

Б.В. Бондарев

**МЕТОД МАТРИЦ
ПЛОТНОСТИ
В КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ
СВЕРХТЕКУЧЕСТИ**

Москва 2014

Б.В. Бондарев

**МЕТОД МАТРИЦ ПЛОТНОСТИ
В КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ
СВЕРХТЕКУЧЕСТИ**



Москва 2014

УДК 536.7
ББК 22.314
Б 81

Бондарев Б.В.

Б 81 Метод матриц плотности в квантовой теории
сверхтекучести. – М.: Издательство «Спутник +»,
2014. – 92 с.

ISBN 978-5-9973-3066-8

Книга содержит теорию матриц плотности систем бозонов и изложение вариационного исчисления равновесных матриц плотности для многочастичных систем бозонов. Рассматривается функция распределения равновесного идеального Бозе-газа и основные его свойства. Исследованы тепловые свойства газа, состоящего из атомов, которые удерживаются в небольшом объеме посредством неоднородного магнитного поля. Развитая теория матриц плотности используется для достижения основной цели книги – объяснения явления сверхтекучести.

Книга может представлять интерес для студентов старших курсов высших учебных заведений, аспирантов, преподавателей и научных работников.

УДК 536.7
ББК 22.314

Отпечатано с готового оригинал-макета.

ISBN 978-5-9973-3066-8

© Бондарев Б.В., 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Теория матриц плотности системы бозонов	8
1.1. Матрица плотности системы бозонов	8
1.2. Иерархия матриц плотности	9
1.3. Матрица плотности системы бозонов в представлении чисел заполнения	11
1.4. Диагональные матрицы плотности	14
1.5. Унитарные преобразования	17
1.6. Внутренняя энергия	19
1.7. Диагональная матрица плотности в представлении чисел заполнения	20
1.8. Энтропия	26
1.9. Матрица плотности системы с переменным числом частиц	28
Глава 2. Статистическое описание равновесной системы бозонов	33
2.1. Каноническое распределение Гиббса	33
2.2. Статистическое описание системы с переменным числом невзаимодействующих бозонов	35
2.3. Большое каноническое распределение Гиббса	39
2.4. Статистическое описание равновесной системы с переменным числом невзаимодействующих бозонов. Распределение Бозе – Эйнштейна	39
Глава 3. Равновесный идеальный Бозе-газ	43
3.1. Равномерное распределение частиц в пространстве	43
3.2. Химический потенциал	45
3.3. Бозе-конденсация	48
3.4. Энергия Бозе-газа	49
3.5. Теплоемкость Бозе-газа	52
3.6. Частицы в ловушке	52

Глава 4. Вариационные методы исследования равновесной системы бозонов	57
4.1. Вывод распределения Бозе – Эйнштейна из принципа минимум свободной энергии	57
4.2. Приближение статистически независимых частиц	60
4.3. Мультипликативное приближение первого порядка	63
4.4. Флуктуации числа частиц	64
Глава 5. Метод матриц плотности в теории сверхтекучести	67
5.1. Равномерное распределение частиц в пространстве	67
5.2. Кинетическая энергия частицы	68
5.3. Энергия взаимодействия частиц	68
5.4. Внутренняя энергия газа	70
5.5. Функция распределения частиц по импульсам	70
5.6. Химический потенциал	72
5.7. Параметр порядка	75
5.8. Зависимость внутренней энергии газа от температуры	76
5.9. Теплоемкость газа	80
5.10. Давление	80
5.11. Сверхтекучесть	82
5.12. Энергетический спектр частиц	88
Заключение	89
Литература	90