

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.10 Физика магнитных явлений**

---

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

---

Направленность (профиль)

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

---

Форма обучения

очная

---

Год набора

2023

---

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

д.ф.-м.н., профессор, Е.В.Еремин

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель изучения дисциплины – понимание природы происхождения магнетизма в твердых телах, овладение фундаментальными понятиями, законами и теориями физики магнитных явлений, ознакомление с особенностями магнитных свойств основных классов магнитоупорядоченных веществ и основными методами их исследования.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачи изучения дисциплины: формирование у студентов базовых знаний о природе магнетизма в твердых телах и обучение современным подходам к изучению магнитных свойств твердых тел.

В результате изучения дисциплины студент должен обладать способностью использовать полученные базовые теоретические знания для решения профессиональных задач, применять на практике современные подходы и методы описания, анализа и исследования магнитных свойств твердых тел. Важной задачей является получение студентом углубленных знаний и навыков в одном из важнейших разделов физики конденсированного состояния вещества.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1: Способен применять знания в области фундаментальной и прикладной физики в научно-исследовательских и прикладных работах</b>	
ПК-1.1: Планирует, организовывает и проводит научные и прикладные исследования, используя знания в области фундаментальной и прикладной физики	Знать фундаментальные понятия, законы и теории физики магнитных явлений Уметь применять знания физики магнитных явлений в научных и прикладных исследованиях Владеть способностью использовать полученные базовые теоретические знания для решения профессиональных задач
ПК-1.2: Анализирует отечественные и зарубежные достижения в области фундаментальной и прикладной физики для осуществления выбора форм и методов научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем научного исследования	Знать основные достижения в области физики магнитных явлений умеет анализировать информацию в области физики магнитных явлений
<b>ПК-3: Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства</b>	

ПК-3.1: Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств	<p>знать особенности магнитных свойств основных классов магнитоупорядоченных веществ</p> <p>Владеть навыком выбора форм и методов исследования магнитных свойств твердых тел</p>
ПК-3.2: Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макромасштабные свойства	<p>Знать природу происхождения магнетизма в твердых телах</p> <p>Уметь учитывать магнитные свойства веществ при исследовании материалов</p> <p>Владеть основными методами исследования основных классов магнитоупорядоченных веществ</p>

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Сем естр	
		1	2
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>3 (108)</b>		
занятия лекционного типа	2 (72)		
лабораторные работы	1 (36)		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>2 (72)</b>		
курсовое проектирование (КП)	Нет		
курсовая работа (КР)	Нет		
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Магнетизм твердых тел. Диа- и парамаг-нетизм</b>									
	1. Собственный механический момент электрона. Спин. Спиновый магнитный момент электрона. Гиромангнитное отношение. g-фактор. Магнетон Бора. Орбитальный момент электрона. Орбитальный магнитный момент. Модель атома. Электронная структура атомов и ионов. Внутриаомные взаимодействия. Спиновый и орбитальный моменты атомов и ионов. Диамагнетизм электронной оболочки атома. Формула Ланде для диамагнитного момента электронной оболочки атома. Парамагнитные вещества. Классическая теория Ланде парамагнетизма. Формула Ланде для парамагнетиков. Квантовая теория парамагнетизма. Формула Бриллюэна.	12							
	2. Самостоятельная работа							12	
<b>2. Обменное взаимодействие. Приближение молекулярного поля</b>									

1. Магнитный порядок. Простейшая термодинамическая теория ферромагнетизма. Обменное взаимодействие. Обменное взаимодействие на примере двух взаимодействующих электронов. Модель Гейзенберга. Приближение молекулярного поля. Обобщение теории парамагнетизма на случай ферромагнетизма. Эффективные поля в теории магнетизма. Закон Кюри-Вейсса. Поведение намагниченности вблизи $T=0$ . Поведение намагниченности вблизи температуры ферромагнитного упорядочения.	12							
2. Самостоятельная работа							12	
<b>3. Феноменологический метод описания свойств магнетиков.</b>								
1. Феноменологический гамильтониан. Энергия магнитной кристаллографической анизотропии. Энергия анизотропии кубического кристалла. Энергия анизотропии одноосного кристалла. Одноосный кристалл в магнитном поле. Кубический кристалл в магнитном поле. Магнитоупругая энергия. Линейная магнитострикция. Объемная магнитострикция. Закон анизотропии Акулова для четных эффектов. Магнитный кристалл в условиях внешних упругих напряжений.	12							
2. Самостоятельная работа							12	
<b>4. Доменная структура ферромагнетиков.</b>								

1. Магнитостатическая энергия. Разбиение ферромагнетиков на домены. Доменные границы. Блоховские и Неелевские доменные границы Блоховского и Неелевского типа. Доменная структура одноосных и кубических ферромагнетиков. Цилиндрические магнитные домены. Однодоменная частица. Суперпарамагнетизм. Процессы намагничивания. Процессы смещения доменных границ. Закон Релея. Процессы вращения вектора намагниченности.	12							
2. Самостоятельная работа							12	
3. Исследование намагниченности материалов на установке «Вибрационный магнетометр со сверхпроводящим соленоидом».					9			
<b>5. Магнитные фазовые переходы.</b>								
1. Термодинамика магнетиков. Термодинамическая теория ферромагнитного превращения. Теория Гинзбурга-Ландау фазовых переходов второго рода. Кинетика ферромагнитного превращения. Магнитные переходы первого рода. Модель Родбела-Бина для фазовых переходов парамагнетик-ферромагнетик первого рода. Магнитокало-рический эффект.	12							
2. Самостоятельная работа							12	
3. Получение сильных импульсных магнитных полей					9			
<b>6. Многоподрешеточные магнетики.</b>								



1. Антиферромагнетики, ферромагнетики, геликоидальные магнетики. Понятие магнитной подрешетки. Антиферромагнетики. Двухподрешеточный антиферромагнетик с эквивалентными магнитными ионами в приближении молекулярного поля. Одноосные антиферромагнетики; гамильтониан и основное состояние. Слабый ферромагнетизм. Теория ферромагнетизма Нееля. Сложные магнитные структуры; причины появления геликоидальных структур.	12							
2. Изучение магнитной восприимчивости веществ методом измерения полного сопротивления соленоида					9			
3. Измерения намагниченности в импульсных магнитных полях					9			
4. Самостоятельная работа							12	
Всего	72				36		72	

## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П. Основы физики твердого тела: учебное пособие по физике твердого тела для вузов(Москва: Физико-математическая литература).
2. Волков Н. В., Попков С. И. Магнетизм твердых тел; диа- и парамагнетизм; магнитный порядок (физика магнитных явлений): учебно-методическое пособие [для студентов программ 011200.68.02 «Физика конденсированного состояния вещества»; 011200.68.06 «Физика магнитных явлений»](Красноярск: СФУ).
3. Катанин А. А., Ирхин В. Ю., Игошев П. А. Модельные подходы к магнетизму двумерных зонных систем: научное издание(Москва: ФИЗМАТЛИТ).
4. Волков Н. В. Физика магнитных явлений. Ферромагнетизм: учебное пособие для студентов (бакалавров), обучающихся по направлению 03.03.02 (011200.62) "Физика" и 14.03.02 (140800.62) "Ядерная физика и технологии"(Красноярск: СФУ).
5. Кринчик Г. С. Физика магнитных явлений: учебное пособие для физических специальностей высших учебных заведений(Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова).
6. Сирота Д. И. Физика твердого тела: сборник задач с подробными решениями(Москва: URSS).
7. Тарасов Л. В. Земной магнетизм: [учебное пособие](Долгопрудный: Интеллект).
8. Кужир П. Г., Юркевич Н. П., Савчук Г. К. Общая физика. Электричество и магнетизм: сборник задач(Минск: Издательство Гривцова).
9. Дубровский В. Г., Топовский А. В., Орлова Н. Б., Ковалёв В. М. Физика магнитных явлений в вакууме и конденсированных средах. Тестирование базовых знаний в курсе общей физики: учебное пособие (Новосибирск: НГТУ).
10. Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П., Софронова С. Н., Токарев Н. А., Александров К. С., Сорокин П. Б., Бурков С. И., Глушков Д. А., Четвергов Н. А. Физика конденсированного состояния вещества: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины(Красноярск: ИПК СФУ).
11. Шиманский А. Ф., Подкопаев О. И., Васильева М. Н. Физика твердого тела: учеб.-метод. пособие для практ. занятий [для студентов укр. группы 150000 "Металлургия, машиностроение и материалобработка"] (Красноярск: СФУ).
12. Попков С. И., Красиков А. А., Семенов С. В., Балаев А. Д., Волков Н. В. Магнитные измерения: учебно-методическое пособие для лабораторных работ [студентов спец. 011200.68.02 «Физика конденсированного состояния вещества»; 011200.68.06 «Физика магнитных явлений»] (Красноярск: СФУ).

**4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Microsoft Office.
2. Adobe Reader.

**4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Доступ к библиотечному фонду (в сети СФУ, раздел «Библиотека», <http://bik.sfu-kras.ru/>).

**5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Лекции проводятся в учебных аудиториях лекционного типа. Необходимое оборудование: учебная мебель, доска.

Лабораторные работы в аудиториях лабораторного типа. Необходимое оборудование: учебная мебель, доска, вычислительная техника, лабораторный практикум по магнитным измерениям.