## Магнитные явления в твердых телах

*Лектор: к.ф.-м.н., доцент Андрианов Андрей Владимирович*
*(кафедра физики низких температур и сверхпроводимости физического факультета МГУ)*

| | |
|---|---|
| Код курса: | |
| Статус: | обязательный |
| Аудитория: | специальный |
| Специализация: | физика низких температур |
| Семестр: | 1 |
| Трудоёмкость: | 4 з.е. |
| Лекций: | 68 часов |
| Семинаров: | 4 часа |
| Практ. занятий: | |
| Отчётность: | экзамен |
| Начальные компетенции: | М-ПК-6 |
| Приобретаемые компетенции: | М-ПК-1, М-ПК-2 |

**Аннотация курса**

Исследование магнитных явлений составляет значительную часть современной физики конденсированного состояния. В лекционном курсе содержатся базовые знания о современном состоянии этой области науки, включая зонную теорию магнетизма, эффекты, связанные с магнонами, компьютерное моделирование, основы динамики магнетиков, а также об основных экспериментальных методах исследования магнитных явлений. Рассмотрены активно развивающиеся в настоящее время направления: «наполовину-металлы» (half-metals), эффекты «гигантского» и «колоссального» магнитосопротивления, низкоразмерные и фрустрированные магнетики, мультиферроики, Кондо-системы и тяжелые фермионы.

| | |
|---|---|
| **Приобретаемые знания и умения** | В результате освоения дисциплины обучающийся должен получить представление о современном состоянии физики магнитных явлений в твердых телах и об основных физических методах исследования этих явлений. |
| **Образовательные технологии** | Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. |
| **Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП** | Курс предполагает знание студентами основ физики твердого тела излагаемых в обязательных курсах ООП «Введение в физику конденсированного состояния», «Квантовая теория твердого тела», «Кооперативные явления в твердых телах». |
| **Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего** | Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, дисциплины «Квантовые кооперативные явления в металлооксидах», «Современные проблемы физики конденсированного состояния». |
| **Основные учебные пособия, обеспечивающие курс** | 1. Н. Ашкрофт, Н. Мермин, Физика твердого тела, Москва, Мир, 1979.<br>2. А.А. Абрикосов, Основы теории металлов, Москва, Наука, 2009.<br>3. В.С. Вонсовский, Магнетизм, Москва, Наука, 1971.<br>4. S. Blundell, Magnetism in Condensed Matter (Oxford Master Series in Physics), 2005. |
| **Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс** | 1. И.С. Григорьев, Е.З. Мейлихов, Физические величины, Москва, Энергоатомиздат, 1991. |
| **Основные научные статьи, обеспечиваю-** | 1. E.L. Nagaev, Colossal-magnetoresistance materials: manganites and conventional ferromagnetic semiconductors, Physics Reports, v.346, p.387, 2001. |

| | |
|---|---|
| **щие курс** | 2. H.J. Im, T. Ito, H.-D. Kim et.al, Direct Observation of Dispersive Kondo Resonance Peaks in a Heavy-Fermion System, PRL, v.100, 176402, 2008.<br>3. S. Chadov, J. Minar, M.I. Katsnelson, Orbital magnetism in transition metal systems: The role of local correlation effects, EPL, v.82**,** 37001, 2008.<br>4. H.v. Löhneysen, A. Rosch, M. Vojta, P. Wolfle, Fermi-liquid instabilities at magnetic quantum phase transitions, Rev. Mod. Phys., v.79, p.1016, 2007. |
| **Программное обеспечение и ресурсы в интернете** | www.webelements.com<br>winter.group.shef.ac.uk/orbitron/<br>mig.phys.msu.ru |
| **Контроль успеваемости** | **Промежуточная аттестация** проводится на 8 и 24 неделе в форме реферата с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.<br>**Текущая аттестация** проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях. |
| **Фонды оценочных средств** | Контрольные вопросы для текущей аттестации на занятиях; вопросы и задачи к зачету и экзамену. |

**Структура и содержание дисциплины**

| Раздел | Неделя |
|---|---|
| Плотность состояний в нормальных и переходных металлах. Парамагнетизм Паули. | 1-2 |
| Зонный магнетизм. Модель Хаббарда. Параметры U и t. Критерий Стонера. | 2 |
| Зонный магнетизм. Температурные зависимости восприимчивости и намагниченности. Воздействие магнитного поля. Метамагнетизм. | 3-4 |
| Плотность состояний в магнетике при нулевой температуре. Ее изменение при ненулевой температуре. “Наполовину-металлы” (half-metals.) | 5-6 |
| Магнитосопротивление в магнетиках. Явления «колоссального» и «гигантского» магнитосопротивления. | 7-8 |
| Магноны в ферромагнетиках. Вклад магнонов в намагниченность и теплоемкость. Выделенность случаев низкой размерности. | 9-10 |
| Магноны в антиферромагнетиках. Вклад магнонов в теплоемкость. Вычисление низкотемпературной восприимчивости антиферромагнетика. | 11-12 |
| Исследование магнонов методом неупругого рассеяния нейтронов. Образование щели в спектре магнонов и закрытие этой щели магнитным полем. | 13 |
| Основы динамики магнетиков. Уравнение Ландау. Ферромагнитный резонанс. | 14-15 |
| Магнитная анизотропия в кристаллах. | 16 |
| Магнитоупругие явления. Магнитострикция. | 17 |
| Критические явления в магнетиках: скейлинг. Концепция масштабной инвариантности. Критические индексы - эксперимент и теория. Случаи 1, 2, 3, 4-мерного пространства. | 18-19 |
| Статистическое рассмотрение модели Изинга на конечной решетке. | 20 |
| Компьютерное моделирование модели Изинга. Принцип детального равновесия. | 21-22 |
| Спиновые стекла. Температурные зависимости восприимчивости. Случаи охлаждения в нулевом и ненулевом поле. | 23 |
| Эффект Кондо на магнитных ионах в проводниках. Температурная зависимость сопротивления. Отсутствие магнитного упорядочения. Тяжелые фермионы. | 24-25 |

| | |
|---|---|
| Длиннопериодические магнитные структуры. Магнитный нестинг. | 26 |
| Технические ферромагнетики: магнитожесткие и магнитомягкие вещества. | 27-28 |
| Низкоразмерные магнетики. Отсутствие магнитного упорядочения в одномерном магнетике. Зависимости Боннера-Фишера. Спин-Пайерлсовский переход. | 29-30 |
| Фрустрированные магнетики. Вырожденное основное состояние. | 31 |
| Сегнетомагнетики (мультиферроики.) | 32 |
| Основы магнитных измерений. Измерение намагниченности и восприимчивости. Форм-фактор. | 33-34 |
| Исследование магнитных структур с помощью дифракции нейтронов и синхротронного излучения. | 35-36 |