
ПРОГРАММА

курса

"СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА"

для студентов 4 курса (7 и 8 семестр) всех специальностей физико-технического факультета ХНУ

1. ТЕРМОДИНАМИКА. Краткая история становления статистической физики. Термодинамическая система, состояние термодинамики равновесия. Внутренние и внешние параметры. Условные температура и энтропия. Первое начало термодинамики. Адиабатический потенциал. Теплоемкость. Энтальпия. Уравнения состояния. Абсолютная температура и энтропия. Цикл Карно. Второе начало термодинамики. Основные уравнения термодинамики и их следствия. Абсолютная шкала температур. Неравенство Клаузиуса. Свободные энергии Гельмгольца и Гиббса. Большой термодинамический потенциал. Химический потенциал. Экстремальные свойства термодинамических функций в состоянии равновесия. Третье начало термодинамики. Процессы Гей-Люссака и Джоуля-Томсона. Магнитный метод охлаждения. Термодинамика сверхпроводников.

Энтропия и свободная энергия неравновесного состояния. Условия устойчивости термодинамической системы. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье-Брауна. Условия равновесия фаз. Классификация фазовых переходов по Эренфесту и Фишеру. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Критическая точка. Общая теория фазовых переходов второго рода Л.Д.Ландау. Уравнения Эренфеста. Фазовый переход из пара- в ферромагнитное состояние. Теория Вейса. Теория Ландау. Условия равновесия гетерогенных многокомпонентных систем. Правило фаз Гиббса. Закон действующих масс.

Теория флуктуации. Распределения Гаусса для одной или нескольких термодинамических величин. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуации в идеальном газе. Флуктуации в растворах. Корреляция флуктуации. Принцип симметрии кинетических коэффициентов. Принцип Онзайгера. Принцип минимума производства энтропии - принцип Пригожина.

2. СТАТИСТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. Постулаты классической статистической механики. Система идеальных спинов. Ансамбли Гиббса. Теорема Лиувилля. Микроканонический ансамбль. Статистический вес и энтропия. Вычисление энтропии идеального газа с помощью микроканонического ансамбля. Парадокс Гиббса. Канонический ансамбль. Статистическая сумма (интеграл) и т/д функции канонического распределения. Распределение Максвелла. Закон равномерного распределения. Ориентационная поляризация идеального газа. Намагниченность парамагнитного идеального газа. Двухуровневая система, отрицательные температуры. Большая статистическая сумма и термодинамические функции большого канонического распределения.

Формула Пуассона. Флуктуации энергии в каноническом и числа частиц в большом каноническом распределениях. Неидеальные газы. Модельные потенциалы. Групповое разложение Майера. Интерполяционная формула Ван-дер-Ваальса. Плазма, вычисление термодинамических функций методом Дебая-Хюккеля.

Постулаты квантовой статистической механики. Матрица плотности (статистический оператор) физической системы. Уравнение фон-Неймана. Ансамбли Гиббса (квантовый случай). Уравнение Блоха. Спиновая матрица плотности, парамагнетизм Паули. Квантовые газы. Распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Бозе и ферми-газы элементарных частиц. Термодинамические свойства вырожденного фермионного газа. Релятивистский вырожденный фермионный газ. Диамагнетизм Ландау. Эффект де Гааза-ван-Альфена. Вырожденный бозе-газ. Бозе-эйнштейновская конденсация. Черное излучение. Формула Планка. Закон смещения Вина. Термодинамические свойства черного излучения. Закон Стефана Больцмана.

Твердые тела. Низкие и высокие температуры. Акустические и оптические фононы. Модель Эйнштейна. Интерполяционная формула Дебая. Уравнение состояния твердого тела. Формула Грюнай-зена. Квантовые жидкости. Теорема Ван-Хова. Спектр бозевого типа. Спектр фермиевского типа.

III. ЭЛЕМЕНТЫ КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ. Кинетическое уравнение Больцмана. Принцип детального равновесия. Энтропия. Н-теорема Больцмана. Стационарные решения уравнения Больцмана. Основное кинетическое уравнение - уравнение Паули.

Н-теорема. Броуновское движение. Уравнение Фоккера-Планка. Случайные процессы. Уравнение Смолуховского. Теорема Винера-Хинчина. Теорема Найквиста.

Общая структура кинетических уравнений в статистической физике. Принцип ослабления корреляций и эргодические соотношения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика., М.: Наука, 1983.
2. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика., М.: Наука, 1972.
3. Хуанг К. Статистическая механика., М.: Мир, 1966.
4. Исихара А. Статистическая механика., М.: Мир, 1973.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика., М.: Наука, 1976.
6. Киттель Ч. Статистическая термодинамика., М.: Наука, 1977.
7. Фейман Р. Статистическая механика., М.: Мир, 1975.
8. Куни Ф.М. Статистическая физика и термодинамика., М.: Наука, 1981.
9. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Теория неравновесных систем., М.: МГУ, 1987.
- Ю.Хакен Г. Синергетика., М.: Мир, 1980.
- П.Кондратьев А.С., Романов В.П. Задачи по статистической физике.,

М.: Наука, 1992.

Статистическая физика (7 семестр).

- 1) Термодинамическая система. Внутренние и внешний параметры термодинамической системы.
- 2) Гомогенные и гетерогенные системы. Фазы и компоненты.
- 3) Состояние термодинамического равновесия. Равновесные процессы. Обратимые, необратимые.
- 4) Внутренняя энергия. Работа и тепло.
- 5) Условная температура. Процессы в термостате. Принцип температуры (нулевое начало термодинамики).
- 6) Условная энтропия. Процессы в адиабате. Принцип энтропии.
- 7) Абсолютная температура и абсолютная энтропия идеального газа.
- 8) Термическое и калорическое уравнение состояния.
- 9) Якобиан $\frac{\partial(x, y)}{\partial(\xi, \eta)}$, его свойства.
- 10) Адиабатический потенциал (Внутренняя энергия). Соотношение полноты дифференциала для внутренней энергии.
- 11) Первое начало термодинамики.
- 12) Теплоемкость. Соотношение Майера.
- 13) Основные термодинамические процессы. Политропные процессы.
- 14) Круговые процессы. Цикл Карно. КПД цикла Карно.
- 15) Тепловые и холодильные машины. Максимальная работа (КПД) производимая тепловой машиной.
- 16) Второе начало термодинамики Равенство Клаузиуса.
- 17) Введение абсолютной температуры и абсолютной энтропии основанное на постулате Кататеодори.
- 18) Принцип Нернста (Третье начало термодинамики) и следствие из него.
- 19) Термодинамические коэффициенты. Независимые термодинамические коэффициенты.
- 20) Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критическая точка. Закон соответственных состояний.
- 21) Термодинамика газа Ван-дер-Ваальса.
- 22) Процессы Гей-Люссака (расширение газа в пустоту).
- 23) Процесс Джоуля-Томпсона. Охлаждение газов.
- 24) Термодинамика магнетиков.
- 25) Второе начало термодинамики для нестатических процессов. Неравенство Клаузиуса. Основное уравнение и неравенство термодинамики.
- 26) Термодинамические потенциалы. Преобразование Лежандра. Метод термодинамических функций.
- 27) Уравнение Максвелла. (Основные дифференциальные уравнения термодинамики).
- 28) Свободная энергия Гельмгольца (Изотермический потенциал). Уравнение Гиббса-Гельмгольца.
- 29) Энтальпия (Тепловая функция, теплосодержание).
- 30) Потенциал Гиббса. (Изобарический потенциал).
- 31) Система с переменным количеством вещества. Большой термодинамический потенциал Гиббса.
- 32) Химический потенциал.
- 33) Теорема Гиббса-Дюгена.
- 34) Процессы выравнивания. Закон возрастания энтропии.
- 35) Встречная диффузия двух газов. Парадокс Гиббса.
- 36) Условие равновесия и устойчивости термодинамических систем.
- 37) Экстремальные свойства термодинамических функций.
- 38) Основные термодинамические неравенства (Вывод).
- 39) Равновесие фаз.
- 40) Фазовые переходы первого рода.
- 41) Уравнение Клайперона-Клаузиуса (Вывод).
- 42) Правило Максвелла для уравнения Ван-дер-Ваальса.
- 43) Принцип Ле-Шателье-Брауна (Качественный анализ).
- 44) Равновесие трех фаз.
- 45) Метастабильные состояния. Явления перегрева и переохлаждения.
- 46) Зародыши жидкой фазы в газе.
- 47) Фазовые переходы второго рода. Уравнение Эренфеста.
- 48) Термодинамика сверх проводников.
- 49) Многокомпонентные системы. Правила фаз.

- 50) Химическое равновесие в однородной системе. Закон действующих масс.
- 51) Локальное равновесие: Основное уравнение неравновесной термодинамики.
- 52) Уравнение баланса и законы сохранения взаимности.
- 53) Соотношение Онзагера и принцип Кюри.
- 54) Принцип Онзагера, принцип Пригожина.
- 55) Универсальный критерий эволюции Гленздорфа-Пригожина.

Статистическая физика (VIII семестр).

1. Уравнение Гамильтона системы частиц Интегралы движения.
2. Фазовое пространство. Ансамбль Гиббса. Плотность вероятности или функция распределения Уравнение Лиувилля.
3. Теорема Лиувилля (доказательство).
4. Формальное и физическое понятие вероятности. Среднее значение случайных величин. Статистически независимые события. Условная вероятность.
5. Флуктуации случайных величин.
6. Термодинамическое равновесие с молекулярной точки зрения.
7. Основные постулаты классической статистической механики. Гипотеза о равной априорной вероятности
8. Микроканонический ансамбль. Микроканоническое распределение Гиббса.
9. Статистический вес и энтропия для микроканонического ансамбля Гиббса.
10. Эргодическая гипотеза. Доказать, что среднее по времени совпадает со средним по ансамблю для эргодических систем.
11. Канонический ансамбль. Каноническое распределение Гиббса. Статистический интеграл (сумма) и термодинамические функции канонического распределения.
12. Первая и вторая леммы Гиббса. Флуктуация энергии в каноническом распределении. Эквивалентность канонического и микроканонического распределений.
13. Применение канонического распределения Гиббса к идеальному одноатомному газу. Парадокс Гиббса Формула Сакура-Тетроде.
14. Распределение Максвелла и Максвелла-Больцмана.
15. Закон равномерного распределения кинетической энергии по степеням свободы. Теорема вириала.
16. Применение классической статистической физики к вычислению теплоемкости идеальных газов.
17. Большой канонический ансамбль. Распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц.
18. Большой статистический интеграл (сумма) и термодинамические функции большого канонического распределения Гиббса.
19. Флуктуация числа частиц в большом каноническом ансамбле. Эквивалентность большого канонического и канонического ансамблей Гиббса.
20. Энтропия - мера неопределенности. Условная энтропия. Информация.
21. Возрастание энтропии в процессе эволюции. Теорема Гиббса.
22. Неидеальные газы Учет двухчастичного взаимодействия
23. Разложение по степеням, плотности Вириальное разложение.
24. Второй вириальный коэффициент и уравнение Ван-дер-Ваальса.
25. Термодинамика классической плазмы. Метод Дебая-Хюккеля.
26. Представление Шредингера и Гайзенберга для описания квантовых систем.
27. Различные представления уравнения Шредингера.
28. Чистые и смешанные состояния в квантовой механике. Оператор проектирования Матрица плотности (статистический оператор).
29. Основные свойства статистического оператора Уравнение фон Неймана.
30. Постулаты квантовой статистической механики Квантовый ансамбль Гиббса.
31. Микроканоническое, каноническое, большое каноническое квантовые распределения Гиббса.
32. Уравнение Блоха. Статистический оператор свободной частицы.
33. Спиновая матрица плотности. Парамагнетизм Паули.
34. Принцип неразличимости одинаковых частиц в (квантовой механике). Связь со статистикой.
35. Идеальный квантовый газ. Распределение Больцмана.
36. Распределение Ферми-Дирака (вывод).
37. Распределение Бозе-Эйнштейна (вывод).
38. Неравновесный Ферми-газ. Формула для средних чисел заполнения.
39. Неравновесный Бозе-газ. Формула для средних чисел заполнения.
40. Бозе- и Ферми-газы элементарных частиц.
41. Вывод уравнения состояния Бозе-газа в первом приближении по $\exp(\mu/\Theta) \ll 1$.
42. Вывод уравнения состояния Ферми-газа в первом приближении по $\exp(\mu/\Theta) \ll 1$.
43. Вырожденный электронный газ. Фермиевский импульс и энергия.
44. Теплоемкость вырожденного электронного газа.
45. Релятивистский вырожденный электронный газ.
46. Вырожденный Бозе-газ. Явление Бозе-конденсации.
47. Черное излучение. Формулы Планка. Рэлея-Джинса, Вина.
48. Термодинамика черного излучения. Закон Стефана-Больцмана.

49. Квантовые и классические осцилляторы и ротаторы в термостате.
50. Кристаллические твердые тела. Акустические и оптические фононы. Фонон - квазичастица теплового возбуждения решетки.
51. Теплоемкость твердых тел. Формула Дюлонга и Пти.
52. Модель Эйнштейна.
53. Интерполяционная формула Дебая.
54. Уравнение состояния твердого тела. Соотношение Грюнейзена.
55. Тепловое расширение твердых тел.
56. Распределение Гаусса для флуктуации.
57. Распределение Гаусса для флуктуации нескольких величин.
58. Флуктуации основных термодинамических величин.
59. Формула Пуассона