

Примерный перечень вопросов к экзамену по курсу «Основы магнетизма конденсированных сред»

1. Орбитальный механический и магнитный моменты атома в модели Бора — Зоммерфельда. Орбитальное гиромантическое отношение. Магнетон Бора. Пространственное квантование.
2. Спиновый момент атома, спиновое гиромантическое отношение.
3. Векторная модель атома. Сложение механических и магнитных моментов атома, их зависимость от квантовых чисел L, S, J . Фактор Ланде.
4. Эффективный магнитный момент атома и магнитный момент насыщения.
5. Группы переходных f - и d -элементов. Примеры определения возможных значений магнитного момента атома или иона.
6. Расщепление энергетических уровней атома в магнитном поле. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана (на примере расщепления уровней в магнитном поле и разрешённых переходов в D -дублете натрия).
7. Парамагнетизм: «идеальный газ» магнитных моментов, классическая теория Ланжевена, функция Ланжевена. Температурная зависимость магнитной восприимчивости парамагнетиков, закон Кюри. Примеры веществ, обладающих парамагнитным упорядочением в широком интервале температур.
8. Магнитная восприимчивость парамагнетиков с учётом вероятностей существования возбуждённых состояний, формула Ван Флека.
9. Учёт пространственного квантования, функция Бриллюэна. Закон Кюри — Вейсса. Парамагнетики в сильных и слабых магнитных полях. Парамагнетизм Паули.
10. Природа диамагнетизма, прецессия магнитного момента атома во внешнем магнитном поле, Ларморова частота прецессии, диамагнитная восприимчивость. Осцилляции магнитной восприимчивости диамагнетиков. Уровни Ландау.
11. Магнитная структура ферромагнетиков. Дальний магнитный порядок, спонтанная намагниченность. Основные особенности магнитных свойств ферромагнетиков: кривая намагничивания, петля гистерезиса, остаточная намагниченность и коэрцитивная сила.
12. Эффект Баркгаузена, представление о магнитных доменах. Температурная зависимость спонтанной намагниченности ферромагнетиков.
13. Формальная теория ферромагнетизма Вейсса, молекулярное поле, оценка его величины.
14. Модель Френкеля-Гейзенберга: квантовая природа обменного взаимодействия между магнитными моментами, обменный интеграл. Зависимость обменного интеграла от межатомного расстояния, кривая Бете.
15. Недостатки приближения среднего (молекулярного) поля. Понятие о спиновых волнах (магнонах). Закон «трёх вторых» температурной зависимости намагниченности насыщения при низких температурах.
16. s - d -обменная модель Вонсовского (основные положения). Парамагнитная и ферромагнитная точка Кюри.
17. Термодинамика магнитных фазовых переходов второго рода. Метод Белова — Аррота определения температуры Кюри. Парапроцесс.
18. Магнитная структура и магнитная восприимчивость антиферромагнетиков. Температура Нееля. Слоистые структуры. Нейтронографический метод определения магнитной структуры кристаллов.
19. Магнитная структура и магнитная восприимчивость ферримагнетиков. Зависимость намагниченности насыщения ферримагнетиков от температуры, точка компенсации.
20. Неколлинеарные магнитные структуры. Спиральные магнитные структуры в редкоземельных металлах. Примеры кристаллов и соединений, имеющих антиферромагнитное и ферримагнитное упорядочение.
21. Статистика электронного газа. Расщепление энергетических зон во внешнем магнитном поле. Ферромагнетизм как пороговое явление. Критерий Стонера возникновения ферромагнетизма в системе коллективизированных электронов. Количественное сопоставление модели Стонера с экспериментом, основные выводы и расхождения.

22. Магнитная нестабильность в магнетиках с коллективизированными электронами (на примере соединений YCo_2 и $LuCo_2$).
23. Основные термодинамические соотношения для магнитокалорического эффекта. Изменение энтропии магнетика в магнитном поле.
24. Магнитокалорический эффект в ферромагнитном никеле, его зависимость от температуры.
25. Магнитокалорический эффект в магнетиках, состоящих из двух магнитных подрешёток (редкоземельные ферриты-гранаты, соединения редкоземельных металлов с $3d$ -металлами), интерпретация этого эффекта.
26. Магнитное охлаждение для получения сверхнизких температур.
27. Намагничивание ферромагнитных монокристаллов вдоль различных кристаллографических направлений. Оси лёгкого и трудного намагничивания. Энергия магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии. Изменение размеров и формы магнетика при намагничивании.
28. Магнитострикция и родственные ей эффекты: спонтанная магнитострикция, механострикция, магнитоупругий эффект. Анизотропия магнитострикции. Формула Акулова для магнитострикции кристаллов с кубической симметрией. Магнитострикция поликристаллов.
29. Гигантская магнитострикция редкоземельных металлов. Микроскопические механизмы магнитострикции: магнитодипольная магнитострикция, обменная магнитострикция, одноионная магнитострикция.
30. Кристаллическая и магнитная структуры антиферромагнетика MnO . Косвенное обменное взаимодействие. Физический механизм косвенного обменного взаимодействия между магнитными моментами через p -орбиту иона кислорода.
31. Обзор теории Нееля и Андерсона. Выражения для молекулярного поля и намагниченности подрешёток, магнитной восприимчивости (продольной и поперечной).
32. Обзор теории Эрпина и Мериела спиральных (геликоидальных) магнитных структур. Условие существования стабильной спиральной структуры.
33. Теория РККИ (основные положения).
34. Причина образования магнитных доменов. Вклады в магнитную энергию магнетика. Полосовые (stripe) домены. 180° - и 90° -градусные доменные границы. Переходные слои между доменами. Блоховская граница, плотность общей энергии переходного слоя и его толщина.
35. Оценка величины переходного слоя и его энергии для некоторых ферромагнетиков. Доменная структура в одноосном ферромагнитном кристалле. Примеры доменных структур в магнитно-многоосных кристаллах. Экспериментальные методы наблюдения доменных границ. Однодоменная структура. Сверхпарамагнетизм.
36. Цилиндрические магнитные домены (ЦМД). Магнитное давление на доменную границу. Зависимость энергии ЦМД от его диаметра. Область устойчивости ЦМД, поле коллапса.
37. Процессы смещения границ между доменами и вращения векторов намагничивания доменов. Дифференциальная восприимчивость. Начальный участок кривой намагничивания. Вклад в восприимчивость от процессов смещения доменных границ для кубических (железо) и одноосных (кобальт) кристаллов.
38. Зависимость энергии 180° -градусной доменной стенки от её смещения. Скачок Баркгаузена. Вклады в намагничивание от процессов вращения и смещения. Формула Рэлея. Обратимые процессы вращения (на примере намагничивания монокристаллической железной проволоки в направлении $[110]$ и монокристалла кобальта в направлении оси трудного намагничивания).
39. Ферромагнитный резонанс, уравнение движения магнитного момента.
40. Понятие об электронном парамагнитном и антиферромагнитном резонансе.