

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 13.09.2017
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e9750e283ra146caae1175508

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тверской государственный университет»
Физико-технический факультет



Утверждаю:

Руководитель ООП

[Signature]
Мальшкина О.В.

[Signature] «27» март 2017

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Магнитные свойства твёрдых тел

Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Направление подготовки

03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

специальность

01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Для аспирантов 1 года обучения

Составитель: д.ф.-м.н., профессор Пастушенков Ю.Г.

[Signature]

I. Аннотация

1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Магнитные свойства твёрдых тел

2. Цель и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины является: изучение теоретических основ макроскопического и микроскопического описания магнитных свойств материалов, находящихся в конденсированном состоянии и рассмотрение различных аспектов их практического применения.

Задачами освоения дисциплины является формирование четкого понимания основных понятий и идей современной физики магнитных материалов; подготовка аспирантов к изучению, в случае необходимости, специальных обзоров и оригинальных работ по отдельным вопросам данной области знания.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина является обязательной дисциплиной вариативной части блока 1 направления подготовки 03.06.01 – Физика и Астрономия, направленность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния. Дисциплина изучается на первом году обучения и имеет логические и содержательно – методические взаимосвязи с дисциплинами по выбору вариативной части ООП. Для освоения дисциплины от слушателей требуются предварительные знания и навыки из курсов направления подготовки магистратуры 03.04.02 «Физика» и 03.04.03 «Радиофизика». Дисциплина "Магнитные свойства твёрдых тел" обеспечивает подготовку к сдаче кандидатского минимума по специальности.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. ед., 108 академических часов, в том числе контактная работа: Лекции 8 час., практические 12 час., самостоятельная работа 88 часов.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения образовательной программы (Формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в	Владеть: способностью анализировать экспериментальный результат и сопоставлять с соответствующей теорией и известными свойствами исследуемого материала. Уметь проводить анализ и обобщение изученной литературы, ясно излагать и аргументировать собственную точку зрения, свободно ориентироваться в сферах применения современных методов, ставить конкретные задачи научных исследований. Знать: современные представления о проблемах в различных

том числе в междисциплинарных областях	областях современной физики конденсированного состояния
ПК-1 способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта	Владеть постановкой научной задачи физики конденсированного состояния и умением решать их с помощью современной аппаратуры и зарубежного опыта.. Знать основные понятия и теоретические основы физики конденсированного состояния, современное состояние научных исследований в данной области.

6. Форма промежуточной аттестации

зачет на 1 году обучения.

7. Язык преподавания русский.

II. Структура дисциплины

1. Структура дисциплины для студентов очной и заочной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции		
<p>Магнитные свойства твердых тел</p> <p>Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.</p> <p>Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.</p> <p>Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).</p> <p>Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.</p> <p>Спиновые волны, магноны.</p> <p>Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.</p> <p>Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).</p>	108	20		88

ИТОГО:	108	20	88
---------------	------------	-----------	-----------

III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

– Вопросы к сдаче кандидатского минимума.

IV. Фонды оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Контроль сформированности компетенции осуществляется с помощью оценочных средств на основе критериев, которые разрабатываются с целью выявления соответствия этапов освоения компетенции планируемым результатам обучения (см. карту компетенций).

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции УК-1 «способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях».

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<p>Промежуточный</p> <p>Владеть: способностью анализировать экспериментальный результат и сопоставлять с соответствующей теорией и известными свойствами исследуемого материала.</p> <p>Уметь проводить анализ и обобщение изученной литературы, ясно излагать и аргументировать собственную точку зрения, свободно ориентироваться в сферах применения современных методов, ставить конкретные задачи научных исследований.</p> <p>Знать: современные представления о проблемах в различных областях современной физики конденсированного состояния</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. 2. Ферромагнитные домены. 3. Спиновые волны, магноны. 	<ul style="list-style-type: none"> • Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл; • корректно использован понятийный аппарат; продемонстрирован большой лексический запас, логичность и ясность изложения – 2 балла; • использованы публикации последних лет – 1 балл; • определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 2 балл;

2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1 «Способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта».

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<p>заключительный</p> <p><i>Владеть</i> постановкой научной задачи физики конденсированного состояния и умением решать их с помощью современной аппаратуры и зарубежного опыта.</p> <p><i>Знать</i> основные понятия и теоретические основы физики конденсированного состояния, современное состояние научных исследований в данной области.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Природа ферромагнетизма. 2. Ферромагнитные домены . 3. Ядерный магнитный резонанс. 	<ul style="list-style-type: none"> • Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл; • корректно использован понятийный аппарат; продемонстрирован большой лексический запас, логичность и ясность изложения – 2 балла; • использованы публикации последних лет – 1 балл; • определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 2 балл;

V. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Томилин, В.И. Физическое материаловедение. В 2 частях : учебное пособие / В.И. Томилин, Н.П. Томилина, В.А. Бахтина. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. - Ч. 1. Пассивные диэлектрики. - 280 с. - ISBN 978-5-7638-2510-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229343>
2. Боровик, Евгений Станиславович. Лекции по магнетизму / Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 510 с. <http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75475>
3. Физика твердого тела: учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-369-00967-3 <http://znanium.com/go.php?id=363421>

б) дополнительная литература

1. Пацева, Ю.В. Электромагнетизм : лекции по физике / Ю.В. Пацева. - М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 124 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-4031-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=298188>

VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

- 2) журнал «Физика твердого тела» <http://journals.ioffe.ru/journals/1>
- 3) <http://physics.info/dielectrics/>
- 4) свойства материалов <http://materials.springer.com/>

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вопросы к экзамену по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

ЧАСТЬ I

1. Силы связи в твердых телах

- 1.1 Электронная структура атомов.
- 1.2 Химическая связь и валентность.
- 1.3 Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь.
- 1.4 Типы сил связи в конденсированном состоянии: ионная связь, ковалентная связь.
- 1.5 Типы сил связи в конденсированном состоянии: металлическая связь.
- 1.6 Химическая связь и ближний порядок.
- 1.7 Структура вещества с ненаправленным взаимодействием.
- 1.8 Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ.
- 1.9 Структура типа CsCl, типа NaCl.
- 1.10 Структура типа перовскита CaTiO₃.
- 1.11 Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена.
- 1.12 Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

2. Симметрия твердых тел

- 2.1 Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность.
- 2.2 Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца.
- 2.3 Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле.
- 2.4 Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.
- 2.5 Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции.
- 2.6 Операции (преобразования) симметрии.
- 2.7 Элементы теории групп, группы симметрии.
- 2.8 Возможные порядки поворотных осей в кристалле.
- 2.9 Пространственные и точечные группы (кристаллические классы).
- 2.10 Решетка Браве. Классификация решеток Браве.

3. Дефекты в твердых телах

- 3.1 Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.
- 3.2 Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

4. Дифракция в кристаллах

- 4.1 Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле.
- 4.2 Распространение волн в кристаллах. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
- 4.3 Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы.
- 4.4 Дифракция в аморфных веществах.

5. Колебания решетки

- 5.1 Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов.
- 5.2 Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания.
- 5.3 Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

ЧАСТЬ II

6. Тепловые свойства твердых тел

- 6.1 Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость.
- 6.2 Теплоемкость твердых тел. Электронная теплоемкость.
- 6.3 Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
- 6.4 Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.
- 6.5 Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
- 6.6 Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.
- 6.7 Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

7. Электронные свойства твердых тел

- 7.1 Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Проводимость.
- 7.2 Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Эффект Холла.
- 7.3 Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. ТермоЭДС.
- 7.4 Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Фотопроводимость. Оптическое поглощение.
- 7.5 Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции.
- 7.6 Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.
- 7.7 Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.

- 7.8 Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.
- 7.9 Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.
- 7.10 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы.
- 7.11 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Диэлектрики
- 7.12 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Полупроводники.
- 7.13 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Полуметаллы.
- 7.14 Классификация диэлектриков. Основные процессы, протекающие в твердых телах под действием электрического поля. Тепловая, ионная и ориентационная поляризации.
- 7.15 Электромеханические свойства диэлектриков. Пьезоэлектрический эффект.
- 7.16 Природа спонтанной поляризации диэлектриков. Основные понятия физики сегнетоэлектричества. Фазовый переход в сегнетоэлектрическое состояние. Доменная структура. Пироэлектрический эффект.

8. Магнитные свойства твердых тел

- 8.1 Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
- 8.2 Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
- 8.3 Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).
- 8.4 Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
- 8.5 Спиновые волны, магноны.
- 8.6 Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

9. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел

- 9.1 Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные.
- 9.2 Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса—Кронига.
- 9.3 Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
- 9.4 Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).
- 9.5 Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

10. Сверхпроводимость

- 10.1 Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.
- 10.2 Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.
- 10.3 Эффект Джозефсона.
- 10.4 Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)

Процесс обучения включает аудиторные занятия путем проведения лекционных и семинарских занятий, групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль полученных знаний, использование различных форм научно-исследовательской деятельности, самостоятельную работу, а так же проведение итогового контроля.

Выработка профессиональных навыков и умений предполагает широкое использование в ходе образовательного процесса интерактивных методик обучения. Использование активных методов обучения имеет целью конструктивное вовлечение аспирантов в учебный процесс, активизацию учебно-познавательной деятельности. Активные методы обучения предполагают деловое сотрудничество, взаимодействие, обмен информацией, более глубокое усвоение материала, понимание сущности изучаемых явлений, и как результат – получение соответствующих знаний, умений и навыков, формирование компетенций.

IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебная аудитория № 28 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1. Комплект учебной мебели на 25 посадочных мест. 2. Экран настенный 153x203 3. Переносной комплект мультимедийной техники.	Adobe Acrobat Reader DC – бесплатно Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. Google Chrome – бесплатно MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017

X. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (или модуля)	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.	Перечень	Уточнен перечень	Протокол Совета ФТФ

	рекомендуемой дополнительной литературы	рекомендуемой дополнительной литературы	№5 от 31 октября 2017 г.
--	---	--	--------------------------