

## Вопросы к зачёту и экзамену по спецкурсу

1. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.
2. Кристаллическая решетка. Индексы Миллера.
3. Кристаллические решетки и структуры: Кристаллическая решетка. Поликристаллическая структура. Аморфная структура. Бесконечные кристаллы, монокристаллы и наноструктуры.
4. Функция распределения в 1D. Радиальная парная корреляционная функция  $g(r)$ .
5. Схема построения решетки Браве. Примеры решеток Браве с базисом. Выбор примитивной решётки.
6. Колебания кристаллической решётки.
  - a. Нормальные колебания решётки. Число нормальных колебаний. Самая короткая длина волны. Дисперсионные кривые. Акустические и оптические колебания.
  - b. Спектр нормальных колебаний решетки. Функция распределения нормальных колебаний по частотам. Температура Дебая. Высокие и низкие температуры.
7. Квантовый гармонический осциллятор.
  - a. Уравнение Шрёдингера для стационарных состояний гармонического осциллятора.
  - b. Свойства гармонического осциллятора и нормальные колебания. Фононы.
  - c. Сравнение фононов с фотонами.
  - d. Распределение фононов по энергии.
8. Теплоёмкость твёрдого тела.
  - a. Теплоёмкость твёрдого тела при постоянном объёме  $C_V$  в области низких температур. Закон  $T^3$  Дебая.
  - b. Теплоёмкость твёрдого тела при постоянном объёме  $C_V$  в области высоких температур. Закон Дюлонга и Пти.
9. Электронная составляющая теплоемкости металлов.
  - a. Теплоёмкость электронного газа. Постановка вопроса.
  - b. Металл как потенциальная яма. Уровень Ферми.
  - c. Распределение Ферми-Дирака для свободных электронов. Температура Ферми. Относительная доля электронов, обуславливающая теплоемкость.
10. Тепловое расширение твёрдых тел.
  - a. Реальная кривая потенциальной энергии взаимодействия атомов.
  - b. Коэффициент линейного расширения. Формула Грюнайзена.
11. Квантовая теория свободных электронов в металле.
  - a. Вырожденный электронный газ. Уравнение Шрёдингера для свободных электронов. Поверхность Ферми в  $k$ -пространстве.
12. Элементы зонной теории.
  - a. Энергетические зоны в кристаллах. Периодичность кристаллической структуры как идеализация. Одномерная цепочка ионов. Модель Кронига-Пенни.
  - b. Уравнение Шрёдингера для независимых электронов. Одноэлектронный эффективный периодический потенциал.
  - c. Теорема Блоха (формулировка). Граничное условие Борна-Кармана. Объем  $\Delta k$  в  $k$ -пространстве, приходящийся на одно разрешенное значение  $k$ .

- d. Зоны Бриллюэна.
- 13. Квантовая теория электропроводности.
  - a. Удельное электрическое сопротивление металлов. Дрейфовая скорость.
  - b. Эффективная масса носителей тока. Уравнение движения электрона. Время релаксации и удельная электропроводность. Сравнение с классической формулой.
- 14. Структура энергетических зон твёрдого тела.
  - a. Проводники. Тепловое размытие края зоны.
  - b. Полупроводники и диэлектрики. Электроны и дырки. Экситон. Собственные и примесные полупроводники. Распределение электронов по энергии в невырожденных полупроводниках.
- 15. Зависимость положения уровня Ферми от температуры в полупроводниках (собственных и примесных).
- 16. Электропроводность собственных полупроводников.
  - a. Концентрация носителей тока. Зависимость концентрации носителей тока от температуры.
  - b. Зависимость концентрации носителей тока от температуры в примесных полупроводниках.
- 17. Уравнение Шрёдингера.
  - a. Гипотеза де Бройля. Принцип неопределенности. Соотношение неопределенности Гейзенберга. Энергия и время.
  - b. Волновая функция (пси-функция). Свойства волновой функции.
  - c. Временное уравнение Шрёдингера. Стационарное уравнение Шрёдингера.
- 18. Бесконечно глубокая одномерная потенциальная яма.
  - a. Решение соответствующего уравнения Шрёдингера.
  - b. Энергия частицы в потенциальной яме. Классический предел ( $n \sim \infty$ ).
  - c. Собственные значения и собственные функции.
- 19. Туннельный эффект.
  - a. Прохождение частиц через потенциальный барьер («ступенька»).
  - b. Коэффициенты отражения  $R$  и прозрачности  $D$ .
  - c. Плотность вероятности вблизи «ступеньки». Плотность вероятности вблизи барьера.
- 20. Фотопроводимость полупроводников. Фоторезистор.
  - a. Процессы рекомбинации. Ловушки. Диффузионная длина.
  - b. Подвижность носителей тока.
- 21. Эффект Холла.
- 22. Контакты, их виды. Контакт двух металлов. Контактная разность потенциалов. Омический контакт.
- 23. Получение  $p$ - $n$ -перехода. Равновесное состояние. Зонная диаграмма. Высота потенциального барьера в равновесном состоянии.
- 24. Электрическое поле барьера при равновесном состоянии  $p$ - $n$ -перехода.
- 25. Ширина барьера при равновесном состоянии  $p$ - $n$ -перехода, ее связь с контактной разностью потенциалов.
- 26. Прямое подключение  $p$ - $n$ -перехода. Инжекция носителей тока. Понятие диффузионной длины.
- 27. Обратное подключение  $p$ - $n$ -перехода.
- 28. ВАХ  $p$ - $n$ -перехода. Выпрямляющее действие  $p$ - $n$ -перехода.
- 29. Особенности ВАХ кремниевых и арсенид-галлиевых  $p$ - $n$ -переходов.

30. Светодиоды. Фотодиоды.
31. Контакт металл-полупроводник и его вольтамперная характеристика.
32. Электрическая емкость  $p-n$ -перехода. Варикапы.
33. Пробой  $p-n$ -перехода. Лавинные диоды, стабилитроны.
34. Дефекты кристаллической решетки.
35. Аморфные полупроводники.
36. Теория поглощения света свободными носителями зарядов.
  - a. Эффект Мосса-Бурштейна
  - b. Переход сильно легированный полупроводник – примесный металл
  - c. Соотношение Клаузиуса-Мосотти
37. Поглощение света свободными носителями в магнитном поле
  - a. Эффект Фарадея
  - b. Циклотронный резонанс