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 2. 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.

Тема 3. Функції розподілу

Одночасткова функція розподілу. Виведення рівняння Больцмана для одночасткової функції розподілу частинок ідеального газу. Властивості зіштовхувального інтеграла. Лема Больцмана. Н-теорема Больцмана.

Тема 4. Газодінамична стадія еволюції ідеального газу

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.

Тема 6 Гідродинамічна стадія еволюції ідеального газу. Частина 2

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	11	4	4			7						
Тема 2. Кінетична стадія еволюції	11	4	4			7						
Тема 3. Основи фізичної кінетики	11	4	4			7						
Тема 4. Кінетична стадія еволюції ідеального газу	11	4	4			7						
Тема 5 Гідродинамічна стадія еволюції ідеального газу	11	4	4			7						
Тема 6. Гідродинамічна стадія еволюції суміші ідеальних газів.	11	4	4			7						
Тема 7. Граничні умови для рівняння Больцмана та рівнянь переносу імпульсу та тепла.	12	4	4			7						
Тема 8. Практичні задачі.	12	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 робота

№ 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 «Статистична механіка» 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 12 (16 балів – восьме завдання)

Критерії оцінювання:

a) Повністю правильно виконане завдання оцінюється в 12 (16) балів;
b) Завдання виконане з несуттєвими помилками оцінюється в 10 бали (незначні помилки в арифметичних розрахунках);
c) Часткове виконання завдання оцінюється в 7 бали (правильно обрана логіка рішення, але грубі помилки в розрахунках);

d) Часткове виконання завдання оцінюється в 3 бали (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

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

Критерії оцінювання відповідей на контрольній роботі

Теоретичні питання (20 балів)

Наявність відповіді – 4 бал
Коректність викладок, визначень – 4 бал
Правильність відповіді – 4 бал
Відсутність помилок в розрахунках – 4 бал

Розв'язання задачі № 1 (20 балів)

Наявність відповіді – 4 бал
Коректність викладок, визначень – 4 бал
Правильність відповіді – 4 бал
Відсутність помилок в розрахунках – 4 бал

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. Eckert, Michael (2006). The Dawn of Fluid Dynamics: A Discipline Between Science and Technology. Wiley. p. ix. ISBN 3-527-40513-5.
2. Anderson, J. D. (2007). Fundamentals of Aerodynamics (4th ed.). London: McGraw–Hill. ISBN 978-0-07-125408-3.
3. 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.
4. White, F. M. (1974). Viscous Fluid Flow. New York: McGraw–Hill. ISBN 0-07-069710-8.
5. Wilson, DI (February 2018). "What is Rheology?". Eye. 32 (2): 179–183. doi:10.1038/eye.2017.267. PMC 5811736. PMID 29271417.
6. 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.
7. 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
8. "Transient state or unsteady state? -- CFD Online Discussion Forums". www.cfd-online.com.
9. Pope, Stephen B. (2000). Turbulent Flows. Cambridge University Press. ISBN 0-521-59886-9.
10. See, for example, Schlatter et al, Phys. Fluids 21, 051702 (2009); doi:10.1063/1.3139294
11. Landau, Lev Davidovich; Lifshitz, Evgenii Mikhailovich (1987). Fluid Mechanics. London: Pergamon. ISBN 0-08-033933-6.
12. Ortiz de Zarate, Jose M.; Sengers, Jan V. (2006). Hydrodynamic Fluctuations in Fluids and Fluid Mixtures. Amsterdam: Elsevier.
13. Landau, Lev Davidovich; Lifshitz, Evgenii Mikhailovich (1959). Fluid Mechanics. London: Pergamon.

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

1. 1. Інтернет.
2. 2. Бібліотеки ХНУ ім. Каразіна та ІПМаш НАН України