Магнетизм конденсированных сред и наноструктур

Lecturers:

Александра Калашникова



Language:

Русский

Credit points:

6 з.е.

Monitoring type:

Экзамен

Educational Program:

Фотоника и спинтроника

1 семестр

Prerequisites:

Общая физика: электричество и

магнетизм

Оптика конденсированного состояния

Lectures (a.h)*	Practice (a.h)	Labs (a.h)	
24	16		
*1 academic hour = 45 minutes			

Магнитоупорядоченные материалы находят применение в самых разных технологиях, от давно известных до самых новых или еще только появляющихся.

Целью данного курса является дать студенту углубленные знания о физике магнитоупорядоченных материалов и об особенностях свойств магнитных микро- и нанообъектов. В ходе курса студенты также познакомятся с практически-важными явлениями, находящимися на стыке магнетизма и оптики, акустики и электричества, получат представление о методиках исследования магнитных свойств и основных применениях, например, в сенсорике и записи информации.

Знания, подученные при изучении курса, заложат основу для углубленного изучения спинтроники и магноники, магнитофотоники и микромагнетизма в следующих семестрах.

Course content

1 семестр

Магнетизм конденсированных сред

Структура курса

Разделы	Лекции (ак.ч.)	
1. Основы магнетизма конденсированных сред		
1.1. Магнитный момент атома. Диа- и парамагнетизм и магнитное упорядочение		
1.2. Обменное взаимодействие и типы магнитоупорядоченных сред	2	
1.3. Спин-орбитальное взаимодействие и магнитная анизотропия	2	
1.4. Анизотропное обменное взаимодействие и сложные магнитные структуры	2	
1.5. Магнитные домены и процессы намагничивания	2	
1.6. Спиновая динамика в магнитоупорядоченных средах	2	
1.7. Магноны в ферро- и антиферромагнетиках	2	
2. Магнитные микро- и наноструктуры		
2.1. Магнитные тонкие пленки	2	
2.2. Магнитные гетероструктуры	2	
2.3. Магнитные наночастицы свойства и применения	2	
2.4. ЦМД, магнитые вихри и скирмионы		
3. Немагнитные явления в магнитных материалах		
3.1. Электрические явления и мультиферроки	2	
3.2. Магнитоакустические и магнитооптические явления	2	

Семинары:

1. Методы исследования статических магнитных свойств:

- 1.1. SQUID магнитометрия
- 1.2. Вибрационная магнитометрия
- 1.3. Магнитосиловая микроскопия
- 1.4. Магнитооптическая магнитометрия
- 1.5. Инициативная тема от студента

2. Методы исследования магнитной динамики:

- 2.1. Спектроскопия ферромагнитного резонанса и спиновых волн
- 2.2. Спектроскопия комбинационного рассеяния на спиновых волнах
- 2.3. Спектроскопия рассеяния Мандельштама-Бриллюэна на спиновых волнах
- 2.4. Инициативная тема от студента

3. Применения магнитных наноструктур:

- 3.1. Магнитные наночастицы в биологии и медицине
- 3.2. Магнитные сенсоры
- 3.3. Магнитная память на жестких дисках и лентах
- 3.4. Магнитная память со случайным доступом
- 3.5. Магнитная память «на беговой дорожке»
- 3.6. Инициативная тема от студента

Recommended resources

- 1. В. А. Боков, Физика магентиков (Невский диалект, 2002)
- 2. С. Тикадзуми, Физика ферромагнетизма в 2-х томах, М.: Мир, 1987. 416 с.
- 3. J. Stöhr, H. Ch. Siegmann, Magnetism: From Fundamentals to Nanoscale Dynamics (SpringerVerlag, 2006)
- 4. J. M. D. Coey, Magnetism and Magnetic Materials (Cambridge University Press, 2010)
- 5. А. Г. Гуревич и Г. А. Мелков, Магнитные колебания и волны, Физматлит, 1994. 464 с.

Grading Policy

Оценочные средства дисциплины: выступление на семинаре, домашнее задание, зачет, устный экзамен.

В каждом семестре проводится промежуточная аттестация в форме устного зачета, устный экзамен, а также учитываются баллы, полученные за выступление на семинаре. Для допуска к устному экзамену необходимо успешно пройти промежуточную аттестацию (зачет), выступить с докладом на семинаре (20 баллов) и выполнить не менее 60% домашних заданий (18 из 30 баллов).

Максимальное число баллов за курс - 100.

Оценка формируется исходя из количества баллов: от 90 до 100 - «отлично», от 74 до 90 - «хорошо», от 50 до 74 - «удовлетворительно».

Максимальное число баллов за экзамен - 50 (min 20)

Максимальное число баллов за семинар - 20 (min 5)

Максимальное число баллов домашние задания - 30 (min 6 - одно решенное задание)

При невыполнении минимальных требований по любому из пунктов студент получает оценку «неудовлетворительно».

Тип самостоятельных заданий

Домашние задания (5 заданий)

Подготовка 1 доклада для семинара по одной из заданных тем или теме, выбранной самостоятельно.

Пример домашнего задания:

Тема: ферромагнитный резонанс в тонкой ферромагнитной пленке

- 1. Тонкая ферромагнитная пленка имеет легкую ось магнитокристаллической анизотропии направленную по нормали z (). Также имеется анизотропия формы. Намагниченность 0.5 Тл. Внешнее магнитное поле приложено в плоскости пленки (ϕ H=0; θ H=900), его индукция меняется от 0 до 0.5 Тл.
- 2. Необходимо рассмотреть два, с сильной и слабой магнитокристаллической анизотропией: Дж/м3 и Дж/м3.
- 3. Используя формализм Смита-Сула, найдите зависимость углов равновесной ориентации намагниченности от внешнего магнитного поля.
- 4. Используя формализм Смита-Сула, найдите зависимость частоты ферромагнитного резонанса от внешнего магнитного поля.

Примерный перечень вопросов/заданий к зачету/экзамену:

- 1. Парамагнетики. Приведите выражение для зависимости намагниченности парамагнетика от внешнего магнитного поля и для температурной зависимости магнитной восприимчивости парамагнетика.
- 2. Температурная зависимость намагниченности ферромагнетика. Закон Кюри-Вейсса, критические экспоненты. Намагниченность одно- и двумерных систем.
- 3. Температурная зависимость намагниченности ферромагнетика. Закон Блоха и его вывод и диапазон применимости.
- 4. Магнитная анизотропия. Определение для энергии магнитной анизотропии. Приведите выражение, описывающее энергию кубической магнитной анизотропии. Определите ориентацию осей анизотропии для двух случаев: Kcubic>0 and Kcubic<0.
- 5. Поведение антиферромагнетиков во внешнем магнитном поле. Спин-флип и спин-флоп переходы.