

НИУ ВШЭ, Базовая кафедра физики низких температур

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	31	32	33	34	Σ	«10»

Полусеместровая контрольная работа по курсу «Спектроскопия конденсированных сред»

Правила оценки:

1. Первая часть работы: 10 тестовых вопросов, 1 балл за вопрос
2. Вторая часть работы: 4 задачи, 5 баллов за задачу
3. Конвертирование суммарного балла в 10-бальную и 5-бальную оценку по таблице ниже

отлично			хор		удовл		неуд		
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
27-30	24-26	21-23	16-20	12-15	9-11	7-8	5-6	3-4	0-2

Часть 1

1. Оценить максимальную частоту акустического фона в кристалле с периодом элементарной ячейки $a=3\text{Å}$ и скоростью звука $s=3\text{ км/сек}$.
2. Как может быть измерена частота оптического фона?
3. Какая физическая величина определяет поглощение энергии в системе при некотором внешнем воздействии на неё (например, при приложении переменного электрического или магнитного поля)?
4. В кристалле имеются атомы двух сортов, массы которых равны m и $M=2m$. Как будут отличаться частоты акустической и оптической фононных мод на границе зоны Бриллюэна?
5. Как зависит от волнового вектора частота колебаний в спиновой волне в ферромагнетике (можно указать только асимптотику для длинных волн)?
6. Какой статистике подчиняются квазичастицы, являющиеся квантами колебаний кристаллической структуры (фононы, магноны)?
7. Какие электронные состояния в хорошем металле заняты при $T=0$?
8. К каким последствиям для спектра электронов в металле приводит взаимодействие электронов с периодическим потенциалом кристалла?
9. Привести один-два примера (только названия) экспериментальных методов определения структуры кристаллов или спектров элементарных возбуждений в кристалле.
10. Привести один-два примера (только названия) экспериментальных методов определения параметров электронного спектра в металлах

Часть 2

Задача 1

В модельном одномерном кристалле все атомы имеют одинаковую массу m , но эффективные жёсткости связей между атомами чередуются, поочерёдно принимая значения C и $2C$. Каков будет спектр упругих продольных колебаний (фононов) в таком кристалле?

Задача 2

На поверхности жидкого гелия (остающегося жидким вплоть до $T=0$ при не слишком больших давлениях) могут распространяться волны (капиллярные волны, кванты этих волн называют *риплонами*) со спектром $\omega^2 = \sigma K / \rho$, где σ — коэффициент поверхностного натяжения и ρ — плотность. Найти вклад этих колебаний в низкотемпературную теплоёмкость гелия.

Указание: поверхность гелия можно считать двумерной плоскостью, поляризация у таких волн единственная.

Для сравнения: в сверхтекучем гелии-4 при температурах меньше 0.8K основными возбуждениями являются фононы и «объёмный» вклад в теплоёмкость $C_{vol} \propto T^3$

Задача 3

В ферромагнетике каждый магنون уменьшает полную намагниченность ферромагнетика на величину $g\mu_B$ (g — спектроскопический g-фактор, μ_B — магнетон Бора). Для ферромагнетика на трёхмерной решётке вычислить, как при низких температурах будет уменьшаться его намагниченность с ростом температуры

Задача 4

В модельном одномерном металле учёт взаимодействия электронов с кристаллом привёл к формированию зонной структуры с законами дисперсии для первой разрешенной зоны

$$E_1 = E_0(1 - \cos ka) \text{ и для второй разрешенной зоны } E_2 = 4E_0 + \frac{E_0}{2} \cos ka, \text{ где } a \text{ —}$$

период кристалла. Для случая, когда в элементарной ячейке такого кристалла содержится 3 электрона, показать (или описать) заполненные при $T=0$ электронные состояния и найти энергию Ферми.