

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 11.04.2023 10:10:54
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ПА:
Пастушенков Ю.Г.



Рабочая программа дисциплины (или модуля) (с аннотацией)
Физика магнитных явлений

Научная специальность
1.3.12 Физика магнитных явлений

Для аспирантов 3 курса

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

Тверь, 2022

I. Аннотация

1. Наименование дисциплины (или модуля) в соответствии с учебным планом Физика магнитных явлений

2. Цель и задачи дисциплины (или модуля)

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

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

3. Объем дисциплины (или модуля):

3 зачетные единицы, 108 академических часов, **в том числе контактная работа:** лекции 12 часов; практические занятия 0 часов; **самостоятельная работа:** 96 часов.

4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (или модулю):

Формируемые компетенции:

ПК-1 - способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта;

ПК-2 - способность разрабатывать и описывать новые методики научно-исследовательской и/или инженерно-технологической деятельности.;

ОПК-1 - способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

5. Форма промежуточной аттестации – кандидатский экзамен.

II. Содержание дисциплины (или модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельн ая работа (час.)
		Лекции	Практические занятия	
Упорядоченные магнитные структуры. Магнитная подрешетка. Типы магнитных структур. Магнитная ячейка. Магнитная нейтронография.	10	1		9
Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин- орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.	101	1		9
Энергия магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии. Эффективное магнитное поле анизотропии. Типы магнитной анизотропии. Наведенная магнитная анизотропия.	10	1		9
Магнитострикция. Магнитоупругая энергия.	10	1		9
Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Магнитный домен. Доменная граница (Блоха, Нееля). Доменная структура.	10	1		9
Процессы намагничивания, перемагничивания и размагничивания	10	1		9
Гистерезис намагничивания. Магнитное насыщение. Подвижность и эффективная масса доменной границы. Перемагничивание. Коэрцитивная сила. Петля магнитного гистерезиса. Магнитные восприимчивость и проницаемость.	11	2		9
Магнитные фазовые переходы и критические явления	10	1		9
Спиновые волны.	9	1		8

Магнитооптические эффекты: эффект Фарадея, эффект Коттона-Мутона, эффект Керра. Фотомагнитные эффекты. Гиромангнитная среда.	9	1		8
Упорядоченные магнитные структуры. Магнитная подрешетка. Типы магнитных структур. Магнитная ячейка. Магнитная нейтронография.	9	1		8
ИТОГО	108	12	0	96

III. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

Планируемые результаты освоения образовательной программы (Формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Владеть: информационными технологиями, с помощью которых возможно получение новых знаний, необходимых для коммуникации в научной и производственной сферах деятельности. Уметь использовать знания современных проблем физики магнитных явлений и ее новейших достижений в своей научно-исследовательской деятельности, оценивать и выбирать материал с соответствующими физическими характеристиками, необходимыми для решения технических и научно-исследовательских задач физики магнитных явлений. Знать: основы построения научных статей и научно-технической документации
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 магнитных явлений и умением решать их с помощью современной аппаратуры и зарубежного опыта.. Знать основные понятия и теоретические основы физики магнитных явлений, современное состояние научных исследований в данной области.
ПК-2 способность разрабатывать и описывать новые	Владеть навыками внедрения результатов прикладных научных исследований в перспективные приборы, устройства и системы и оформления документации по обеспечению проведения научно-исследовательских работ.

методики научно-исследовательской и/или инженерно-технологической деятельности	<p>Уметь осуществлять выбор оборудования для решения научно-исследовательских задач физики магнитных явлений.</p> <p>Знать: основные методики исследования структуры и физических свойств магнитных материалов.</p>
--------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень заданий:

Этап формирования компетенции ОПК-1, в котором участвует дисциплина	Перечень задания для оценки знаний, умений, навыков
<p>Промежуточный</p> <p>Владеть: информационными технологиями, с помощью которых возможно получение новых знаний, необходимых для коммуникации в научной и производственной сферах деятельности.</p> <p>Уметь использовать знания современных проблем физики магнитных явлений и ее новейших достижений в своей научно-исследовательской деятельности, оценивать и выбирать материал с соответствующими физическими характеристиками, необходимыми для решения технических и научно-исследовательских задач физики магнитных явлений.</p> <p>Знать: основы построения научных статей и научно-технической документации</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитокристаллическая анизотропия. 2. Магнитный момент электронной оболочки.

Этап формирования компетенции ПК-1, в котором участвует дисциплина	Перечень задания для оценки знаний, умений, навыков
--------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

<p>заключительный</p> <p><i>Владеть</i> постановкой научной задачи физики магнитных явлений и умением решать их с помощью современной аппаратуры и зарубежного опыта.</p> <p><i>Знать</i> основные понятия и теоретические основы физики магнитных явлений, современное состояние научных исследований в данной области.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Типы упорядоченных магнитных структур. 2. Магнитострикция. 3. Петля магнитного гистерезиса.
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Этап формирования компетенции ПК-2, в котором участвует дисциплина</p>	<p>Перечень задания для оценки знаний, умений, навыков</p>
<p>Начальный</p> <p><i>Знать:</i> основные методики исследования структуры и физических свойств магнитных материалов.</p> <p>Заключительный</p> <p><i>Владеть</i> навыками внедрения результатов прикладных научных исследований в перспективные приборы, устройства и системы и оформления документации по обеспечению проведения научно-исследовательских работ.</p> <p><i>Уметь</i> осуществлять выбор оборудования для решения научно-исследовательских задач физики магнитных явлений.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Методы наблюдения магнитных доменов. 2. Метод вибрационного магни-тометра.

IV. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем <i>(в строгом соответствии с разделом II РПД)</i>	Вид занятия	Образовательные технологии
Упорядоченные магнитные структуры. Магнитная подрешетка. Типы магнитных структур. Магнитная ячейка. Магнитная нейтронография.	Лекция	Лекция традиционная Дискуссионные технологии Дистанционные образовательные технологии
Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.	Лекция	Лекция традиционная Дискуссионные технологии Дистанционные образовательные технологии
Энергия магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии. Эффективное магнитное поле анизотропии. Типы магнитной анизотропии. Наведенная магнитная анизотропия.	Лекция	Лекция традиционная Дискуссионные технологии Дистанционные образовательные технологии
Магнитострикция. Магнитоупругая энергия.	Лекция	Лекция традиционная Дискуссионные технологии Дистанционные образовательные технологии
Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Магнитный домен. Доменная граница (Блоха, Нееля). Доменная структура.	Лекция	Лекция традиционная Дискуссионные технологии Дистанционные образовательные технологии
Процессы намагничивания, перемагничивания и размагничивания	Лекция	Лекция традиционная Дискуссионные технологии Дистанционные образовательные технологии

Гистерезис намагничивания. Магнитное насыщение. Подвижность и эффективная масса доменной границы. Перемагничивание. Коэрцитивная сила. Петля магнитного гистерезиса. Магнитные восприимчивость и проницаемость.	Лекция	Лекция традиционная Дискуссионные технологии Дистанционные образовательные технологии
Магнитные фазовые переходы и критические явления	Лекция	Лекция традиционная Дискуссионные технологии Дистанционные образовательные технологии
Спиновые волны.	Лекция	Лекция традиционная Дискуссионные технологии Дистанционные образовательные технологии
Магнитооптические эффекты: эффект Фарадея, эффект Коттона-Мутона, Эффект Керра. Фотомагнитные эффекты. Гиромагнитная среда.	Лекция	Лекция традиционная Дискуссионные технологии Дистанционные образовательные технологии
Упорядоченные магнитные структуры. Магнитная подрешетка. Типы магнитных структур. Магнитная ячейка. Магнитная нейтронография.	Лекция	Лекция традиционная Дискуссионные технологии Дистанционные образовательные технологии

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература:

а) основная литература:

1. Боровик Е. С. Лекции по магнетизму / Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 510 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75475>

2. Физические свойства материалов : учебное пособие / В. И. Грызунов, Т. И. Грызунова, О. А. Клецова и др. - 2-е изд., стер. - Москва : Флинта, 2015. - 248 с. : схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9765-2404-0 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461082>

3. Электричество и магнетизм: учебное пособие / Ш. А. Пиралишвили [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 160 с. — [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91880>

4. Пастушенков Ю.Г., Пастушенков А.Г. Постоянные магниты. Ч.1. Учебн. пособие. Тверь. 2015. 219 с.
5. Пастушенков Ю.Г. Магнитная доменная структура. Количественный анализ микромагнитных параметров. Тверь. 2007. 197 с.

б) дополнительная литература

- 6 Пацева Ю. В. Электромагнетизм : лекции по физике / Ю. В. Пацева. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 124 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-4031-9 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=298188>
- 7 Музычка А. Ю. Механика и электромагнетизм: тексты лекций по общей физике : лекции / А. Ю. Музычка. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 280 с. : ил. - (Высшая школа). - ISBN 978-5-4458-9569-5 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256579>
- 8 Дубровский В. Г. Электричество и магнетизм: сборник задач и примеры их решения : учебное пособие / В. Г. Дубровский, Г. В. Харламов. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 92 с. - ISBN 978-5-7782-1600-6 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228733>

2) Программное обеспечение

- Adobe Reader XI
- Debut Video Capture
- 7-Zip
- iTALC
- Google Chrome
- и др.

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

(Доступ с компьютеров сети ТвГУ)

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com;
2. ЭБС «ЮРАИТ» www.biblio-online.ru;
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/> ;
4. ЭБС IPRbooks <http://www.iprbookshop.ru/>;
5. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>;
6. ЭБС BOOK.ru <https://www.book.ru/>
7. ЭБС ТвГУ <http://megapro.tversu.ru/megapro/Web>
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы) https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp? ;
9. Репозиторий ТвГУ <http://eprints.tversu.ru>,
10. Wiley Online Library <https://onlinelibrary.wiley.com/>
11. Журналы American Institute of Physics (AIP) <http://aip.scitation.org/> ;
12. Журналы American Chemical Society (ACS) <https://www.acs.org/content/acs/en.html>;

13. Журналы American Physical Society (APS) <https://journals.aps.org/about>
14. Журналы издательства Taylor&Francis <http://tandfonline.com/> ;
15. Патентная база компании QUESTEL- ORBIT <https://www.orbit.com/> ;
16. БД Scopus <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>
17. БД Web of Science
http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=F5lxbbgjnOdTHHnpOs&preferencesSaved=
18. Электронная коллекция книг Оксфордского Российского фонда
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/tverstate/home.action>
19. Ресурсы издательства Springer Nature <http://link.springer.com/> ;
20. Архивы журналов издательства Oxford University Press
<http://archive.neicon.ru/xmlui/> ,
21. Архивы журналов издательства Sage Publication
<http://archive.neicon.ru/xmlui/> ,
22. Архивы журналов издательства The Institute of Physics
<http://archive.neicon.ru/xmlui/>,
23. Архивы журналов издательства Nature <http://archive.neicon.ru/xmlui/>,
24. Архивы журналов издательства Annual Reviews
<http://archive.neicon.ru/xmlui/> .
25. Polpred.com Обзор СМИ <http://www.polpred.com/>
26. СПС КонсультантПлюс (в сети ТвГУ);
27. ИПС «Законодательство России» <http://pravo.fso.gov.ru/ips.html>
28. Сводные каталоги фондов российских библиотек АРБИКОН, МАРС
<http://arbicon.ru/>; КОРБИС <http://corbis.tverlib.ru/catalog/> , АС РСК по НТЛ
http://library.gpntb.ru/cgi/irbis64r/62/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=RSK&P21, DBN=RSK&S21FMT=&S21ALL=&Z21ID=; ЭКБСОН
<http://www.vlibrary.ru>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

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

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Вопросы для подготовки к кандидатскому экзамену:

1. Общие понятия

Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции, намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитный поток. Магнитный заряд. Магнитный диполь.

2. Магнитные структуры и типы магнетиков

Упорядоченные магнитные структуры. Магнитная структура. Магнитная подрешетка. Ферромагнитная структура. Антиферромагнитная структура.

Слабый ферромагнетизм. Ферромагнитная структура. Спиральная магнитная структура. Магнитная ячейка. Магнитная нейтронография.

Неупорядоченные магнитные структуры. Спиновое стекло.

3. Магнитные взаимодействия

Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.

4. Магнитная анизотропия

Энергия магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии.

Эффективное магнитное поле анизотропии. Оси магнитной анизотропии. Плоскости легкого и трудного намагничивания. Магнитная анизотропии типа "легкая ось", "легкая плоскость". Наведенная магнитная анизотропия.

5. Магнитоупругие явления

Магнитострикция. Магнитоупругая энергия. Магнитоупругие постоянные. Константы магнитострикции. Магнитоупругие волны. Магнитоупругое затухание.

6. Кинетические явления

Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Гальванотермомагнитные эффекты. Термомагнитные эффекты.

7. Домены и доменные границы

Магнитный домен. Доменная граница (Блоха, Нееля). Доменная структура. Полосовая и лабиринтная доменные структуры. Цилиндрический магнитный домен. Решетка ЦМД.

8. Процессы намагничивания, перемагничивания и размагничивания

Внешнее магнитное поле. Намагничивание. Гистерезис намагничивания. Эффект Баркгаузена. Магнитное насыщение. Подвижность и эффективная масса доменной границы. Перемагничивание. Коэрцитивная сила. Петля магнитного гистерезиса. Магнитные восприимчивость и проницаемость. Размагничивание переменным полем, нагревом. Размагничивающее и внутреннее магнитное поле.

9. Магнитные фазовые переходы и критические явления

Фазовый переход. Переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний. Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля.

10. Спиновые волны

Ферромагнитный резонанс. Магнитостатические моды. Спиновые волны. Спинволновой резонанс.

11. Магнитооптика

Магнитооптические эффекты: эффект Фарадея, эффект Коттона-Мутона, Эффект Керра. Фотомагнитные эффекты. Гиромагнитная среда.

12. Характеристики магнитных материалов

Магнитно-мягкий материал. Магнитно-твердый материал. Магнитный материал с прямоугольной петлей гистерезиса. Сверхвысокочастотный магнитный материал.

Магнитный материал для постоянных магнитов. Магнитный материал для носителей записи. Материал с цилиндрическими магнитными доменами.

Магнитострикционный материал. Материал для термомагнитной записи информации. Текстурированный магнитный материал.

13. Магнитные материалы

Феррит-гранат. Феррит-шпинель. Ортоферрит. Гексаферрит. Пермаллой.

14. Параметры магнитных материалов

Магнитные потери. Магнитные потери на гистерезис. Магнитные потери на вихревые токи. Магнитное сопротивление. Время и скорость перемагничивания. Коэффициент прямоугольности петли магнитного гистерезиса.

VII. Материально-техническое обеспечение

Материально-техническая база необходимая и применяемая для осуществления образовательного процесса и программное обеспечение по дисциплине включает:

- специальные помещения (аудитории), укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации в аудитории;
- мультимедийное оборудование (ноутбук, экран и проектор);
- ПК для работы студентов в компьютерном классе с выходом в Интернет.

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			