МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор навчально-наукового інституту
комп'ютерної фізики та енергетики

_____ Ірина ГАРЯЧЕВСЬКА

_____ 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕРМОДИНАМІКА І СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА. ЧАСТИНА 2

рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма	«Комп'ютерна фізика» «Прикладна фізика нетрадиційної енергетики» «Прикладна фізика енергетичних систем»
вид дисципліни	обов'язкова

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:
Марущенко Ілля Миколайович, кандидат фізико-математичних наук, доцент

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

Протокол від 28 серпня 2024 року № 8/24

Завідувач кафедри фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

_____ Олександр КУЛИК

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

_____ Світлана РОГОВА

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Прикладна фізика нетрадиційної енергетики»
Гарант освітньо-професійної програми «Прикладна фізика нетрадиційної енергетики»

_____ Ілля МАРУЩЕНКО

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Прикладна фізика енергетичних систем»
Гарант освітньо-професійної програми «Прикладна фізика енергетичних систем»

_____ Денис ПРОТЕКТОР

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 «Термодинаміка і статистична фізика. Частина 2» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів спеціальності 105 — прикладна фізика та наноматеріали

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни: оволодіння теорією та практичними навичками розв'язування задач та підготовка студентів до вивчення фізичних основ отримання та перетворювання теплової енергії.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни: забезпечити формування у студентів розуміння теоретичних методів статистичної фізики і термодинаміка та оволодіння математичними навиками, що необхідні для розв’язування різноманітних задач теплової фізики макроскопічних систем.

1.3. Кількість кредитів - 5

1.4. Загальна кількість годин - 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Обов’язкова	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	
Семестр	
8-й	
Лекції	
32 год.	
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	
Лабораторні заняття	
Самостійна робота	
86 год.	
у тому числі індивідуальні завдання	

1.6. Заплановані результати навчання - згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми, студенти повинні досягти таких результатів навчання:

РН01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв’язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

РН02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.

РН04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

РН06. Відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.

РН07. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ I. Класичні гази.

Тема 1: Статистична сума ідеального газу

Канонічний ансамбль. Статистична сума (класичне і квантове визначення). Перехід від квантового до класичного опису. Статистична сума ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу.

Тема 2: Класичний ідеальний газ

Рівнорозподіл енергії. Ентропія та парадокс Гіббса. Ідеальний газ у великому канонічному ансамблі.

Тема 3: Класичний газ без взаємодії

Розподіл Максвелла за швидкостями. Теплоємність двоатомового газу. Екранування заряду в плазмі.

Тема 4: Класичний газ із взаємодією

Віріальне розкладання. Потенціал Ван-дер-Ваальса. Статистична сума неідеального газу. Рівняння стану Ван-дер-Ваальса.

Розділ V. Квантові гази.

Тема 5: Фотони і теплове випромінювання

Густина станів. Випромінювання чорного тіла. Функція розподілу Планка. Середня енергія газу фотонів. Закон Штефана-Больцмана. Тиск випромінювання, ентропія і теплоємність. Реліктове випромінювання. Народження квантової механіки.

Тема 6: Фонони і модель Дебая

Модель Дебая. Фонони. Теплоємність твердих тіл. Недоліки моделі Дебая. Теплоємність двохатомового газу.

Тема 7: Ідеальний бозе-газ

Симетрія хвильових функцій. Статистика Бозе-Ейнштейна. Ідеальний бозе-газ. Високотемпературне рівняння стану.

Тема 8: Бозе-ейнштейнівська конденсація

Низькотемпературний бозе-газ. Критична температура. Конденсація Бозе-Ейнштейна. Низькотемпературне рівняння стану. Теплоємність бозе-ейнштейнівського конденсату.

Тема 9: Ідеальний газ ферміонів

Статистика Фермі-Дірака. Ідеальний фермі-газ. Високотемпературне рівняння стану. Вироджений фермі-газ та поверхня Фермі. Фермі-газ за низької температури.

Тема 10: Фермі-газ за низьких температур

Розкладання Зоммерфельда. Теплоємність металів.

Тема 11: Парамагнетизм Паулі і діамагнетизм Ландау

Взаємодія спінів з магнітним полем. Намагніченість та магнітна сприйнятливість. Парамагнетизм Паулі. Газ електронів та сила Лоренца. Рівні Ландау. Діамагнетизм Ландау.

Тема 12: Білі карлики та границя Чандрасекара

Вироджений тиск ферміонів. Гравітаційний баланс. Маса Планка та границя Чандрасекара. Білі карлики, чорні дири, нейтронні зірки і границя Чандрасекара.

Розділ VI. Фазові переходи.

Тема 13: Модель Ізінга

Модель Ізінга. Наближення середнього поля. Критичні індекси. Застосовність наближення середнього поля.

Тема 14: Теорія фазових переходів Ландау

Вільна енергія і параметри порядка. Фазові переходи другого роду. Фазові переходи першого роду.

Тема 15: Теорія фазових переходів Ландау-Гінзбурга

Узагальнення теорії Ландау. Доменні стінки. Корреляції.

Тема 16: Критичні явища

Флуктуації. Вільна енергія. Критерій Гінзбурга.

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
Розділ 1. Класичні гази												
Тема 1. Статистична сума ідеального газу	10	2	2			6						
Тема 2. Класичний ідеальний газ	10	2	2			6						
Тема 3. Класичний газ без взаємодії	10	2	2			6						
Тема 4. Класичний газ із взаємодією	10	2	2			6						
Разом за розділом 1	40	8	8			24						
Розділ 2. Квантові гази												
Тема 5. Фотони і теплове випромінювання	10	2	2			6						

Тема 6. Фонони і модель Дебая	10	2	2			6						
Тема 7. Ідеальний газ бозонів	10	2	2			6						
Тема 8. Бозе-ейнштейнівська конденсація	10	2	2			6						
Тема 9. Ідеальний газ ферміонів	10	2	2			6						
Тема 10. Фермі-газ за низьких температур	10	2	2			6						
Тема 11. Парамагнетизм Паулі і діамагнетизм Ландау	10	2	2			6						
Тема 12. Білі карлики та границя Чандрасекара	10	2	2			6						
Разом за розділом 5	80	16	16			48						
Розділ 3. Фазові переходи												
Тема 13. Модель Ізінга	10	2	2			6						
Тема 14. Теорія фазових переходів Ландау	10	2	2			6						
Тема 15. Теорія фазових переходів Ландау-Гінзбурга	10	2	2			6						
Тема 16. Критичні явища	10	2	2			6						
Разом за розділом 6	40	8	8			24						
Усього годин	150	32	32			96						

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Статистична сума ідеального газу	2
2	Класичний ідеальний газ	2
3	Класичний газ без взаємодії	2
4	Класичний газ із взаємодією	2
5	Фотони і теплове випромінювання	2
6	Фонони і модель Дебая	2
7	Ідеальний газ бозонів	2
8	Бозе-ейнштейнівська конденсація	2
9	Ідеальний газ ферміонів	2
10	Фермі-газ за низьких температур	2
11	Парамагнетизм Паулі і діамагнетизм Ландау	2
12	Білі карлики та границя Чандрасекара	2
13	Модель Ізінга	2

14	Теорія фазових переходів Ландау	2
15	Теорія фазових переходів Ландау-Гінзбурга	2
16	Критичні явища	2
	Разом	32

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювати розділ “Класичні гази”	24
2	Опрацювати розділ “Квантові гази”	48
3	Опрацювати розділ “Фазові переходи”	24
	Разом	96

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання включають реферат за тематикою курсу, за який студент може отримати до 15 балів.

Рекомендований обсяг роботи – 10 стор. машинописного тексту. До обсягу роботи включаються сторінки від титульного аркуша до останньої сторінки висновків. Список джерел і літератури, додатки до цього обсягу не включаються, але підлягають загальній нумерації. Мова – українська. Роботу набирають на комп'ютері з одного боку аркуша білого паперу формату А4 через 1,5 інтервалу (28–30 рядків на сторінці) 14-м кеглем шрифту Times New Roman. Текст друкують, залишаючи поля таких розмірів: ліве – 30 мм, праве – 10 мм, верхнє – 20 мм, нижнє – 20 мм. Заголовки структурних частин "ЗМІСТ", "ВСТУП", "РОЗДІЛ", "ВИСНОВКИ", "СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ" друкують великими літерами.

Загальні вимоги до цитування:

а) текст цитати починається і закінчується лапками, наводиться саме так, як він поданий у джерелі, зі збереженням особливостей авторського написання;

б) цитування повинно бути повним, без довільного скорочення авторського тексту і без перекручень думок автора. Пропуск слів, речень, абзаців допускається без зміни авторського тексту і позначається трьома крапками. Вони ставляться у будь-якому місці цитати (на початку, всередині, в кінці). Якщо перед пропущеним текстом або за ним стояв розділовий знак, то він не зберігається;

в) кожна цитата обов'язково супроводжується посиланням на джерело;

г) під час непрямого цитування (переказ, виклад думок інших авторів своїми словами) слід бути максимально точним у викладі думок автора, коректним щодо оцінювання його результатів, робити відповідні посилання на джерело;

д) цитування не повинно бути надмірним, бо це створює враження компілятивності праці.

7. Методи навчання

Лекційні заняття проводяться методом лекції та розповіді-дискусії і передбачають можливість використання електронних засобів навчання (відеозв’язок в системі Zoom, презентації у форматі pdf, використання електронного пера). На практичних заняттях, якщо вони проводяться в аудиторії, задачі розв’язуються студентами на дошці за допомогою викладача, а у випадку дистанційного навчання заняття проводиться методом розповіді-дискусії з прикладами розв’язання задач, а самостійне розв’язання задач студентами виконується у вигляді додаткових домашніх завдань. Основною метою практичних занять є розвиток навичок практичного застосування і закріплення теоретичного матеріалу.

8. Методи контролю

Для оцінювання результатів навчання використовуються такі види та методи

контролю: поточний контроль протягом семестру – експрес-контроль на лекції; активна участь у розв'язанні задач та обговоренні теоретичних положень на практичних заняттях; розв'язання задач для самостійної роботи за темами розділів; семестрова контрольна робота; іспит.

Бали за експрес-контроль на лекції студент отримає, якщо дасть правильну письмову або усну відповідь на поставлене питання. Одна правильна відповідь дає 1 бал. За кожне активно проведене практичне заняття студент отримає 1 бал. Його отримують студенти, що були активно залучені до обговорення теми практичного заняття, давали правильні відповіді на теоретичні запитання. За кожну правильно самостійно розв'язану задачу в аудиторії або для самостійної роботи студент отримує 1 або 2 бали, в залежності від складності задачі та повноти розв'язання. Бали за експрес-контроль на лекціях, активну роботу в аудиторії і розв'язання задач для самостійної роботи складаються в підсумкову оцінку за розділ.

Програмою курсу передбачається також 1 контрольна робота, за яку студент може отримати до 15 балів. Контрольна робота складається з двох теоретичних питань і однієї задачі. Кожне теоретичне і задача оцінюються у 5 балів.

У підсумку за роботу в семестрі можна отримати щонайбільше 60 балів. Якщо за семестр студент набрав менше ніж 10 балів, він не буде допущений до іспиту.

Курс завершується проведенням іспиту, за який можна отримати до 40 балів. Іспит проводиться у вигляді письмової роботи. Студент повинен обрати білет, що містить дві задачі та два теоретичних питання за темами курсу. Кожне завдання оцінюється у 10 балів. За бажанням студента він може також надати усний коментар до своєї екзаменаційної роботи та відповісти на додаткові питання, отримавши додаткові заохочувальні бали, загалом не більше 10 (за умови, що підсумкова оцінка за іспит не перевищує 40 балів).

Максимальний бал, що студент може отримати за курс, складає 100 балів.

9. Схема нарахування балів

8 семестр:

Поточний контроль, самостійна робота, контрольні роботи						Екзаменаційна робота	Сума
Розділ 1	Розділ 2	Розділ 3	Контрольна робота	Реферат	Разом		
Т1-Т4	Т5-Т12	Т13-Т16					
10	15	5	15	15	60	40	100

Передбачаються бали за:

- експрес-контроль на лекції – 10;
- розв'язання задач – 20;
- виконання контрольної роботи – 15;
- виконання та захист реферату – 15;
- іспит – 40 балів.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
	для чотирирівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно

70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно

10. Рекомендована література

Основна література

1. Daniel V. Schroeder. "An Introduction to Thermal Physics", 2000.
2. Mehran Kardar. "Statistical Physics of Particles", 2007.
3. David Tong. "Lectures on Statistical Physics", 2012.

Допоміжна література

1. Frederick Reif. "Fundamentals of Statistical and Thermal Physics", 1965.
2. James P. Sethna. "Statistical Mechanics: Entropy, Order Parameters, and Complexity", 2012.
3. А.М. Федорченко. "Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика", 1993.
4. Charles Kittel, Herbert Kroemer. “Thermal Physics”, 1980.
5. Charles Kittel. “Elementary Statistical Physics”, 2012.
6. Franz Mandl. “Statistical Physics”, 2010.
7. L.D. Landau, E.M. Lifshitz. “Course of Theoretical Physics, Volume 5: Statistical Physics, Part 1”, 1980.
8. Don Koks. “Microstates, Entropy and Quanta. An Introduction to Statistical Mechanics”, 2018.

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

1. https://dist.karazin.ua/moodle/course/view.php?id=3225