

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геохимии им. А.П. Виноградова  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИГХ СО РАН)**

ПРИНЯТО

Ученым советом ИГХ СО РАН

Протокол № 7 от 20 июня 2012

Председатель Ученого совета ИГХ СО РАН

член-корреспондент РАН В.С. Шацкий

---

**ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
ПОСЛЕВУЗОВСКОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ (АСПИРАНТУРА)**

**01.04.07 «Физика конденсированного состояния»**

Иркутск

2012 год

## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОСЛЕВУЗОВСКОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО ОТРАСЛИ**

1.1. Ученая степень, присуждаемая при условии освоения основной профессиональной образовательной программы подготовки выпускника в аспирантуре и успешной защиты выпускной квалификационной работы (диссертации на соискание ученой степени кандидата наук) кандидат физико-математических наук.

1.2. Нормативный срок освоения основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования при очной форме обучения составляет 4 года, при заочной форме обучения - 5 лет.

В случае досрочного освоения основной образовательной программы подготовки аспиранта и успешной защиты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук аспиранту присуждается искомая степень независимо от срока обучения в аспирантуре.

1.3. **Цели аспирантуры.** Цель аспирантуры - подготовка научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации.

Целями подготовки аспиранта в соответствии с существующим законодательством являются:

- формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской и педагогической деятельности;
- углубленное изучение теоретических и методологических основ исторических наук;
- совершенствование философского мировоззрения, в том числе ориентированного на профессиональную деятельность;
- совершенствование знаний иностранного языка, в том числе для использования в профессиональной деятельности.

Выпускники аспирантуры являются научными кадрами высшей квалификации, способными самостоятельно ставить и решать производственные проблемы методами научных исследований.

### **1.4. Паспорт специальности**

#### **Шифр специальности:**

01.04.07 Физика конденсированного состояния

#### **Формула специальности:**

Основой специальности является теоретическое и экспериментальное исследование природы кристаллических и аморфных, неорганических и органических веществ в твердом и жидком состояниях и изменение их физических свойств при различных внешних воздействиях.

#### **Области исследований:**

1. Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов, неорганических и органических соединений, диэлектриков и в том числе

материалов световодов как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления.

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

3. Изучение экспериментального состояния конденсированных веществ (сильное сжатие, ударные воздействия, изменение гравитационных полей, низкие температуры), фазовых переходов в них и их фазовые диаграммы 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. Технические и технологические приложения физики конденсированного состояния.

**Смежные специальности:**

01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазма

01.04.04 – Физическая электроника

01.04.09 – Физика низких температур

01.04.10 – Физика полупроводников

01.04.11 – Физика магнитных явлений

01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

02.00.04 – Физическая химия

02.00.06 – Высокомолекулярные соединения

02.00.11 – Коллоидная химия

02.00.21 – Химия твердого тела

03.01.02 – Биофизика

05.16.09 – Материаловедение (по отраслям)

05.02.07 – Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки

05.02.09 – Технологии и машины обработки давлением

05.04.11 – Атомное реакторостроение, машины, агрегаты и технология материалов атомной промышленности

05.09.02 – Электротехнические материалы и изделия

05.09.12 – Силовая электроника

05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов

05.16.05 – Обработка металлов давлением

05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

05.27.03 – Квантовая электроника

05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники

**Отрасль наук:**

технические науки (1,6, 7)

физико-математические науки (пункты 1-6)

**2. ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ АСПИРАНТА ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 01.04.07 – ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

2.1. Основная профессиональная образовательная программа подготовки аспирантов реализуется Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук (ИГХ СО РАН) на основании лицензии на право ведения образовательной деятельности в сфере послевузовского профессионального образования.

Образовательная программа послевузовского профессионального образования включает в себя учебный план, рабочие программы дисциплин (модулей), программы практики, обеспечивающие реализацию соответствующей образовательной технологии\*(1).

2.2. Основная профессиональная образовательная программа послевузовского профессионального образования имеет следующую структуру:

2.3. Образовательная составляющая, включающая следующие разделы:

- Обязательные дисциплины (ОД. А.00);
- Факультативные дисциплины (ФД.А.00);

2.4. Исследовательская составляющая, включающая следующие разделы:

- Научно-исследовательская работа аспиранта (НИР.А.00);
- Кандидатские экзамены (КЭ.А.00);
- Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук (ПД.А.00).

2.5. Трудоемкость освоения содержания образовательной программы послевузовского профессионального образования (по её составляющим и их разделам):

\*(1) На базе образовательной программы послевузовского профессионального образования по соответствующей специальности научных работников научным руководителем совместно с аспирантом разрабатывается индивидуальный план аспиранта.

## 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»

№ пп	Наименование дисциплины	Индекс	Объем в часах	Отчетность
<b>Образовательные дисциплины подготовки аспиранта</b>		<b>ОД.А.00</b>	<b>684</b>	
1.	История и философия науки	ОД.А.01	72	канд. экзамен
2.	Иностранный язык	ОД.А.02	144	канд. экзамен
3.	Специальные дисциплины отрасли науки и научной специальности	ОД.А.03	288	
3.1	Дефекты в твердых телах	ОД.А.03.1	108	
3.2	Квантовая физика твердого тела	ОД.А.03.2	108	
3.3	Симметрия твердых тел	ОД.А.03.3	72	
4.	Дисциплины по выбору аспиранта	ОД.А.04	180	
	Рост и морфология кристаллов			
	Структура и свойства кристаллов			
<b>4.</b>	<b>Факультативные дисциплины</b>	<b>ФД.А.00</b>	<b>216</b>	
4.1	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	ФД.А.01	72	
4.2	Радиоспектроскопия	ФД.А.02	72	
4.3	Оптическая спектроскопия твердого тела	ФД.А.03	72	
<b>Итого времени на образовательную составляющую:</b>			<b>900 часа</b>	
<b>5.</b>	<b>Научно-исследовательская работа, включая выполнение кандидатской диссертации</b>	<b>НИР.А.00</b>	<b>7920 часов</b>	
5.1.	Научно-исследовательская работа (реализованная через авторские программы научных руководителей на основании индивидуальных планов работ аспирантов).	НИР.А.01		
5.2.	Подготовка кандидатской диссертации	НИР.А.02		
<b>6.</b>	<b>Кандидатские экзамены</b>	<b>КЭ.А.00</b>	<b>108</b>	
6.1	Кандидатский экзамен по иностранному языку	КЭ.А.01	36	
6.2	Кандидатский экзамен по истории и философии науки	КЭ.А.02	36	
6.3	Кандидатский экзамен по специальным дисциплинам	КЭ.А.03	36	
<b>7.</b>	<b>Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук</b>	<b>ПД.А.00</b>	<b>540 часов</b>	
<b>Итого на исследовательскую составляющую</b>			<b>8568 часов</b>	
<b>Общий объем подготовки аспиранта</b>			<b>9468 часов</b>	

# СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ АСПИРАНТА ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

## 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»

### 1. Силы связи в твердых телах

Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.

Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO<sub>3</sub>.

Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

### 2. Симметрия твердых тел

Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.

Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.

Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.

### 3. Дефекты в твердых телах

Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.

Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

### 4. Дифракция в кристаллах

Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.

Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.

## **5. Колебания решетки**

Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

## **6. Тепловые свойства твердых тел**

Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.

Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.

Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.

Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.

Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

## **7. Электронные свойства твердых тел**

Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.

Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.

Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.

Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.

Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.

Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.

## **8. Магнитные свойства твердых тел**

Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.

Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.

Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).

Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферромагнетики. Магнитная структура ферромагнетиков.

Спиновые волны, магноны.

Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

## **9. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел**

Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса—Кронига.

Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.

Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).

Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

## **10. Сверхпроводимость**

Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.

Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.

Эффект Джозефсона.

Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

## **Основная литература**

Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.

Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. I, II. М.: Мир, 1979.

Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М.: Мир, 1969.

Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974.

Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высш. шк., 2000.

Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971.

Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1979.

Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. МЦ НМО, М., 2000.



### **3. СРОКИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ АСПИРАНТА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 01.04.07 – ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

Сроки освоения основной профессиональной образовательной программы подготовки выпускника в аспирантуре по научной специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»:

- при очной форме обучения - 4 года.
- при заочной форме обучения - 5 лет.

### **4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ АСПИРАНТА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 01.04.07 – ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

4.1. Основная профессиональная образовательная программа подготовки выпускника в аспирантуре сформирована с учетом следующего: максимальный объем учебной нагрузки аспиранта в период теоретического обучения устанавливается в размере 48 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы.

4.2. Условия реализации основной образовательной программы аспиранта

4.2.1. **Кадровое обеспечение.** Научное руководство аспирантами и соискателями осуществляют доктора и кандидаты физико-математических и технических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»

4.2.2. **Учебно-методическое обеспечение**

Учебная, учебно-методическая и иные библиотечно-информационные ресурсы обеспечивают учебный процесс и гарантируют возможность качественного освоения аспирантом образовательной программы.

ИГХ СО РАН обеспечивает каждого аспиранта основной учебной и учебно-методической литературой, методическими пособиями, необходимыми для организации образовательного процесса по всем дисциплинам лицензируемых образовательных программ, в соответствии с требованиями к основной образовательной программе послевузовского профессионального образования и паспортом специальностей ВАК.

Собственный фонд библиотеки ИГХ СО РАН составляет 20525 экземпляров изданий, из них количество наименований – более 20000. По образовательным программам послевузовского профессионального образования имеются основные реферативные и научные журналы по аспектам научных специальностей. Обеспечен доступ к ресурсам центральной научной библиотеке ИИЦ СО РАН.

Также аспирантам обеспечивается доступ к глобальной сети Интернет, локальный и удаленный доступ к книжным фондам ГПНТБ СО РАН, зарубежным и отечественным полнотекстовым, реферативным и библиографическим базам данных.

4.2.3. **Материально-техническое обеспечение**

ИГХ СО РАН 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.

Для проведения занятий в учреждении имеются актовый зал, а также компьютеризированные кабинеты, оснащенные мультимедийным оборудованием, мониторами на рабочих местах, лаборатория физики твердотельных монокристаллов, химико-аналитическая лаборатория, лаборатория рентгеновских методов анализа, отдел геохимии эндогенных процессов, лаборатория экспериментальной геохимии, лаборатория геохимии изотопов и др., оснащенные электропечами СЗВН-20 для выращивания монокристаллов, атомно-абсорбционными спектрометрами, графитовыми атомизаторами, комплексами для автоклавной пробоподготовки, комплексами для сверхтонкой очистки воды, дифракционными и призменными спектрографами, рентгенофлуорисцентными спектрометрами, рабочими местами минералога-петрографа, печами для гидротермального синтеза минералов, сканирующим зондовым мульти-микроскопом, масс-спектрометрами с индуктивно-связанной плазмой, модулем чистых химических помещений для пробоподготовки, включающий вытяжные шкафы в кислотоупорном исполнении, установки дистилляции кислот, систему микроволнового разложения проб, ламинарные боксы с классом чистоты 100 и др.

## **5. УРОВЕНЬ ПОДГОТОВКИ ЛИЦ, УСПЕШНО ЗАВЕРШИВШИХ ОБУЧЕНИЕ В АСПИРАНТУРЕ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 01.04.07 – ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

### **5.1. Требования к знаниям и умениям выпускника аспирантуры**

#### **5.1.1. Общие требования к выпускнику аспирантуры:**

Выпускник аспирантуры должен быть широко эрудирован, иметь фундаментальную научную подготовку, владеть современными информационными технологиями, включая методы получения, обработки и хранения научной информации, уметь самостоятельно формировать научную тематику, организовывать и вести научно-исследовательскую деятельность по избранной научной специальности.

#### **5.1.2. Требования к научно-исследовательской работе аспиранта**

Научно-исследовательская часть программы должна:

- соответствовать основной проблематике научной специальности, по которой защищается кандидатская диссертация;
- быть актуальной, содержать научную новизну и практическую значимость;
- основываться на современных теоретических, методических и технологических достижениях отечественной и зарубежной науки и практики;
- использовать современную методику научных исследований;
- базироваться на современных методах обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий;
- содержать теоретические (методические, практические) разделы, согласованные с научными положениями, защищаемыми в кандидатской диссертации.

5.1.3. Требования к выпускнику аспирантуры по специальным дисциплинам, иностранному языку, истории и философии науки определяются программами кандидатских экзаменов и требованиями к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

## **5.2. Требования к итоговой государственной аттестации аспиранта**

Требования к итоговой государственной аттестации (порядок представления и защиты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук) установлены Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации (ВАК России).

Порядок проведения кандидатских экзаменов определен Положением о подготовке научно-педагогических и научных кадров в системе послевузовского профессионального образования в Российской Федерации.

Требования к содержанию и оформлению диссертационной работы определяются Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации (ВАК России).

## **6. ДОКУМЕНТЫ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ ОСВОЕНИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ АСПИРАНТА**

Лицам, полностью выполнившим основную образовательную программу послевузовского профессионального образования и успешно прошедшим государственную итоговую аттестацию (защитившим диссертацию на соискание ученой степени кандидата наук), выдается диплом кандидата наук, удостоверяющий присуждение искомой ученой степени.

### **Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:**

1. Федеральные государственные требования к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура) - приказ Минобрнауки России от 16.03.2011 № 1365.
2. Паспорт научной специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния», разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в рамках Номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 г. № 59.
3. Программа-минимум кандидатского экзамена по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния», утвержденная приказом Минобрнауки России от 08.10.2007 № 274 «Об утверждении программ кандидатских экзаменов».

Авторы: д.ф.-м.н. Е.А. Раджабов, к.ф.-м.н. А.А. Шалаев

Ответственный за специальность: д.ф.-м.н. Е.А. Раджабов

Ученый секретарь: к.г.-м.н. И.Ю. Пархоменко.