

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. Короткин

 Н.В. Мушников

« 01 » 07 2025 г.

« 02 » июль 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:
1.3.8. Физика конденсированного состояния

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 1.3.8. Физика конденсированного состояния, 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 1.3.8. Физика конденсированного состояния;

- 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 1.3.8 «Физика конденсированного состояния» 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 1.3.8. Физика конденсированного состояния, согласно паспорту специальности, являются:

1. Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы и свойств неорганических и органических соединений как в кристаллическом (моно- и поликристаллы), так и в аморфном состоянии, в том числе композитов и гетероструктур, в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления.

2. Теоретическое и экспериментальное исследование физических свойств упорядоченных и неупорядоченных неорганических и органических систем, включая классические и квантовые жидкости, стекла различной природы, дисперсные и квантовые системы, системы пониженной размерности.

3. Теоретическое и экспериментальное изучение свойств конденсированных веществ в экстремальном состоянии (сильное сжатие, ударные воздействия, сильные магнитные поля, изменение гравитационных полей, низкие и высокие температуры), фазовых переходов в них и их фазовых диаграмм состояния.

4. Теоретическое и экспериментальное исследование воздействия различных видов излучений, высокотемпературной плазмы на природу изменений физических свойств конденсированных веществ.

5. Разработка математических моделей построения фазовых диаграмм состояния и прогнозирование изменения физических свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения.

6. Разработка экспериментальных методов изучения физических свойств и создание физических основ промышленной технологии получения материалов с определенными свойствами.

7. Теоретические расчеты и экспериментальные измерения электронной зонной структуры, динамики решётки и кристаллической структуры твердых тел.

Сферой профессиональной деятельности выпускников по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, 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 для программы аспирантуры по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного СОСТОЯНИЯ

Общая структура программы	Объем (в зачетных единицах)	Этапы освоения				Планируемые результаты обучения
		1 курс	2 курс	3 курс	4 курс	
Научный компонент	204					
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		+	+	+	+	Апробация результатов научно-исследовательской деятельности, подтверждение их актуальности и научной новизны

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.						
3. Промежуточная аттестация по этапам выполнения научного исследования	4	+	+	+		Контроль этапов выполнения научного компонента
Образовательный компонент	27					
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 конденсированного состояния	5	+	+	+		Формирование системы углубленных профессиональных знаний по фундаментальным вопросам физики конденсированного состояния 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
Государственная итоговая аттестация	9				+	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 план, учебные планы, программа основной образовательной дисциплины приведены в Приложении 1.

5. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ООП ВО ПОДГОТОВКИ АСПИРАНТОВ ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

1.3.8. Физика конденсированного состояния.

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 конденсированного состояния, 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 1.3.8. Физика конденсированного состояния 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 2022 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 1.3.8. Физика конденсированного состояния 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 1.3.8. Физика конденсированного состояния включает текущий контроль успеваемости в виде промежуточной аттестации обучающихся и итоговую государственную аттестацию выпускников.

Промежуточная аттестация осуществляется на основании выполнения индивидуального рабочего плана 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	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 ОСНОВНОЙ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

I. По дисциплине «Фундаментальные вопросы физики конденсированного состояния»

В курсе «Фундаментальные вопросы физики конденсированного состояния» изучаются вопросы, рассматривающие те задачи, которые стоят перед научными работниками в настоящее время. Круг рассматриваемых тем выходит далеко за рамки конкретной тематики аспиранта, заставляет его шире взглянуть на интересы всего мирового научного сообщества, заставляет аспиранта знакомиться с последними публикациями в научной периодике.

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
Симметрия кристаллов.	<p>Основы теории симметрии кристаллов. Линейные ортогональные преобразования. Модель кристалла. Допустимые преобразования кристаллов. Элементы симметрии, их символика и матрицы.</p> <p>Точечные группы. Смысл точечных групп. Схема их выводы. Их обзор, символика и описание. Симметрия макроскопических свойств кристаллов.</p> <p>Трансляционные группы (решетки). Определение векторных групп. Сингонии. Схема вывода решеток. Примитивные и непримитивные решетки. Их символика, описание. Параметры решетки. Дифракционные опыты.</p> <p>Устройство кристаллов. Ячейка Браве. Элементарная ячейка кристалла. Структуры реальных кристаллов.</p> <p>Пространственные группы. Винтовые оси и плоскости скольжения. Смысл и краткий обзор пространственных групп, их символика и роль.</p> <p>Основы теории кристаллических структур. Структурные типы. Важнейшие из них. Теория плотнейших упаковок. Реализация принципа плотнейших упаковок в кристаллах. Дефекты упаковки.</p> <p>Физические факторы, определяющие структуры кристаллов. Типы химической связи. Преобладание принципа плотнейших упаковок. Структуры ионных, металлических, молекулярных и ковалентных кристаллов. Примеры. Структуры упорядоченных и неупорядоченных сплавов.</p> <p>Симметрия магнитоупорядоченных кристаллов. Магнитная</p>	5

	<p>симметрия. Магнитные точечные группы и схема их вывода. Описание магнитных структур кристаллов.</p> <p>Описание симметрии тензорных макроскопических свойств кристаллов. Явный вид тензоров деформации, электропроводности, восприимчивости и т.д.) разных рангов в кристаллах разной симметрии.</p>	
Динамика кристаллической решетки.	<p>Динамические уравнения для кристаллической решетки в гармоническом приближении. Адиабатическое приближение. Гамильтониан решетки в гармоническом приближении. Циклические граничные условия. Нормальные координаты. Фононы. Уравнение для собственных частот.</p> <p>Свойства собственных частот колебаний решетки. Собственные частоты для линейной цепочки. Акустические и оптические ветви колебаний. Модель Дебая. Функция распределения частот.</p> <p>Термодинамические свойства решетки в гармоническом приближении. Свободная энергия. Теплоемкость решетки.</p> <p>Ангармонизм колебаний решетки. Роль ангармонизма. Фонон-фононное взаимодействие. Тепловое расширение. Влияние ангармонизма на теплоемкость решетки. Поглощение звука в кристалле. Внутреннее трение.</p> <p>Колебания решетки с примесями. Модели точечных дефектов в кристаллах. Локальные и квазилокальные колебания. Спектры примесных кристаллов. Теплоемкость решетки с примесями.</p> <p>Теория рассеяния излучений в решетке. Упругое и неупругое рассеяние нейтронов и рентгеновских лучей. Фактор Дебая-Валлера. Эффект Мессбауэра.</p>	5
Динамика электронов в кристалле.	<p>Общий вид одноэлектронного уравнения Шредингера для кристалла. Понятие основной области. Адиабатическое приближение. Разложение по параметру отношения масс. Уравнения Хартри-Фока в кристалле.</p> <p>Спектр и волновые функции одноэлектронного уравнения. Трансляционная симметрия задачи. Теорема Блоха. Формулировка задачи в элементарной кристаллической ячейке. Зона Бриллюэна. Характер спектра. Плотность состояний.</p> <p>Статистика электронов в кристалле. Классификация состояний. Заполнение состояний. Уровень Ферми. Случай $T=0^{\circ}\text{K}$. Функция распределения Ферми. Зонный критерий металла, полупроводника, диэлектрика. Электронная теплоемкость. Парамагнетизм Паули.</p> <p>Приближение свободных электронов. Почти свободные электроны. Пустая решетка. Псевдопотенциал. Модель Харрисона.</p> <p>Приближение сильной связи. Одна полоса. Сильная связь как расчетный метод. Детерминантное уравнение сильной связи. Интерполяция на основе сильной связи.</p> <p>Динамика электрона с произвольным законом дисперсии. Уравнения движения. Квазиклассическое приближение. Характеристика поверхности Ферми. Проблема восстановления</p>	5

	поверхности Ферми по эксперименту.	
Магнитные свойства.	<p>Основные положения. Природа элементарных магнитных моментов. Классификация веществ по их магнитным свойствам. Теорема Борван-Левен-Терлецкого.</p> <p>Парамагнетизм. Парамагнетизм атомов, ионов и молекул. Парамагнетизм электронов проводимости в металлах и полупроводниках. Парамагнитный резонанс, электронный и ядерный.</p> <p>Диамагнетизм. Диамагнетизм атомов и молекул. Спектр электронов проводимости в квантующем магнитном поле. Диамагнетизм Ландау. Эффект де Гааза-ван Альфена.</p> <p>Ферромагнетизм. Основные свойства ферромагнетиков. Молекулярное поле Вейсса. Прямое обменное взаимодействие. Косвенное обменное взаимодействие. Ферромагнетизм в модели коллективизированных электронов. s-d (f)-обменная модель. Спиновые волны. Ферромагнитный резонанс. Резонанс спиновых волн. Температурная зависимость самопроизвольной намагниченности и магнитной части и магнитной части теплоемкости. Доменная структура ферромагнетиков. Магнитная анизотропия и магнитострикция.</p> <p>Антиферромагнетизм. Основные свойства антиферромагнетиков. Подрешеточная модель. Спиновые волны в антиферромагнетиках.</p> <p>Ферримагнетизм, слабый ферромагнетизм, спиральные структуры. Основные свойства и качественные представления об их природе.</p>	5
Физическая кинетика.	<p>Феноменологическая теория явлений переноса. Основы термодинамики необратимых процессов. Кинетические коэффициенты и их связь с наблюдаемыми величинами. Соотношения Онзагера.</p> <p>Кинетические уравнения. Составление кинетического уравнения. Вариационный принцип, его физический смысл.</p> <p>Теория электросопротивления. Остаточное сопротивление разбавленных и концентрированных сплавов. Правило Линде. Сопротивление, обусловленное фононами. Теория Блоха. Формула Грюнайзена. Правило Маттиссена. Особенности сопротивления переходных и магнитных (ферро- и антиферромагнитных) металлов. Электросопротивление полупроводников.</p> <p>Теория теплосопротивления. Качественный анализ теплопроводности металлов. Электронная и решеточная теплопроводность. Закон Видемана-Франца. Теплопроводность диэлектриков.</p> <p>Термоэлектрические и термомагнитные явления. Эффекты Томсона, Пельтье и Зеебека в металлах и полупроводниках. Влияние увлечения фононов на термоэлектрические явления. Термомагнитные явления.</p> <p>Гальваномагнитные явления. Эффект Холла. Его особенности в ферромагнетиках. Влияние магнитного поля на электросопротивление металлов. Правило Колера. Магнитосопротивление в сильных</p>	5

	<p>магнитных полях и его особенности, связанные с топологией Ферми-поверхности. Гальваномагнитные явления в полупроводниках.</p> <p>Кинетические явления в переменных полях. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Соотношения Крамерса-Кронига. Поглощение свободными носителями и квантовые межзонные переходы (фундаментальное поглощение). Экситонное поглощение. Фотоэлектрические эффекты. Магнетооптические эффекты Зеемана, Фарадея и Керра.</p>	
Сверхпроводимость.	<p>Фундаментальные свойства сверхпроводников. Явление сверхпроводимости. Характер фазового перехода нормальный металл – сверхпроводник. Эффект Мейсснера. Критическое магнитное поле. Критический ток. Уравнение Лондонов. Глубина проникновения.</p> <p>Сверхпроводники первого и второго рода. Длина когерентности. Связь между током и полем. Разделение сверхпроводников первого рода. Доменная структура.</p> <p>Магнитные свойства сверхпроводников второго рода. Зависимость индукции от внешнего магнитного поля. Верхнее и нижнее критическое поле. Роль поверхностной энергии. Вихревые нити Абрикосова. Квантование магнитного потока. Экспериментальное наблюдение вихревых нитей. Критический ток в сверхпроводниках второго рода.</p> <p>Микроскопическая теория сверхпроводников. Неустойчивость нормальной фазы электронов при наличии притяжения между ними (задача Купера). Теория Бардина-Купера-Шриффера. Энергии возбужденных состояний сверхпроводника и энергетическая щель. Выражение для температуры перехода. Роль кулоновского взаимодействия в спаривании электронов на поверхности Ферми.</p> <p>Понятие о высокотемпературной сверхпроводимости. Явление высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). Типичная фазовая диаграмма ВТСП. Примеры ВТСП материалов.</p>	5
	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.
Раздел 1. Симметрия кристаллов	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины.	25
Раздел 2. Динамика кристаллической решетки	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины.	25
Раздел 3. Динамика электронов в кристалле	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины.	25
Раздел 4. Магнитные свойства	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом	25

	содержания дисциплины.	
Раздел 5. Кинетические свойства	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины.	25
Раздел 6. Сверхпроводимость	Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины.	25
ИТОГО		150

2.3 Учебно-методические материалы по дисциплине

2.3.1. Основная и дополнительная литература

Основная литература

1. А.И. Китайгородский. Рентгеноструктурный анализ. М., Гостехиздат., 1950.
2. Г.Б. Бокий. Кристаллохимия. М., Наука, 1971.
3. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред, 1957.
4. Дж. Най. Физические свойства кристаллов. М., Мир, 1967.
5. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. М., Мир, 1974.
6. Р. Пайерлс. Квантовая теория твердых тел. М., ИЛ, 1956.
7. Г. Лейбфрид. Микроскопическая теория механических и тепловых свойств кристаллов. М., ИЛ, 1963.
8. Г. Лейбфрид, В. Людвиг. Теория ангармонических эффектов в кристаллах. М., ИЛ, 1963.
9. А. Марадудин, Э. Монролл, Дж. Вейсс. Динамическая теория кристаллической решетки в гармоническом приближении. М., Мир, 1965.
10. В.С. Шпинель. Резонанс гамма-лучей в кристаллах. М., Наука, 1969.
11. Г. Джонс. Теория зон Бриллюэна и электронные состояния в кристаллах. М., Мир 1968.
12. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. М., Наука, 1978.
13. А.И. Ансельм. Введение в теорию полупроводников. М.-Л., ГИФМЛ, 1962.
14. С.В. Вонсовский. Магнетизм. М., Наука, 1971.
15. Ф.Дж. Блатт. Физика электронной проводимости в твердых телах. М., Мир, 1971.
16. А.В. Соколов. Оптические свойства металлов. М., ГИФМЛ, 1961, 464с.
17. П. Де Жен. Сверхпроводимость металлов и сплавов. М., Мир, 1968.
18. Дж. Шриффер. Теория сверхпроводимости. М., Наука, 1970.

Дополнительная литература

1. Дж. Займан. Электроны и фононы. М., ИЛ, 1962.
2. Н.В. Ашкрофт, Н.Д. Мермин. Физика твердого тела, тт. I и II. М., Мир, 1979.
3. И.М. Лифшиц, М.Я. Азбель, М.И. Каганов. Электронная теория металлов. М., Наука, 1971.
4. Д. Маттис. Теория магнетизма. М., Мир, 1967.
5. М.В. Садовский. УФН, 2008, т. 178, с. 1243.
6. Ю.А. Изюмов, Э.З. Курмаев. Высокотемпературные сверхпроводники на основе FeAs-соединений. М.-Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2009.

II. По научно-исследовательской практике

Научно-исследовательская практика реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния» 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
ИТОГО		
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 пробного 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.

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

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.