

Задачи

Металлы с сильным беспорядком

1. Теория Займана–Фабера связывает валентность и производную по температуре от сопротивления, т.е. от транспортного времени релаксации. Существует ли аналогичное соотношение для полного времени релаксации?
2. Используя известные Вам формулы, представления и модели, обсудите экспериментальные данные относительно насыщения сопротивления в кристаллах с анизотропным сопротивлением.

Слабая локализация

1. В меди электрон-фононное рассеяние характеризуется длиной

$$l_{el-ph} [\text{см}] \simeq T^{-3} [\text{К}^{-3}].$$

По заданным в таблице упругой длине свободного пробега равна l и верхней границе температурного интервала T , определить критическую толщину пленки d_c , начиная с которой квантовая поправка $\Delta\sigma$ будет логарифмической (т.е. пленка – двумерной)

$T, \text{К}$	$l, \text{\AA}$	d_c
4.2	15	?
4.2	150	?
1	15	?

2. Написав выражение для 3D-проводимости, включающее и квантовую поправку и температурозависящее рассеяние, найти отношение между длинами упругого и неупругого рассеяния l_e/l_i , при котором сопротивление имеет минимум. То же самое для 2D. Проанализировать полученный результат.

3. Сравнить добавку от слабой локализации в зависимости от поля B , если

- а) поле нормально к пленке;
- б) поле лежит в плоскости пленки;
- в) пленка свернута в трубку диаметром q с осью вдоль поля.

4. Построить область существования поправки слабой локализации на плоскости $(T, 1/\tau)$.

5. Сравнить величины квантовых поправок от слабой локализации и от эффекта Аронова–Альтшулера для различных размерностей $D = 1, 2, 3$.

Структура примесных зон

1. Вычислить плотность состояний на Ферми-уровне $g(\mu)$ в примесной зоне при слабой и сильной компенсации.

2. Пусть концентрация доноров N_D больше концентрации акцепторов N_A , $N_D > N_A$. Предположим, что около каждого акцептора имеется один донор и что полем получившихся диполей на других донорах можно пренебречь. Как будет выглядеть спектр примесной зоны доноров при таком предположении?

Перколяция.

1. Вариант перекрывающихся сфер задачи о перколяции на случайных узлах: узлы связаны, если построенные вокруг них сферы имеют хотя бы одну общую точку. Найти долю объема, попадающего внутрь перекрывающихся сфер на пороге перколяции. Сравнить с инвариантом $I_s \approx 0.15$ при $d = 3$.

2. Связать критический индекс проводимости с критическим индексом длины корреляции. Рассчитать электропроводность трехмерной кубической сетки сопротивлений с экспоненциально сильным разбросом сопротивлений

$$R = R_0 e^u, \quad 0 \leq u \leq u_0, \quad u_0 \gg 1.$$

Прыжковая проводимость

1. Во что бы превратился закон Мотта, если бы интеграл перекрытия убывал с расстоянием степенным образом.

Переход металл-изолятор и скейлинговая гипотеза

1. Рассчитать плотность состояний с малыми сдвигами энергии в модели структурного беспорядка (ШЭ, стр.67; И.М.Лифшиц, УФН 83, 617 (1964))

2. Почему протоны не образуют зоны проводимости в кристалле соляной кислоты HCl ?

3. Между двумя проводящими полупространствами вставлена тонкая изолирующая перемычка с отверстием диаметром d . Вычислить сопротивление образовавшегося контакта, если с одной стороны от отверстия длина пробега электронов $l \ll d$ (контакт Максвелла), а с другой стороны $l \gg d$ (контакт Шарвина).

4. Получить решение (6.16) системы уравнений (6.15), написанной в § 6.2 книги "Электроны в неупорядоченных средах"

5. Написать уравнения границ критической области трехмерного перехода металл-изолятор в переменных ξ, T .

6. Почему процедуры определения критической концентрации при переходе металл-изолятор по вольт-амперным туннельным характеристикам и по температурным зависимостям проводимости дают разные результаты?