

Оглавление

Предисловие	9
Глава 1. Основы физики газов и плазмы	12
1.1. Материя в форме газов и плазмы	12
1.2. Основы физики газов	14
1.2.1. Классические законы газа	14
1.2.2. Третий закон термодинамики и истоки квантовой статистики	16
1.3. Основы физики плазмы	21
1.3.1. Взаимодействия Кулона и равновесие ионизации	21
1.3.2. Различные состояния плазмы на Земле	27
Литература	32
Глава 2. Элементы квантовой статистической теории	36
2.1. Квантовая теория многих тел	36
2.1.1. Квантовые состояния	36
2.1.2. Тождественность и симметрия	42
2.2. Квантовая динамика многих частиц	47
2.2.1. Уравнение Шрёдингера	47
2.2.2. Чистые и смешанные ансамбли	52
2.3. Стандартные аппроксимации для состояний с многими частицами	55
2.3.1. Аппроксимация Хартри–Фока	55
2.3.2. Аппроксимация Борна–Оппенгеймера, теорема о вириале и кулоновская устойчивость	56
2.3.3. Теория Томаса–Ферми для атомов с многими электронами	58
2.4. Квантовая статистическая теория ансамблей	61
2.4.1. Микроканонические и канонические ансамбли	61
2.4.2. Большие канонические ансамбли	63

2.5.	Теория флуктуаций и процессы релаксации	65
2.5.1.	Теория релаксации Эйнштейна-Онзагера	65
2.5.2.	Корреляции, спектры и соотношения симметрии	71
	Литература	75
ГЛАВА 3.	Идеальные квантовые газы	78
3.1.	Квантовая статистика осциллятора и фононные газы	78
3.1.1.	Осцилляции в кристаллах: модель Эйнштейна	78
3.1.2.	Теория Дебая о возбуждении фононов в кристаллических решетках	80
3.2.	Статистика Бозе-Эйнштейна и газы Ферми-Дирака	82
3.2.1.	Развитие квантовой статистики газов	82
3.2.2.	Газы как системы частиц с аддитивным гамильтонианом	86
3.3.	Распределения Ферми и Бозе	87
3.3.1.	Газы Бозе-Эйнштейна	87
3.3.2.	Газы Ферми-Дирака	88
3.4.	Термодинамические свойства газов Бозе-Эйнштейна	90
3.5.	Излучение черного тела и релятивистские газы	96
3.5.1.	Закон излучения Планка	96
3.5.2.	Излучение как релятивистский газ	101
3.6.	Термодинамические функции газов Ферми	102
3.6.1.	Идеальный газ Ферми	102
3.6.2.	Газы Ферми в пределах высоких и низких температур	103
3.7.	Характеристики газа Ферми, зависящие от плотности	106
3.7.1.	Разложения в ряд для слабо вырожденных газов Ферми	106
3.7.2.	Термодинамика в полном диапазоне плотностей	108
3.8.	Теория Хартри-Фока слабо взаимодействующих электронных газов	111
	Литература	117
ГЛАВА 4.	Операторы плотности и другие инструменты квантовой статистики	121
4.1.	Матрицы плотности и операторы плотности	122
4.1.1.	Матрицы плотности	122

4.1.2.	Операторы плотности фон Неймана и эволюция во времени	125
4.1.3.	Принцип максимума энтропии и термодинамические функции	131
4.2.	Представления в пространстве координат и двухвременные функции	135
4.2.1.	Представления в пространстве координат и уравнения Блоха	135
4.2.2.	Двухвременные операторы плотности	139
4.3.	Редуцированные операторы плотности Боголюбова	140
4.4.	Представления Слейтера, Вигнера и Климонтовича	143
4.4.1.	Представления Слейтера	143
4.4.2.	Представление Вигнера	145
4.4.3.	Микроскопическая плотность Климонтовича	146
4.5.	Функционалы плотности, вириальные теоремы и устойчивость	148
4.5.1.	Функционалы Кона Шема и Томаса-Ферми	148
4.5.2.	Кулоновская устойчивость и теорема о вириале	150
4.6.	Второе квантование	152
4.6.1.	Представления числа заполнения	153
4.6.2.	Вторичное квантование	157
4.6.3.	Оператор Климонтовича во вторичном квантовании	159
4.7.	Функции Грина	160
4.7.1.	Определение и основные свойства функций Грина	160
4.7.2.	Термодинамика и функции Грина	165
4.8.	Парные связанные состояния и уравнение Бете Солпитера	169
	Литература	174
ГЛАВА 5.	Квантовая статистика реального газа	179
5.1.	Кластерные разложения в случае реальных газов	179
5.2.	Функция Слейтера и вириальные разложения	185
5.2.1.	Разложения в ряд по плотности общего вида	185
5.2.2.	Суммы Слейтера для парных корреляций	187
5.3.	Второй вириальный коэффициент	189
5.3.1.	Вириальный коэффициент, включающий в себя эффекты обмена	189

5.3.2.	Метода Бета - Уленбеска для неассоциированных газов	192
5.4.	Уравнение состояния для газов с глубокими связанными состояниями	193
5.4.1.	Разложения по степеням фугитивности	193
5.4.2.	Химическая картина	199
5.5.	Гелий и другие квантовые газы при низких температурах	202
5.5.1.	Виримальное разложение для гелия	202
5.5.2.	Фазовые переходы в низкотемпературных газах	203
5.6.	Слабо взаимодействующие квантовые газы	206
5.6.1.	Уравнение Блоха	206
5.6.2.	Функции Слейтера и свободная энергия	209
	Литература	211
ГЛАВА 6.	Квантовая статистика разреженной плазмы	214
6.1.	Основы физики плазмы	214
6.1.1.	Экранирование и решетчатые формации в кулоновских системах	214
6.1.2.	Расходимость функции распределения	218
6.2.	Парные корреляции в невырожденной плазме	226
6.2.1.	Матрица плотности для пар	226
6.2.2.	Метод эффективных потенциалов	231
6.3.	Термодинамика классического электронного газа и квантовые поправки	238
6.3.1.	Классические разложения Боголюбова	238
6.3.2.	Квантовые поправки	240
6.4.	Экранирование и термодинамические функции невырожденной плазмы	242
6.4.1.	Экранирование Дебая - Хюккеля	242
6.4.2.	Кольцевые функции	243
6.5.	Вклад парных связанных состояний	245
6.5.1.	Аппроксимация средней массы симметричная плазма	245
6.5.2.	Второй виримальный коэффициент для плазмы общего вида	250
6.6.	Оценка вторых виримальных коэффициентов	252
6.6.1.	Вклад эффектов обмена в виримальные функции	252

6.6.2. Прямые вклады в вириальные функции	254
Литература	258

ГЛАВА 7. Неидеальность и глубокие связанные состояния в плазме	266
7.1. Разложения в ряд до более высокого порядка плотности	266
7.1.1. Кластерные разложения по плотности	266
7.1.2. Разложения в ряд по плотности для давления и свободной энергии	268
7.2. Связанные состояния и разложения в ряд по фугитивности	272
7.2.1. Кластерные разложения в ряд по фугитивности .	272
7.2.2. Ряды по степеням фугитивности	274
7.3. Связанные состояния и уравнение Саха	275
7.3.1. Разложение в ряд по фугитивности и идеальные законы действия масс	275
7.3.2. Ионизация и уравнение Саха с учетом экранирования	279
7.4. Другие проблемы, связанные с неидеальностью в плазме	282
Литература	286

ГЛАВА 8. Ситуации неравновесия: кинетические уравнения	293
8.1. Развитие классической и квантовой кинетической теории	293
8.2. Метод основного уравнения Паули и H -теорема	296
8.3. Стохастическая динамика, включающая в себя термостат	304
8.4. Кинетическая теория Боголюбова, основанная на приведенных операторах плотности	308
8.5. Вывод квантового уравнения Больцмана методом Боголюбова	310
8.5.1. Операторные уравнения	310
8.5.2. Квантовое уравнение Больцмана для однородных систем	313
8.6. Теория флуктуаций и соотношения флуктуации–диссипации	314
8.6.1. Базовые соотношения Эйнштейна Кубо Онзагера	314

8.6.2. Броуновское движение и соотношения Онзагера–Казимира	318
8.7. Квантовые соотношения флуктуации–диссипации	320
8.7.1. Теорема Найквиста и теоремы Каллена–Вельтона	320
8.7.2. Теория флуктуаций плазмы Климонтовича–Силина	323
Литература	327
Предметный указатель	333