

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮГО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ЮЗГУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Председатель  
Приемной комиссии

С.Г. Емельянов

(подпись)

« 28 » марта 2022 г.



**ВОПРОСЫ**  
**К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ЭКЗАМЕНУ В АСПИРАНТУРУ**  
по научной специальности  
**1.3.8. Физика конденсированного состояния**

Курск 2022 г.

1. Кристаллическая решётка. Элементарные ячейки кристалла и их выбор. Индексы Миллера. Вектора трансляций. Периоды кристаллической решётки. Подрешетки. Симметрия кристаллических решёток.
2. Типы кристаллических решёток Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца. Кристаллографические плоскости.
3. Типы кристаллов: ионные, ковалентные, молекулярные, Ван-дер-Ваальса. Моно-, поликристаллические, аморфные и нанокристаллические твёрдые тела.
4. Дифракция излучений и частиц на твёрдых телах. Расчёт интенсивности дифракции электромагнитного излучения на узлах кристаллической решётки. Обратная решётка. Построение Эвальда.
5. Анизотропия физических свойств кристаллических твердых тел. Механические свойства твёрдых тел. Тензор напряжений, тензор деформаций. Закон Гука. Тензор модулей упругости. Коэффициент Пуассона. Модуль Юнга. Модуль сдвига.
6. Идеальные кристаллы и дефекты структуры. Точечные дефекты (вакансии, междоузельный атом, дефект по Френкелю, примесные атомы).
7. Энергия образования точечного дефекта и вероятность его появления. Влияние точечного дефекта на скорость диффузии атомов в кристаллах и на электропроводность в диэлектрических кристаллах.
8. Типы дислокаций: краевая дислокация, винтовая дислокация. Вектор Бюргерса. Дислокации смешанного типа.
9. Плотность дислокаций. Методы наблюдения дислокаций. Энергия дислокаций. Происхождение дислокаций. Взаимодействие дислокаций между собой и с точечными дефектами. Влияние дислокаций на механические свойства материалов.
10. Поверхностные и объёмные дефекты. Сплавы и управление физическими свойствами. Сплавы внедрения и замещения. Твёрдые растворы. Упорядоченные фазы.
11. Твёрдое тело как система независимых осцилляторов. Межатомные и

межмолекулярные взаимодействия. Фононы. Акустические и оптические колебания кристаллической решётки. Закон дисперсии. Нормальные колебания решётки.

12. Характер тепловых колебаний кристаллической решётки. Распределение числа нормальных колебаний решётки по частотам. Фононы. Энергия нормальных колебаний.
13. Теплоёмкость твёрдых тел. Формула Дебая. Закон Дюлонга и Пти. Ангармоническое приближение.
14. Расщепление атомных энергетических уровней электронов в кристалле и образование энергетических зон. Структура зоны.
15. Движение электрона в периодическом поле кристалла. Функция Блоха. Модель Кронига-Пенни.
16. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электрона. Деление тел на изоляторы, проводники и полупроводники с точки зрения зонной теории.
17. Классическая теория электропроводности и её затруднения. Электронные состояния в твёрдых телах. Модель Кронига-Пенни. Приближение сильной связи.
18. Элементы квантовой теории электропроводности чистых металлов. Модель почти свободных электронов.
19. Электрические свойства полупроводников. Подвижность носителя электрического тока. Беспримесные полупроводники. Донорные и акцепторные полупроводники.
20. Фотопроводимость полупроводников. Эффект Холла в полупроводниках.
21. Контактные явления. Контакт двух проводников. Термопары. Контакт двух полупроводников. Полупроводниковый переход. Светоиспускающие диоды.
22. Вклад электронов в тепловые свойства кристаллов. Вклад электронов в теплоёмкость и в теплопроводность. Закон Видемана-Франца.
23. Диэлектрические свойства кристаллов. Особенности кристаллических

- диэлектриков. Сегнетоэлектрики. Сегнетоэлектрические домены. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффекты. Тензор пьезоэлектрических модулей.
24. Магнитные свойства твердых тел. Диамагнетизм и парамагнетизм. Спиновый парамагнетизм. Парамагнетизм электронов проводимости. Электронный парамагнитный резонанс и ядерный магнитный резонанс.
25. Магнитная анизотропия. Магнитострикция. Типы магнитного упорядочения. Температура Кюри. Модель среднего поля.
26. Ферромагнетики и их свойства. Закон Кюри-Вейсса. Перестройка доменной структуры в процессе намагничивания ферромагнетика. Классическая теория ферромагнетизма Вейсса и её затруднения.
27. Домены, механизмы перемагничивания и магнитные свойства. Магнитные материалы. Методы измерения магнитных характеристик: магнитной восприимчивости, температуры Кюри, параметров петли гистерезиса.
28. Сверхпроводимость. Свойства веществ в сверхпроводящем состоянии. Эффект Мейснера. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Глубина проникновения внешнего магнитного поля в сверхпроводник. Энергетическая щель. Разрушение сверхпроводимости.
29. Микроскопическая теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера. Доказательство существования куперовских электронных пар.
30. Эффект Джозефсона. Применения сверхпроводимости в технике. Создание сильных магнитных полей. Криогенная техника.
31. Поглощение электромагнитных излучений твердым телом (классическое рассмотрение). Взаимодействие электромагнитной волны с электронным газом. Подход к вычислению показателя преломления. Поляризуемость диэлектриков в высокочастотных полях.
32. Поглощение и излучение электромагнитных волн твердыми телами (квантовое рассмотрение). Межзонные переходы в полупроводниках и диэлектриках. Экситоны. Экситонное поглощение излучений. Примесное

поглощение излучений.

33. Излучение электромагнитных волн твердыми телами. Виды люминесценции (фотолюминесценция, катодолюминесценция, радио- и рентгенолюминесценция) и их применение. Межзонное рекомбинационное излучение. Примесное излучение.
34. Классификация и методы получения нанокластеров и наноструктур. Молекулярные кластеры. Газовые безлигандные кластеры. Коллоидные кластеры. Твёрдотельные нанокластеры и наноструктуры. Тонкие наноструктурированные плёнки. Углеродные нанотрубки.
35. Углеродные кластеры. Малые углеродные кластеры. Фуллерены. Формирование и фрагментация фуллеренов. Энергия ионизации и энергия сродства к электрону. Эндроздральные и экзоэндральные фуллерены. Фуллерены замещения.
36. Молекулярные лигандные кластеры. Молекулярные лигандные кластеры металлов и их свойства. Безлигандные металлические кластеры и их примеры.
37. Коллоидные кластеры и наноструктуры. Золи. Мицеллы. Микроэмульсии. Оптические и электронные свойства коллоидных кластеров.
38. Фуллериты. Углеродные нанотрубки. Структура нанотрубок. Электронные свойства нанотрубок. Наноустройства на основе углеродных нанотрубок.
39. Твёрдотельные нанокластеры и наноструктуры. Формирование твёрдотельных нанокластеров. Структурные особенности твёрдотельных наноструктур. Тонкие плёнки и их свойства.
40. Механические и тепловые свойства нанокластеров и наноструктур. Закон Холла-Петча. Микротвёрдость и прочность на растяжение. Плавление нанокластеров. Теплоёмкость нанокластеров. Термическое расширение. Соотношение Грюнайзена.
41. Магнитные свойства наноструктур. Суперпарамагнетизм.

- Намагниченность нанокластеров и наноструктур. Гигантское магнетосопротивление. Магнитные фазовые переходы.
42. Магнитные коллоиды. Методы получения и структура. Магнитные коллоиды. Методы получения и структура. Суперпарамагнитные свойства. Функция Ланжевена.
  43. Акустомагнитный и магнитоэлектрический эффекты в магнитной жидкости. Применение в технике.
  44. Жидкое состояние вещества. Проблемы уравнения состояния для жидкости. Модельные теории строения жидкости. Флуктуация концентрации. Переход системы в равновесное состояние. Релаксация.
  45. Дырочная модель жидкости. Радиальная функция распределения. Плотность, сжимаемость, теплоемкость жидкости.
  46. Ньютоновская вязкая жидкость. Реологические законы вязких несжимаемых жидкостей. Уравнения Навье – Стокса.
  47. Вязкость жидкостей. Сдвиговая и объемная вязкости. Физическая природа вязкого течения. Течение вязкой жидкости по трубам (теория Пуазейля).
  48. Поверхностные явления в жидкостях. Смачиваемость, краевой угол. Формула Лапласа. Закон Жюрена.
  49. Принципы термодинамики и статистической физики. Первое, второе и третье начала термодинамики. Термодинамические функции. Энтропия. Статистическое обоснование закона возрастания энтропии.
  50. Уравнение состояния идеальных и реальных газов. Критическая температура. Критическое состояние.
  51. Распределение молекул по скоростям. Теория Максвелла. Экспоненциальная атмосфера (распределение Больцмана). Столкновения молекул. Средняя длина свободного пробега. Молекулярная диффузия.
  52. Свойства разбавленных растворов. Явления гидратации, осмоса (уравнения Вант-Гоффа). Смещение температуры кипения и отвердевания растворов с увеличением концентрации растворённого вещества.

53. Теплопроводность твердых тел. Дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье для однородного изотропного тела. Теплопроводность металлов и кристаллических диэлектриков.
54. Теплоемкости  $C_p$  и  $C_v$  в статических и быстропеременных процессах. Адиабатическая и изотермическая сжимаемости. Условия равновесия фаз.
55. Измерение магнитных и электрических параметров (магнитная индукция, намагниченность, магнитная восприимчивость, электросопротивление, диэлектрическая проницаемость).
56. Измерение оптических параметров (показатель преломления, вращение плоскости поляризации, оптической плотности, определение линейных размеров микрообъектов).
57. Методы сканирующей зондовой микроскопии и режимы работы. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Формула Стоуни. Топографический, постоянной высоты и спектроскопический методы исследования. Контактный, полуконтактный, бесконтактный режимы сканирования.
58. Магнито-силовая микроскопия. Электросиловая микроскопия. Метод Кельвина.
59. Методы электронной микроскопии. Особенности растровой и просвечивающей электронной микроскопии. Виды информационных сигналов, генерируемых первичным пучком электронов. Механизмы рассеяния энергии электронов. Формула Бете. Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ.
60. Рентгеновская спектроскопия и дифракция. Рентгеноструктурный анализ. Условие Вульфа-Бреггов. Закон Мозли. Методы: Лауэ, Дебая – Шеррера, вращения, Вайссенберга. Круг Роуланда.
61. Оптическая, колебательная и вращательная спектроскопия. Функция Морзе. Принцип Франка-Кондона. Электронные, колебательные, вращательные спектры. Спектры комбинационного рассеяния.
62. Мессбауэровская (гамма-резонансная) спектроскопия. Методы

радиоспектроскопии. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.