

## **Контрольные вопросы к кандидатскому экзамену по дисциплине «Физика конденсированного состояния»**

1. Силы связи в твердых телах. Типы химических связей и примеры кристаллических решеток.
2. Ковалентная связь. Структуры типа алмаза и графита.
3. Симметрия твердых тел. Решетки Браве. Зона Бриллюэна.
4. Точечная и пространственная симметрия кристаллов.
5. Точечные и линейные дефекты в твердых телах.
6. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы.
7. Колебания решетки. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.
8. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
9. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
10. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.
11. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана-Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.
12. Электронные свойства твердых тел. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение.
13. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна -Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.
14. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.
15. Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.
16. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.
17. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.
18. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри-Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
19. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
20. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).

21. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферромагнетики. Магнитная структура ферромагнетиков.
22. Спиновые волны, магноны.
23. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.
24. Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига.
25. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
26. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).
27. Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.
28. Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.
29. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.
30. Эффект Джозефсона.
31. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.
32. Неупорядоченные твердые тела Дальний и ближний порядок. Радиус корреляции. Физические свойства неупорядоченных твердых тел. Фракталы.
33. Описание энергетического состояния кристалла при помощи газа квазичастиц. Примеры квазичастиц. Квазиимпульс.
34. Закон дисперсии. Теорема Блоха. Граничные условия. Плотность состояний. Статистика газа квазичастиц. Бозоны и фермионы. Взаимодействие квазичастиц.
35. Электронный спектр и плотность состояний электронов в квантующем магнитном поле. Эффект де Гааза–ван Альфена. Спектр квазидвумерных электронов в поперечном квантующем магнитном поле.
36. Эффект Ахаронова–Бома. Квантовый эффект Холла.
37. Электронные системы с сильными корреляциями. Модель Хаббарда. Тяжелые фермионы.
38. Кинетическое уравнение. Электро- и теплопроводность. Времена релаксации. Механизмы рассеяния электронов. Рассеяние на примесях и дефектах.
39. Электрон–фононные столкновения. Нормальные процессы, процессы переброса. Магнитосопротивление и эффект Холла.
40. Полупроводники. Электронная структура типичных полупроводников. Германий и кремний. Узкозонные полупроводники. Примесные уровни. Доноры и акцепторы.
41. Температурная зависимость проводимости, p–n переходы. Фотопроводимость. Рекомбинация и релаксация неравновесных носителей. Эффект Ганна.
42. Электронная энергетическая структура диэлектриков. Электростатика и термодинамика диэлектриков. Внутреннее поле. Электронная, ионная и ориентационная поляризуемость. Диэлектрическая релаксация и диэлектрические потери.

43. Электрострикция и пьезоэлектричество. Пироэлектрики и сегнетоэлектрики. Электрический гистерезис.
44. Аномалии физических свойств сегнетоэлектриков в области фазовых переходов. Молекулярные кристаллы.
45. Равновесие фаз. Фазовые переходы II рода и флуктуации.
46. Фазовые переходы в магнитных системах, кристаллах, сегнетоэлектриках, сверхпроводниках, жидких кристаллах, растворах.
47. Фазовые переходы I рода, гистерезис и кинетика фазового превращения.
48. Спонтанное нарушение симметрии. Параметр порядка. Дальний и ближний порядок.
49. Корреляции. Флуктуационно-диссипативная теорема. Теорема Мермина–Вагнера. Теорема Голдстоуна. Технологические фазовые переходы.
50. Переходы металл-диэлектрик в системе электронов. Переход Андерсона. Край подвижности в электронном спектре. Переход Мотта.
51. Теория протекания. Фракталы.
52. Рентгенография: методы исследования идеальной и реальной структуры. Синхронное излучение и его использование.
53. Электронография и электронная микроскопия. Туннельная спектроскопия.
54. Нейтронография: упругое и неупругое когерентное рассеяние, исследование магнитных структур и фононных спектров.
55. Эффект Мессбауэра. ЭПР, ЯМР.
56. Электрические и гальваномагнитные измерения как методы изучения электронной структуры кристаллов и состава примесей в полупроводниках.
57. Оптические методы исследования; возможности, связанные с использованием лазерных источников света.
58. Способы исследования атомно-неупорядоченных (аморфных) твердых тел. Калориметрия и дилатометрия.

### **Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **Основная литература**

1. Зиненко В.И., Сорокин Б.П., Турчин П.П. Основы физики твердого тела. Учеб. пособие для вузов. М.: Издательство физико-математической литературы, 2001.
2. Ландау, Л.Д. Статистическая физика. Часть 1 / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц // М.: ФИЗМАТЛИТ. - 2010. 616 с.
3. Физика сегнетоэлектриков: современный взгляд / под ред. К.М. Рабе, Ч.Г. Ана, Ж.-М. Трискона; пер. с англ. // М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. -2011. 440 с.
4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
5. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. I, II. М.: Мир, 1979.
6. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Ленанд., 2015.

7. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979.
8. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. МЦ НМО, М., 2000.
9. Владимир Прудников, Павел Прудников, Марина Мамонова Квантово-статистическая теория твердых тел. Учебное пособие Лань 2016
10. Сирота Д. Физика твердого тела. Сборник задач с подробными решениями. Учебное пособие. Либроком, 2016

#### **Дополнительная литература**

1. Артамонов, В.А. Группы и их приложения в физике, химии, кристаллографии / В.А. Артамонов, Ю.Л. Словохотов // М.: Издательский центр "Академия". - 2005. 512 с.
2. У. Уэрт, Р. Томпсон. Физика твердого тела. М: Мир, 1969.
3. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. Изд.2, М: Мир, 1974.
4. А.С. Давыдов. Теория твердого тела. М.: Наука, 1976
5. Р. Уайт, Т. Джебел. Дальний порядок в твердых телах. М: Мир, 1982.
6. Л. Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. М.: Наука, 1976
7. Ю.И. Сиротин, М.П. Шастокольская. Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1979
- А. Келли, Г. Гровс. Кристаллография и дефекты в кристаллах. М.: Мир, 1974