

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени  
первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт естественных наук и математики

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке

В.В. Кружаев

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАГНЕТИЗМА

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Образовательная программа Теоретическая физика	Код ОП 03.06.01
Направление подготовки Физика и астрономия	Код направления и уровня подготовки 03.06.01
Уровень подготовки Подготовка кадров высшей квалификации	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: № 867 от 30.07.2014 г., изменения № 464 от 30.04.2015 г.

**СОГЛАСОВАНО**  
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ  
КАДРОВ ВЫСШЕЙ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург, 2017

**Программа дисциплины составлена авторами:**

<b>№</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	В.О. Васьковский	д.ф.-м.н., профессор	Зав. кафедрой	Магнетизма и магнитных наноматериалов	

**Рекомендовано Учебно-методическим советом Института естественных наук и математики**

Председатель учебно-методического совета ИЕНиМ

Е.С. Буянова

Протокол № 1 от 26.09.2017 г.

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК

О.А. Неволина

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования

Шифр направления	Название направления/направленности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
03.06.01	Физика и астрономия/ Физика магнитных явлений	30.07.2014 в ред. от 30.04.2015	867

### 1.1. Цели дисциплины

Целью дисциплины «Современные проблемы магнетизма» является приобретение основных профессиональных компетенций в ходе углубленного изучения проблем и вопросов, стоящих перед научными работниками в настоящее время в области магнетизма и сопутствующих явлений.

### 1.2. Место дисциплины в структуре учебной деятельности и основной образовательной программы

Дисциплина «Современные проблемы физики магнетизма» относится к разделу Б.1 вариативной части ОП направления аспирантуры и направлена на подготовку к сдаче кандидатского минимума.

В результате освоения данной дисциплины студент должен овладеть следующими компетенциями:

#### **универсальные компетенции:**

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);

#### **общепрофессиональные компетенции:**

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

#### **- профессиональные компетенции:**

##### **научно-исследовательская деятельность:**

- способностью осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию информации по теме исследования, выбор методов и средств решения задач исследования (ПК-1);
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

- готовностью использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских работах в области физики магнетизма (ПК-3).

## 2. СТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

Наименования дисциплины	Семестр	Объем времени, отведенный на освоение дисциплины						
		Аудиторные занятия час.				Самост. работа-час.	Аттестация по дисциплине (зачет, экзамен)	Всего-час/з.е
		Всего	лекции	практические занятия	лабораторные работы			
Современные проблемы физики магнетизма	5	4	4			104	Зачёт, 5 семестр	108/3
Всего на освоение		4	4			104		108/3

## 3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1 Объем и содержание дисциплины

№ п/п	Тема, раздел	Трудоемкость	
		Час.	Зач. ед.
1	<b>Магнетизм живой материи.</b> История открытия и использования природных магнитных материалов. Классификация биоконструкт, одноклеточных и многоклеточных живых систем. Размерная шкала биологических объектов и биоконструкт.	8	
2	<b>Окружающая среда.</b> Физические факторы окружающей среды, влияющие на жизнедеятельность организмов. Геомагнетизм. Гемоглобин и миоглобин.	8	
3	<b>Биомембраны.</b> Молекулярные и ионные взаимодействия как основа формирования биологических структур. Структура и функции биомембран. Биомембрана как селективный барьер. Транспортные свойства биомембран. Краткий обзор процессов, протекающих на поверхности биомембран. Органические ионные радикалы.	8	
4	<b>Электромагнитные поля и биологические объекты.</b> Электромагнитные поля в окружении человека. Биологические эффекты электромагнитных полей. Электрокардиограмма и магнитокардиограмма. Электроэнцефалограмма и магнито-энцефалограмма.	8	
5	<b>Принципы построения магнитных биодатчиков.</b> Классификация существующих типов магнитных биодатчиков. Магнитные маркеры. Основные требования, предъявляемые к магнитным маркерам для биодетектирования. Проблема совместимости нескольких магнитных материалов в одном устройстве.	8	

6	<b>Примеры магнитных биодатчиков.</b> Магнитные биодатчики, работающие на принципе детектирования суперпарамагнитных маркеров. Био«чипы». Имплантированные магнитные датчики и датчики для анализа самостоятельно функционирующих живых систем. Магнитные биодатчики для безмаркерного детектирования.	14	
7	<b>Нейтронोगрафия магнетиков.</b> Свойства нейтрона. Реакция деления урана. Реакторы и нейтронные источники. Потенциальное и резонансное рассеяние. Когерентное и некогерентное рассеяние нейтронов. Рассеяние на связанном ядре. Псевдопотенциал Ферми. Сечение рассеяния нейтронов кристаллом. Ядерное рассеяние нейтронов кристаллами. Выражение для интенсивности ядерного рефлекса. Структурный фактор. Геометрический фактор интегральности. Множитель повторяемости. Поправка на поглощение. Тепловой фактор. Первичная и вторичная экстинция. Методы исследования рассеяния нейтронов на моно- и поликристаллах.	8	
8	<b>Магнитное рассеяние нейтронов.</b> Амплитуда магнитного рассеяния нейтрона на электроны. Борновское приближение. Магнитный формфактор. Сечение магнитного рассеяния для неполяризованных нейтронов. Классификация магнитных структур (соизмеримые и несоизмеримые магнитные структуры, ферромагнетик, антиферромагнетик, ферримагнетик, геликоидальные магнитные структуры, сперомагнетик, асперомагнетик, сперимагнетик). Магнитное рассеяние нейтронов кристаллами. Когерентное рассеяние на ферромагнитной структуре. Когерентное рассеяние на антиферромагнитной структуре. Волновой вектор магнитной структуры. Звезда волнового вектора. Группа волнового вектора. Сечение магнитного рассеяния на несоизмеримых структурах (простая и эллиптическая спираль, продольная и поперечная спиновая волна).	8	
9	<b>Аппаратура и техника нейтронোগрафических измерений.</b> Схема нейтронного дифрактометра с постоянной длиной волны нейтронов. Нейтронород. Монохроматор (кристалл-монохроматор, фокусирующий монохроматор, нейтронород-монохроматор). Коллиматор. Гониометрическое устройство для образца. Криостат. Высокотемпературная приставка. Магнитная система. Ячейка давления. Нейтронный детектор (мультидетектор, позиционно-чувствительный детектор). Схема нейтронного дифрактометра по методу времени пролета.	8	
10	<b>Расчёт нейтронোগрам.</b> Ручной расчет нейтронোগрам простых магнетиков. Интенсивность магнитного рефлекса. Зависимость интенсивности магнитного рассеяния нейтронов от направления момента в кристалле. Ручной расчет нейтронোগрам коллинеарных ферро- и антиферромагнетиков. Применение программы “Fullprof” для расчета нейтронোগрам магнетиков. Возможности программы. Метод Ритвельда уточнения структурных параметров. Фактор соответствия. Функция, описывающая профиль рефлекса. Файлы программы. Подготовка файла.rsg. Матрицы преобразований для поворотных элементов кубических и гексагональных групп. Сопровождающие трансляции. Файл исходных данных – файл.dat. Расчет нейтронোগраммы железа.	8	
11	<b>Симметричный анализ магнитных структур.</b> Неприводимые представления пространственных групп. Приводимые представления пространственной группы на базисе локализованных атомных функций. Перестановочное, механическое и магнитное представления. Базисные	8	

	функции неприводимых представлений пространственных групп. Скалярный, векторный и псевдовекторный базисы. Концепция одного неприводимого представления. Применение программы “Basireps” для симметричного анализа магнитных структур. Расчет неприводимых представлений «малых групп». Расчет базисных функций неприводимых представлений полярных и аксиальных векторов. Подготовка входного файла. Запуск программы. Результаты расчета.		
12	<b>Примеры исследований, выполненных с помощью метода магнитной нейтронографии.</b> Определение магнитной структуры манганита LaMnO <sub>3</sub> . Расчет интенсивностей ядерных рефлексов. Применение температуры. Применение внешнего магнитного поля. Использование поляризованных нейтронов. Уточнение магнитной структуры магнетика типа «простая спираль». Уточнение параметров кристаллической и магнитной структур интерметаллического соединения YMn <sub>6</sub> Sn <sub>6</sub> . Установление магнитных структур, определение температурных зависимостей намагниченности в многоподрешеточных магнетиках. Исследование магнитных фазовых переходов (переходы типа порядок – беспорядок, порядок – порядок, спин-переориентационные переходы).	14	
	<b>ИТОГО</b>	108	3

### 3.2. Распределение объема учебного времени дисциплины по темам и видам работ

№ п/п	Тема, раздел дисциплины	Объем учебного времени, отведенный на освоение дисциплины з/е/час					
		Аудиторные занятия				Самостоят. работа	Всего по разделам и темам
		всего	в т.ч. лекции	В т.ч. семинар/ практ. занятия	В т.ч. лаб. раб		
1	Магнетизм живой материи	2	2			6	6
2	Окружающая среда.					8	8
3	Биомембраны					8	8
4	Электромагнитные поля и биологические объекты					8	8
5	Принципы построения магнитных биодатчиков					8	8
6	Примеры магнитных биодатчиков					14	14
7	Нейтронография магнетиков	2	2			6	6
8	Магнитное рассеяние нейтронов					8	8
9	Аппаратура и техника нейтронографических измерений					8	8
10	Расчёт нейтронограмм					8	8

11	Симметричный анализ магнитных структур					8	8
12	Примеры исследований, выполненных с помощью метода магнитной нейтронографии					14	14
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>4</b>	<b>4</b>			<b>104</b>	<b>108</b>

### 3.3. Самостоятельная работа аспирантов

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень заданий для самостоятельной работы (рефераты, доклады, переводы, расчеты, планирование эксперимента и т.п.)	Трудоемкость	
		Час.	Зач. ед.
<b>Магнетизм живой материи.</b> История открытия и использования природных магнитных материалов. Классификация биоконпонент, одноклеточных и многоклеточных живых систем..	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	6	
<b>Окружающая среда.</b> Физические факторы окружающей среды, влияющие на жизнедеятельность организмов. Геомагнетизм. Гемоглобин и миоглобин.	Анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (подготовка доклада).	8	
<b>Биомембраны.</b> Молекулярные и ионные взаимодействия как основа формирования биологических структур. Структура и функции биомембран. Биомембрана как селективный барьер. Транспортные свойства биомембран. Краткий обзор процессов, протекающих на поверхности биомембран. Органические ионные радикалы.	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	8	
<b>Электромагнитные поля и биологические объекты.</b> Электромагнитные поля в окружении человека. Биологические эффекты электромагнитных полей. Электрокардиограмма и магнитокардиограмма. Электроэнцефалограмма и магнито-энцефалограмма.	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	8	
<b>Принципы построения магнитных биодатчиков.</b> Классификация существующих типов магнитных биодатчиков. Магнитные маркеры. Основные требования, предъявляемые к магнитным маркерам для биодетектирования. Проблема совместимости нескольких магнитных материалов в одном	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	8	

устройстве.			
<p><b>Примеры магнитных биодатчиков.</b> Магнитные биодатчики, работающие на принципе детектирования суперпарамагнитных маркеров. Био«чипы». Имплантированные магнитные датчики и датчики для анализа самостоятельно функционирующих живых систем. Магнитные биодатчики для безмаркерного детектирования.</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	14	
<p><b>Нейтроннография магнетиков.</b> Свойства нейтрона. Реакция деления урана. Реакторы и нейтронные источники. Потенциальное и резонансное рассеяние. Когерентное и некогерентное рассеяние нейтронов. Рассеяние на связанном ядре. Псевдопотенциал Ферми. Сечение рассеяния нейтронов кристаллом. Ядерное рассеяние нейтронов кристаллами. Выражение для интенсивности ядерного рефлекса. Структурный фактор. Геометрический фактор интегральности. Множитель повторяемости. Поправка на поглощение. Тепловой фактор. Первичная и вторичная экстинция.</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	6	
<p><b>Магнитное рассеяние нейтронов.</b> Амплитуда магнитного рассеяния нейтрона на электроны. Борновское приближение. Магнитный форм-фактор. Сечение магнитного рассеяния для неполяризованных нейтронов. Классификация магнитных структур (соизмеримые и несоизмеримые магнитные структуры, ферромагнетик, антиферромагнетик, ферримагнетик, геликоидальные магнитные структуры, сперомагнетик, асперомагнетик, сперимагнетик). Магнитное рассеяние нейтронов кристаллами. Когерентное рассеяние на ферромагнитной структуре. Когерентное рассеяние на антиферромагнитной структуре. Волновой вектор магнитной структуры. Звезда волнового вектора. Группа волнового вектора. Сечение магнитного рассеяния на несоизмеримых структурах (простая и эллиптическая спираль, продольная и</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	8	



<p>поперечная спиновая волна).</p>			
<p><b>Аппаратура и техника нейтрографических измерений.</b> Схема нейтронного дифрактометра с постоянной длиной волны нейтронов. Нейтронород. Монохроматор (кристалл-монохроматор, фокусирующий монохроматор, нейтронород-монохроматор). Коллиматор. Гониометрическое устройство для образца. Криостат. Высокотемпературная приставка. Магнитная система. Ячейка давления. Нейтронный детектор (мультидетектор, позиционно-чувствительный детектор). Схема нейтронного дифрактометра по методу времени пролета.</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	<p>8</p>	
<p><b>Расчёт нейтронограмм.</b> Ручной расчет нейтронограмм простых магнетиков. Интенсивность магнитного рефлекса. Зависимость интенсивности магнитного рассеяния нейтронов от направления момента в кристалле. Ручной расчет нейтронограмм коллинеарных ферро- и антиферромагнетиков. Применение программы “Fullprof” для расчета нейтронограмм магнетиков. Возможности программы. Метод Ритвельда уточнения структурных параметров. Фактор соответствия. Функция, описывающая профиль рефлекса. Файлы программы. Подготовка файла.pst. Матрицы преобразований для поворотных элементов кубических и гексагональных групп. Сопровождающие трансляции. Файл исходных данных – файл.dat. Расчет нейтронограммы железа.</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	<p>8</p>	
<p><b>Симметричный анализ магнитных структур.</b> Неприводимые представления пространственных групп. Приводимые представления пространственной группы на базе локализованных атомных функций. Перестановочное, механическое и магнитное представления. Базисные функции неприводимых представлений пространственных групп. Скалярный, векторный и псевдовекторный базисы. Концепция одно-</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	<p>8</p>	

<p>го неприводимого представления. Применение программы “Basireps” для симметричного анализа магнитных структур. Расчет неприводимых представлений «малых групп». Расчет базисных функций неприводимых представлений полярных и аксиальных векторов. Подготовка входного файла. Запуск программы. Результаты расчета.</p>			
<p><b>Примеры исследований, выполненных с помощью метода магнитной нейтронографии.</b> Определение магнитной структуры манганита <math>\text{LaMnO}_3</math>. Расчет интенсивностей ядерных рефлексов. Применение температуры. Применение внешнего магнитного поля. Использование поляризованных нейтронов. Уточнение магнитной структуры магнетика типа «простая спираль». Уточнение параметров кристаллической и магнитной структур интерметаллического соединения <math>\text{YMn}_6\text{Sn}_6</math>. Установление магнитных структур, определение температурных зависимостей намагниченности в многоподрешеточных магнетиках. Исследование магнитных фазовых переходов (переходы типа порядок – беспорядок, порядок – порядок, спин-переориентационные переходы).</p>	<p>Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).</p>	14	
<b>ИТОГО</b>		<b>104</b>	

#### 4. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНИВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Объективная оценка уровня соответствия результатов обучения требованиям к освоению ОП обеспечивается системой разработанных критериев (показателей) оценки освоения знаний, сформированности умений и опыта выполнения профессиональных задач.

<b>Компоненты компетенций</b>	<b>Признаки уровня освоения компонентов компетенций</b>		
	<b>пороговый</b>	<b>повышенный</b>	<b>высокий</b>
<b>Знания</b>	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродук-	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавли-	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и

	тивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	ливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

#### 4.1. Перечень примерных вопросов для зачета

**Магнетизм живой материи.** История открытия и использования природных магнитных материалов. Классификация биоконформантов, одноклеточных и многоклеточных живых систем. Размерная шкала биологических объектов и биоконформантов.

**Окружающая среда.** Физические факторы окружающей среды, влияющие на жизнедеятельность организмов. Геомагнетизм. Гемоглобин и миоглобин.

**Биомембраны.** Молекулярные и ионные взаимодействия как основа формирования биологических структур. Структура и функции биомембран. Биомембрана как селективный барьер. Транспортные свойства биомембран. Краткий обзор процессов, протекающих на поверхности биомембран. Органические ионные радикалы.

**Электромагнитные поля и биологические объекты.** Электромагнитные поля в окружении человека. Биологические эффекты электромагнитных полей. Электрокардиограмма и магнитокардиограмма. Электроэнцефалограмма и магнито-энцефалограмма.

**Принципы построения магнитных биодатчиков.** Классификация существующих типов магнитных биодатчиков. Магнитные маркеры. Основные требования, предъявляемые к магнитным маркерам для биодетектирования. Проблема совместимости нескольких магнитных материалов в одном устройстве.

**Примеры магнитных биодатчиков.** Магнитные биодатчики, работающие на принципе детектирования суперпарамагнитных маркеров. Био«чипы». Имплантированные магнитные датчики и датчики для анализа самостоятельно функционирующих живых систем. Магнитные биодатчики для безмаркерного детектирования.

**Нейтроннография магнетиков.** Свойства нейтрона. Реакция деления урана. Реакторы и нейтронные источники. Потенциальное и резонансное рассеяние. Когерентное и некогерентное

рентное рассеяние нейтронов. Рассеяние на связанном ядре. Псевдопотенциал Ферми. Сечение рассеяния нейтронов кристаллом. Ядерное рассеяние нейтронов кристаллами. Выражение для интенсивности ядерного рефлекса. Структурный фактор. Геометрический фактор интегральности. Множитель повторяемости. Поправка на поглощение. Тепловой фактор. Первичная и вторичная экстинкция. Методы исследования рассеяния нейтронов на моно- и поликристаллах.

**Магнитное рассеяние нейтронов.** Амплитуда магнитного рассеяния нейтрона на электроны. Борновское приближение. Магнитный форм-фактор. Сечение магнитного рассеяния для неполяризованных нейтронов. Классификация магнитных структур (соизмеримые и несоизмеримые магнитные структуры, ферромагнетик, антиферромагнетик, ферримагнетик, геликоидальные магнитные структуры, сперомагнетик, асперомагнетик, сперимагнетик). Магнитное рассеяние нейтронов кристаллами. Когерентное рассеяние на ферромагнитной структуре. Когерентное рассеяние на антиферромагнитной структуре. Волновой вектор магнитной структуры. Звезда волнового вектора. Группа волнового вектора. Сечение магнитного рассеяния на несоизмеримых структурах (простая и эллиптическая спираль, продольная и поперечная спиновая волна).

**Аппаратура и техника нейтронографических измерений.** Схема нейтронного дифрактометра с постоянной длиной волны нейтронов. Нейтронный монохроматор (кристалл-монохроматор, фокусирующий монохроматор, нейтронный монохроматор). Коллиматор. Гониометрическое устройство для образца. Криостат. Высокотемпературная приставка. Магнитная система. Ячейка давления. Нейтронный детектор (мультидетектор, позиционно-чувствительный детектор). Схема нейтронного дифрактометра по методу времени пролета.

**Расчёт нейтронограмм.** Ручной расчет нейтронограмм простых магнетиков. Интенсивность магнитного рефлекса. Зависимость интенсивности магнитного рассеяния нейтронов от направления момента в кристалле. Ручной расчет нейтронограмм коллинеарных ферро- и антиферромагнетиков. Применение программы “Fullprof” для расчета нейтронограмм магнетиков. Возможности программы. Метод Ритвельда уточнения структурных параметров. Фактор соответствия. Функция, описывающая профиль рефлекса. Файлы программы. Подготовка файла.rcf. Матрицы преобразования для поворотных элементов **агнетизм живой материи.** История открытия и использования природных магнитных материалов. Классификация биоконструкций, одноклеточных и многоклеточных живых систем. Размерная шкала биологических объектов и биоконструкций.

**Окружающая среда.** Физические факторы окружающей среды, влияющие на жизнедеятельность организмов. Геомагнетизм. Гемоглобин и миоглобин.

**Биомембраны.** Молекулярные и ионные взаимодействия как основа формирования биологических структур. Структура и функции биомембран. Биомембрана как селективный барьер. Транспортные свойства биомембран. Краткий обзор процессов, протекающих на поверхности биомембран. Органические ионные радикалы.

**Электромагнитные поля и биологические объекты.** Электромагнитные поля в окружении человека. Биологические эффекты электромагнитных полей. Электрокардиограмма и магнитокардиограмма. Электроэнцефалограмма и магнито-энцефалограмма.

**Принципы построения магнитных биодатчиков.** Классификация существующих типов магнитных биодатчиков. Магнитные маркеры. Основные требования, предъявляемые к магнитным маркерам для биодетектирования. Проблема совместимости нескольких магнитных материалов в одном устройстве.

**Примеры магнитных биодатчиков.** Магнитные биодатчики, работающие на принципе детектирования суперпарамагнитных маркеров. Био«чипы». Имплантированные магнитные датчики и датчики для анализа самостоятельно функционирующих живых систем. Магнитные биодатчики для безмаркерного детектирования.

**Нейтроннография магнетиков.** Свойства нейтрона. Реакция деления урана. Реакторы и нейтронные источники. Потенциальное и резонансное рассеяние. Когерентное и некоге-

рентное рассеяние нейтронов. Рассеяние на связанном ядре. Псевдопотенциал Ферми. Сечение рассеяния нейтронов кристаллом. Ядерное рассеяние нейтронов кристаллами. Выражение для интенсивности ядерного рефлекса. Структурный фактор. Геометрический фактор интегральности. Множитель повторяемости. Поправка на поглощение. Тепловой фактор. Первичная и вторичная экстинкция. Методы исследования рассеяния нейтронов на моно- и поликристаллах.

**Магнитное рассеяние нейтронов.** Амплитуда магнитного рассеяния нейтрона на электроны. Борновское приближение. Магнитный форм-фактор. Сечение магнитного рассеяния для неполяризованных нейтронов. Классификация магнитных структур (соизмеримые и несоизмеримые магнитные структуры, ферромагнетик, антиферромагнетик, ферримагнетик, геликоидальные магнитные структуры, сперомагнетик, асперомагнетик, сперимагнетик). Магнитное рассеяние нейтронов кристаллами. Когерентное рассеяние на ферромагнитной структуре. Когерентное рассеяние на антиферромагнитной структуре. Волновой вектор магнитной структуры. Звезда волнового вектора. Группа волнового вектора. Сечение магнитного рассеяния на несоизмеримых структурах (простая и эллиптическая спираль, продольная и поперечная спиновая волна).

**Аппаратура и техника нейтронографических измерений.** Схема нейтронного дифрактометра с постоянной длиной волны нейтронов. Нейтронотвод. Монохроматор (кристалл-монохроматор, фокусирующий монохроматор, нейтронотвод-монохроматор). Коллиматор. Гониометрическое устройство для образца. Криостат. Высокотемпературная приставка. Магнитная система. Ячейка давления. Нейтронный детектор (мультидетектор, позиционно-чувствительный детектор). Схема нейтронного дифрактометра по методу времени пролета.

**Расчёт нейтронограмм.** Ручной расчет нейтронограмм простых магнетиков. Интенсивность магнитного рефлекса. Зависимость интенсивности магнитного рассеяния нейтронов от направления момента в кристалле. Ручной расчет нейтронограмм коллинеарных ферро- и антиферромагнетиков. Применение программы "Fullprof" для расчета нейтронограмм магнетиков. Возможности программы. Метод Ритвельда уточнения структурных параметров. Фактор соответствия. Функция, описывающая профиль рефлекса. Файлы программы. Подготовка файла.psf. Матрицы преобразований для поворотных элементов

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Рекомендуемая литература

#### 5.1.1 Основная литература

1. Iron, Nature's universal element, E.V. Mielczarec, S.B. McGrayne, Rutgers University Press, 2000.
2. Учебное пособие «Физика, технология и техника магнитных материалов и наноматериалов», под ред. Васьковского В.О., изд. Уральского университета, 2010.
3. Q. A. Pankhurst, J. Connolly, S. K. Jones, and J. Dobson, Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine, J. Phys. D: Appl. Phys. **36**, R167 (2003).
4. Bazyliński D.A., Frankel R.B. Magnetosome formation in prokaryotes, Nature Reviews. Microbiology, **2**, 2004, 217-230.
5. David R. Baselt, Gil U. Lee, Mohan Natesan, Steven W. Metzger, Paul E. Sheehan, Richard J. Colton, A biosensor based on magnetoresistance technology, Biosensors & Bioelectronics **13** (1998) 731-739.
6. Изюмов Ю.А. Найш В.Е., Озеров Р.П. Нейтроны и твердое тело. - М. : Атомиздат, 1981

#### 5.1.2 Дополнительная литература

1. Giant Magnetoimpedance for Biosensing, G. V. Kurlyandskaya, M. A. Cerdeira, Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology Edited by H. S. Nalwa, Volume 15: Pages (1-17), 2011.
2. Glaser R, Biophysics, Springer, 1999.
3. Megens M., Prins M., Magnetic biochips: a new option for sensitive diagnostics, J. Magn. Mater. 293 (2005) 702-708.
4. Biomagnetism and Magnetic Biosystems base don molecular recognition process, Editors J. Anthony C. Bland, Adrian Ionescu, AIP conference Proceedings, 1025, New York, 2008.
5. Kurlyandskaya G.V., Levit V.I., Magnetic Dynabeads detection by sensitive element based on giant magnetoimpedance, Bios. Bioelectr. 20 (2005)1611-1616.
6. Холодов Ю.А., Козлов А.И., Горбач А.М. Магнитные поля биологических объектов. М., Наука, 1987.
7. Изюмов Ю.А., Озеров Р.П. Магнитная нейтронография.1966. 532 с.
8. Александров Ю. А., Шарапов Э. И., Чер Л., Дифракционные методы в нейтронной физике,– М., 1981
9. Нозик Ю.З., Озеров Р.П., Хеннинг К., Изюмов Ю.А., Найш В.Е., Озеров Р.П.
10. Нейтрины и твердое тело. Т.1: Структурная нейтронография. Т.2: Нейтронография магнетиков. Т.1-2.1981. 656 с.

## 5.2. Электронные образовательные ресурсы

Все аспиранты имеют полный доступ к перечисленным ресурсам, в т.ч. через авторизованный доступ из сети интернет:

1. Международный индекс научного цитирования Scopus компании Elsevier B.V.
2. Международный индекс научного цитирования Web of Science компании Clarivate Analytics
3. Журналы издательства Wiley
4. Электронная библиотека IEEEEXPLORE Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
5. Журналы American Physical Society (Американского физического общества)
6. Журналы Royal Society of Chemistry (Королевского химического общества)
7. MathSciNET - реферативная база данных American Mathematical Society (Американского математического общества)
8. Патентная база компании QUESTEL
9. Журнал Science Online
10. Журнал Nature
11. Журналы издательства Oxford University Press
12. Журналы издательства SAGE Publication
13. Журналы Американского института физики
14. Журналы Института физики (Великобритания)
15. Журналы Оптического общества Америки
16. Материалы международного общества оптики и фотоники (OSA)
17. Журналы издательства Cambridge University Press
18. Научные журналы по химии Thieme Chemistry Package компании Georg Thieme Verlag KG
19. База данных Annual Reviews Science Collection
20. База данных CASC- Коллекция компьютерных и прикладных наук компании EBSCO Publishing
21. База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing
22. База данных Association for Computing Machinery (ACM)
23. База диссертаций ProQuest Dissertations & Theses Global Журнальные базы данных мировой научной информации Freedom Collection компании Elsevier
24. Информационно-аналитическая система управления научными исследованиями

- Pure компании Elsevier B. V.
25. Наукометрическая база данных Scival компании Elsevier B. V.
  26. Аналитическая и информационная база данных REAXYS компании Elsevier,
  27. Научные базы данных компании EBSCO Publishing: Business Source Complete и Academic Search Complete, Информационно-поисковая система EBSCO Discovery Service, IEEE All- Society Periodicals Package,
  28. Базы данных компании East View,
  29. Электронная библиотека диссертаций РГБ;
  30. Информационно-аналитическая система FIRA PRO компании ООО«Первое Независимое Рейтинговое Агентство»,
  31. Электронная система нормативно-технической документации "Техэксперт" компании КОДЕКС,
  32. Базы данных «Интегрум Профи» компании «Интегрум медиа»,
  33. Наукометрические базы данных Incites и Journal Citation Report компании Clarivate Analytics,
  34. Информационно-аналитическая система SCIENCE INDEX компании «Научная электронная библиотека».

### **5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Платформа Springer Link
2. Платформа Nature
3. База данных Springer Materials
4. База данных Springer Protocols
5. База данных zbMath
6. База данных Nano
7. База данных Кембриджского центра структурных данных CSD Enterprise