

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Специальные главы физики твердого тела

по направлению подготовки

03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки:

Радиофизика, электроника и информационные системы

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

М.Л. Громов

Председатель УМК

А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен проанализировать поставленную задачу в области радиофизики и электроники, осуществлять поиск, обобщение и использование научно-технической информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональной задачи..

ПК-2 Способен проводить математическое моделирование процессов в приборах и устройствах радиофизики и электроники, владеть современными отечественными и зарубежными пакетами программ при решении профессиональных задач..

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 1.1 Понимает требования, предъявляемые к исследуемому прибору, устройству или системе и ожидаемые результаты их использования.

ИПК 1.2 Эффективно осуществляет поиск теоретических и экспериментальных данных в исследуемой и смежных областях деятельности, необходимых для решения поставленной задачи.

ИПК 1.3 Производит сравнительный анализ вариантов решения задачи, определение рисков, связанных с реализацией различных вариантов.

ИПК 2.1 Понимает принцип действия и модели разрабатываемого радиоэлектронного прибора или устройства.

ИПК 2.2 Применяет в профессиональной деятельности различные численные методы, в том числе реализованные в готовых библиотеках при решении конкретных радиофизических задач.

ИПК 2.3 Владеет современными пакетами программ при решении задач в области радиофизики и радиоэлектроники.

2. Задачи освоения дисциплины

– Формирование у студентов знаний и способностей математического описания магнитных свойств атомов, знание классической и квантовой теорий слабомагнитных и магнитоупорядоченных веществ;

– Научиться применять на практике приемы расчета характеристик магнитных материалов, для проведения исследований и разработки новых систем на их основе.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Модуль «Радиофизика гетерогенных сред и структур».

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Шестой семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Б1.О.02 «Математический анализ», Б1.О.03 «Физика», Б1.О.13 «Дифференциальные уравнения», Б1.О.22 «Квантовая механика».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-практические занятия: 14 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Введение

Краткий исторический обзор по магнитным свойствам твердых тел. Магнитные свойства веществ и способы их описания. Магнитное поле тока и магнитного диполя. Знакомство с особенностями и техническими возможностями инженерного математического программного обеспечения Mathcad и SMath Studio.

Тема 2. Атомный магнетизм

Магнитный момент электронной оболочки атома. Правила квантования. Орбитальный и спиновый моменты электрона в атоме. Модель сложного атома, результирующий механический момент оболочки и правила его квантования. Магнитный момент ядра атома. Квадрупольный момент ядра.

Тема 3. Магнитные свойства слабомагнитных веществ

Классификация магнетиков. Классическая теория диамагнетизма. Классическая теория парамагнетизма Ланжевена. Квантовая теория Бриллюэна. Расчет кривых намагничивания парамагнетиков по теории Ланжевена. Расчет кривых намагничивания парамагнетиков по классической теории и теории Бриллюэна. Расчет температурной зависимости спонтанной намагниченности.

Тема 4. Магнитные свойства магнитоупорядоченных веществ

Основные свойства и особенности ферро- и ферримагнетиков. Классическая теория ферромагнетизма Вейсса. Обменный интеграл и его физический смысл. Условия существования магнитной упорядоченности. Основы квантовой теории ферромагнетизма Гейзенберга. Ферриты со структурой шпинели, граната, гексагональные ферриты. Теория ферримагнетизма Нееля. Расчет кривых намагничивания ферромагнетиков по теории Вейсса. Расчет намагниченностей подрешеток по теории Нееля.

Тема 5. Магнитокристаллические вещества. Их получение и характеристики

Магнитостатическая энергия. Размагничивающие факторы. Магнитная анизотропия и магнитострикция. Анизотропия кубических и гексагональных кристаллов. Магнитоупругая энергия, магнитострикция. Доменная структура. Расчет размеров доменов. Однодоменная структура. Получения магнитных материалов.

Тема 6. Динамические процессы в магнетиках

Смещение доменных границ. Процесс вращения намагниченности в доменах. Кривые намагничивания. Ферромагнитный резонанс, тензор магнитной восприимчивости и проницаемости. Резонанс доменных границ. Спектры магнитной проницаемости ферримагнетиков. Ферримагнетики на СВЧ и КВЧ.

Тема 7. Магнитные свойства наноразмерных веществ. Магнитные материалы в электротехнике и нанoeлектронике

Магнитные статические и динамические свойства наноразмерных частиц. Размерный фактор, поверхностный фактор и коллективный фактор. Модели основного состояния наноразмерной частицы магнетика. Магнитоэлектрические, магнитотепловые, магнитооптические явления и их использование в электронике. Магнитные метаматериалы. Магнитная запись и память. Магнитные материалы в электротехнике и нанoeлектронике.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, онлайн тестирования по лекционному материалу, сдачи отчетов по выполненным практическим занятиям и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Самостоятельная работа студента включает подготовку к семинарам (ответы на вопросы для текущего контроля и выносимых на самостоятельное изучение), к практическим занятиям и составление текстов реферата и презентации по выбранной теме. Самостоятельная работа проводится, как правило, в библиотеке или в учебной аудитории на рабочем месте студента, укомплектованном компьютером (с выходом в Интернет).

Контрольные вопросы для самостоятельной работы:

1) Расщепление энергетических уровней магнитного атома в постоянном магнитном поле. Частоты переходов, правила отбора. 2) Расчет механического и магнитного моментов электронной оболочки сложного атома. 3) Получение уравнения движения магнитного момента. 4) Решение уравнения движения в случае постоянного магнитного поля. 5) Расчет магнитной проницаемости диамагнетиков. 6) Определение типа магнитного порядка по данным о высокотемпературной магнитной восприимчивости. 7) Методы оценки параметров обмена. 8) Неколлинearный ферромагнетизм. 9) Размагничивающие факторы тел правильной формы. 10) Энергия магнитной анизотропии кубических кристаллов в плоскости типа [110]. 11) Расчет распределения магнитных моментов атомов в 180-0 доменной стенке. 12) Магнитоупругие взаимодействия.

Темы рефератов:

- 1) Определение типа магнитного порядка по данным о высокотемпературной магнитной восприимчивости.
- 2) Суперпарамагнетизм. Спиновое стекло.
- 3) Ядерный магнитный резонанс и квадрупольный момент ядра. Их использование на практике.
- 4) Особенности косвенного обмена.
- 5) Магнитные свойства редкоземельных металлов.
- 6) Исследования магнитной анизотропии.
- 7) Естественный ферромагнитный резонанс и устройства на его основе.
- 8) Модель магнитной анизотропии
- 9) Магнитооптические явления и их использование в электроники.
- 10) Современные методики получения магнитных материалов.
- 11) Магнитострикция и ее описание.
- 12) Магнитоэлектрические преобразователи и их использование в электроники.
- 13) Методы измерений основных магнитных характеристик.
- 14) Магнитные метаматериалы.
- 15) Влияние размерных эффектов на магнитные характеристики наноразмерных и наноструктурных магнетиков.
- 16) Магнитотепловые явления и их применение.
- 17) Магнитные метаматериалы.
- 18) Магнитные материалы в электротехнике и наноэлектронике.
- 19) Ядерный магнитный резонанс.
- 20) Скирмионы. Принципы формирования и их практическое применение.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в шестом семестре проводится в виде итогового онлайн тестирования в системе Moodle. Тест содержит 15 вопросов различного типа. Продолжительность тестирования 20 минут. Продолжительность зачета 1 час.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета по теоретическому и практическому материалу. К зачету допускаются только студенты, выполнившие все практические работы и сдавшие реферат.

Оценка самостоятельной работы студента осуществляется по результатам сдачи написанного реферата и представленной презентации.

Оценка успеваемости студента формируется в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Промежуточная аттестация по дисциплине

Оценка	Критерии оценивания
Зачтено	1) Выполнил Итоговое онлайн тестирование на 65% и более баллов. 2) Сдал все отчеты по практике. 3) Сдал реферат
Не зачтено	Все остальные варианты

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=3703>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Методические указания по проведению практических работ.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов (выбор и выполнение итогового проекта).

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Демидченко В. И. Физика: учебник / В.И. Демидченко, И.В. Демидченко. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 581 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. – (Высшее образование: Бакалавриат). (URL: <https://znanium-com.ez.lib.tsu.ru/catalog/product/1541963>).

3. Савельев И. В. Курс общей физики. В 5 т. Том 2. Электричество и магнетизм: учебное пособие для вузов / И. В. Савельев. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 344 с. (URL: <https://e.lanbook.com/book/189298>)

4. Давыдков В. В. Физика: механика, электричество и магнетизм: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Давыдков. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2022. – 169 с. (URL: <https://urait-ru.ez.lib.tsu.ru/bcode/493210>)

5. Милантьев В. П. Атомная физика: учебник и практикум для академического бакалавриата / В. П. Милантьев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 415 с. (URL <https://urait.ru/bcode/537755>)

б) дополнительная литература:

1. Вонсовский С. В. Магнетизм / С. В. Вонсовский. – М. : Наука, 1984. - 208 с.: ил.- (Проблемы науки и технического прогресса : ПНТП)

2. Дорфман Я. Г. Магнитные свойства и строение вещества : [монография] / Я. Г. Дорфман. - Изд. 2-е, испр. – М. : Изд-во ЛКИ, 2010. - 376 с.
3. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества / С. Тикадзуми /М.: Мир, 1983. – 269 с.

в) ресурсы сети Интернет:

ЮРАЙТ») [Электронный ресурс] – М., URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>, доступ свободный с компьютеров университетской сети ТГУ.

– Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб., 2010- . – URL: <http://e.lanbook.com/>, доступ свободный с компьютеров университетской сети ТГУ.

– Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012- . URL: <http://znanium.com/>, доступ свободный с компьютеров университетской сети ТГУ.

– Электронно-библиотечная система «Консультант студента». Политематическая коллекция учебников, учебных пособий и монографий. URL: <http://www.studentlibrary.ru> , доступ свободный с компьютеров университетской сети ТГУ.

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс] . – Электрон. дан. – Томск, 2021- . URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>, доступ свободный с компьютеров университетской сети ТГУ.

– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система. <http://www.consultant.ru>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– Электронные учебные курсы на базе виртуальной обучающей среды MOODLE;

– системные пакеты ПО PTC MathCad Education;

– пакет SMath Studio для решения задач на практических занятиях (в свободном доступе).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Кулешов Григорий Евгеньевич, кандидат физ.-мат. наук, доцент, доцент каф. радиоэлектроники РФФ ТГУ.