

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ имени М.Н. Михеева  
Уральского отделения Российской академии наук

СОГЛАСОВАНО:  
Зам. директора института,  
доктор физ.-мат. наук

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института,  
академик РАН



М.А. Коротин М.А. Коротин Н.В. Мушников Н.В. Мушников

« 01 » 07 2025 г. « 02 » июля 2025 г.

**Основная образовательная программа высшего образования – программа  
подготовки научных и научно-педагогических кадров  
в аспирантуре**

Шифр и название области науки  
**1. Естественные науки**

Шифр и название группы научных специальностей:  
**1.3. Физические науки**

Отрасль науки, по которой присуждаются ученые степени:  
**Физико-математические**

Шифр и название научной специальности:  
**1.3.12. Физика магнитных явлений**

Срок обучения – 4 года

Екатеринбург

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ:

### 1.1. Определение.

Настоящая основная образовательная программа высшего образования (далее – ООП ВО) подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – программа аспирантуры), реализуемая Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (далее – ИФМ УрО РАН) по научной специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений, представляет собой систему документов по подготовке кадров высшей квалификации, разработанную на основе:

- Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

- Федерального закона от 30 декабря 2020 № 517-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

- Постановления Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2021 г. № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;

- Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (далее – ФГТ), утвержденными приказом Минобрнауки России № 951 от 20 октября 2021 года (с измен. и дополн.);

- Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной Приказом Минобрнауки России от 24 февраля 2021 года № 118;

- Паспорта научной специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений.

- Устава ИФМ УрО РАН.

- Локальных нормативных актов ИФМ УрО РАН, регламентирующих образовательную деятельность по образовательным программам подготовки кадров высшей квалификации в аспирантуре.

Программа аспирантуры регламентирует цели, ожидаемые результаты, содержание, условия и технологии реализации образовательного процесса, оценку качества подготовки выпускника по данному направлению подготовки.

Освоение программ аспирантуры осуществляется в очной форме по индивидуальному плану работы, включающему индивидуальный план научной деятельности и индивидуальный учебный план (далее вместе - индивидуальный план работы). Порядок формирования и утверждения индивидуального плана работы аспиранта определяется локальным нормативным актом организации.

Сроки получения образования по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в очной форме обучения, включая каникулы, предоставляемые после прохождения государственной итоговой аттестации, составляет 4 года. Лицам с ограниченными возможностями здоровья срок освоения такой программы может быть продлен не более чем на один год. Объем программы аспирантуры, реализуемый за один учебный год, составляет 60 зачетных единиц.

Зачетная единица (з.е.) – это мера трудоемкости основной образовательной программы, которая приравнивается к 36 академическим часам продолжительностью по 45 минут аудиторной или внеаудиторной (самостоятельной) работы аспиранта.

Общая трудоемкость программы аспирантуры по научной специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений составляет 240 зачетных единиц (з.е.).

## 1.2. Цель ООП ВО

Целью программы аспирантуры является осуществление научной деятельности для подготовки к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. В рамках осуществления научной деятельности аспирант решает научную задачу, имеющую значение для развития соответствующей отрасли науки, либо разрабатывает новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения, имеющие существенное значение для развития страны. Подготовка диссертации к защите включает в себя выполнение индивидуального плана работы, написание, оформление и представление диссертации для прохождения итоговой аттестации.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫПУСКНИКОВ, ОСВОИВШИХ ПРОГРАММУ АСПИРАНТУРЫ

Направлениями профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу аспирантуры по научной специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений, согласно паспорту специальности, являются:

1. Изучение взаимодействий веществ и их структурных элементов (атомов, их ядер, молекул, ионов, электронов), обладающих магнитным моментом, между собой или с внешними магнитными полями; явлений, обусловленных этими взаимодействиями.

2. Разработка теоретических моделей, объясняющих взаимосвязь магнитных свойств веществ с их электронной и атомной структурой, природу их магнитного состояния, характер атомной и доменной магнитных структур, изменение магнитного состояния и магнитных свойств под влиянием различных внешних воздействий.

3. Экспериментальные исследования магнитных свойств и состояний веществ различными методами, установление взаимосвязи этих свойств и состояний с химическим составом и структурным состоянием, выявление закономерностей их изменения под влиянием различных внешних воздействий.

4. Исследование изменений различных физических свойств вещества, связанных с изменением их магнитных состояний и магнитных свойств.

5. Исследование явлений, связанных с взаимодействием различного рода электромагнитных излучений и потоков элементарных частиц с магнитными моментами вещества или его структурных составляющих: атомов, атомных ядер, электронов (парамагнитный, ферромагнитный, ядерный магнитный, ядерный гамма резонансы и др.).

6. Моделирование свойств и физических явлений в материалах с различными видами магнитного упорядочения, а также в композитных структурах на их основе.

7. Разработка новых физических принципов использования материалов с различными видами магнитного упорядочения, а также с композитными структурами на их основе.

Сферой профессиональной деятельности выпускников по научной специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений, являются:

– научно-исследовательские, проектно-конструкторские и производственные организации;

– учреждения системы высшего, среднего профессионального и среднего общего образования.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Результатами освоения программы аспирантуры являются:

– сдача кандидатских экзаменов по дисциплинам: «История и философия науки», «Иностранный язык» и научной специальности, подготовка диссертационной работы;

– способность к получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по соответствующей научной специальности;

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;
- способность выполнять информационный поиск и анализ информации по объектам исследований в соответствующей области наук;
- владение навыками подготовки научного текста в соответствующей области наук;
- владение навыками публичных выступлений по тематике соответствующей области наук;
- владение системой фундаментальных и прикладных знаний в соответствующей области наук.

#### **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ**

Программа аспирантуры включает в себя комплект документов, в которых определены требования к результатам ее освоения - результаты научной деятельности, результаты освоения дисциплин (модулей), результаты прохождения практики; кроме того, содержащий план научной деятельности, учебный план, календарный учебный график, рабочие программы дисциплин и практики.

Программа аспирантуры состоит из научного компонента, образовательного и итоговой аттестации.

##### **4.1. Научный компонент**

1.1 Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации на соискание ученой степени кандидата наук к защите.

1.2 Подготовка публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, в рецензируемых научных изданиях, определяемых в соответствии с рекомендацией Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а также в научных изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных Russian Science Citation Index (RSCI), и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин, баз данных, топологий интегральных микросхем.

1.3 Промежуточная аттестация по этапам выполнения научного исследования.

Перечень этапов освоения научного компонента программы аспирантуры, распределение указанных этапов и итоговой аттестации аспирантов, а также примерный план выполнения научного исследования, план подготовки диссертации и публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации оформляются в виде *плана научной деятельности*.

##### **4.2. Образовательный компонент**

2.1 Дисциплины (модули) - «История и философия науки», «Иностранный язык», Дисциплина специальности; в том числе элективные, факультативные дисциплины (модули) (в случае включения их в программу аспирантуры и (или) направленные на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов).

2.2 Научно-исследовательская практика.

2.3 Промежуточная аттестация по дисциплинам, которая проводится в форме кандидатских экзаменов по «Истории и философии науки», «Иностранному языку», Дисциплине специальности, а также по практике.

Перечень этапов освоения образовательного компонента программы аспирантуры, распределение курсов дисциплин (модулей) и практики определяются *учебным планом*. В учебном плане отображена логическая последовательность освоения дисциплин, практик, научно-исследовательская работа. Указана общая трудоемкость дисциплин, модулей, практик в зачетных единицах.

В конце учебного года для аспирантов первого-третьего года обучения проводится **промежуточная аттестация**, на которой проводится оценка результатов осуществления

этапов научной деятельности, результатов освоения дисциплин, прохождения практики в соответствии с индивидуальным планом работы.

Для аспирантов четвертого года обучения в феврале месяце года окончания аспирантуры проводится предварительная итоговая аттестация.

#### 4.3. Итоговая аттестация

Итоговая аттестация проводится в форме оценки диссертации на предмет ее соответствия критериям, установленным Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 11.09.2021) «О порядке присуждения ученых степеней» (вместе с «Положением о присуждении ученых степеней»).

#### 4.4. Общая структура программы. Базовый план обучения.

Общая структура программы	Объем (в зачетных единицах)	Этапы освоения				Планируемые результаты обучения
		1 курс	2 курс	3 курс	4 курс	
<b>Научный компонент</b>	<b>204</b>					
1. Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите.		+	+	+	+	В соответствии с индивидуальным планом аспиранта
2. Подготовка публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, в рецензируемых научных изданиях, определяемых в соответствии с рекомендацией Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а также в научных изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных Russian Science Citation Index (RSCI), и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, селекционные достижения, свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин, баз данных, топологий интегральных микросхем.		+	+	+	+	Апробация результатов научно-исследовательской деятельности, подтверждение их актуальности и научной новизны
3. Промежуточная аттестация по этапам выполнения научного исследования	<b>4</b>	+	+	+		Контроль этапов выполнения научного компонента
<b>Образовательный компонент</b>	<b>27</b>					

История и философия науки	4	+	+			Базовая теоретическая подготовка к научно-исследовательской деятельности, как с учётом исторического опыта научного исследования, так и в контексте современных социокультурных условий
Иностранный язык	5	+	+			Достижение уровня иноязычной коммуникативной активности, необходимого для осуществления научной и профессиональной деятельности в иноязычной среде
Фундаментальные вопросы физики магнитных явлений	5	+	+	+		Формирование системы углубленных профессиональных знаний по фундаментальным вопросам физики магнитных явлений и проявлений их в различных условиях
Методология преподавания в высшей школе	5	+	+	+		Умение формулировать и решать образовательные задачи; организовывать образовательный процесс
Научно-исследовательская практика	4	+	+	+	+	Формирование умения анализировать, проектировать и организовывать научный процесс
Промежуточная аттестация по этапам освоения образовательного компонента	4	+	+	+		Контроль этапов освоения образовательного компонента
<b>Государственная итоговая аттестация</b>	<b>9</b>				+	Оценка диссертации на предмет ее соответствия критериям,

						установленным в «Положении о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 "О порядке присуждения ученых степеней"(с измен. и дополн.)
Объем программы в зачетных единицах	240					

Для каждого аспиранта план научной деятельности и индивидуальный учебный план утверждаются в рамках индивидуального плана работы.

Календарный учебный график и рабочие программы дисциплины «Фундаментальные вопросы физики магнитных явлений» и научно-исследовательской практики приведены в Приложении 1.

## **5. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ООП ВО ПОДГОТОВКИ АСПИРАНТОВ ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

### **1.3.12. Физика магнитных явлений.**

#### **5.1. Учебно-методическое и библиотечно-информационное обеспечение образовательного процесса**

Учебные, учебно-методические и иные библиотечно-информационные ресурсы обеспечивают учебный процесс и гарантируют возможность качественного освоения аспирантом образовательной программы. Институт располагает обширной библиотекой, включающей научно-техническую литературу по физике магнитных явлений, научные журналы и труды конференций. Обеспечена возможность осуществления одновременного индивидуального доступа к этой системе не менее 20 человек. Библиотечный фонд укомплектован печатными и/или электронными изданиями основной учебной и научной литературы по дисциплинам общенаучного и профессионального циклов.

Фонд дополнительной литературы, помимо учебной, включает официальные, справочно-библиографические и специализированные периодические издания.

Оперативный обмен информацией с отечественными и зарубежными институтами и организациями осуществляется с соблюдением требований законодательства РФ об интеллектуальной собственности и международных договоров РФ в области интеллектуальной собственности. Для обучающихся обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам.

Преподаватели, участвующие в подготовке аспирантов, ведут активную работу по подготовке и изданию научных статей, учебников и учебных пособий.

Научная библиотека имеет (на 1 января 2022 года) сетевые доступы к полнотекстовым базам данных:

Журналы издательства American Physical Society <http://journals.aps.org>; журналы издательства Wiley <http://onlinelibrary.wiley.com>; журналы издательства Elsevier <http://www.elsevier.com>; журналы и книги издательства Springer <http://www.springer.com>; журналы издательства Institute of Physics-UK (IOP) <http://iopscience.iop.org/journals> (глубина доступа: с 2010 г.); Издательство IOP предлагает 79 журналов; журналы издательства NPG

group <http://www.nature.com>; журналы издательства American Institute of Physics-USA (AIP) <http://www.scitation.aip.org>; AIP Publishing издаёт 19 известных рецензируемых журналов; журналы издательства Taylor & Francis <http://www.tandfonline.com> (глубина доступа: с 2002 г.). В настоящее время осуществляется доступ к коллекциям издательства Taylor & Francis «Общественные и гуманитарные науки» и «Естественные науки и технология», где издаётся более 1800 журналов по 19 ключевым тематикам с архивом публикаций, начиная с 1997 года. Ресурс Taylor & Francis Resource Bank также предлагает широкий спектр обучающих материалов, таких как руководства пользователя и онлайн-курсы. журналы издательства Science <http://www.sciencemag.org/journals>; База данных CASC - Computer and Applied Sciences Collection компании EBSCO Publishing <https://www.ebscohost.com/>; База данных CCDC - Cambridge Crystallographic Data Centre <http://www.ccdc.cam.ac.uk>. База данных Journal Library Plus компании IEEE: <http://ieeexplore.ieee.org/> (186 наименований за 2014-2016 гг. + 500 статей из архивов). Журналы издательства World Scientific <http://www.worldscientific.com/>; журналы издательства American Chemical Society-USA (ACS) <http://pubs.acs.org>; журналы издательства «Наука» <http://elibrary.ru>; журналы издательства Optical Society of America-USA (OSA) <http://www.osa.org/en-us/publications> (возможен доступ только к Abstract-версиям статей).

Существует доступ к Электронному каталогу ЦНБ УрО РАН <http://cnb.uran.ru/>

## **5.2. Кадровое обеспечение реализации ООП ВО**

Реализация ООП ВО аспирантуры по научной специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений обеспечивается научно-педагогическими кадрами, имеющими базовое образование, соответствующее профилю преподаваемой дисциплины, и ученую степень или опыт деятельности в соответствующей профессиональной сфере и систематически занимающимися научной и/или научно-методической деятельностью. Доля научно-педагогических работников (в приведенных к целочисленным значениям ставок), имеющих ученую степень (в том числе ученую степень, присвоенную за рубежом и признаваемую в Российской Федерации) и (или) ученое звание (в том числе ученое звание, полученное за рубежом и признаваемое в Российской Федерации), в общем числе научно-педагогических работников, реализующих ООП, составляет не менее 60%.

Научный руководитель, назначенный обучающемуся, имеет ученую степень, осуществляет самостоятельную научно-исследовательскую деятельность по направленности (профилю) подготовки, имеет публикации по результатам научно-исследовательской деятельности в ведущих отечественных и (или) зарубежных рецензируемых научных журналах и изданиях, а также осуществляет апробацию результатов научно-исследовательской деятельности на национальных и международных конференциях.

## **5.3. Материально-техническое обеспечение.**

Институт располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы.

ИФМ УрО РАН, реализующее ООП ВО аспирантуры, располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, экспериментальной и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебными планами.

Центр коллективного пользования «Испытательный центр нанотехнологий и перспективных материалов» института позволяет получать количественную информацию о химическом и фазовом составе, параметрах кристаллической, электронной и магнитной структуры, механических свойствах, типе и концентрации дефектов.

ИЦ НПМ располагает (на 1 января 2025 года) следующим основным оборудованием:

- просвечивающие электронные микроскопы JEM-200CX, Tecnai G230 Twin, CM-30 SuperTwin, сканирующий электронный микроскоп QUANTA 200;

- магнитометрическая установка (СКВИД-магнитометр) MPMS-XL-5;
- универсальная установка для измерения физических свойств PPMS-9;
- вибрационный магнитометр VSM 7407 VSM;
- установка фирмы Oxford Instruments для исследования гальваномагнитных явлений в сильных магнитных полях и при сверхнизких температурах;
- экспериментальная установка сильных импульсных магнитных полей;
- электронные супермикровесы «Sartorius SE 2»
- установка для исследования механических свойств поверхности на наноуровне NanoTest600;
- испытательная машина Instron;
- рентгеновские дифрактометры ДРОН-6 и ДРОН-3М;
- спектрофотометры UV mini-1240 и СФ-46;
- оптический эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой параллельного действия ICPE-9000,
- установки для получения жидкого гелия LHe18;
- оборудование пробоподготовки;
- установки для механических испытаний.

В целом материально-техническая база института позволяет вести учебный процесс по научной специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений и соответствует требованиям, предъявляемым к качеству подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации.

## **6. НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Оценка качества освоения ООП ВО аспирантуры по научной специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений включает текущий контроль успеваемости в виде промежуточной аттестации обучающихся и итоговую государственную аттестацию выпускников.

Промежуточная аттестация осуществляется на основании выполнения индивидуального плана работы аспиранта в виде зачета. Зачет проводится в форме отчета аспиранта перед членами комиссии института по аттестации аспирантов, осуществляется очно с присутствием на заседании научного руководителя аспиранта. Состав комиссии определяется решением института. Аспирант представляет в отдел аспирантуры (комиссию по аттестации аспирантов) института следующую отчетную документацию:

- индивидуальный план работы, с визой научного руководителя;
- выписку из протокола лабораторного семинара об аттестации аспиранта;
- презентацию, содержащую основные результаты осуществления этапов научной деятельности, результатов освоения дисциплин.

Результаты подготовки диссертации и научно-исследовательской деятельности определяются оценками «зачтено», «не зачтено». Оценка «зачтено» означает успешное прохождение аттестационного испытания. Оценка «не зачтено» является академической задолженностью аспиранта и должна ликвидироваться в установленном институте порядке и в установленные сроки.

Аспиранты, не прошедшие в установленные сроки промежуточную аттестацию, к государственной итоговой аттестации не допускаются.

Итоговая аттестация проводится в форме оценки диссертации на предмет ее соответствия критериям, установленным Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 11.09.2021) «О порядке присуждения ученых степеней» (вместе с «Положением о присуждении ученых степеней».

Календарный учебный график

Мес	Сентябрь					Октябрь				Ноябрь				Декабрь				Январь				Февраль				Март				Апрель				Май				Июнь				Июль				Август										
Числа	1-7	8-14	15-21	22-28	29-5	6-12	13-19	20-26	27-2	3-9	10-16	17-23	24-30	1-7	8-14	15-21	22-28	29-4	5-11	12-18	19-25	26-1	2-8	9-15	16-22	23-1	2-8	9-15	16-22	23-29	30-5	6-12	13-19	20-26	27-3	4-10	11-17	18-24	25-31	1-7	8-14	15-21	22-28	29-5	6-12	13-19	20-26	27-2	3-9	10-16	17-23	24-31				
Нед	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52				
I																																																								
II																																																								
III																																																								
IV																			К	К	К	К	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г					

Образовательная подготовка	
Практика (рассред.)	
Научные исследования (рассред.)	
Э	Экзамены (рассред.)
Г	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена (включая промежуточную аттестацию)
Д	Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)
К	Каникулы

# СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

## I. По дисциплине «Фундаментальные вопросы физики магнитных явлений»

В курсе «Фундаментальные вопросы физики магнитных явлений» изучаются вопросы, связанные с магнитными свойствами твердых тел. Рассматриваются современные представления о пара-, диа- и ферромагнетизме твердых тел, анализируются различные магнитные структуры и процессы намагничивания ферромагнетиков. Даются основные представления о многоподрешеточных магнетиках: антиферромагнетиках, ферромагнетиках, ферритах и геликоидальных магнетиках. Обсуждаются особенности взаимодействия магнетиков с электромагнитным излучением: ядерном и электронном парамагнитном резонансах, ферро- и антиферромагнитном резонансах, о гамма-резонансе (эффект Мессбауэра). В курс включены разделы о механизмах магнитного упорядочения в металлах и диэлектриках, а также о современных магнитных материалах.

### 1. Распределение часов учебных.

Вид занятий	Количество часов
Лекции	30
Самостоятельная работа	150
ИТОГО	180

### 2. Содержание дисциплины

#### 2.1. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий

Темы лекционных занятий	Содержание	Объем в часах
Основные положения. Термодинамика магнитных явлений. Магнитная восприимчивость и намагниченность	Магнитные свойства электронной оболочки атома. Природа элементарных магнитных моментов. Классификация веществ по их магнитным свойствам. Теорема Бора-ван Левен-Терлецкого. Магнето-термические и магнетокалорические соотношения. Теплоемкость. Особенности термодинамического поведения классических диамагнетиков и парамагнетиков. Адиабатическое размагничивание и получение низких температур. Макроскопические характеристики магнитных свойств вещества: магнитная восприимчивость, проницаемость и намагниченность, методы измерения магнитной восприимчивости слабомагнитных тел и тел с большой восприимчивостью.	4
Слабомагнитные вещества. Парамагнетизм. Диамагнетизм.	Парамагнетизм атомов, ионов и молекул. Классическая теория Ланжевена. Пространственное квантование магнитного момента атома. Парамагнетизм систем слабо взаимодействующих атомов. Функция Бриллюэна. Парамагнетизм электронов проводимости в металлах и полупроводниках. Магнитные свойства ионов	4

	<p>переходных элементов и влияние поля кристаллической решетки. Ионы группы железа. Расщепление в кристаллическом поле. «Замораживание» орбитального момента периодическим потенциалом решетки. Ядерный парамагнетизм. Электронный спиновый и ядерный магнитный резонансы. Диамагнитная восприимчивость атомов, ионов и молекул. Спектр электронов проводимости в квантующем магнитном поле. Диамагнетизм Ландау. Эффект де Газа-ван Альфена.</p>	
<p>Магнитоупорядоченные вещества. Упорядоченные магнитные структуры Ферромагнитный порядок</p>	<p>Типы магнитных структур: ферромагнетики, неколлинеарные ферромагнетики, коллинеарные антиферромагнетики, соизмеримые и несоизмеримые магнитные структуры, гелимагнетики, спиновые стекла и их магнитные характеристики. Магнитные подрешетки и их локальные намагниченности. Магнитная нейтронография. Особенности материальных параметров веществ с указанными структурами.</p> <p>Основные опытные факты и формальная теория Вейсса. Точка Кюри и магнитная восприимчивость ферромагнетиков. Природа ферромагнитного состояния. Прямое обменное взаимодействие Гейзенберга. Косвенное обменное взаимодействие. Полная энергия ферромагнетика (обменная энергия, энергия магнитной кристаллической анизотропии, магнитостатическая энергия, энергия магнитострикции, энергия взаимодействия ферромагнетика с внешним магнитным полем.). Квантование колебаний намагниченности. Спиновые волны, магноны. Температурная зависимость спонтанной намагниченности и магнитной части теплоемкости. Неупругое рассеяние нейтронов на спиновых волнах.</p>	4
<p>Ферримагнетики. Антиферромагнетики.</p>	<p>Магнитная структура, точки Кюри и компенсации. Магнитная восприимчивость ферримагнетиков. Спиновые волны. Ферриты со структурой шпинели и граната. Гексагональные ферриты. Магнитная структура антиферромагнетиков: ромбические, тетрагональные, тригональные, гексагональные и кубические кристаллы. Антиферромагнетизм кристаллов без центра инверсии. Теория антиферромагнетизма в приближении молекулярного поля, Точка Нееля. Продольная и поперечная восприимчивость. Термодинамическая теория слабого ферромагнетизма по Дзялошинскому. Магноны в антиферромагнетиках. Магнитная (спин-волновая) часть теплоемкости и температурно-зависимая часть</p>	3

	магнитной восприимчивости антиферромагнетика. Магнитоэлектрический эффект: связь между магнитным упорядочением и спонтанной электрической поляризацией.	
Основы теории магнитных превращений. Ферромагнетизм и доменная структура кристаллов	Термодинамическая теория ферромагнитного превращения. Критические индексы. Магнитные фазовые переходы первого рода. Магнитные переходы типа спиновой переориентации, вызванные сильным магнитным полем и изменениями температуры. Гипотеза ферромагнитных доменов, причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля). Тонкая структура доменных границ. Кривая технического намагничивания. Переход от массивных образцов к тонким кристаллам. Одномерные и двумерные микромагнитные структуры в тонких пленках. Критические размеры однодоменности. Динамические эффекты доменной структуры ферромагнетиков.	3
Динамика процессов перемагничивания. Ферро – и антиферромагнетики в переменных полях. Нелинейные динамические явления в магнетиках.	Уравнения движения намагниченности Ландау-Лифшица и Гильберта. Ферромагнитный, ферримагнитный и антиферромагнитный резонансы. Методика и техника резонанса на сверхвысоких частотах (СВЧ). Ферромагнитный резонанс как явление и как метод исследования магнитных динамических свойств твердых тел. Определение $g$ – фактора и констант магнитной анизотропии. Релаксация и нелинейные эффекты в условиях резонанса. Магнитооптические эффекты. Магнитная восприимчивость на оптических частотах. Исследование магнитных кристаллов магнитооптическими методами. Доменная граница как солитон. Нелинейная динамика доменных границ. Динамические и топологические магнитные солитоны. Дисклинации и вихри в магнетиках.	3
ЯМР, ЯКР спектроскопия твердых тел.	Явление ядерного магнитного резонанса в твердых телах. Уровни энергии, частота перехода. Уравнения Блоха, динамическая магнитная восприимчивость. Интенсивность сигнала ЯМР. Методы детектирования и техника ЯМР спектроскопии, непрерывное прохождение, спиновое эхо, примеры импульсных последовательностей. Механизмы спин-спиновой и спин-решеточной релаксации. Квадрупольные эффекты магнитном резонансе. ЯМР высокого разрешения в твердых телах, вращение под магическим углом. Основные особенности ЯМР в магнитоупорядоченных кристаллах: локальные магнитные поля на ядрах, явление усиления ради-	3

	<p>частотного поля, усиление в доменах и доменных границах. Сул-Накамуровское взаимодействие, ядерные спиновые волны и динамический сдвиг частоты. ЯМР в сверхпроводниках. Сдвиг Найта. Особенности спин-решеточной релаксации. Информация, извлекаемая с помощью ЯМР. Электрические квадрупольные взаимодействия и квадрупольные эффекты в твердых телах. Ядерный квадрупольный резонанс в твердых телах. Методы детектирования и техника ЯКР спектроскопии. Ядерная релаксация и ее механизмы. Информация, извлекаемая с помощью ЯКР.</p>	
<p>ЭПР и ЯГР спектроскопия твердых тел</p>	<p>Явление ЭПР. Методы детектирования и техника ЭПР. Феноменологические уравнения Блоха. Кристаллическое поле и эффективный спин-гамильтониан. Спин-спиновые и спин-решеточные взаимодействия. Механизмы спин-спиновой и спин-решеточной релаксации. Спин-решеточная релаксация и ширина линии. ЭПР на электронах проводимости, на донорных и акцепторных примесях в полупроводниках. Двойной электронно-ядерный резонанс. Теория эффекта Мессбауэра. Методика и техника проведения <math>\gamma</math> - резонансных экспериментов. Резонансное поглощение и рассеяние <math>\gamma</math> - излучения ядрами в кристалле. Вероятность поглощения <math>\gamma</math> - квантов без отдачи. Динамика решетки и эффект Мессбауэра. Сверхтонкая структура <math>\gamma</math> - спектров: изомерные сдвиги и квадрупольное расщепление. Ядерный Зееман – эффект. Эффективные магнитные поля на ядрах. Мессбауэровская спектроскопия конверсионных электронов. Данные о фундаментальных характеристиках конденсированного состояния, извлекаемые с помощью ЯГР спектроскопии.</p>	<p>3</p>
<p>Магнетизм переходных металлов. Магнитные материалы.</p>	<p>Ферромагнетизм коллективизированных электронов и теория Стонера. Магнетизм сильно коррелированных d – систем. Магнетизм редкоземельных элементов и актинидов. Магнитная анизотропия d – металлов и редкоземельных актинидов. Магнитомягкие и магнито жесткие материалы, сплавы с высокой магнитной проницаемостью, ферриты с высокой магнитной проницаемостью, сплавы для постоянных магнитов, сплавы с высокой магнитострикцией, тонкие магнитные пленки, магнитные порошки и наноструктуры. Основы магнитной записи и считывания. Цилиндрические магнитные домены в вычислительных устройствах.</p>	<p>3</p>

	Аморфные магнитные материалы. Магнитные оксиды и мультиферроики. Метаматериалы.	
	ИТОГО	30

## 2.2. 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.
<p>Раздел 1. Слабomagнитные вещества. Парамагнетизм. Диамагнетизм.</p> <p>Тема 1.1. Спектр электронов проводимости в квантующем магнитном поле. Диамагнетизм Ландау. Парамагнетизм Паули Эффект де Газа-ван Альфена.</p>	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины.	25
<p>Раздел 2. Магнитоупорядоченные вещества. Упорядоченные магнитные структуры. Ферромагнитный порядок Ферромагнетика, антиферромагнетика</p> <p>Тема 2.1 Соизмеримые и несоизмеримые магнитные структуры. Методы их исследования.</p> <p>Тема 2.2. Магноны в антиферромагнетиках. Магнитная (спин-волновая) часть теплоемкости и температурно-зависимая часть магнитной восприимчивости антиферромагнетика.</p>	Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины	25
<p>Раздел 3. Основы теории магнитных превращений. Ферромагнетизм и доменная структура кристаллов</p> <p>Тема 3.1. Доменные границы (Блоха, Нееля). Тонкая структура доменных границ. Кривая технического намагничивания. Переход от массивных образцов к тонким кристаллам.</p>	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Технический перевод зарубежных первоисточников.	25
<p>Раздел 4. Динамика процессов перемагничивания. Ферро- и анти-ферромагнетика в переменных полях. Нелинейные динамические явления в магнетиках.</p> <p>Тема 4.1. Доменная граница как солитон. Нелинейная динамика доменных границ. Динамические и топологические магнитные соли-тоны. Дисклинации и вихри в магнетиках.</p>	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Технический перевод зарубежных первоисточников.	25

Тема 4.2. Магнитооптические эффекты. Магнитная восприимчивость на оптических частотах. Исследование магнитных кристаллов магнитооптическими методами.		
Раздел 5. ЯМР, ЭПР, ЯКР и ЯГР спектроскопия твердых тел. Тема 5.1. ЯМР в магнитоупорядоченных веществах. Тема 5.2. Ядерный квадрупольный резонанс в твердых телах. Методы детектирования и техника ЯКР спектроскопии.	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Технический перевод зарубежных первоисточников.	25
Раздел 6. Магнетизм переходных металлов. Магнитные материалы. Тема 6. 1. Магнетизм сильно коррелированных d – систем. Тема 6.2. Магнетизм редкоземельных элементов и актинидов.	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Технический перевод зарубежных первоисточников.	25
ИТОГО		150

### 2.3 Учебно-методические материалы по дисциплине

#### 2.3.1. Основная и дополнительная литература

##### *Основная литература*

1. С.В.Вонсовский. Магнетизм.- М.: Наука. 1071. – 1032 с.
2. Г.С.Кринчик. Физика магнитных явлений. – М.: МГУ. 1985. – 335 с.
3. Е.С.Боровик, В.В.Еременко, А.С.Мильнер. Лекции по магнетизму. – М : ФИЗМАТ-ЛИТ. 2005. – 510 с.
4. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.1.- М.: Мир. 1979. - 400 с.
5. Н.А. Ашкрофт, Н.Мермин. Физика твердого тела, Т.2.- М.: Мир. 1979. - 424 с.
6. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. – М. : Наука. ГРФМЛ. 1978. - 791 с.
7. С.В.Вонсовский, М.И.Кацнельсон
8. В.Ю.Ирхин, Ю.П.Ирхин. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d – f металлах и их соединениях. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований - 2008. – 476 с.
9. В.С.Тикадзуми. Физика ферромагнетизма, Магнитные свойства вещества. – М.: Мир. 1983.-302 с.; Магнитные характеристики и практическое применение. – М.: Мир. 1987.- 420 с.
10. Дж.Пейк. Парамагнитный резонанс.- М.: Мир. 1963. – 280 с.
11. Ж. Винтер. Магнитный резонанс в металлах. – Мир. 1976. – 288 с.
- 12 В.С.Гречишкин. Ядерные квадрупольные резонансы в твердых телах. – М.:Наука. 1973. - 264 с.

13. И.Ахиезер, В.Г.Барьяхтар, С.В.Пелетминский. Спиновые волны. – М.: Наука. 1967.- 368
14. Ч. Сликтер. – Основы теории магнитного резонанса. – М. : Мир. 1981. – 448 с.
15. В.С.Шпинель. Резонанс гамма-лучей в кристаллах. – М.:Наука. 1969. - 408 с.

*Дополнительная литература*

- 16 У.Ф.Браун. Микромагнетизм. – М.:Наука. 1985. - 160 с.
17. Е.А.Туров, А.В.Колчанов, В.В.Меньшенин, И.Ф.Мирсаев, В.В.Николаев. Симметрия и физические свойства антиферромагнетиков. – М.:ФИЗМАТЛИТ. 2001. – 559 с.
18. Е.А.Туров. Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов. – М.: Изд.-во АН СССР. 1963. - 223 с.
19. К.Хандрих, С.Кобе. Аморфные ферро- и ферримагнетики. – М. : Мир.: 1982. – 295 с.
- 18.Е.А.Туров, М.П.Петров. Ядерный магнитный резонанс в ферро- и антиферромагнетиках. – М.: 1969. - 260 с.
20. Р.М.Уайт. Квантовая теория магнетизма. – М.:Наука. 1985. - 304 с.
21. С.А.Альтшулер, В.М.Козырев. Электронный парамагнитный резонанс . – М.: Наука. Физматгиз. 1961 - 361 с.
22. Б.Н. Филиппов, А.П. Танкеев «Динамические эффекты в ферромагнетиках с доменной структурой», 1987, Москва, Наука.
- 23 А.М. Косевич, Б.А.Иванов, А.С.Ковалев. Нелинейные волны намагниченности. Динамические и топологические солитоны. – Киев. : Наукова думка: 1983. – 190 с.
24. Н.М.Саланский, М.Ш.Ерухимов. Физические свойства и применение магнитных пленок. – Новосибирск, Наука, сибирское отделение, 1973. – 222 с.

## II. По научно-исследовательской практике

Научно-исследовательская практика реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.3.12 «Физика магнитных явлений» по очной форме обучения на русском языке.

### 1. Содержание практики.

Разделы практики	Консультации (часы)	Самостоятельная работа (часы)
Планирование исследования	2	8
Проведение исследований	6	108
Подготовка и представление отчета	2	18
<b>ИТОГО</b>		
Часов		144
Зачетных единиц		4

Научно-исследовательская практика включает в себя следующие разделы:

#### 1. Планирование исследования.

Аспирант при содействии научного руководителя должен определиться с темой, целями и задачами исследования (с учетом тематики диссертационной работы и направления деятельности подразделения, на базе которого осуществляется практика), ознакомиться с научной литературой по данной теме и составить детальный план работ.

#### 2. Проведение исследований (в том числе участие в конференции).

Аспирант проводит исследования по выбранной теме в составе коллектива исследовательского подразделения, готовит доклад и представляет его на конференции уровня не ниже регионального.

#### 3. Подготовка и представление отчета.

В ходе прохождения практики предполагается написание не менее 2 тезисов по результатам исследований, что считается отчетным материалом по практике.

## 2. Организация научно-исследовательской практики

Научно-исследовательская практика является стационарной и проводится на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов Уральского отделения Российской академии наук в структурных подразделениях. Руководителем научно-исследовательской практики назначается научный руководитель аспиранта. В ходе практики аспирант проводит исследовательскую деятельность в составе коллектива подразделения.

## 3. Технологии, используемые при прохождении научно-исследовательской практики.

В образовательном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения методов, приемов, технологий научно-исследовательской деятельности и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта.**

Виды самостоятельной работы

- составление индивидуального плана практики;
- изучение обязательной и дополнительной литературы, а также других информационных источников, включая периодические издания, электронные и другие средства и источники информации;
- подготовка научных докладов по отдельным вопросам;
- планирование, подготовка и проведение регулярного исследования;
- обработка данных и анализ результатов;
- подготовка к выступлению в рамках научных семинаров профильной лаборатории;
- подготовка научной статьи (тезисов);
- подготовка к участию в научной конференции по профилю деятельности;
- подготовка к текущему, промежуточному и итоговому контролю знаний.

#### **5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам прохождения научно-исследовательской практики**

##### **5.1. Формы текущего контроля прохождения аспирантом научно-исследовательской практики**

Контроль этапов выполнения индивидуального плана научно-исследовательской практики проводится в виде собеседования с научным руководителем.

##### **5.2. Промежуточная аттестация по итогам прохождения аспирантом научно-исследовательской практики**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

##### **5.3. Отчетная документация по научно-исследовательской практике аспиранта.**

По итогам прохождения научно-исследовательской практики аспирант отчитывается перед научным руководителем путем предоставления тезисов докладов, подготовленных для участия в научных конференциях по профилю деятельности.

#### **6. Литература**

Определяется руководителем практики с учетом тематики исследований. Включает в себя нормативную документацию подразделения, на базе которого проходит практика.