

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	12
Глава 1. СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД.	13
1. Методы рассмотрения систем многих частиц	14
Границы применимости модели материальной точки и абсолютно твердого тела. Модель материального тела. Массы атомов и молекул. Количество вещества. Агрегатные состояния вещества. Основные признаки агрегатных состояний. Модель идеального газа. Динамический метод. Статистический метод. Термодинамический метод	
2. Математические понятия	21
Постановка задачи. Случайные события. Случайные величины. Вероятность. Частотное определение вероятности. Плотность вероятности. Сложение вероятностей взаимно исключающих событий. Нормировка вероятности. Сложение вероятностей в общем случае. Условная вероятность. Независимые события. Формула умножения вероятностей для многих событий. Среднее значение дискретной случайной величины. Среднее значение непрерывно изменяющейся величины. Дисперсия. Функция распределения вероятностей. Распределение Гаусса.	
3. Макроскопическое и микроскопическое состояния системы	36
Определения. Макроскопическое состояние. Микроскопическое состояние. Равновесное состояние. Статистический ансамбль систем. Микроканонический ансамбль	
4. Постулат равновероятности и эргодическая гипотеза	40
Различие микросостояний. Постулат равновероятности. Вычисление средних по ансамблю. Вычисление средних по времени. Эргодическая гипотеза. Связь постулата вероятности и эргодической гипотезы	
5. Вероятность макросостояния	46
Вероятность макросостояния. Формулы элементарной комбинаторики. Расчет вероятности макросостояния. Формула Стирлинга. Формула для вероятности макросостояния. Наиболее вероятное число частиц. Биномиальное распределение. Предельные формы биномиального распределения. Распределение Пуассона	
6. Флуктуации	58
Среднее число частиц в объеме. Флуктуации. Относительная величина флуктуаций	
7. Распределение Максвелла	62
Распределение молекул по скоростям. Средняя кинетическая энергия молекул. Температура. Распределение Максвелла. Характерные скорости распределения Максвелла. Частота ударов молекул о стенку. Число молекул в различных участках распределения Максвелла. Экспериментальная проверка распределения Максвелла. Принцип детального равновесия	

8. Кинематические характеристики молекулярного движения	70
Поперечное сечение. Средняя длина свободного пробега. Экспериментальное определение поперечного сечения столкновений. Частота столкновений. Поперечное сечение столкновений в модели твердых сфер. Средняя длина свободного пробега молекул в данном направлении после последнего столкновения	
9. Давление	76
Основное уравнение кинетической теории идеальных газов. Уравнение Клапейрона—Менделеева. Закон Дальтона. Закон Авогадро. Измерение давления. Молярные и удельные величины	
10. Температура	81
Термометрическое тело и термометрическая величина. Эмпирическая шкала температур. Зависимость эмпирической температуры от термометрического тела и термометрической величины. Абсолютная термодинамическая шкала температур. Термометры. Международная практическая шкала температур. Связь абсолютной термодинамической шкалы со шкалой Цельсия. Нуль кельвин	
11. Распределение Больцмана	88
Независимость температуры от внешнего потенциального поля. Распределение Больцмана. Смесь газов в сосуде. Соотношение распределений Максвелла и Больцмана. Атмосфера планет. Экспериментальная проверка распределения Больцмана. Барометрическая формула. Подъемная сила	
12. Распределение энергии по степеням свободы	97
Число степеней свободы. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Степени свободы, связанные с потенциальной энергией	
13. Броуновское движение	99
Сущность броуновского движения. Случайное блуждание. Расчет движения броуновской частицы. Вращательное броуновское движение	
14. Распределение Максвелла — Больцмана	103
Модель Максвелла—Больцмана. Неразличимость частиц. Модели Бозе—Эйнштейна и Ферми—Дирака. Формулы статистики Максвелла—Больцмана как предельный случай формул статистик Бозе—Эйнштейна и Ферми—Дирака. Распределение различимых между собой частиц по энергиям. Распределение Максвелла—Больцмана	
15. Распределения Ферми—Дирака и Бозе—Эйнштейна	108
Квантовые аспекты распределения. Подсчет числа состояний в модели Ферми—Дирака. Распределение Ферми—Дирака. Предельный переход к распределению Максвелла—Больцмана. Определение параметра β . Определение параметра α . Подсчет числа состояний в распределении Бозе—Эйнштейна. Распределение Бозе—Эйнштейна	
16. Электронный газ	111
Свободные электроны в металлах. Определение параметра α для электронного газа. Анализ распределения Ферми—Дирака. Энергия Ферми. Характеристическая температура. Распределение импульсов электронов. Распределение электронов по скоростям. Распределение электронов по энергиям. Средняя энергия электронов. Внутренняя энергия и теплоемкость.	
17. Фотонный газ	117
Излучение черного тела. Распределение фотонов. Распределение фотонов по частотам. Формула Планка. Закон Стефана—Больцмана. Закон смещения Вина	

18. Канонический ансамбль. Распределение Гиббса	121
Скоростные и энергетические микросостояния. Определение канонического ансамбля. Распределение Гиббса, или каноническое распределение. Нормировка распределения. Вычисление средних. Статистическая сумма. Флуктуации. Вывод распределения Максвелла на основании распределения Гиббса. Температура. Вывод распределения Больцмана исходя из распределения Гиббса. Доказательство теоремы о равнораспределении энергии по степеням свободы	
Задачи	135
Глава 2. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД	137
19. Первое начало термодинамики.	138
Задачи термодинамики. Работа. Теплота. Внутренняя энергия. Первое начало термодинамики	
20. Дифференциальные формы и полные дифференциалы	143
Дифференциальные формы. Полный дифференциал	
21. Обратимые и необратимые процессы	146
Процессы. Неравновесные процессы. Равновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы	
22. Теплоемкость	149
Определение. Внутренняя энергия как функция состояния. Теплоемкость при постоянном объеме. Теплоемкость при постоянном давлении. Соотношение между теплоемкостями. Соотношение между теплоемкостями идеального газа. Теплоемкость идеального газа. Расхождение теории теплоемкостей идеального газа с экспериментом. Качественное объяснение зависимости теплоемкости молекулярного водорода от температуры	
23. Процессы в идеальных газах	155
Изобарный процесс. Изохорный процесс. Изотермический процесс. Адиабатный процесс. Работа при адиабатном процессе. Политропный процесс. Уравнение политропы	
24. Энтропия идеального газа	161
Определение. Физический смысл энтропии. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа. Специфичность теплоты как формы энергии	
25. Циклические процессы	165
Определение. Работа цикла. Коэффициент полезного действия. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия цикла Карно. Вычисление к. п. д. с помощью энтропии. Формулировка Кельвина второго начала термодинамики. Эквивалентность формулировок Кельвина и Клаузиуса. Холодильная машина и нагреватель. О других возможных циклах	
26. Абсолютная термодинамическая шкала температур	175
К. п. д. обратимых машин, работающих по циклу Карно с одинаковыми теплодатчиками и теплоприемниками. Абсолютная термодинамическая шкала температур. Отрицательная абсолютная термодинамическая температура	
27. Второе начало термодинамики	180
Вторая теорема Карно. Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Второе начало термодинамики. Статистический характер второго начала термодинамики. Изменение энтропии в необратимых процессах. Роль энтропии в производстве работы	

28. Термодинамические потенциалы и условия термодинамической устойчивости	193
Некоторые формулы математики. Определение термодинамической функции. Термодинамическое тождество. Свободная энергия, или функция Гельмгольца. Термодинамическая функция Гиббса. Соотношения Максвелла. Термодинамические потенциалы. Другой вид дифференциалов внутренней энергии, энтальпии и энтропии. Формулы для теплоемкостей. Экспериментальные данные, необходимые для полного термодинамического описания вещества. Основной критерий термодинамической устойчивости. Критерий устойчивости для системы с постоянным объемом и энтропией. Критерий устойчивости для системы с постоянными давлением и энтропией. Критерий устойчивости для системы с постоянными объемом и температурой. Критерий устойчивости для системы с постоянными температурой и давлением. Принцип Ле Шателье-Брауна. Выражение термодинамических потенциалов через статистическую сумму	
Задачи	202

Глава 3. ГАЗЫ С МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ И ЖИДКОСТИ 203

29. Силы взаимодействия	204
Силы связи в молекулах. Ионная связь. Ковалентная связь. Межмолекулярные силы в твердых телах. Структура жидкостей. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал межмолекулярного взаимодействия. Системы молекул. Жидкое и газообразное состояния	
30. Переход вещества из газообразного состояния в жидкое	212
Экспериментальные изотермы. Критическое состояние. Область двухфазных состояний. Насыщенный пар. Плотность насыщенного пара. Правило рычага. Свойства вещества в критическом состоянии. Критическая опалесценция. Поведение двухфазной системы при изменении температуры при постоянном объеме. Теплота фазового превращения. Фазовые переходы первого рода	
31. Уравнение Клапейрона—Клаузиуса	217
Вывод уравнения. Фазовая диаграмма. Область применимости. Приближенный интеграл уравнения Клапейрона—Клаузиуса	
32. Уравнение Ван-дер-Ваальса	219
Отклонение свойств газов от идеальных. Сжимаемость. Вириальное уравнение состояния. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Вириальная форма уравнения Ван-дер-Ваальса. Свойства многочленов третьей степени. Изотермы уравнения Ван-дер-Ваальса. Метастабильные состояния. Критические параметры. Закон соответственных состояний. Сравнение уравнения Ван-дер-Ваальса с экспериментальными данными. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Об интерпретации величин, входящих в уравнение Ван-дер-Ваальса. Уравнение состояния на основе теоремы вириала. Численные эксперименты	
33. Эффект Джоуля—Томсона	233
Физическая сущность эффекта. Расчет дифференциального эффекта Джоуля—Томсона. Интегральный эффект. Эффект Джоуля—Томсона в газе Ван-дер-Ваальса. Сжижение газов. Свойства вещества вблизи 0 К	
34. Поверхностное натяжение	240
Свободная поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Механизм возникновения поверхностного натяжения. Простые проявления поверхностного натяжения. Условия равновесия на границе раздела двух жидкостей. Условия равновесия на границе жидкость — твердое тело. Давление под искривленной поверхностью. Капиллярные явления. Поверхностно-активные вещества	

35. Испарение и кипение жидкостей	249
Испарение. Динамическое равновесие. Система пар — жидкость. Давление насыщенных паров вблизи искривленной поверхности жидкости. Кипение. Перегретая жидкость. Пузырьковые камеры. Переохлажденный пар. Камера Вильсона	
36. Структура жидкостей. Жидкие кристаллы.	256
Парная функция распределения. Вычисление потенциальной энергии. Зависимость свойств жидкости от строения молекул. Жидкие кристаллы. Виды жидких кристаллов. Сметтики. Нематики. Холестерики. Свойства и применения жидких кристаллов	
37. Жидкие растворы	262
Определение. Количественные характеристики. Растворимость. Теплота растворения. Идеальные растворы. Закон Рауля. Закон Генри. Зависимость растворимости от температуры. Диаграммы состояний раствора	
38. Кипение жидких растворов	266
Особенности кипения растворов. Диаграммы состояний бинарных смесей. Разделение компонентов раствора. Повышение точки кипения раствора	
39. Осмотическое давление	269
Механизм возникновения. Закономерности осмотического давления. Проявление осмотического давления	
40. Химический потенциал и равновесие фаз	270
Химический потенциал. Условия равновесия	
41. Правило фаз.	272
Правило фаз. Диаграммы состояний	
Задачи	273
Глава 4. ТВЕРДЫЕ ТЕЛА	275
42. Симметрия твердых тел	276
Твердые тела. Определение симметрии. Ось симметрии n -го порядка. Плоскость симметрии. Центр симметрии. Зеркально-поворотная ось симметрии n -го порядка. Точечные группы симметрии. Зеркальные изомеры	
43. Кристаллические решетки	278
Необходимость периодической структуры. Примитивная решетка. Неоднозначность выбора базиса примитивной решетки. Трансляционная симметрия. Пространственные группы. Элементы симметрии решетки. Кристаллические классы. Симметрии сложных решеток. Кристаллографические системы координат. Обозначение атомных плоскостей. Обозначение направлений	
44. Дефекты кристаллических решеток и механические свойства твердых тел	285
Определение. Точечные дефекты. Дислокации. Деформации. Тензор деформаций. Упругие напряжения. Коэффициент Пуассона. Всестороннее растяжение и сжатие. Связь между модулем объемного сжатия и модулем Юнга. Связь между модулем сдвига и модулем Юнга. Пластическая деформация. Текучесть. Предел прочности. Молекулярный механизм прочности	
45. Теплоемкость твердых тел.	293
Классическая теория. Теплоемкость при низкой температуре по классической теории. Модель Эйнштейна. Температура Эйнштейна. Недостаточность теории Эйнштейна. Элементарные возбуждения. Нормальные моды. Фононы. Модель Дебая. Дисперсионное соотношение. Определение числа мод. Температура Дебая. Теплоемкость при произвольной температуре. Вывод формулы теплоемкости исходя из представлений о фононах. Теплоемкость металлов	

46. Кристаллизация и плавление	304
Определение. Кристаллизация и сублимация. Фазовые диаграммы. Аномальные вещества. Поверхности в координатах p, V, T . Жидкий гелий. Полиморфизм. Фазовые переходы первого и второго рода.	
47. Сплавы и твердые растворы.	313
Определение. Сплавы. Твердые растворы	
48. Полимеры	315
Введение. Макромолекулы. Классификация макромолекул. Образование макромолекул. Конформация макромолекул. Кристаллическая структура полимеров. Складывание цепей. Форма макромолекулярных кристаллов. Дефекты макромолекулярных кристаллов	
Задачи	322
Глава 5. ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА.	323
49. Виды процессов переноса	324
Время релаксации. Теплопроводность. Диффузия. Вязкость	
50. Процессы переноса в газах	325
Общее уравнение переноса. Теплопроводность. Вязкость. Самодиффузия. Связь между коэффициентами, характеризующими процессы переноса. Взаимодиффузия в газе из различных молекул. Термическая диффузия. Парадокс Гиббса	
51. Времена релаксации	334
Постановка задачи. Уравнение диффузии, зависящее от времени. Уравнение теплопроводности, зависящее от времени. Время релаксации. Время релаксации для концентрации. Время релаксации для температуры. Стационарные и нестационарные задачи теплопроводности и диффузии	
52. Физические явления в разреженных газах.	337
Вакуум. Теплопередача при малых давлениях. Диффузия при малых давлениях. Трение при малых давлениях. Сосуды, сообщающиеся через пористую перегородку. Обмен молекулами различных сортов через пористую перегородку. Взаимодействие молекул с поверхностью твердого тела	
53. Явления переноса в твердых телах	343
Диффузия. Теплопроводность. Внешняя теплопроводность	
54. Явления переноса в жидкостях	345
Диффузия. Теплопроводность. Вязкость	
55. Элементы термодинамики необратимых процессов	347
Задачи термодинамики необратимых процессов. Потoki и действующие силы. Связанные потоки. Соотношения взаимности Онзагера. Производство энтропии. Выбор потоков и действующих сил. Производство энтропии в тепловом потоке. Производство энтропии электрическим током. Уравнения для термоэлектрических явлений. Эффект Зеебека. Связанные электрический ток и тепловой поток. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Термопара. О неравновесной статистической механике. Проблема необратимости	
Задачи	356
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	357