

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Гаскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор	МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	
Дата подписания: 17.03.2026 10:21:27 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cd77a486b9a8788b8522525	Рабочая программа дисциплины "Физика магнитных явлений" по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 "Физика" направленности (профилю) Медицинская физика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Физика магнитных явлений

Направление подготовки (специальность)

03.04.02 Физика

Направленность (профиль)

Медицинская физика

Присваиваемая квалификация (степень)

магистр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2026

*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2026 г.



Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
 - 6.1. Перечень видов оценочных средств
 - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
 - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
 - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - 7.1. Рекомендуемая литература
 - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
 - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является углубленное изучение фундаментальных основ магнетизма, природы происхождения магнетизма в различных материалах, характеристик, описывающих магнитные состояния и свойства магнитных материалов

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

ПК-2.1. Обладает знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте эксплуатации и технического обслуживания электронного оборудования.

ПК-2.2. Демонстрирует умение ставить научные задачи в области медицинской физики и решать их с использованием современного оборудования и отечественного и зарубежного опыта

ПК-2.3. Имеет практический опыт (навыки) проведения научно-исследовательских работ, опираясь на использование современного оборудования и отечественного и зарубежного опыта

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.В.ДВ.04.02

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Современные технологии поиска и обработки информации

Специальный физический практикум

2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Производственная практика (преддипломная практика)

Производственная практика (научно-исследовательская работа)

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-2: Способен ставить научные задачи в области медицинской физики и решать их с использованием современного оборудования и отечественного и зарубежного опыта

Знать:

Для достижения ПК-2.1: основные понятия физики магнитных явлений, классификация и особенности магнетиков;

Уметь:

Для достижения ПК-2.2: применять на практике первоначальные сведения о физике магнитных явлений, строить фазовые диаграммы магнетиков; свободно ориентироваться в современных проблемах физики;

Владеть:

Для достижения ПК-2.3: знаниями общенаучной и специальной терминологии в области физики магнитных явлений, приемами построения фазовых диаграмм; современной информацией о последних достижениях в области физики.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1 Знать:

3.1.1 основные понятия физики магнитных явлений, классификация и особенности магнетиков; методы современной научно-исследовательской деятельности;

3.2 Уметь:

3.2.1 применять на практике первоначальные сведения о физике магнитных явлений, строить фазовые диаграммы магнетиков; свободно ориентироваться в современных проблемах физики;

3.3 Владеть:

3.3.1 знаниями общенаучной и специальной терминологии в области физики магнитных явлений, приемами построения фазовых диаграмм; современной информацией о последних достижениях в области физики.



4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 72	Виды контроля в семестрах: зачеты 3
в том числе :	
аудиторные занятия : 12	
самостоятельная работа : 59,8	
контактная работа: 12,2 ИКР: 0,2	

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	Раздел 1. Раздел 1. Введение. Основные сведения			
1.1	Предмет Физики магнитных явлений. Магнитные моменты. Магнетон Бора. Намагниченность и поле. Классическая механика и магнитные моменты. Квантовая природа спина /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
	Раздел 2. Раздел 2. Изолированные магнитные моменты			
2.1	Атом в магнитном поле. Магнитная восприимчивость. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Основное состояние иона и правила Хунда. Адиабатическое размагничивание. Спины ядра. Сверхтонкая структура /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
	Раздел 3. Раздел 3. Кристаллическое поле			
3.1	Кристаллические поля. Природа кристаллических полей. Эффект Яна-Теллера. Ядерный магнитный резонанс. Электронный парамагнитный резонанс. Мёссбауэровская спектроскопия /Ср/	3	20	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
	Раздел 4. Раздел 4. Обменное взаимодействие			
4.1	Природа обменного взаимодействия. Прямое обменное взаимодействие. Косвенное обменное взаимодействие. Сверхобменное взаимодействие. Двойное обменное взаимодействие. Анизотропное обменное взаимодействие /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
	Раздел 5. Раздел 5. Магнитоупорядоченные структуры			
5.1	Ферромагнетизм. Антиферромагнетизм. Ферримагнетизм. Спиральные магнитные структуры. Спиновые стекла. Измерения магнитного упорядочения /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
	Раздел 6. Раздел 6. Порядок и нарушенная симметрия			
6.1	Нарушение симметрии. Теория ферромагнетизма Ландау. Модели Гейзенберга и Изинга. Фазовые переходы. Домены /Ср/	3	20	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
	Раздел 7. Раздел 7. Магнетизм в металлах			
7.1	Модель свободного электрона. Парамагнетизм Паули. Спонтанное спиновое расщепление зон. Спиновая теория функционала плотности. Уровни Ландау. Диамагнетизм Ландау /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
7.2	Магнетизм Электронного газа. Теория возмущений. Спиновые волны. Эффект Кондо. Модель Хаббарда /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2
	Раздел 8. Раздел 8. Конкурирующие взаимодействия			
8.1	Фрустрации. Спиновые стекла. Суперпарамагнетизм. Одномерные магнетики. Двумерные магнетики. Квантовые фазовые переходы. Магнитооптика. Магнитосопротивление. Молекулярные магнетики /Ср/	3	19,8	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
	Раздел 9. Иная контактная работа			



9.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	3	0,2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
-----	---	---	-----	---

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

вопросы к зачету

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Типовые контрольные задания приведены в Фондах оценочных средств по дисциплине

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету:

1. Спин и спиновой магнитный момент электрона. Эффект Зеемана.
2. Диамагнетизм электронной оболочки атома.
3. Парамагнитные вещества в сильных и слабых магнитных полях.
4. Парамагнитные вещества. Свойства электронов проводимости в металле.
5. Парамагнетизм свободных электронов. Диамагнетизм свободных электронов.
6. Классификация магнетиков. Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики, слабые ферромагнетики, вещества с обменной анизотропией.
7. Основные свойства ферромагнетиков.
8. Основы термодинамики магнитных явлений.
9. Теплоемкость. Особенности термодинамического поведения магнетиков.
10. Вычисление магнитного момента тела.
11. Формальная теория ферромагнетизма.
12. Гипотеза о существовании областей спонтанной намагниченности.
13. Природа элементарных носителей магнитного момента в ферромагнетиках. Обменная энергия.
14. Молекулярная теория ферромагнетизма Френкеля-Гейзенберга. Температура Кюри.
15. Обменное взаимодействие и его энергия.
16. Косвенное обменное взаимодействие.
17. Спин-орбитальное взаимодействие.
18. Сверхтонкое взаимодействие.
19. Энергия кристаллографической магнитной анизотропии. Энергия магнитострикционной деформации (магнитоупругая энергия). Магнитоупругая энергия. Энергия магнитостатического поля.
20. Линейная магнитострикция. Объемная магнитострикция. Механострикция и эффект.
21. Граничный слой между областями спонтанной намагниченности. Модели доменной структуры в одноосных и многоосных ферромагнетиках.
22. Магнито-многоосный кристалл. Однодоменная структура.
23. Движение границ между областями с антипараллельной и взаимно перпендикулярной намагниченностью. Теория критического поля.
24. Теория начальной и обратной проницаемости в идеально однородной среде при наличии в ней неоднородных упругих напряжений.
25. Начальный участок кривой намагничивания.
26. Обратимые и необратимые процессы смещения границ.
27. Обратимые процессы вращения. Теория Акулова.
28. Влияние упругих напряжений на намагничивание ферромагнетиков.
29. Необратимые явления перемагничивания.
30. Теория гистерезиса на основе процесса смещения границ в однородной среде при наличии в ней неоднородных напряжений и включений.
31. Гистерезис, обусловленный задержкой роста зародышей перемагничивания.
32. Гистерезис, обусловленный необратимым процессом вращения.
33. Скин эффект. Дисперсия магнитной проницаемости.
34. Уравнение движения доменной стенки.
35. Электрические свойства ферромагнетиков.
36. Теплопроводность.
37. Четные и нечетные гальвано-терромагнитные эффекты.
38. Оптические, магнитооптические свойства ферромагнетиков.
39. Ядерный магнитный резонанс. Электронный парамагнитный резонанс.
40. Ферромагнитный резонанс. Уравнение Ландау-Лифшица.



41. Спин-волновой резонанс.

6.4. Критерии оценивания

Текущий контроль теоретических знаний и практических навыков производится на практических занятиях в виде ответов у доски, а также в виде отчетов по темам практических занятий и домашних контрольных работ, которые сдает студент в течение семестра.

Оценка "зачтено" ставится в том случае если студент обнаруживает верное понимание сущности рассматриваемых методов и теорий, дает точное определение и истолкование основных понятий методов и теорий, а также имеет понимание о месте того или иного метода или теории в современной науке, о области его применимости и преимуществах и недостатках.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л1.1	Бялик А. Д., Дикарева Р. П., Романова Т. С.	Материалы электронной техники: Полупроводники. Проводниковые материалы. Магнитные материалы: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573767)	Новосибирск : Новосибирский государственный и технический университет, 2017	ЭБС
Л1.2	Дубровский В. Г., Топовский А. В., Орлова Н. Б., Ковалев В. М.	Физика магнитных явлений в вакууме и конденсированных средах: тестирование базовых знаний в курсе общей физики: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576641)	Новосибирск : Новосибирский государственный и технический университет, 2019	ЭБС
Л1.3	Анисимов В. И., Баранов Н. В., Устинов В. В., Мушников Н. В., Ирхин В. Ю.	Физика магнитных материалов и наноструктур	Екатеринбург : Институт физики металлов имени. М. Н. Михеева, 2020	

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л2.1	Ивановский В. И., Черникова Л. А., Кондорский Е. И.	Физика магнитных явлений: семинары : учебное пособие для физических специальностей университетов	Москва : Издательство МГУ, 1981	
Л2.2	Мирошкин В. П., Гареев К. Г.	Магнитные материалы и приборы. Практикум: учебное пособие для вузов (https://e.lanbook.com/book/385799)	Санкт- Петербург : Лань, 2024	ЭБС

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. URL: http://e.lanbook.com/
Э2	Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / ООО Директмедиа Паблишинг. URL: http://biblioclub.ru/
Э3	Юрайт [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Юрайт. URL: https://urait.ru
Э4	Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / Научно-издательский центр ИНФРА-М. URL: http://znanium.com/
Э5	eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. URL: http://elibrary.ru/defaultx.asp

7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

Adobe Connect Acrobat



LMS Moodle

Adobe Reader

Ubuntu Linux

LibreOffice

OpenOffice

ПО Kaspersky

7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск, 1992.

2. APS JOURNALS. Physical Review Letters, Physical Review X, Physical Review, and Reviews of Modern Physics : журналы American Physical Society : сайт. – URL: <http://journals.aps.org/about> – Яз. англ. – Режим доступа: только из сети университета. – Текст : электронный.

3. Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

4. Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: <http://www.scopus.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

5. SpringerLink : [сайт]. – URL: <http://link.springer.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение дисциплины осуществляется в учебной аудитории первого корпуса, рассчитанной на 25 студентов.

Используются электронный читальный зал научной библиотеки ЧелГУ (аудитория 206) и учебная лаборатория вычислительной физики кафедры теоретической физики (аудитория 222) для самостоятельной работы студента, оснащенные персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой. В аудиториях обеспечен доступ к различной справочной литературе, энциклопедиям, библиографическим и полнотекстовым базам данных, информационным ресурсам «Интернет».

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение содержания учебной дисциплины «Физика магнитных явлений» осуществляется на лекциях, практических занятиях и в процессе самостоятельной учебной деятельности студентов.

Лекционные занятия обеспечивают теоретическое изучение дисциплины. Основными методами обучения являются информационно-объяснительный и проблемный. На лекциях излагается основное содержание тем программы, проводится анализ основных понятий и рассматриваются примеры.

Лекционный материал является важным, но не единственным для усвоения учебной дисциплины. Его обязательно необходимо дополнить материалом основной и дополнительной литературы по теме.

Практические занятия служат для закрепления теоретических основ, излагаемых в лекциях. На практических занятиях обучающиеся овладевают основными методами и приемами решения задач. Для проведения текущего и промежуточного контроля проводится контрольная работа и защиты задач по каждой теме практических занятий. Защита задач по теме подразумевает решение задач из предложенного списка задач и умение объяснить ход решения 1-2 задач из темы. Система контрольных мероприятий должна обеспечивать объективную оценку знаний и навыков студентов, способствовать повышению эффективности всех видов учебных занятий, включая и самостоятельную работу.

Важным моментом при изучении любой дисциплины является организация самостоятельной работы. При освоении материала не следует стремиться к механическому запоминанию приведенных определений, формулировок и положений, если требования к Вам прямо не указывают на это. Вполне эффективной может оказаться попытка понять суть явления, выработать свое отношение к нему, опираясь на материал, содержащийся в рекомендованной литературе. Также рекомендуется равномерно распределять нагрузку самостоятельного обучения в течение семестра.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MSOffice365, форумы, электронная почта и др.).

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.



Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды

10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и особенностям восприятия информации.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

03.04.02 Физика, Направленность (профиль) "Медицинская физика", РПД "Физика магнитных явлений", 2026 г.н., очная форма обучения

Рабочая программа дисциплины (модуля) одобрена и рекомендована

Проректор по учебной работе утверждено 27.02.26 А.А. Саламатов

Ученым советом физического факультета

Протокол заседания № 05 от 26.02.2026

Председатель Ученого совета
физического факультета

согласовано

М.А. Загребин

Заседанием кафедры физики конденсированного состояния

Протокол заседания № 05 от 17.02.2026

Заведующий кафедрой

согласовано

В.Д. Бучельников

Автор (составитель)

В.Д. Бучельников

Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 274-1