

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ им. Л.В.КИРЕНСКОГО

Утверждено Ученым советом

12 ноября 2004 г.

протокол № 8

ДОПОЛНЕНИЕ
в программу-минимум
кандидатского экзамена по специальности
01.04.11
«физика магнитных явлений»

Красноярск 2004

Дополнительная программа по специальности 01.04.11 - физика магнитных явлений

Молекулярная теория магнетизма

Магнитные моменты атомов и молекул. Магнетон Бора. Магнитные моменты ядер. Строение электронных оболочек переходных и редкоземельных атомов. Диамагнетизм.

Пространственное квантование магнитного момента атома. Парамагнетизм систем слабозаимодействующих атомов. Функции Бриллюэна. Законы Кюри и Кюри-Вейса.

Внутрикристаллическое поле. Замораживание орбитального момента.

Обменная энергия. Модель ферромагнетизма Гейзенберга. Спиновые волны. Температурная зависимость спонтанной намагниченности при низких температурах.

Косвенное и прямое обменное взаимодействие в магнитных диэлектриках. Косвенное и обменное взаимодействие через электроны проводимости в редкоземельных металлах. Косвенное обменное взаимодействие в магнитных полупроводниках (Cu, O, GdCr₂Se₄ и др.) через электроны проводимости.

Основы зонной теории магнетизма

Гамильтониан системы электронов и ионов. Приближения, модели. Адиабатическое приближение. Метод Хартри-Фока. Приближение слабой и сильной связи. Зоны Бриллюэна. Поверхность Ферми. Методы расчета зонной структуры. Поверхность Ферми d и f металлов. Различные типы обменных интегралов.

Электронный газ. Парамагнетизм и диамагнетизм электронного газа. Критерий ферромагнетизма электронного газа. Обменное расщепление.

Полярная модель Шубина-Вонсовского. Модель Хаббарда для невырожденной зоны. Магнитные состояния в модели Хаббарда.

Уровни Ландау. Осцилляция магнитной восприимчивости. Эффекты Эйнштейна де Гааза и Шубникова. Циклотронный резонанс. Восстановление поверхности Ферми по экспериментальным данным, полученным при изучении этих эффектов.

Примесные уровни и их влияние на энергетический спектр. Распределение зарядовой и спиновой плотности вокруг примеси. Магнитная восприимчивость разбавленных растворов. Примесная модель Андерсена.

Анти- и ферримагнетизм.

Теория антиферромагнетизма в приближении молекулярного поля. Продольная и поперечная восприимчивость и их температурные зависимости. Термодинамическая теория слабого ферромагнетизма по Дзялошинскому. Редкоземельные ортоферриты. Геликоидальный антиферромагнетизм редкоземельных металлов.

Теория ферромагнетизма в приближении молекулярного поля. Основные типы температурной зависимости самопроизвольной намагниченности. Температурная зависимость парамагнитной восприимчивости ферримагнетиков – закон Нееля. Физические свойства ферримагнетиков в области точки компенсации магнитных моментов подрешеток. Ферриты со структурой шпинели и граната. Гексагональные ферриты.

Основы теории магнитных превращений.

Термодинамика магнитных явлений.

Изменение магнитного состояния при изменении температуры, давления и магнитного поля. Удельные теплоемкости при постоянном поле и при постоянной намагниченности. Скачок теплоемкости в точке Кюри. Магнетокалорический эффект. Аномалия коэффициента расширения ферромагнетиков.

Термодинамическая теория ферромагнитного превращения. Критические индексы. Магнитные фазовые переходы первого рода. Магнитные переходы типа спиновой переориентации, вызванные сильным магнитным полем и изменением температуры.

Низкомерные и квазинизкомерные магнетики. Теорема Мермина – Вагнера. Термодинамические свойства низкомерных магнетиков (намагниченность, восприимчивость, теплоемкость).

Динамика процессов перемагничивания.

Ферро- и ферримагнетики в переменных полях. Уравнение Ландау и Лившица для движения магнитного момента. Ферро-, ферри- и антиферромагнитный резонансы. Измерение g-фактора и констант магнитной анизотропии. Ядерный магнитный резонанс. Спиновое эхо. Магнитные эффективные поля на ядрах магнетиков и их природа. Эффект Мессбауэра.

Аморфные магнетики.

Атомная структура аморфных материалов. Классификация аморфных магнетиков (по хим. составу и по видам магнитных структур). Методы описания магнитной структуры аморфных магнетиков (решеточные модели, макроскопическое описание в приближении сплошной среды). Стохастические характеристики аморфных магнетиков, методы их измерения.

Магнитные полупроводники

Общая характеристика класса полупроводников, свойства, отличающие их от полупроводников и магнетиков. Основные кристаллические структуры, типы магнитного упорядочения, магнитные электрические и оптические свойства. Экспериментальное проявление взаимодействия между локализованными спинами и подсистемой носителей заряда в магнитных полупроводниках. Автолокализация электронов. Теоретические модели, используемые для описания свойств магнитных полупроводников.

Физика магнитных пленок

Структурные особенности тонких пленок и их влияние на магнитные свойства. Микроструктурная структура. Текстура. Перпендикулярная анизотропия.

Особенности доменной структуры. Роль магнитостатической энергии. Блоховские и неелевские доменные стенки, блоховские линии. Особенности процессов квазистатического и импульсного перемагничивания. Петли гистерезиса в теории однородного вращения намагниченности.

Высокочастотные свойства тонких пленок. Ферромагнитный, спин-волновой и ядерный магнитный резонанс. Ядерное спиновое эхо.

Технология получения и применение различных типов магнитных пленок.

Экспериментальные методы исследований магнетиков

Методы измерения магнитного момента, намагниченности, восприимчивости магнетиков (индукционные методы, силовые измерения в градиентных полях, магнитооптические методы и др.)

Методы наблюдения доменных структур: порошковая методика, электронномикроскопические методы.

Нейтроннография магнитных структур.

Разночастотные методы исследования магнетиков (ЭПР-, ФМР-, ЯМР-спектроскопия).

Литература

1. С.В. Вонсовский. Магнетизм. 1971
2. Д. Займан. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1966.
3. Ч. Киттель. Квантовая теория твердых тел. М.: Мир, 1967.
4. Д. Займан. Модели беспорядка. М.: Мир, 1982.
5. Э.Л. Нагаев. Физика магнитных полупроводников. М.: Наука. 1979. (гл.3-4).
6. З. Метфессель, Д. Матисс. Магнитные полупроводники. М.: Мир., 1979.
7. Проблемы магнетизма // Сборник научных трудов. М.: Наука, 1972.
8. Магнитные свойства кристаллических и аморфных сред. // Сборник научных трудов. Новосибирск: Наука СО АН СССР. 1989.
9. Александров К.С. и др. Магнитные фазовые переходы в галоидных кристаллах. Новосибирск: Наука СО АН СССР.- 1983
10. В.И. Чечерников. Магнитные измерения. М.:из-во МГУ. 1969