

Кристаллическая решетка

1. Кристаллические структуры твёрдых тел, трансляционная симметрия кристаллов, решётка Бравэ, элементарная и примитивная ячейки (на примере ГЦК–решётки), базис.
2. Рентгеновские и нейтронные методы исследования кристаллических структур, дифракция Вульфа-Брэгга, обратная решётка, зона Бриллюэна.
3. Неупругое рассеяние рентгеновских лучей и нейтронов: законы сохранения и геометрия опыта с трёхосным дифрактометром.
4. Энергетические диаграммы для квазичастичного туннельного тока и вольт-амперные характеристики туннельного контакта металл-металл, металл-сверхпроводник и сверхпроводник-сверхпроводник.
5. Колебания моноатомной цепочки, понятие о квазиимпульсе. Роль первой зоны Бриллюэна. Дискретность квазиимпульса как следствие периодических граничных условий.
6. Колебания двухатомной цепочки, акустическая и оптическая ветви колебаний. Роль первой зоны Бриллюэна.
7. Нормальные моды колебаний решётки, число мод. Понятие о фононах. Фононы как квазичастицы. Ангармонизм.

Теплоемкость твёрдого тела

8. Решёточная теплоёмкость. Модель Эйнштейна и Дебая, температура Дебая.
9. СКВИД: связь сверхпроводящего тока с потоком магнитной индукции через контур СКВИДа. Применение СКВИД-сенсора в качестве чувствительного датчика нуля.
10. Формирование двумерного электронного газа в гетероструктурах. Энергетические диаграммы и «изгиб зон», характерные поверхностные плотности заряда.
11. Решёточная теплопроводность при высоких температурах. Процессы переброса.
12. Решёточная теплопроводность фононного газа при низких температурах.
13. Модель желе для электронного газа. Импульс, скорость и энергия Ферми, плотность состояний на поверхности Ферми, температура вырождения.
14. Термодинамическая неустойчивость одномерных и двумерных кристаллов.

Ферми газ

15. Вклад электронов в теплоёмкость металлов, температурная зависимость, соотношение с решёточной теплоёмкостью.
16. Электроны в периодическом потенциале ионной решетки. Теорема Блоха.
17. Физическая причина появления зон разрешённых и запрещённых значений энергии, модели слабой и сильной связи. Проводники, изоляторы и полупроводники.
18. Понятие о ферми-жидкости, электроны и дырки как квазичастицы.

Кинетические явления

19. Квантование проводимости одномерного проводника в баллистическом режиме.
20. Формула Друде–Лоренца. Температурная зависимость электропроводности при высоких температурах. Правило Матиссена.
21. Формула Друде–Лоренца. Электропроводность металлов при низких температурах. Закон Блоха–Грюнайзена.
22. Электронная теплопроводность. Качественное различие механизмов релаксации энергии и импульса электронов в процессах теплопроводности и электропроводности, закон Видемана-Франца.

Полупроводники

23. Электрон-дырочные возбуждения в собственном полупроводнике. Распределение электронов и дырок в зоне проводимости и в валентной зоне. Понятие об эффективной массе.
24. Зависимость концентрации электронов и дырок в невырожденном собственном полупроводнике от температуры. Статфакторы зон. Положение уровня Ферми (химпотенциала) в собственном полупроводнике.
25. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках. Оценка энергии мелкого донорного уровня.
26. Температурная зависимость концентрации носителей в примесных полупроводниках и правило «рычага».
27. Экситоны Ванье-Мотта в полупроводниках.

28. Энергетическая диаграмма туннельного диода. Вольт-амперная характеристика туннельного диода, объяснение участка с отрицательным дифференциальным сопротивлением.

29. Энергетическая диаграмма pn -перехода. Распределение зарядов в pn -переходе, pn -переход во внешнем электрическом поле и его вольт-амперная характеристика.

Сверхтекучесть и сверхпроводимость

30. Сверхтекучесть гелия-4, основные экспериментальные факты: теплопроводность, вязкость, спектр возбуждений. Критерий Ландау, критическая скорость Ландау.

31. Явление сверхпроводимости, критическая температура, эффект Мейснера, лондоновская глубина проникновения.

32. Термодинамика сверхпроводника: термодинамическое критическое поле, скачок теплоёмкости.

33. Модель БКШ. Роль кристаллической решётки в явлении сверхпроводимости, изотоп-эффект, куперовское спаривание. Суммарный импульс, орбитальный момент и спин куперовской пары электронов. Длина когерентности, её связь с величиной сверхпроводящей щели.

34. Критический ток в сверхпроводниках, связь его величины с критерием Ландау.

35. Квантование магнитного потока в сверхпроводниках.

37. Сверхпроводники I рода и II рода, верхнее и нижнее критические поля, понятие о вихрях магнитного потока (вихрях Абрикосова), вихревая решётка. Пиннинг.

38. Квазичастичные элементарные возбуждения сверхпроводника. Связь спектра элементарных возбуждений сверхпроводника с его теплоёмкостью, теплопроводностью и высокочастотными свойствами.

Низкоразмерные электронные системы

39. Парамагнетизм Паули.

40. Уровни Ландау в двумерном электронном газе в квантующем магнитном поле: энергии уровней, ёмкость уровней Ландау.

41. Целочисленный квантовый эффект Холла: основные экспериментальные факты, метрологическое значение, связь условий наблюдения квантового эффекта Холла с заполнением уровней Ландау.

Магнитный порядок

42. Виды магнитного упорядочения: ферромагнетики, антиферромагнетики и ферримагнетики. Роль обменного взаимодействия. Закон Кюри-Вейса.

43. Туннелирование куперовских пар, стационарный и нестационарный эффект Джозефсона.

44. Элементарные возбуждения в насыщенной фазе цепочки спинов $\frac{1}{2}$ с антиферромагнитным взаимодействием, поле насыщения.

45. Спиновые волны. Закон дисперсии спиновых волн в ферромагнетике. Магноны. Закон $\frac{3}{2}$ Блоха.

46. Энергия анизотропии. Модель Изинга.

47. Магнетизм электронов проводимости. Критерий Стонера.