

# Физика Магнитных Наносистем

## Программа спецкурса

Лектор: д.ф.-м.н., профессор Чеченин Николай Гаврилович  
(НОЦ физического факультета МГУ)

Тел. 939-2348, e-mail: chechenin@sinp.msu.ru

### Аннотация курса

Магнитные наносистемы являются не только предметом интенсивных фундаментальных исследований, но и широко используются в нашей повседневной жизни. Одним из наиболее значимых достижений в этой области – обнаружение эффекта гигантского магнитного сопротивления, приведшего к резкому увеличению емкости магнитных носителей информации в используемых в настоящее время компьютерах. Большое внимание уделяется фундаментальным основам, определяющим магнитные свойства наносистем, их динамику и устойчивость. Излагаются методы исследования этих свойств. Дается представление о современных и перспективных возможностях спинтроники.

Учебное пособие по  
спецкурсу

Н.Г. Чеченин. **Магнитные наноструктуры и их применение: учебное пособие.** М., Грант Виктория ТК, 2006. (Имеется в библиотеке физфака МГУ)

Электронный вариант  
учебного пособия на  
сайте

<http://danp.sinp.msu.ru/MagNanoS/ngchposob2.htm>

### Структура спецкурса

<p><u>Магнитные свойства вещества.</u> Основные магнитные характеристики. Восприимчивость диамагнетиков, парамагнетиков, ферромагнетиков и ферримагнетиков. Дифференциальные характеристики. Магнитный момент изолированного атома. Правило Хунда. Гамильтониан взаимодействия атомов и молекул с магнитным полем, расщепление уровней. Намагниченность и восприимчивость.</p>
<p><u>Диамагнетизм и парамагнетизм.</u> Ларморовский диамагнетизм атомов с полностью заполненными внутренними оболочками. Ланжевеновский парамагнетизм. Функция Ланжевена. Закон Кюри. Функция Бриллюэна. Парамагнетизм редкоземельных ионов. Парамагнетизм переходных элементов группы железа. Природа эффекта замораживания орбитального момента импульса. Влияние нецентральности внутрикристаллического поля. Расщепление уровней внутрикристаллическим полем. Парамагнетизм Ван Флека. Парамагнитная и диамагнитная восприимчивость электронов проводимости. Парамагнетизм Паули. Диамагнетизм Ландау.</p>
<p><u>Ферромагнетизм.</u> Внутреннее магнитное поле Вейсса. Закон Кюри-Вейсса. Электростатическая природа поля Вейсса. Модель Гейзенберга. Механизмы обмена спинами. Спиновые волны, магноны. Температурная зависимость намагниченности: закон Блоха.</p>
<p><u>Антиферромагнетизм и ферримагнетизм.</u> Ферримагнетики. Условие ферримагнетизма. Температура Кюри и восприимчивость ферримагнетиков. Закон Кюри для антиферромагнетиков. Температура Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков ниже температуры Нееля.</p>
<p><u>Доменная структура.</u> Ферромагнитные домены. Движение границ при намагничивании, эффект Баркгаузена. Параметры кривой намагничивания. Причины образования доменов. Основные компоненты энергии доменов. Границы доменов. Стенки Блоха. Неелевские границы.</p>
<p><u>Методы исследования микромагнитных структур.</u> Метод магнитной суспензии (метод порошковых фигур). Магнитооптические методы. Методы просвечивающей электронной микроскопии. Электронная голография.</p>
<p><u>Сложные микромагнитные структуры.</u> Страйп-структуры. Цилиндрические магнитные домены. Микромагнетизм одноосных кристаллов. Микромагнитная структура мелких частиц.</p>
<p><u>Микромагнетизм нанокристаллических ферромагнетиков.</u> Теория Герцера. Модель хаотической анизотропии. Наведенная магнитная анизотропия. Микромагнитный риппл. Теория Хоффманна. Внутрен-</p>

ние поля рассеяния.
<u>Динамика намагничения.</u> Намагничение смещением доменных стенок. Вращение магнитных моментов доменов. Динамические свойства ферромагнетиков. Фактор магнитных потерь. Потери на вихревые токи. Магнитное последствие. Размерный резонанс. Собственный магнитный резонанс. Предел Сноэка. Уравнение Ландау-Лифшица. Устойчивая доменная структура в переменных полях.
<u>Магнетизм низкоразмерных систем.</u> Магнитные многослойные системы. Обменное смещение. Обменно-связанные магнитомягкие подслои для сред хранения информации. Гигантское магнитное сопротивление. Антиферромагнитная связь. Использование различной коэрцитивности слоев. Обменное смещение-спиновый затвор. Применения явления гигантского магнетосопротивления. Магнитные нанонити и их применения.
<u>Магнитные наноточки.</u> Методы получения магнитных наноточек. Метод электрохимического осаждения. Нанолитография с пористым оксидом алюминия. Намагниченность наноточек. Теория и численное моделирование микромагнитной структуры наноточек. Теоретическая кривая гистерезиса. Фазовая диаграмма. Магнетизм наночастиц. Самоорганизованные сверхрешетки магнитных частиц. Суперпарамагнетизм.
<u>Спинтроника. Устройства спинтроники.</u> Магнитные полупроводники в спинтронике. Примеси переходных металлов в полупроводниках $A^2B^6$ и $A^3B^5$ . Энергии d-уровней. Обменное взаимодействие между зоной и d-электроном. Замещающий Mn. Полуметаллические ферромагнитные оксиды. Классификация полуметаллов. Методы анализа спиновой поляризации. Фотоэмиссия. Магнитные туннельные переходы. Точечный контакт. Сверхпроводящий туннельный переход (метод Тедрова-Месервея). Андреевское отражение в точечном контакте. Эпитаксиальные сплавы Гейслера. Инжекция спина и спиновый транспорт в полупроводниковых устройствах спинтроники. Спин-поляризованный полевой транзистор.
<u>Современные магнитные носители информации.</u> Современные тенденции в развитии накопителей на жестких дисках. Магнитооптические носители информации. Магнитная память произвольного доступа (MRAM). Принцип действия.
<u>Высокочастотные магнитные устройства.</u> Интегрированные индукторы для радиочастотной области. Микроиндукторы для преобразователей постоянного тока. ВЧ-сенсоры магнитного поля.