

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця_

“ЗАТВЕРДЖУЮ”



Декан фізичного факультету
професор
ВОВК Руслан Володимирович

«30» серпня 2023 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Статистична фізика та термодинаміка

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ бакалавр _____
галузь знань _____ 10 Природничі науки _____
(шифр і назва)
спеціальність _____ 104 – Фізика та астрономія _____
(шифр і назва)
освітня програма _____ “Фізика” _____
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(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:

Єрмолаєв Олександр Михайлович, д. фіз.-мат. н., професор-консультант кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М. Ліфшиця;

Рашба Георгій Ілліч, к. фіз.-мат. н., доцент, завідувач кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця.

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

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

Протокол від “ 28 ” 08 2023 року № 9

Завідувач кафедри теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

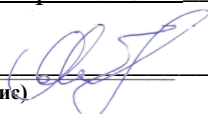

(підпис) Рашба Г.І.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої програми

фізика (спеціальність 104 – фізика та астрономія)

назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи) Лазоренко О.В.


(підпис) Лазоренко О.В.
(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)

Програма навчальної дисципліни «Статистична фізика та термодинаміка» складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

перший (бакалаврський) рівень
(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напрямку): 104 – фізика та астрономія

спеціалізації:

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. **Метою** вивчення навчальної дисципліни «Статистична фізика та термодинаміка» є надання студентам статистичних уявлень про фізичні властивості макросистем, розгляд зі студентами основних положень статистичної механіки та принципів їх застосування до опису макросистем.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

- основним поняттям статистичної фізики та термодинаміки,
- володіти методами феноменологічної термодинаміки,
- розраховувати термодинамічні величини системи у термостаті,
- застосовувати розподіл Максвелла-Больцмана,
- володіти розрахунковими методами квантової статистики ідеальних систем,
- враховувати взаємодію мікрочастинок у макроскопічних системах,
- розраховувати кореляційні функції і дисперсії термодинамічних величин,
- володіти термодинамічними і статистичними методами теорії фазових перетворень,
- розраховувати термодинамічні величини слабких розчинів, бути знайомими з діаграмами станів,
- вміти враховувати поверхневий натяг у термодинаміці.

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 – 7 кредитів ЄКТС.

1.4. Загальна кількість годин – 210.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Обов'язкова	
Денна форма навчання	
Рік підготовки	
4-й	
Семестр	
7-й	8-й
Лекції	
32 год.	36 год.
Практичні заняття	
32 год.	24 год.
Лабораторні заняття	
Немає	Немає
Самостійна робота	
56 год. <i>В тому числі 5 год. на підготовку до контрольної роботи</i>	30 год. <i>В тому числі 5 год. на підготовку до контрольної роботи та 10 год. на виконання індивідуального розрахунково-графічного завдання</i>
Вид контролю:	
Залік	Екзамен

1.6. Заплановані результати навчання

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

– знати, розуміти та бути здатним застосовувати на базовому рівні статистичну фізику та термодинаміку 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;

– бути здатними застосовувати базові 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 розрахувати термодинамічні величини.

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 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
7-й семестр

Розділ 1. Основні принципи статистики. Термодинамічні величини.

- Тема 1. Мікроскопічний і макроскопічний стани системи. Число станів і густина станів.
 Тема 2. Функція розподілу. Середні значення фізичних величин. Матриця густини.
 Тема 3. Статистична незалежність. Теорема Ліувілля. Мікроканонічний розподіл.
 Тема 4. Ентропія. Ентропія ідеального газу. Закон зростання ентропії.
 Тема 5. Температура і тиск. Робота і кількість тепла.
 Тема 6. Термодинамічні потенціали. Перетворення похідних від термодинамічних величин.
 Тема 7. Максимальна робота. Цикл Карно. Максимальна робота в середовищі. Нерівність Клаузіуса.
 Тема 8. Умови рівноваги. Термодинамічні нерівності. Теорема Нернста.
 Тема 9. Залежність термодинамічних величин від числа частинок. Хімічний потенціал. Великий потенціал.
 Тема 10. Рівновага тіла в зовнішньому полі. Термодинаміка діелектриків і магнетиків.

Розділ 2. Розподіл Гіббса. Ідеальні макроскопічні системи. Ідеальні фермі- і бозе-гази.

- Тема 11. Канонічний розподіл. Канонічний розподіл Гіббса і термодинаміка.
 Тема 12. Великий канонічний розподіл. Великий канонічний розподіл і термодинаміка.
 Тема 13. Ізобарично-ізотермічний ансамбль.
 Тема 14. Розподіл Максвелла – Больцмана. Термодинамічні функції ідеального газу. Двохатомний газ.
 Тема 15. Магнетизм газів. Дворівнева система.
 Тема 16. Розподіл Фермі – Дірака. Вироджений електронний газ. Елементарні збудження в ідеальному електронному газі. Теплоємність виродженого електронного газу. Рівняння стану ідеального електронного газу.
 Тема 17. Електронний газ у магнітному полі.
 Тема 18. Розподіл Бозе – Ейнштейна. Бозе-ейнштейнівська конденсація.
 Тема 19. Термодинамічні функції виродженого бозе-газу.
 Тема 20. Чорне випромінювання. Модель Дебая.

8-й семестр

Розділ 3. Неідеальний газ. Флуктуації.

- Тема 21. Частинкові функції розподілу. Зв'язок термодинамічних величин з одночастинковою і двочастинковою функціями розподілу.
 Тема 22. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Термодинамічні функції класичної плазми.
 Тема 23. Флуктуації енергії і числа частинок.
 Тема 24. Розподіл Гаусса. Флуктуації в неізольованих системах.
 Тема 25. Флуктуації основних термодинамічних величин. Розподіл Пуассона.
 Тема 26. Кореляційні функції. Броунівський рух.
 Тема 27. Просторова кореляція флуктуацій густини.
 Тема 28. Узагальнена сприйнятливості.
 Тема 29. Формула Кубо.
 Тема 30. Флуктуаційно-дисипативна теорема.

Розділ 4. Фазові перетворення.

- Тема 31. Умови рівноваги фаз. Рівняння Клапейрона – Клаузіуса.
 Тема 32. Переходи газ–рідина. Критична точка. Властивості речовини поблизу критичної точки.
 Тема 33. Флуктуації густини поблизу критичної точки.
 Тема 34. Критичні індекси. Фазові переходи другого роду.
 Тема 35. Поле Вейсса. Критичні індекси в теорії молекулярного поля. Теорія Ландау. Вплив зовнішнього поля на фазовий перехід.
 Тема 36. Флуктуації параметра порядку. Модель Ізінга. Гіпотеза подібності.

Розділ 5. Розчини. Поверхні.

- Тема 37. Ентропія змішування.
 Тема 38. Слабкі розчини. Осмотичний тиск.
 Тема 39. Правило фаз.
 Тема 40. Вплив розчиненої речовини на фазову рівновагу.
 Тема 41. Рівновага відносно розчиненої речовини.
 Тема 42. Розчин у полі тяжіння.
 Тема 43. Термодинамічні нерівності в розчинах.
 Тема 44. Поверхневий натяг. Формула Лапласа. Крайовий кут.
 Тема 45. Утворення зародків при фазових переходах.
 Тема 46. Поверхневий натяг розчинів. Адсорбція.

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
7 семестр						
Розділ 1. Основні принципи статистики. Термодинамічні величини.						
Тема 1.	6	2	2			2
Тема 2.	6	2	2			2
Тема 3.	6	2	2			2
Тема 4.	6	2	2			2
Тема 5.	6	2	2			2
Тема 6.	6	2	2			2
Тема 7.	6	2	2			2
Тема 8.	6	2	2			2
Тема 9.	6	2	2			2
Тема 10.	6	2	2			2
Разом за розділом 1	60	20	20			20
Розділ 2. Розподіл Гіббса. Ідеальні макроскопічні системи. Ідеальні фермі- і бозе-гази.						
Тема 11.	6	1	1			4
Тема 12.	6	1	1			4
Тема 13.	6	1	1			4
Тема 14.	6	1	1			4
Тема 15.	6	1	1			4

Тема 16.	6	1	1			4
Тема 17.	6	1	1			4
Тема 18.	6	1	1			4
Тема 19.	6	2	2			2
Тема 20.	6	2	2			2
Разом за розділом 2	60	12	12			36
Разом за 7-й семестр	120	32	32			56
Контрольна робота						
8 семестр						
Розділ 3. Неідеальний газ. Флуктуації.						
Тема 21.	4	2	1			1
Тема 22.	4	2	1			1
Тема 23.	4	2	1			1
Тема 24.	4	2	1			1
Тема 25.	4	2	1			1
Тема 26.	4	2	1			1
Тема 27.	4	2	1			1
Тема 28.	4	2	1			1
Тема 29.	4	2	1			1
Тема 30.	4	2	1			1
Разом за розділом 3	40	20	10			10
Розділ 4. Фазові перетворення.						
Тема 31.	3	1	1			1
Тема 32.	3	1	1			1
Тема 33.	3	1	1			1
Тема 34.	3	1	1			1
Тема 35.	3	1	1			1
Тема 36.	3	1	1			1
Разом за розділом 4	18	6	6			6
Розділ 5. Розчини. Поверхні.						
Тема 37.	3	1	1			1
Тема 38.	3	1	1			1
Тема 39.	3	1	1			1
Тема 40.	3	1	1			1
Тема 41.	3	1	1			1
Тема 42.	3	1	1			1
Тема 43.	4	1	1			2
Тема 44.	4	1	1			2
Тема 45.	4	1	1			2
Тема 46.	4	1	1			2
Разом за розділом 5	32	10	10			14
Разом за семестр	90	30	30			30
Екзамен						
Усього годин	210	68	56			86

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Основні принципи статистики	6
2.	Термодинамічні величини	6
3.	Розподіл Гіббса	6
4.	Ідеальні макроскопічні системи	6
5.	Ідеальні фермі- і бозе-гази	6
6.	Неідеальний газ	5
7.	Флуктуації.	5
8.	Фазові перетворення	6
9.	Розчини	6
10.	Поверхні.	4
Разом		56

5. Завдання для самостійної роботи

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

1. По всім нижче вказаним темам опрацювати конспекти лекцій, прочитати відповідні параграфи в підручниках [1–5] зі списку основної літератури та прочитати відповідні параграфи в підручниках [1–40] зі списку додаткової літератури.
2. Самостійно підготувати питання для обговорення та запитання на консультаціях з викладачем, який читає лекції.
3. Виконати розрахунково-графічне завдання та захистити його у процесі співбесіди з викладачем.

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1.	Двовимірний електронний газ у магнітному полі.	1
2.	Квантові точки у магнітному полі. Випадок $\omega_0 = 0$.	1
3.	Термодинамічні функції класичної плазми. Вироджена плазма.	1
4.	Флуктуаційно-дисипативна теорема.	1
5.	Формула Найквіста.	1
6.	Гіпотеза подібності.	1
7.	Метод ренормалізаційної групи.	1
8.	Матриця густини і статистичний оператор. Матриця густини складової системи.	1
9.	Квантове рівняння Ліувілля.	2
10.	Одночастинкова матриця густини (вільна частинка в термостаті, осцилятор в термостаті, електрон в термостаті в магнітному полі).	2
11.	Спінова матриця густини.	2
12.	Матриця густини ідеального фермі-газа.	2
13.	Вігнерівська функція розподілу.	2
14.	Рівняння Блоха.	2
15.	Матриця густини і континуальні інтеграли.	2
16.	Матриця густини і когерентні стани.	2

17.	Частинкові матриці густини.	2
18.	Характеристична функція.	2
19.	Діаграми стану бінарних розчинів.	2
20.	Пружність пари над кривою поверхнею.	2
21.	Виділення тепла і зміна об'єму при розчиненні.	2
22.	Вплив розчиненої речовини на фазову рівновагу.	2
23.	Поверхневий натяг розчинів. Адсорбція.	2
24.	Адіабатичний процес.	2
25.	Процес Джоуля-Томсона.	2
26.	Принцип Ле-Шательє.	2
27.	Тіла, які обертаються.	2
28.	Релятивістська термодинаміка.	2
29.	Статистичний оператор.	2
30.	Термодинамічна теорія збурень.	2
31.	Релятивістський фермі-газ.	2
32.	Двовимірний електронний газ.	2
33.	Теплове розширення твердих тіл.	2
34.	Віріальний розклад.	2
35.	Дебасвське екранування.	2
36.	Квантова плазма.	2
37.	Кореляція флуктуацій.	2
38.	Модель Ізінга.	2
39.	Ренормалізаційна група.	2
40.	Термодинаміка надпровідного переходу.	2
41.	Хімічна рівновага. Іонізаційна рівновага.	2
42.	Принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів.	2
43.	Співвідношення Ейнштейна.	2
44.	Рівняння балансу маси, імпульсу, енергії, ентропії.	2
45.	Рівняння Фоккера-Планка.	2
46.	Кінетичне рівняння Больцмана. Н-теорема.	2
47.	Електропровідність і теплопровідність металів і напівпровідників.	2
	Разом	86

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальне розрахунково-графічне завдання у 8-му семестрі.

7. Методи контролю

Розв'язання задач на практичних заняттях, опитування, по 1 контрольній роботі за основними розділами курсу у 7-му та 8-му семестрах, перевірка домашніх завдань, індивідуальне розрахунково-графічне завдання у 8-му семестрі, екзамен у 8-му семестрі.

8. Схема нарахування балів

Для зарахування навчальної роботи у 7-му семестрі студенту необхідно виконати контрольну роботу та домашні завдання.

Екзамен (8-й семестр)

Поточний контроль, самостійна робота, контрольна робота, індивідуальне завдання						Екзамен	Сума
Розділ 3	Розділ 4	Розділ 5	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом		
T21-T30	T31-T36	T37-T46	2 контрольні роботи				100
10	10	10	10	20	60	40	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою
	для чотирирівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Форма проведення іспиту – комбінована: два теоретичних питання та дві задачі.

Кількість теоретичних питань у екзаменаційному білеті – 2 питання.

У відповіді на теоретичні питання студент повинен продемонструвати знання теорії навчальної дисципліни «Статистична фізика та термодинаміка» та її понятійно-категоріального апарату, термінології, понять і принципів предметної області дисципліни.

При оцінюванні письмових відповідей студентів на теоретичні питання проводиться аналіз відповіді студента на основі вимог затвердженого стандарту «Бакалавр» до освоєння знань і умінь з цього розділу теоретичної фізики. Нижче наведені узагальнені плани основних елементів фізичних знань, які повинні бути продемонстровані у відповіді студента.

Узагальнені структурні елементи фізичних знань

Фізичне явище

1. Назва фізичного явища і основні ознаки, за якими воно виявляється.
2. Умови, при яких протікає фізичне явище.
3. Зв'язок даного фізичного явища з іншими.
4. Пояснення змісту розглядуваного явища на основі наявних знань.
5. Приклади використання фізичного явища на практиці та його прояви у природі.

Фізична величина

1. Назва фізичної величини та її умовне позначення.
2. Об'єкт дослідження – явище, властивість, процес.
3. Визначення фізичної величини.
4. Формула, яка зв'язує дану фізичну величину з іншими.
5. Одиниці виміру фізичної величини.
6. Способи експериментального вимірювання фізичної величини.

Фізичний закон

1. Словесне формулювання фізичного закону.
2. Математичне формулювання фізичного закону.
3. Назви та одиниці вимірювання всіх величин, які входять у фізичний закон.
4. Фізичні досліди, які підтверджують справедливість фізичного закону.
5. Приклади застосування даного фізичного закону на практиці.
6. Границі застосування фізичного закону.

Відповідь на запропоноване питання студент повинен викладати чітко, логічно, послідовно, формули писати правильно.

У процесі оцінювання теоретичного завдання 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).

Максимальна кількість балів, яка може бути отримана студентом за правильну відповідь на теоретичне питання складає 10 балів.

Кількість задач в екзаменаційному білеті – 2 задачі.

Кожна задача повинна бути розв'язана за відповідним алгоритмом з необхідними поясненнями.

Якість розв'язання задач у екзаменаційному білеті оцінює:

- ступінь опанування студентами теоретичного матеріалу для практичного застосування;
- правильність застосування фізичних формул, методики розрахунку величин;
- творчий підхід студента до виконання отриманого завдання;
- акуратність оформлення студентом письмової екзаменаційної роботи.

При аналізі виконаних практичних завдань (задач) екзаменатором оцінюється здатність студента отримати правильний результат. Результати розв'язання задач студентами оцінюються по наступній системі оцінок:

1. Задача розв'язана на оцінку 10 балів у випадку, коли студент отримав правильну

- відповідь і продемонстрував метод і спосіб її отримання.
2. Задача розв'язана на оцінку 7-9 балів, коли студент не отримав правильну відповідь, але продемонстрував вірний метод і спосіб її отримання.
 3. Задача розв'язана частково на оцінку 4-6 балів, коли студент не отримав правильну відповідь, але частково розв'язав задачу та отримав деякі проміжні результати.
 4. Задача розв'язана на оцінку 0-3 бали, коли студент не отримав правильну відповідь, причому метод і спосіб розв'язання завдання були не вірними.

9. Рекомендована література

Авторський навчальний посібник з грифом МОН України (див. № 2 основної літератури).

Основна література

1. *L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Course of Theoretical Physics, Vol. 5, Statistical Physics, 3rd ed., Butterworth-Heinemann, Oxford 1975.*
2. *Єрмолаєв О.М., Рашба Г.І.* Вступ до статистичної фізики та термодинаміки. – Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2004.
3. *Боголюбов М. М.* Лекції з квантової статистики. – К.: Радянська школа, 1949.
4. *Кобилянський В. Б.* Статистична фізика. – К.: Вища школа, 1972.
5. *Свідзинський А. В.* Лекції з термодинаміки. – Луцьк: Вежа, 1999.
6. *R. Kubo, Statistical Mechanics, North-Holland, Amsterdam 1965.*

Допоміжна література

1. *Вакарчук І. О., Книгініцький О. В., Попель О. М., Кулій Т. В.* Збірник задач з термодинаміки і статистичної фізики. – Л.: ЛДУ, 1998.
2. *Федорченко А. М.* Теоретична фізика. – Київ: Вища школа, 1993. – Т. 2.
3. *Ermolaev A.M., Rashba G.I.* The method of local perturbations in the theory of nanosystems // Cambridge Scholars Publishing (United Kingdom), 2022. – 236 pp. ISBN (10): 1-5275-8556-5 ISBN (13): 978-1-5275-8556-0.
4. *Ermolaev A.M., Rashba G.I.* Electron Gas: An Overview. 1. Electron Gas on the Surface of a Nanotube: Thermodynamics, Dynamic Conductivity, and Collective Phenomena. – New York (USA): Nova Science Publishers, Inc., 2019. – 122 p.: fig. – ISBN 978-1-53616-442-8.

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

1. Учбові матеріали на власному 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
<http://lectoriy.mipt.ru/course/viewall/>