

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор

“ _____ ” _____ 20__ р.

Програма навчальної дисципліни

Статистична фізика та термодинаміка

(назва навчальної дисципліни)

напрямок _____ 6.040203 – «Фізика» _____
(шифр, назва напрямку)

спеціальність _____
(шифр, назва спеціалізації)

спеціалізація _____
(шифр, назва спеціалізації)

факультет _____ фізичний _____

2015 / 2016 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету (інституту, центру)

“ 18 ” _____ вересня _____ 2015 року, протокол № 7

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Єрмолаєв Олександр Михайлович, доктор фіз.-мат. наук, професор;

Рашба Георгій Ілліч, канд. фіз.-мат. наук, доцент.

Програму схвалено на засіданні кафедри

теоретичної фізики імені академіка. М. Ліфшиця

Протокол від “ 7 ” _____ вересня _____ 2015 року протокол № 8

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 “ 17 ” _____ вересня _____ 2015 року № 1

Голова методичної комісії _____

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

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Статистична фізика та термодинаміка» складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки першого рівню вищої освіти – бакалавр

напряму підготовки 6.040203 – фізика

спеціальності

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Статистична фізика та термодинаміка» є статистичні уявлення про фізичні властивості макросистем, розгляд основних положень статистичної механіки та принципів їх застосування до опису макросистем.

Статистична фізика і термодинаміка – наука про властивості макроскопічних систем, які знаходяться в стані термодинамічної рівноваги. Процеси в нерівноважних системах вивчаються в інших курсах теоретичної фізики – у нерівноважній термодинаміці і кінетиці. Макроскопічною називається система, яка містить велику кількість частинок.

Статистична фізика і термодинаміка – два методи вивчення властивостей макроскопічних систем, які доповнюють один другого. Використовуючи термодинамічний метод, ми не враховуємо атомну будову речовини, розглядаємо систему як суцільне середовище. При цьому ми оперуємо величинами, які відносяться до системи в цілому або до її макроскопічних частин. Такі величини називаються макроскопічними або термодинамічними.

Термодинаміка заснована на невеликому числі вихідних принципів, сформульованих шляхом узагальнення експериментальних даних. Використовуючи ці принципи, ми можемо встановлювати співвідношення між термодинамічними величинами. Ці співвідношення, як правило, можуть бути перевірені експериментально.

У курсі статистичної фізики ми враховуємо атомну будову речовини, маємо справу з відносно невеликими групами частинок, з яких складається система. Основна задача статистичної фізики полягає в тому, щоб на основі відомих властивостей окремих частинок та їх взаємодії розрахувати термодинамічні величини. Іншими словами, статистична фізика є мікроскопічним обґрунтуванням термодинаміки.

Статистичну фізику часто називають статистичною механікою. Уже з назви ясно, що цей розділ теоретичної фізики є синтезом механіки і теорії імовірностей. Якщо для опису руху частинок системи можна використовувати закони класичної механіки, ми будемо мати справу з класичною статистикою. Статистика, заснована на квантовій механіці, називається квантовою статистикою. В нашому курсі вони викладаються паралельно.

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів:

Розділ 1. Основні принципи статистики. Термодинамічні величини. (теми 1-25)

Розділ 2. Розподіл Гіббса. Ідеальні макроскопічні системи. Ідеальні фермі- і бозе-гази. (теми 26-46)

Розділ 3. Неідеальний газ. Флуктуації. (теми 47-59)

Розділ 4. Фазові перетворення. (теми 60-73)

Розділ 5. Розчини. Поверхні. (теми 74-81)

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Розробники створили програму з курсу статистичної фізики і термодинаміки для студентів-бакалаврів. За задумом авторів цієї програми необхідно забезпечити неперервний перехід від елементарних понять молекулярної фізики і термодинаміки, з якими студенти знайомляться в курсі загальної фізики, до „вищих” розділів

статистичної фізики. Вони викладаються в спеціальних курсах для магістрів. Головна увага у цієї програмі приділяється мікроскопічним методам розрахунку термодинамічних величин. У перших двох розділах використаний метод рівноважних ансамблів Гіббса і лише у третьому розділі теорія неідеального газу викладена на основі методу М.М. Боголюбова.

Адресуючи цю програму з статистичної фізики і термодинаміки бакалаврам, ми вважаємо, що вони засвоїли курс загальної фізики, а також курси теоретичної фізики: класичну механіку, електродинаміку, квантову механіку. Саме в такій послідовності викладаються зараз курси теоретичної фізики в університетах.

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Статистична фізика та термодинаміка» є надання студентам уявлень про принципи і методи статистичної фізики та термодинаміки.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Статистична фізика та термодинаміка» є навчити студентів:

- 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,
- вміти розраховувати кінетичні коефіцієнти макроскопічних систем.

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

знати: методи статистичної фізики та термодинаміки.

вміти: вільно використовувати статистичні розподіли, володіти методами квантової статистики ідеальних та неідеальних систем, вільно користуватись ними з метою розрахунків характеристик макросистем.

2. Опис навчальної дисципліни

| | | | |
|--|--|--------------------------------------|-----|
| Найменування показника | Галузь знань (предметна область), напрям, спеціальність, рівень вищої освіти / освітньо-кваліфікаційний рівень | Характеристика навчальної дисципліни | |
| | | денна форма навчання | |
| Кількість кредитів – 7 | Галузь знань (предметна область): 0402 – фізико-математичні науки. Напрямок: 6.040203 – фізика. | Нормативна | |
| | | Рік підготовки 4-й | |
| Індивідуальне науково-дослідне завдання курсова робота (назва) | Спеціальність: Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень): бакалавр. | Семестри | |
| Загальна кількість годин – 216 | | 7-й | 8-й |
| Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 год. в 7-му сем., 5 год. в 8-му сем. самостійної роботи студента – 2 год. в 7-му сем., 2 год. в 8-му сем. | Лекції | | |
| | 36 год. | 45 год. | |
| | Практичні, семінарські | | |
| | 36 год. | 30 год. | |
| | Лабораторні | | |
| | Немає | | |
| | Самостійна робота | | |
| | 36 год. | 33 год. | |
| | Індивідуальні завдання: | | |
| | 0 год. | | |
| Вид контролю: | | | |
| самостійні письмові роботи індивідуальні залікові завдання залік | самостійні письмові роботи індивідуальні розрахункові завдання екзамен | | |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 200 % в 7-му семестрі, 227 % в 7-му семестрі.

3. Виклад змісту навчальної дисципліни 7-й семестр

Розділ 1. Основні принципи статистики. Термодинамічні величини.

- Тема 1. Мікроскопічний і макроскопічний стани системи.
- Тема 2. Число станів і густина станів.
- Тема 3. Функція розподілу.
- Тема 4. Середні значення фізичних величин.
- Тема 5. Матриця густини.
- Тема 6. Статистична незалежність.
- Тема 7. Теорема Ліувілля.
- Тема 8. Мікроканонічний розподіл.
- Тема 9. Ентропія.
- Тема 10. Ентропія ідеального газу.
- Тема 11. Закон зростання ентропії.
- Тема 12. Температура і тиск.
- Тема 13. Робота і кількість тепла.
- Тема 14. Термодинамічні потенціали.
- Тема 15. Перетворення похідних від термодинамічних величин.
- Тема 16. Максимальна робота. Цикл Карно.
- Тема 17. Максимальна робота в середовищі. Нерівність Клаузіуса.
- Тема 18. Умови рівноваги.
- Тема 19. Термодинамічні нерівності.
- Тема 20. Теорема Нернста.
- Тема 21. Залежність термодинамічних величин від числа частинок.
- Тема 22. Хімічний потенціал.
- Тема 23. Великий потенціал.
- Тема 24. Рівновага тіла в зовнішньому полі.
- Тема 25. Термодинаміка діелектриків і магнетиків.

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

- Тема 26. Канонічний розподіл.
- Тема 27. Канонічний розподіл Гіббса і термодинаміка.
- Тема 28. Великий канонічний розподіл.
- Тема 29. Великий канонічний розподіл і термодинаміка.
- Тема 30. Ізобарично-ізотермічний ансамбль.
- Тема 31. Розподіл Максвелла – Больцмана.
- Тема 32. Термодинамічні функції ідеального газу.
- Тема 33. Двохатомний газ.
- Тема 34. Магнетизм газів.
- Тема 35. Дворівнева система.
- Тема 36. Розподіл Фермі – Дірака.
- Тема 37. Вироджений електронний газ.
- Тема 38. Елементарні збудження в ідеальному електронному газі.
- Тема 39. Теплоємність виродженого електронного газу.
- Тема 40. Рівняння стану ідеального електронного газу.
- Тема 41. Електронний газ у магнітному полі.
- Тема 42. Розподіл Бозе – Ейнштейна.
- Тема 43. Бозе-ейнштейнівська конденсація.

- Тема 44. Термодинамічні функції виродженого бозе-газу.
 Тема 45. Чорне випромінювання.
 Тема 46. Модель Дебая.

8-й семестр

Розділ 3. Неідеальний газ. Флуктуації.

- Тема 47. Часткові функції розподілу.
 Тема 48. Зв'язок термодинамічних величин з одночастинковою і двочастинковою функціями розподілу.
 Тема 49. Рівняння Ван-дер-Ваальса.
 Тема 50. Флуктуації енергії і числа частинок.
 Тема 51. Розподіл Гаусса.
 Тема 52. Флуктуації в неізольованих системах.
 Тема 53. Флуктуації основних термодинамічних величин.
 Тема 54. Розподіл Пуассона.
 Тема 55. Кореляційні функції.
 Тема 56. Броунівський рух.
 Тема 57. Просторова кореляція флуктуацій густини.
 Тема 58. Узагальнена сприйнятливність.
 Тема 59. Формула Кубо.

Розділ 4. Фазові перетворення.

- Тема 60. Умови рівноваги фаз.
 Тема 61. Рівняння Клапейрона – Клаузіуса.
 Тема 62. Переходи газ–рідина.
 Тема 63. Критична точка.
 Тема 64. Властивості речовини поблизу критичної точки.
 Тема 65. Флуктуації густини поблизу критичної точки.
 Тема 66. Критичні індекси.
 Тема 67. Фазові переходи другого роду.
 Тема 68. Поле Вейсса.
 Тема 69. Критичні індекси в теорії молекулярного поля.
 Тема 70. Теорія Ландау.
 Тема 71. Вплив зовнішнього поля на фазовий перехід.
 Тема 72. Флуктуації параметра порядку.
 Тема 73. Модель Ізінга.

Розділ 5. Розчини. Поверхні.

- Тема 74. Ентропія змішування.
 Тема 75. Слабкі розчини. Осмотичний тиск.
 Тема 76. Правило фаз.
 Тема 77. Рівновага відносно розчиненої речовини.
 Тема 78. Розчин у полі тяжіння.
 Тема 79. Термодинамічні нерівності в розчинах.
 Тема 80. Поверхневий натяг. Формула Лапласа. Крайовий кут.
 Тема 81. Утворення зародків при фазових переходах.

4. Структура навчальної дисципліни

| Назви модулів і тем | Кількість годин | | | | | |
|----------------------------|-----------------|--------------|-----------|-----|----|-----------|
| | Денна форма | | | | | |
| | Усього | у тому числі | | | | |
| л | | п | лаб | інд | ср | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 7 семестр | | | | | | |
| Розділ 1. | | | | | | |
| Тема 1. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 2. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 3. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 4. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 5. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 6. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 7. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 8. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 9. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 10. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 11. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 12. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 13. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 14. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 15. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 16. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 17. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 18. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 19. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 20. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 21. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 22. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 23. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 24. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 25. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Разом за розділом 1 | 57 | 19 | 19 | | | 19 |
| Розділ 2. | | | | | | |
| Тема 26. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 27. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 28. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 29. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 30. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 31. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 32. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 33. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 34. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 35. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 36. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 37. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|------------|-----------|-----------|--|--|-----------|
| Тема 38. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 39. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 40. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 41. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 42. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 43. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 44. | 1.5 | 0.5 | 0.5 | | | 0.5 |
| Тема 45. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 46. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Разом за розділом 2 | 51 | 17 | 17 | | | 17 |
| Разом за 7-й семестр | 108 | 36 | 36 | | | 36 |
| Залік | | | | | | |
| 8 семестр | | | | | | |
| Розділ 3. | | | | | | |
| Тема 47. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 48. | 4 | 2 | 1 | | | 1 |
| Тема 49. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 50. | 4 | 2 | 1 | | | 1 |
| Тема 51. | 4 | 2 | 1 | | | 1 |
| Тема 52. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 53. | 4 | 2 | 1 | | | 1 |
| Тема 54. | 4 | 2 | 1 | | | 1 |
| Тема 55. | 4 | 2 | 1 | | | 1 |
| Тема 56. | 4 | 2 | 1 | | | 1 |
| Тема 57. | 4 | 2 | 1 | | | 1 |
| Тема 58. | 4 | 2 | 1 | | | 1 |
| Тема 59. | 4 | 2 | 1 | | | 1 |
| Разом за розділом 3 | 49 | 23 | 13 | | | 13 |
| Розділ 4. | | | | | | |
| Тема 60. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 61. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 62. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 63. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 64. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 65. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 66. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 67. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 68. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 69. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 70. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 71. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 72. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 73. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Разом за розділом 4 | 42 | 14 | 14 | | | 14 |
| Розділ 5. | | | | | | |
| Тема 74. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |

| | | | | | | |
|----------------------------|------------|-----------|-----------|--|--|-----------|
| Тема 75. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 76. | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Тема 77. | 2 | 1 | | | | 1 |
| Тема 78. | 2 | 1 | | | | 1 |
| Тема 79. | 2 | 1 | | | | 1 |
| Тема 80. | 1 | 1 | | | | |
| Тема 81. | 1 | 1 | | | | |
| Разом за розділом 5 | 17 | 8 | 3 | | | 6 |
| Разом за семестр | 108 | 45 | 30 | | | 33 |
| Екзамен | | | | | | |
| Усього годин | 216 | 81 | 66 | | | 69 |

5. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|--------------------------------|-----------------|
| 1 | Основні принципи статистики | 8 |
| 2 | Термодинамічні величини | 8 |
| 3 | Розподіл Гіббса | 8 |
| 4 | Ідеальні макроскопічні системи | 12 |
| 5 | Ідеальні фермі- і бозе-гази | 6 |
| 6 | Неідеальний газ | 3 |
| 7 | Флуктуації. | 5 |
| 8 | Фазові перетворення | 6 |
| 9 | Розчини | 5 |
| 10 | Поверхні. | 5 |

6. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми | Кількість годин | Форма контролю |
|-------|---|-----------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Двовимірний електронний газ у магнітному полі. | 1 | опитування |
| 2. | Квантові точки у магнітному полі. Випадок $\omega_0 = 0$. | 1 | опитування |
| 3. | Термодинамічні функції класичної плазми. Вироджена плазма. | 1 | опитування |
| 4. | Флуктуаційно-дисипативна теорема. | 1 | опитування |
| 5. | Формула Найквіста. | 1 | опитування |
| 6. | Гіпотеза подібності. | 1 | опитування |
| 7. | Метод ренормалізаційної групи. | 1 | опитування |
| 8. | Матриця густини і статистичний оператор. Матриця густини составної системи. | 1 | опитування |
| 9. | Квантове рівняння Ліувілля. | 1 | опитування |
| 10. | Одночастинкова матриця густини (вільна частинка в термостаті, осцилятор в термостаті, електрон в термостаті в магнітному полі). | 1 | опитування |
| 11. | Спінова матриця густини. | 1 | опитування |
| 12. | Матриця густини ідеального фермі-газа. | 1 | опитування |

| | | | |
|-----|--|---|------------|
| 13. | Вігнерівська функція розподілу. | 1 | опитування |
| 14. | Рівняння Блоха. | 1 | опитування |
| 15. | Матриця густини і континуальні інтеграли. | 1 | опитування |
| 16. | Матриця густини і когерентні стани. | 1 | опитування |
| 17. | Частинкові матриці густини. | 1 | опитування |
| 18. | Характеристична функція. | 1 | опитування |
| 19. | Діаграми стану бінарних розчинів. | 1 | опитування |
| 20. | Пружність пари над кривою поверхнею. | 1 | опитування |
| 21. | Виділення тепла і зміна об'єму при розчиненні. | 1 | опитування |
| 22. | Вплив розчиненої речовини на фазову рівновагу. | 1 | опитування |
| 23. | Поверхневий натяг розчинів. Адсорбція. | 1 | опитування |
| 24. | Адіабатичний процес. | 1 | опитування |
| 25. | Процес Джоуля-Томсона. | 1 | опитування |
| 26. | Принцип Ле-Шательє. | 1 | опитування |
| 27. | Тіла, які обертаються. | 1 | опитування |
| 28. | Релятивістська термодинаміка. | 1 | опитування |
| 29. | Статистичний оператор. | 1 | опитування |
| 30. | Термодинамічна теорія збурень. | 1 | опитування |
| 31. | Релятивістський фермі-газ. | 1 | опитування |
| 32. | Двовимірний електронний газ. | 2 | опитування |
| 33. | Теплове розширення твердих тіл. | 1 | опитування |
| 34. | Віріальний розклад. | 1 | опитування |
| 35. | Дебаєвське екранування. | 2 | опитування |
| 36. | Квантова плазма. | 1 | опитування |
| 37. | Кореляція флуктуацій. | 2 | опитування |
| 38. | Модель Ізінга. | 1 | опитування |
| 39. | Ренормалізаційна група. | 1 | опитування |
| 40. | Термодинаміка надпровідного переходу. | 2 | опитування |
| 41. | Хімічна рівновага. Іонізаційна рівновага. | 1 | опитування |
| 42. | Принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів. | 1 | опитування |
| 43. | Співвідношення Ейнштейна. | 2 | опитування |
| 44. | Рівняння балансу маси, імпульсу, енергії, ентропії. | 1 | опитування |
| 45. | Рівняння Фоккера-Планка. | 1 | опитування |
| 46. | Кінетичне рівняння Больцмана. Н-теорема. | 1 | опитування |
| 47. | Електропровідність і теплопровідність металів і напівпровідників. | 2 | опитування |
| 48. | Ланцюжок рівнянь Боголюбова. | 1 | опитування |
| 49. | Стадії еволюції нерівноважної системи. | 1 | опитування |
| 50. | Вивід рівняння Больцмана методом Боголюбова. | 1 | опитування |
| 51. | Сильно нерівноважні системи. | 2 | опитування |
| 52. | Самоорганізація у відкритих дисипативних системах. | 1 | опитування |
| 53. | Представлення Мелліна і гармонічний осцилятор. | 1 | опитування |
| 54. | Густина станів електрона на поверхні нанотрубки. | 1 | опитування |
| 55. | Хімічний потенціал електронного газу нанотрубки. | 1 | опитування |
| 56. | Внутрішня енергія електронів напівпровідникової нанотрубки. | 1 | опитування |
| 57. | Теплоємність виродженого електронного газу на поверхні напівпровідникової нанотрубки. | 2 | опитування |
| 58. | Великий термодинамічний потенціал та ентропія виродженого електронного газу на поверхні напівпровідникової нанотрубки. | 1 | опитування |

| | | | |
|-----|---|-----------|------------|
| 59. | Спінова намагніченість виродженого електронного газу на поверхні напівпровідникової нанотрубки. | 2 | опитування |
| 60. | Внутрішня енергія невиродженого електронного газу на поверхні напівпровідникової нанотрубки. | 1 | опитування |
| | Разом | 69 | |

7. Індивідуальні завдання

8. Методи навчання

Лекції, практичні заняття, самостійна робота.

9. Методи контролю

Рішення задач на практичних заняттях, контрольні роботи за модулями, домашні завдання, індивідуальне розрахункове завдання, залік за результатами поточного контролю, екзамен.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Залік (7-й семестр)

| Поточне тестування та самостійна робота | | Сума |
|---|---|------|
| Розділ 1 | Розділ 2 | |
| T1-T25 | T26-T46 | 100 |
| Дві контрольні роботи – 2x15=30 Домашні завдання – 20 | Дві контрольні роботи – 2x10=20 Індивідуальне завдання - 10 Домашні завдання – 20 | |

Для зарахування модуля треба виконати контрольні роботи, індивідуальне розрахункове завдання та домашні завдання і набрати у підсумку не менше 25 балів.

Екзамен (8-й семестр)

| Поточне тестування та самостійна робота | | | Підсумковий семестровий контроль (екзамен) | Сума |
|--|---|---|--|------|
| Розділ 3 | Розділ 4 | Розділ 5 | | |
| T47-T59 | T60-T73 | T74-T81 | 40 | 100 |
| Дві контр. роботи – 5x2=10 Дом. завд. – 10 Разом - 20 | Контр. робота - 10 Дом. завд. – 10 Разом - 20 | Інд. розрахункове завдання - 15 Дом. завд. – 5 Разом - 20 | | |

Для зарахування модулів 1-2 треба виконати контрольні роботи та домашні завдання і набрати у підсумку не менше 10 балів. Для зарахування модуля 3 треба виконати та захистити індивідуальне розрахункове завдання, виконати домашні завдання і набрати у підсумку не менше 10 балів.

Для допуску до підсумкового семестрового контролю студент повинен здати 3 модулі і набрати у підсумку не менше 30 балів.

Шкала оцінювання

| Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру | Оцінка за національною шкалою | |
|--|-------------------------------|---------------|
| | для екзамену | для заліку |
| 90 – 100 | відмінно | зараховано |
| 70-89 | добре | |
| 50-69 | задовільно | |
| 1-49 | незадовільно | не зараховано |

11. Рекомендоване методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Авторський навчальний посібник з грифом МОН України (див. № 2 базової літератури).
3. Навчальні посібники, монографії, наукові статті.
4. Мультимедійні презентації лекцій.

Базова література

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика. – М.: Наука, 1995.
2. Єрмолаєв О.М., Раїмба Г.І. Вступ до статистичної фізики та термодинаміки. – Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2004.
3. Ансельм А. И. Основы статистической физики и термодинамики. – М.: Наука, 1973.
4. Кубо Р. Статистическая механика. – М.: Мир, 1967.
5. Кубо Р. Термодинамика. – М.: Мир, 1970.

Допоміжна література

1. Ахиезер А. И., Пелетминский С. В. Методы статистической физики. – М.: Наука, 1977.
2. Базаров И. П. Термодинамика. – М.: Высшая школа, 1991.
3. Базаров И. П., Геворкян Э. В., Николаев П. Н. Термодинамика и статистическая физика. – М.: МГУ, 1986.
4. Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. – М.: Мир, 1978. – Т. 1, 2.
5. Беккер Р. Теория теплоты. – М.: Энергия, 1974.
6. Блум К. Теория матрицы плотности и ее приложения. – М.: Мир, 1983.
7. Боголюбов М. М. Лекції з квантової статистики. – К.: Радянська школа, 1949.
8. Боголюбов Н. Н., Боголюбов Н. Н. (мл.). Введение в квантовую статистическую механику. – М.: Наука, 1984.
9. Вакарчук І. О., Книгіницький О. В., Попель О. М., Кулій Т. В. Збірник задач з термодинаміки і статистичної фізики. – Л.: ЛДУ, 1998.
10. Гречко Л. Г., Сугаков В. И., Томасевич О. Ф., Федорченко А. М. Сборник задач по теоретической физике. – М.: Высшая школа, 1972.
11. Зубарев Д. Н. Неравновесная статистическая термодинамика. – М.: Наука, 1971.
12. Исихара А. Статистическая физика. – М.: Мир, 1973.
13. Каданов Л., Бейм Г. Квантовая статистическая механика. – М.: Мир, 1964.

14. *Квасников И. А.* Термодинамика и статистическая физика. – М.: МГУ, 1991. – Т. 1; 1987. – Т. 2.
15. *Киттель Ч.* Элементарная статистическая физика. – М.: ИИЛ, 1960.
16. *Киттель Ч.* Статистическая термодинамика. – М.: Наука, 1977.
17. *Климонтович Ю. Л.* Статистическая физика. – М.: Наука, 1982.
18. *Кобилянський В. Б.* Статистична фізика. – К.: Вища школа, 1972.
19. *Кондратьев А. С., Романов В. П.* Задачи по статистической физике. – М.: Наука, 1992.
20. *Косевич А. М., Хохлов В. И.* Методические указания по курсу «Термодинамика и статистическая физика». – Х.: ХГУ, 1978–1988.
21. *Куни Ф. М.* Статистическая физика и термодинамика. – М.: Наука, 1981.
22. *Ландау Л. Д., Ахиезер А. И., Лифшиц Е. М.* Курс общей физики. – М.: Наука, 1965.
23. *Ландсберг П.* Задачи по термодинамике и статистической физике. – М.: Мир, 1974.
24. *Левич В. Г.* Введение в статистическую физику. – М.: ГИТТЛ, 1954.
25. *Леонтович М. А.* Введение в термодинамику. Статистическая физика. – М.: Наука, 1983.
26. *Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П.* Статистическая физика. – М.: ФМЛ, 2000.
27. *Майер Дж., Гепперт–Майер М.* Статистическая механика. – М.: Мир, 1980.
28. *Паташинский А. З., Покровский В. Л.* Флуктуационная теория фазовых переходов. – М.: Наука, 1982.
29. *Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш.* Термодинамика, статистическая физика и кинетика. – М.: Наука, 1977.
30. *Самойлович А. Г.* Термодинамика и статистическая физика. – М.: ГИТТЛ, 1953.
31. *Свідзинський А. В.* Лекції з термодинаміки. – Луцьк: Вежа, 1999.
32. *Стенли Г.* Фазовые переходы и критические явления. – М.: Мир, 1973.
33. *Терлецкий Я. П.* Статистическая физика. – М.: Высшая школа, 1973.
34. *Уленбек Дж., Форд Дж.* Лекции по статистической механике. – М.: Мир, 1965.
35. *Ульянов В. В.* Задачи по квантовой механике и квантовой статистике. – Х.: Вища школа, 1980.
36. *Федорченко А. М.* Теоретична фізика. – Київ: Вища школа, 1993. – Т. 2.
37. *Фейнман Р.* Статистическая механика. – М.: Мир, 1975.
38. *Хилл Т.* Статистическая механика. – М.: ИИЛ, 1960.
39. *Хуанг К.* Статистическая механика. – М.: Мир, 1966.
40. *Юхновский И. Р., Головка М. Ф.* Статистическая теория классических равновесных систем. – К.: Наукова думка, 1980.

Інформаційні ресурси

1. Учебні 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/>