

ПРОГРАММА по курсу
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (II часть) и ОСНОВЫ КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

для студентов 4 курса

Программу составил: доцент Орлов Валерий Георгиевич

I. Неидеальные квантовые газы

1. Метод вторичного квантования.

Представление чисел заполнения. Операторы рождения и уничтожения. Вторичное квантование полей бозонов и фермионов. Гамильтониан и другие операторы. Гипотеза квазичастиц.

2. Слабонеидеальный бозе-газ, сверхтекучесть.

Спектр квазичастичных возбуждений, сжимаемость и сверхтекучесть. Модель слабонеидеального бозе-газа при близких к нулю температурах. Преобразование Боголюбова. Функция распределения частиц по состояниям в неидеальном бозе-газе.

3. Неидеальный ферми-газ, сверхпроводимость.

Элементарные возбуждения в идеальном ферми-газе. Неидеальный ферми-газ со слабым притяжением. Задача Купера о связанном состоянии двух электронов над ферми-поверхностью. Гамильтониан модели Бардина-Купера-Шриффера и спектр возбуждений в сверхпроводниках. Функция распределения частиц по состояниям.

Термодинамика сверхпроводимости. Скачок теплоемкости и термодинамическое критическое поле в феноменологической теории сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. Параметр порядка. Эффект Мейсснера. Уравнение Лондонов. Уравнения Гинзбурга-Ландау. Два рода сверхпроводников. Флуктуации параметра порядка. Ограничения на применимость теории фазовых переходов II рода Ландау.

Квантование магнитного потока. Фаза волновой функции в сверхпроводниках. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона. Слабосвязанные сверхпроводники. Макроскопическая квантовая интерференция.

II. Основы кинетической теории

1. Кинетика Больцмановского газа.

Функция распределения. Уравнение переноса Больцмана и область его применимости. H-теорема Больцмана, парадоксы "обратимости" и "возврата". τ -приближение, метод Чепмена-Энскога. Кинетические коэффициенты металла.

Феноменологическое описание неравновесных процессов. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онсагера.

Уравнение кинетического баланса Паули.

2. Уравнение Фоккера-Планка.

Диффузионное приближение. Уравнение Смолуховского. Марковские процессы. Уравнение Фоккера-Планка в газах. Электропроводность слабоионизованного газа.

Литература

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика, Москва, Наука, 1976 г. и более поздние переиздания.
2. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Статистическая физика, часть 2-я, Москва, Наука, 1976.
3. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Физическая кинетика, Москва, Наука, 1979.
4. К. Хуанг. Статистическая механика, Москва, Мир, 1966.
5. Р. Кубо. Статистическая механика, Москва, Мир, 1967.

Задание

I. Статистическая физика (II часть).

1. Найти обменную энергию вырожденной плазмы.
2. Для ферми- и бозе-операторов рождения и уничтожения найти:
 $\hat{a}(\tau) = \exp(\tau H_0) \hat{a} \exp(-\tau H_0)$, $\hat{a}^+(\tau) = \exp(\tau H_0) \hat{a}^+ \exp(-\tau H_0)$,
где

$$\hat{H}_0 = \sum_{\mathbf{p}, \sigma} \epsilon_{\mathbf{p}} a_{\mathbf{p}\sigma}^+ a_{\mathbf{p}\sigma}.$$

Найти функции ферми- и бозе-распределений, используя полученный результат.

3. Найти зависимость от температуры теплоемкости спиновых волн (ферромагнитных магнонов, $T \ll J$).
4. Найти распределение частиц по импульсам для основного состояния : а) слабо-неидеального бозе-газа с отталкиванием; б) неидеального ферми-газа с притяжением (в модели БКШ).
5. В модели БКШ определить: а) скачок теплоемкости при $T = T_c$, б) плотность сверхпроводящих электронов $n_s(T)$.
6. Определить коэффициенты теории Гинзбурга-Ландау в модели БКШ.
7. Определить зависимость критического магнитного поля от толщины сверхпроводящей пленки в теории Лондонов.
8. Найти величины нижнего и верхнего критических полей (H_{c1} и H_{c2}) в сверхпроводниках II рода.
9. Найти полный ток через два параллельно соединенных джозефсоновских туннельных барьера как функцию от приложенного внешнего магнитного поля.

II. Основы кинетической теории

10. Для медленно меняющегося в пространстве и времени внешнего возмущения в предельном случае низкой плотности, используя линеаризованные законы сохранения, показать, что на основе уравнения Больцмана можно получить уравнение для незатухающих вынужденных звуковых колебаний.

11. В τ -приближении найти проводимость и теплопроводность вырожденного электронного газа.

12. Решить уравнение кинетического баланса Паули для n -уровневой системы с начальным распределением вероятностей $w_1(0) = 1$, $w_k(0) = 0$ ($k=2,3,\dots,n$), считая, что все вероятности переходов между различными состояниями одинаковы $P_{ij} = p\delta_{ij}$ (полагаем, что $n \gg 1$, но произведение np конечно).

13. С помощью уравнения Фоккера-Планка найти коэффициенты диффузии для тяжелой примеси в легком газе и для легкой примеси в тяжелом газе.