

 <b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 1 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе

И.В. Бычков

2023 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)\***

### **2.1.1.3 Химия твердого тела**

**Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела**

**Направленность (профиль) – Химия твердого тела**

Высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения

очная

Челябинск, 2023

\*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Химический факультет

Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов

Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела

Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела

Направленность (профиль) – Химия твердого тела

Версия документа - 1	Стр. 2 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------------	------------------------	---------------

Программа по дисциплине «Химия твердого тела» составлена в соответствии с паспортом научной специальности 1.4.15 Химия твердого тела и федеральными государственными требованиями (уровень образования: высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации), утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 года № 951.

Разработчики программы:

Белая Е.А., зав. кафедрой, канд. хим. наук, доцент \_\_\_\_\_

Бурмистров В.А., профессор кафедры,  
д-р физ.-мат. наук, профессор \_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании кафедры химии твердого тела и нанопроцессов от « 17 » 04 2023 г., протокол № 9 .

Программа утверждена на заседании Ученого совета химического факультета от « 20 » 04 2023 г., протокол № 10 .

Согласовано

Декан химического факультета \_\_\_\_\_

Бурмистров В.А.

Заведующий кафедрой химии твердого тела  
и нанопроцессов \_\_\_\_\_

Белая Е.А.

Заведующий отделом аспирантуры  
и докторантуры \_\_\_\_\_

Бочкарева Н.В.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 3 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

**Аннотация программы:** Программа состоит из девяти разделов, включающих рассмотрение основ строения твердых веществ их синтеза, фазовых превращений, химических реакций в твердом состоянии, методов исследования и свойств твердых тел. Часть материала дисциплины предлагается аспирантам изучить самостоятельно, используя литературные источники и Интернет ресурсы. Программа по дисциплине «Химия твердого тела» направлена на подготовку к кандидатскому экзамену.

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины.

**Цель:** овладение аспирантами систематическими знаниями по химии твердого тела, изучение строения, физико-химических свойств и основных принципов получения твердых тел.

#### **Задачи дисциплины:**

- освоение теоретических представлений о структуре и свойствах твердых тел;
- освоение современных методов исследования материалов;
- изучение методов синтеза твердых веществ;
- получение представления о применении твердых веществ.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Химия твердого тела» является обязательной. Преподавание дисциплины осуществляется на втором курсе (4 семестр). Общая трудоемкость дисциплины, в том числе и промежуточная аттестация, составляет 3 зачетных единиц/108 часов, из них контактная работа с преподавателем составляет - 0,33 зачетных единиц/12 часов (практические – 12 часов), самостоятельная работа – 2,45 зачетных единиц/88 часов, контроль – 0,22 зачетных единиц/8 часов.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой подготовкой по химии и физике и навыками владения современными вычислительными средствами. Обучаемый должен обладать навыками химического эксперимента, а также владеть основными понятиями химии твердого тела.

Дисциплина «Химия твердого тела» призвана помочь аспирантам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение кандидатской диссертации.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 4 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

**Требования к «входным» знаниям, умениям и опыту деятельности обучающегося, необходимые при изучении дисциплины**

Знать	Уметь	Владеть
основные методы научно-исследовательской деятельности	выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач	навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования
цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов	составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследование по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты	систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме
фундаментальные основы химии твердого тела и специальных дисциплин	составлять план работы по заданной теме, анализировать получаемые результаты, составлять отчёты о научно-исследовательской работе	синтетическими и физико-химическими методами исследований в химии твердого тела

**3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины**

Результаты обучения по дисциплине	
знать	современные теории строения и свойств твердых тел
уметь	находить взаимосвязь строения и физико-химических свойств твердых тел и применять на практике
владеть	современными методами исследования и способами синтеза твердых веществ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 5 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Вид работы	Семестр				Всего
	1	2	3	4	
Общая трудоёмкость, акад. часов	-	-	-	108	108
Контактная работа:	-	-	-	12	12
Лекции, акад. часов	-	-	-	-	-
Практические (семинары), акад. часов	-	-	-	12	12
Лабораторные работы, акад. часов	-	-	-	-	-
Самостоятельная работа, акад. часов	-	-	-	88	88
Контроль	-	-	-	8	8
Вид контроля (зачёт, экзамен)	-	-	-	канд. экзамен	-

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Количество часов					Форма текущего контроля	
		Всего	Контактная работа			Самостоятельная работа		
			Лекции	Практические, семинары	Лаб. работы			Контроль
1	Общие положения	9		1			8	сообщение на семинаре
2	Строение твердых веществ.	9		1			8	
3	Химическая связь и электронное строение твердых тел.	9		1			8	
4	Реальная структура кристаллов	9		1			8	
5	Фазовые переходы в твердых веществах	11		2			9	

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 6 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

6	Химические реакции твердых веществ	10		1			9	
7	Методы синтеза в химии твердого тела.	11		2			9	сообщение на семинаре
8	Методы исследования твердых веществ	11		2			9	
9	Твердофазные материалы.	9		1			8	
10	Реферат по диссертационному исследованию	12					12	собеседование
11	Контроль	8				8		Кандидат. экзамен
	<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>88</b>	

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела*
1	<b>Общие положения</b>	Специфика химии твердого состояния как раздела химической науки. Общие отличия строения и свойств твердых веществ от газов и жидкостей. Классификация твердых веществ. Кристаллические твердые тела. Монокристаллическое, поликристаллическое и нанокристаллическое состояния твердых веществ. Однофазные и гетерофазные кристаллические тела. Аморфные твердые вещества. Стекла. Некристаллические наночастицы. Микро и мезопористые твердые тела. Жидкие кристаллы. Связь химии твердого тела с другими областями знания.
2	<b>Строение твердых веществ</b>	Строение кристаллических твердых веществ. Кристаллографические пространственные группы симметрии. Кристаллы с ионными и ковалентными решетками. Устойчивость кристаллических структур. Правила Полинга. Металлы и сплавы. Интерметаллические соединения. Кристаллы с участием водородных и ван-дер-ваальсовых связей.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

**Химический факультет**

**Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов**

Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела

Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела

Направленность (профиль) – Химия твердого тела

Версия документа - 1

Стр. 7 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		<p>Супрамолекулярные образования.. Способы организации структур. Структуры с плотнейшими упаковками. Тетрагональная упаковка. Дефекты упаковок, политипизм. Полиэдрическое описание кристаллических структур. Изоморфизм. Некоторые наиболее важные структурные типы. Структуры каменной соли (NaCl) и хлорида цезия (CsCl), сфалерита и вюрцита (ZnS), флюорита (CaF<sub>2</sub>) и антифлюорита (Na<sub>2</sub>O). Структурные типы арсенида никеля (NiAs), иодида кадмия (CdI<sub>2</sub>) и рутила (TiO<sub>2</sub>). Структурные типы перовскита (CaTiO<sub>3</sub>) и шпинели (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). Соединения со слоистой структурой. Общие сведения о структурах силикатов и алюмосиликатов. Соединения внедрения и клатраты. Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Изовалентное и гетеровалентное замещение. Нестехиометрические соединения. Строение аморфных твердых тел. Функция радиального распределения. Нерегулярные плотнейшие упаковки. Описание аморфных структур в полиэдрах. Кластерная модель. Стеклообразное состояние вещества. Факторы, влияющие на стеклообразование. Кинетическая природа стеклообразования. Ближний порядок. Структурные единицы. Топология сочленения структурных единиц на примере кварцевого стекла. Структура квазикристаллов. Несоразмерные структуры. Структура жидких кристаллов.</p>
3	<b>Химическая связь и электронное строение твердых тел</b>	<p>Типы химической связи в твердом теле. Ван-дер-ваальсово взаимодействие в молекулярных кристаллах, клатраты. Ионная модель строения кристаллов, константа Маделунга, энергия ионной решетки. Цикл Борна-Габер и термохимические расчеты. Основы теорий кристаллического поля и поля лигандов применительно к твердым телам. Влияние d-электронов. Энергия стабилизации кристаллическим полем и катионное распределение. Эффект Яна-Теллера. Сравнение тетраэдрического и октаэдрического окружений. Эффект неподеленных электронных пар. Зонная структура кристаллов. Образование зон в результате перекрывания орбиталей. Уровень Ферми. Химический потенциал. Заселенность зон, ее влияние на электрофизические свойства кристаллов. Валентная зона, запрещенная зона, зона проводимости. Металлы и диэлектрики. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная</p>

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 8 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

		<p>проводимость. Общие представления о методах расчета зонной структуры кристаллов. Границы применимости зонной модели. Цепочечные структуры и одномерная проводимость. Двумерные проводники и интеркаляты.</p> <p>Слабые невалентные взаимодействия в твердых супрамолекулярных образованиях. Наноструктуры, объемные кластеры.</p>
4	<b>Реальная структура кристаллов</b>	<p>Совершенные и несовершенные кристаллы. Типы дефектов. Электронные дефекты. Собственные точечные дефекты. Термодинамические причины образования точечных дефектов. Дефектообразование и нестехиометрия кристаллов. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Примесные точечные дефекты. Нейтральные и заряженные точечные дефекты. Квазихимический метод описания равновесия точечных дефектов. Взаимодействие точечных дефектов. Ассоциаты дефектов. Центры окраски. Взаимосвязь концентрации примесей и собственных точечных дефектов. Влияние точечных дефектов на свойства неорганических веществ. Методы создания неравновесных концентраций точечных дефектов: закалка, механическое и радиационное воздействие.</p> <p>Подвижность точечных дефектов. Диффузия и самодиффузия в твердых телах. Основные механизмы самодиффузии. Коэффициент диффузии, энергия активации диффузии. Диффузия, обусловленная градиентом концентраций, законы Фика. Диффузия точечных дефектов в электрическом поле. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Методы исследования диффузии. Ионная проводимость. Подвижность, числа переноса. Температурная зависимость ионной проводимости. Собственная и примесная проводимость. Суперионные проводники (твердые электролиты).</p> <p>Дислокации в кристаллах, основные виды. Причины возникновения дислокаций. Движение дислокаций. Взаимодействие дислокаций. Влияние дислокаций на свойства кристаллов. Экспериментальные методы исследования дислокаций.</p> <p>Твердые тела со структурной разупорядоченностью. Структуры кристаллографического сдвига. Дефекты упаковки. Границы блоков и антифазные домены (границы). Гетерогенные включения. Нейтральные и заряженные протяженные дефекты. Поверхность как дефект строения твердого тела. Поверхностная энергия кристалла. Искажение структуры и электронного строения в приповерхностных слоях. Роль поверхности в</p>



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

**Химический факультет**

**Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов**

Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела

Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела

Направленность (профиль) – Химия твердого тела

Версия документа - 1

Стр. 9 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		химических реакциях твердых тел. Роль соотношения объем-поверхность в свойствах твердых тел. Общие особенности химии твердых наноразмерных частиц. Экспериментальные методы изучения поверхности.
5	<b>Фазовые переходы в твердых веществах</b>	Термодинамическая классификация фазовых переходов. Стабильные и метастабильные фазы. Представление фазовых переходов на диаграммах состояния. Структурные изменения при фазовых переходах. Изменения структуры с ростом температуры и давления. Мартенситные превращения. Механизмы фазовых переходов. Кинетика фазовых переходов. Скорость зародышеобразования. Общая скорость превращения, уравнение Аврами. Факторы, влияющие на кинетику фазовых переходов. Мартенситные превращения. Переходы типа порядок-беспорядок. Несоразмерные фазы. Жидкокристаллическое состояние. Некристаллическое состояние и фазовые переходы в стеклах.
6	<b>Химические реакции твердых веществ</b>	Термодинамические оценки возможности прохождения химических реакций с участием твердых тел. Общие закономерности скорости гетерогенных химических процессов с участием твердых тел. Элементарные кинетические стадии процессов. Роль массопереноса. Процессы, лимитируемые диффузионными и кинетическими стадиями. Роль зародышеобразования в процессах, сопровождающихся образованием твердых продуктов. Термодинамика формирования новой фазы. Критическое пересыщение, критический размер зародыша. Кинетика образования и роста зародышей. Классификация химических гетерогенных процессов с участием твердых фаз. Термическое разложение твердых фаз с образованием продуктов в различных фазовых состояниях. Распад твердых растворов по спинодальному механизму и механизму роста зародышей. Реакции твердая фаза - твердая фаза, твердая фаза - газ, твердая фаза - жидкость. Примеры. Кинетические особенности процессов в каждом случае. Основные факторы, влияющие на реакционную способность твердых тел. Роль примесей и дефектов. Химические реакции на поверхности. Методы управления развитием процессов с участием твердых тел. Нетермические способы повышения реакционной способности твердых тел: фотохимические, радиационно-химические, механические и др.
7	<b>Методы синтеза в химии</b>	Термодинамические основы синтеза твердых веществ. P-T-x фазовые диаграммы двухкомпонентных систем как



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

**Химический факультет**

**Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов**

Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела

Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела

Направленность (профиль) – Химия твердого тела

Версия документа - 1

Стр. 10 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

	<b>твердого тела</b>	<p>геометрическое представление термодинамических данных. Правило фаз Гиббса. Работа с проекциями и сечениями Р-Т-х диаграмм. Основные типы конденсированных фазовых диаграмм двухкомпонентных систем: с простой эвтектикой, с образованием конгруэнтно и инконгруэнтно плавящихся промежуточных соединений, с расслаиванием в жидкой фазе, с неограниченными и ограниченными твердыми растворами, с полиморфизмом компонентов и соединений. Конденсированные диаграммы трехкомпонентных систем. Фазовые равновесия в субсолидусной области. Использование фазовых диаграмм для выбора условий синтеза.</p> <p>Синтез путем твердофазных реакций. Основные термодинамические и кинетические закономерности. Экспериментальное осуществление, роль температуры. Активное состояние твердого тела. Методы активации твердых тел. Механохимическая активация. Основные закономерности и возможности механохимических процессов. Методы интенсификации твердофазных процессов: диспергирование исходных веществ, методы химической гомогенизации. Совместное осаждение компонентов из растворов. Криохимический синтез и распылительная сушка. Кристаллизация из гелей. Золь-гель-процесс. Саморазвивающийся высокотемпературный синтез. Твердофазный синтез при высоких давлениях.</p> <p>Кристаллизация из растворов и расплавов. Использование фазовых диаграмм. Кривые растворимости. Основные кинетические закономерности. Особенности зародышеобразования. Возможность образования метастабильных фаз. Политермические и изотермические процессы синтеза. Экспериментальное оформление. Методы электрохимического синтеза.</p> <p>Кристаллизация из паровой фазы. Основные термодинамические и кинетические закономерности. Процессы сублимации-конденсации. Управление составом внутри области гомогенности отжигом в паре компонентов. Синтез и очистка веществ с помощью химических транспортных реакций в паровой фазе. Теоретические основы, основные закономерности и возможности.</p> <p>Гидротермальные методы синтеза твердых веществ. Применение различных физических (ультразвукового, микроволнового и др.) воздействий при синтезе твердофазных веществ.</p> <p>Выращивание монокристаллов. Общие кинетические</p>
--	----------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

**Химический факультет**

**Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов**

Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела

Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела

Направленность (профиль) – Химия твердого тела

Версия документа - 1

Стр. 11 из 31

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

		<p>особенности. Механизмы роста кристаллов. Выращивание из расплавов и растворов. Методы Чохральского и Бриджмена-Стокбаргера. Зонная плавка. Выращивание из газовой фазы. Газоплазменный метод Вернейля.</p> <p>Получение твердых веществ в виде тонких слоев и пленок. Поликристаллические и эпитаксиальные пленки. Физические методы: лазерная абляция, магнетронное распыление, электронно-лучевое испарение. Химическое осаждение из паровой фазы, использование гидридов, галогенидов, металлоорганических соединений. Метод молекулярного наслаивания. Получение пленок из растворов и расплавов. Жидкофазная эпитаксия. Электрохимическая кристаллизация пленок и покрытий.</p> <p>Керамика. Основные закономерности и способы спекания. Способы получения твердых аморфных веществ и стекол. Методы получения твердых фаз в наноразмерном состоянии.</p>
8	<b>Методы исследования твердых веществ</b>	<p>Методы изучения кристаллического строения твердых тел. Дифракция рентгеновских лучей. Уравнение Вульфа-Брэгга, расчет межплоскостных расстояний. Метод порошка, научные основы и применение. Индексирование рентгенограмм. Идентификация веществ по рентгенограммам, рентгенофазовый анализ. Общие представления о структурном анализе по порошковым данным. Метод Ритвельда. Рентгенографическое исследование монокристаллов, общие представления о ходе структурного анализа. Получение структурных данных с помощью электронной и нейтронной дифракции. Особенности и возможности методов.</p> <p>Другие методы изучения строения твердых веществ. Кристаллооптический анализ. Электронная микроскопия: принципы и возможности сканирующей электронной микроскопии, туннельной электронной микроскопии, электронной микроскопии высокого разрешения. Спектральные методы: колебательная спектроскопия, ИК- и КР- спектры; спектроскопия видимого излучения и УФ-спектроскопия; спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР), ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР); ядерная g -резонансная (мессбауэровская) спектроскопия.</p> <p>Методы определения химического состава. Химический элементный анализ. Рентгенофлуоресцентный анализ. Локальный рентгеноспектральный анализ, масс-спектрометрические методы, атомно-эмиссионная</p>

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 12 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

		<p>спектроскопия.</p> <p>Методы исследования поверхности. Оже-электронная спектроскопия, РФЭС, обратное резерфордское рассеяние. Методы исследования ближнего окружения атомов. Рентгеновская абсорбционная спектроскопия (EXAFS, XANES). Исследования термических свойств веществ. Термогравиметрический анализ. Дифференциально-термический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия. Методы исследования электрических и магнитных свойств.</p>
9	<b>Твердофазные материалы</b>	<p>Классификация твердофазных материалов по функциональным свойствам.</p> <p>Ионная проводимость и твердые электролиты. Суперионные проводники. Катионные проводники. Кислород-ионные проводники. Галогенид-ионные проводники. Применение твердых электролитов (источники тока, топливные элементы, химические датчики).</p> <p>Полупроводники. Классификация полупроводниковых материалов. Элементарные полупроводники: германий и кремний. Полупроводниковые соединения <math>A_3B_5</math> и <math>A_2B_6</math>. Кристаллохимические особенности. Арсенид галлия. Нитрид галлия. Химические основы легирования полупроводников. Гетероструктуры и сверхрешетки. Основные области применения полупроводников.</p> <p>Диэлектрики. Химическая и физическая природа диэлектриков. Наведенная и спонтанная поляризация. Сегнетоэлектрики, пироэлектрики и пьезоэлектрики. Примеры. Области применения сегнетоэлектриков, пироэлектриков и пьезоэлектриков.</p> <p>Магнитные материалы. Функциональные параметры. Классификация магнитных материалов, основные структуры и свойства (металлы и сплавы, оксиды переходных металлов, шпинели, гранаты, перовскиты, гексаферриты). Области применения, взаимосвязь структуры и свойств. Материалы с эффектом гигантского (ГМС) и колоссального (КМС) магнитного сопротивления.</p> <p>Оптические материалы. Люминесцентные материалы и люминофоры. Фосфоресцирующие материалы. Твердотельные источники лазерного излучения (рубиновый и неодимовый лазеры). Нелинейные оптические материалы. Основные области применения.</p> <p>Сверхпроводящие материалы. Традиционные (металлы и</p>

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 13 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

		<p>интерметаллиды) и высокотемпературные (оксиды) сверхпроводники. Взаимосвязь состав - структура - свойство для высокотемпературных сверхпроводников на основе купратов. Области и перспективы применения.</p> <p>Тугоплавкие материалы. Металлы и сплавы, оксиды, карбиды, бориды, нитриды, силициды. Композиционные материалы, их классификация и методология создания. Металлсодержащие композиционные материалы.</p> <p>Аморфные материалы и стекла. Факторы, влияющие на стеклообразование. Оксидные и халькогенидные стекла. Электропроводящие стекла. Металлические стекла. Стеклокерамика. Ситаллы. Различные области применения стекол. Жидкие кристаллы.</p> <p>Органические функциональные материалы. Основные типы и области применения. Биоматериалы</p>
--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

\*Содержание разделов составлено в соответствии с паспортом научной специальности 1.4.15. Химия твердого тела

## 5. Образовательные технологии

- информационно-коммуникационные технологии;
- исследовательские методы в обучении;
- интерактивные технологии;
- применение новых методов обучения, связанных с использованием возможностей виртуальной информационной среды (мультимедийные технологии).

В соответствии с утвержденной основной образовательной программой по научной специальности 1.4.15. Химия твердого тела (направленность (профиль) – Химия твердого тела) программа дисциплины «Химия твердого тела» предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков у обучающихся. Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:

- создание диалогического пространства в организации учебного процесса;
- использование принципов социально-психологического обучения в учебной и научной деятельности;

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 14 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

- формирование психологической готовности преподавателей к использованию интерактивных форм обучения, направленных на развитие внутренней активности аспиранта и достижения ряда важнейших образовательных целей: стимулирование мотивации и интереса в области углубленного изучения химии твердого тела в общеобразовательном и профессиональном плане; повышение уровня активности и самостоятельности научно-исследовательской работы; развитие навыков анализа, критичности мышления, научной коммуникации.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

### 6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Химия твердого тела»

№	Контролируемые разделы дисциплины	Результаты обучения	Наименование оценочного средства
1	Общие положения	<b>знать:</b> современные теории строения и свойств твердых тел; <b>уметь:</b> находить взаимосвязь строения и физико-химических свойств твердых тел и применять на практике; <b>владеть:</b> современными методами исследования и способами синтеза твердых веществ	Реферат Экзамен
2	Строение твердых веществ.		
3	Химическая связь и электронное строение твердых тел.		
4	Реальная структура кристаллов.		
5	Фазовые переходы в твердых веществах		
6	Химические реакции твердых веществ		
7	Методы синтеза в химии твердого тела.		
8	Методы исследования твердых веществ		
9	Твердофазные материалы.		

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 15 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

## 6. 2. Оценочные средства

### *Текущий контроль*

#### **Примерный перечень тем рефератов**

1. Кристаллические твердые тела. Моно- и поликристаллы и их применение.
2. Нанокристаллические вещества. Их практическое применение
3. Аморфные твердые вещества. Свойства и использование
4. Вещества с каркасной структурой. Свойства и применение.
5. Соединения со слоистой структурой. Соединения внедрения и клатраты. Новые материалы и перспективы применения.
6. Твердые растворы. Изовалентное и гетеровалентное замещение. Получение новых материалов и перспективы применения.
7. Наноструктуры, объемные кластеры. Получение и области использования.
8. Влияние дислокаций на свойства кристаллов. Экспериментальные методы исследования дислокаций.
9. Экспериментальные методы изучения поверхности. Оже-электронная спектроскопия, РФЭС, обратное резерфордское рассеяние.
10. Механохимическая активация. Основные закономерности и возможности использования механохимических процессов.
11. Кристаллизация из растворов, расплавов и газовой фазы. Синтез и очистка веществ.
12. Гидротермальные методы синтеза твердых веществ. Выращивание монокристаллов.
13. Методы Чохральского и Бриджмена-Стокбаргера. Зонная плавка. Газоплазменный метод Вернейля.
14. Получение твердых веществ в виде тонких слоев и пленок. Поликристаллические и эпитаксиальные пленки и их области применения.
15. Керамика. Получение и применение.
16. Методы получения наночастиц и их применение.
17. Рентгеноструктурный анализ. Исследование порошков и монокристаллов.
18. Электронная и нейтронная дифракция. Особенности и возможности методов.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 16 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

19. Кристаллооптический анализ.
20. Электронная микроскопия: принципы и возможности.
21. Спектральные методы: колебательная спектроскопия, ИК- и КР-спектры; спектроскопия видимого излучения и УФ-спектроскопия.
22. Резонансные методы в химии твердого тела: спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР), ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР); ядерная  $\gamma$ -резонансная (мессбауэровская) спектроскопия.
23. Методы определения химического состава. Химический элементный анализ. Рентгенофлуоресцентный анализ. Локальный рентгеноспектральный анализ, масс-спектрометрические методы, атомно-эмиссионная спектроскопия.
24. Методы исследования ближнего окружения атомов. Рентгеновская абсорбционная спектроскопия (EXAFS, XANES).
25. Исследования термических свойств веществ. Термогравиметрический анализ. Дифференциально-термический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия.
26. Методы исследования электрических и магнитных свойств.
27. Ионная проводимость и твердые электролиты.
28. Полупроводники и их применение.
29. Диэлектрики. Сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики и пьезоэлектрики. Области применения.
30. Магнитные материалы. Области применения, взаимосвязь структуры и свойств.
31. Оптические материалы. Основные области применения.
32. Сверхпроводящие материалы. Традиционные (металлы и интерметаллиды) и высокотемпературные (оксиды) сверхпроводники. Области и перспективы применения.
33. Тугоплавкие материалы. Металлы и сплавы, оксиды, карбиды, бориды, нитриды, силициды.
34. Композиционные материалы, их классификация и методология создания. Металлсодержащие композиционные материалы.
35. Аморфные материалы и стекла. Различные области применения стекол.
36. Органические функциональные материалы. Основные типы и области применения. Биоматериалы.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 17 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

### ***Промежуточная аттестация***

**Вопросы** к экзамену формируются в соответствии с программой кандидатского экзамена и паспортом научной специальности 1.4.15. Химия твердого тела.

**Реферат** (на экзамене проводится собеседование и выставляется оценка).

Пишется в соответствии с общими требованиями к реферативным работам, представляет собой обзор мнений, точек зрения, научных положений по тематике диссертации.

**Экзамен** проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса. В содержание экзамена также входит собеседование по содержанию полностью или частично подготовленного кандидатского исследования.

### ***Вопросы к кандидатскому экзамену***

1. Специфика химии твердого состояния как раздела химической науки. Общие отличия строения и свойств твердых веществ от газов и жидкостей. Классификация твердых веществ. Связь химии твердого тела с другими областями знания.
2. Кристаллические твердые тела. Монокристаллическое, поликристаллическое и нанокристаллическое состояния твердых веществ. Однофазные и гетерофазные кристаллические тела.
3. Аморфные твердые вещества. Стекла. Некристаллические наночастицы. Микро и мезопористые твердые тела. Жидкие кристаллы.
4. Кристаллы с ионными и ковалентными решетками.
5. Устойчивость кристаллических структур. Правила Полинга.
6. Металлы и сплавы. Интерметаллические соединения.
7. Кристаллы с участием водородных и ван-дер-ваальсовых связей. Супрамолекулярные образования.
8. Структуры с плотнейшими упаковками. Тетрагональная упаковка. Дефекты упаковок, политипизм.
9. Полиэдрическое описание кристаллических структур. Изоморфизм.
10. Структуры каменной соли (NaCl) и хлорида цезия (CsCl), сфалерита и вюрцита (ZnS), флюорита (CaF<sub>2</sub>) и антифлюорита (Na<sub>2</sub>O).
11. Структурные типы арсенида никеля (NiAs), иодида кадмия (CdI<sub>2</sub>) и рутила (TiO<sub>2</sub>).
12. Структурные типы перовскита (CaTiO<sub>3</sub>) и шпинели (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>).

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 18 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

13. Соединения со слоистой структурой. Соединения внедрения и клатраты.
14. Структуры силикатов и алюмосиликатов.
15. Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Изовалентное и гетеровалентное замещение. Нестехиометрические соединения.
16. Строение аморфных твердых тел. Функция радиального распределения. Ближний порядок. Описание аморфных структур в полиэдрах. Кластерная модель.
17. Стеклообразное состояние вещества. Факторы, влияющие на стеклообразование. Структурные единицы. Топология сочленения структурных единиц на примере кварцевого стекла.
18. Структура квазикристаллов. Несоразмерные структуры. Структура жидких кристаллов.
19. Ван-дер-ваальсово взаимодействие в молекулярных кристаллах, клатраты.
20. Ионная модель строения кристаллов, константа Маделунга, энергия ионной решетки. Цикл Борна-Габер и термохимические расчеты.
21. Основы теорий кристаллического поля и поля лигандов применительно к твердым телам. Энергия стабилизации кристаллическим полем и катионное распределение. Эффект Яна-Теллера. Эффект неподеленных электронных пар.
22. Образование зон в результате перекрывания орбиталей. Уровень Ферми. Химический потенциал. Заселенность зон, ее влияние на электрофизические свойства кристаллов.
23. Валентная зона, запрещенная зона, зона проводимости. Металлы и диэлектрики. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость.
24. Общие представления о методах расчета зонной структуры кристаллов. Границы применимости зонной модели.
25. Цепочечные структуры и одномерная проводимость. Двумерные проводники и интеркаляты.
26. Слабые невалентные взаимодействия в твердых супрамолекулярных образованиях. Наноструктуры, объемные кластеры.
27. Типы дефектов. Электронные дефекты. Собственные точечные дефекты.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 19 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

28. Термодинамические причины образования точечных дефектов. Дефектообразование и нестехиометрия кристаллов.
29. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Примесные точечные дефекты. Нейтральные и заряженные точечные дефекты.
30. Квазихимический метод описания равновесия точечных дефектов. Взаимодействие точечных дефектов.
31. Влияние точечных дефектов на свойства неорганических веществ. Методы создания неравновесных концентраций точечных дефектов: закалка, механическое и радиационное воздействие.
32. Диффузия и самодиффузия в твердых телах. Основные механизмы самодиффузии.
33. Коэффициент диффузии, энергия активации диффузии. Диффузия, обусловленная градиентом концентраций, законы Фика. Методы исследования диффузии.
34. Ионная проводимость. Подвижность, числа переноса. Температурная зависимость ионной проводимости. Собственная и примесная проводимость. Суперионные проводники (твердые электролиты).
35. Основные виды и причины возникновения дислокаций. Вектор Бюргерса. Движение дислокаций. Взаимодействие дислокаций. Влияние дислокаций на свойства кристаллов. Экспериментальные методы исследования дислокаций.
36. Структуры кристаллографического сдвига. Дефекты упаковки. Границы блоков и антифазные домены (границы). Гетерогенные включения. Нейтральные и заряженные протяженные дефекты.
37. Поверхность как дефект строения твердого тела. Поверхностная энергия кристалла. Искажение структуры и электронного строения в приповерхностных слоях. Роль поверхности в химических реакциях твердых тел.
38. Роль соотношения объем-поверхность в свойствах твердых тел. Общие особенности химии твердых наноразмерных частиц.
39. Экспериментальные методы изучения поверхности. Оже-электронная спектроскопия, РФЭС, обратное резерфордское рассеяние.
40. Термодинамическая классификация фазовых переходов. Представление фазовых переходов на диаграммах состояния.
41. Структурные изменения при фазовых переходах. Изменения структуры с ростом температуры и давления.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 20 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

42. Мартенситные превращения.
43. Механизмы фазовых переходов. Кинетика фазовых переходов. Скорость зародышеобразования. Общая скорость превращения, уравнение Аврами. Факторы, влияющие на кинетику фазовых переходов.
44. Некристаллическое состояние и фазовые переходы в стеклах.
45. Термодинамические оценки возможности прохождения химических реакций с участием твердых тел.
46. Общие закономерности скорости гетерогенных химических процессов с участием твердых тел.
47. Процессы, лимитируемые диффузионными и кинетическими стадиями. Диффузионные кинетические модели.
48. Роль зародышеобразования в процессах, сопровождающихся образованием твердых продуктов. Термодинамика формирования новой фазы. Критическое пересыщение, критический размер зародыша. Кинетика образования и роста зародышей.
49. Основные факторы, влияющие на реакционную способность твердых тел. Роль примесей и дефектов. Методы управления развитием процессов с участием твердых тел. Нетермические способы повышения реакционной способности твердых тел.
50. P-T-x фазовые диаграммы двухкомпонентных систем как геометрическое представление термодинамических данных. Правило фаз Гиббса.
51. Основные типы конденсированных фазовых диаграмм двухкомпонентных систем. Конденсированные диаграммы трехкомпонентных систем. Использование фазовых диаграмм для выбора условий синтеза.
52. Активное состояние твердого тела. Методы активации твердых тел. Механохимическая активация. Основные закономерности и возможности механохимических процессов.
53. Методы интенсификации твердофазных процессов: диспергирование исходных веществ, методы химической гомогенизации. Совместное осаждение компонентов из растворов. Криохимический синтез и распылительная сушка. Кристаллизация из гелей. Золь-гель-процесс.
54. Саморазвивающийся высокотемпературный синтез. Твердофазный синтез при высоких давлениях.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 21 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

55. Кристаллизация из растворов и расплавов. Политермические и изотермические процессы синтеза. Экспериментальное оформление. Методы электрохимического синтеза.
56. Кристаллизация из газовой фазы. Основные термодинамические и кинетические закономерности. Управление составом внутри области гомогенности отжигом в паре компонентов. Синтез и очистка веществ с помощью химических транспортных реакций в паровой фазе.
57. Гидротермальные методы синтеза твердых веществ.
58. Выращивание монокристаллов. Общие кинетические особенности. Механизмы роста кристаллов. Выращивание из расплавов и растворов.
59. Методы Чохральского и Бриджмена-Стокбаргера. Зонная плавка. Газоплазменный метод Вернейля.
60. Получение твердых веществ в виде тонких слоев и пленок. Поликристаллические и эпитаксиальные пленки. Физические методы. Химическое осаждение из паровой фазы. Метод молекулярного наслаивания. Получение пленок из растворов и расплавов. Жидкофазная эпитаксия. Электрохимическая кристаллизация пленок и покрытий.
61. Керамика. Основные закономерности и способы спекания. Способы получения твердых аморфных веществ и стекол. Методы получения твердых фаз в наноразмерном состоянии.
62. Дифракция рентгеновских лучей. Уравнение Вульфа-Брэгга, расчет межплоскостных расстояний. Метод порошка.
63. Индексирование рентгенограмм. Идентификация веществ по рентгенограммам, рентгенофазовый анализ.
64. Рентгеноструктурный анализ. Исследование порошков и монокристаллов.
65. Электронная и нейтронная дифракция. Особенности и возможности методов.
66. Кристаллооптический анализ.
67. Электронная микроскопия: принципы и возможности сканирующей электронной микроскопии, туннельной электронной микроскопии, электронной микроскопии высокого разрешения.
68. Спектральные методы: колебательная спектроскопия, ИК- и КР-спектры; спектроскопия видимого излучения и УФ-спектроскопия; спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР), ядерного

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 22 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

квадрупольного резонанса (ЯКР) и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР); ядерная  $\gamma$  -резонансная (мессбауэровская) спектроскопия.

69. Методы определения химического состава. Химический элементный анализ. Рентгенофлуоресцентный анализ. Локальный рентгеноспектральный анализ, масс-спектрометрические методы, атомно-эмиссионная спектроскопия.
70. Методы исследования ближнего окружения атомов. Рентгеновская абсорбционная спектроскопия (EXAFS, XANES).
71. Исследования термических свойств веществ. Термогравиметрический анализ. Дифференциально-термический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия.
72. Методы исследования электрических и магнитных свойств.
73. Классификация твердофазных материалов по функциональным свойствам.
74. Ионная проводимость и твердые электролиты. Суперионные проводники. Катионные проводники. Кислород-ионные проводники. Галогенид-ионные проводники. Применение твердых электролитов (источники тока, топливные элементы, химические датчики).
75. Полупроводники. Классификация полупроводниковых материалов. Химические основы легирования полупроводников. Гетероструктуры и сверхрешетки. Основные области применения полупроводников.
76. Диэлектрики. Химическая и физическая природа диэлектриков. Наведенная и спонтанная поляризация. Сегнетоэлектрики, пироэлектрики и пьезоэлектрики. Области применения.
77. Магнитные материалы. Функциональные параметры. Классификация магнитных материалов. Области применения, взаимосвязь структуры и свойств.
78. Оптические материалы. Люминесцентные материалы и люминофоры. Фосфоресцирующие материалы. Твердотельные источники лазерного излучения. Нелинейные оптические материалы. Основные области применения.
79. Сверхпроводящие материалы. Традиционные (металлы и интерметаллиды) и высокотемпературные (оксиды) сверхпроводники. Области и перспективы применения.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 23 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

80. Тугоплавкие материалы. Металлы и сплавы, оксиды, карбиды, бориды, нитриды, силициды.
81. Композиционные материалы, их классификация и методология создания. Металлсодержащие композиционные материалы.
82. Аморфные материалы и стекла. Факторы, влияющие на стеклообразование. Оксидные и халькогенидные стекла. Электропроводящие стекла. Металлические стекла. Стеклокерамика. Ситаллы. Различные области применения стекол. Жидкие кристаллы.
83. Органические функциональные материалы. Основные типы и области применения. Биоматериалы.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене/зачете.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Эти средства могут быть предоставлены ЧелГУ или могут использоваться собственные технические средства.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 24 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

### 6.3. Критерии оценивания результатов обучения

Оценивание результатов обучения проводится по пятибалльной шкале:

**«Отлично» (5 баллов)** – Полно раскрыто содержание материала билета: исчерпывающие и аргументированные ответы на вопросы в билете. Материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, не требует дополнительных пояснений, точно используется терминология. Демонстрируются глубокие знания дисциплин специальности. Даны обоснованные ответы на дополнительные вопросы преподавателя.

**«Хорошо» (4 балла)** – Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются систематизировано и последовательно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер, в изложении допущены небольшие неточности, не искажающие содержание ответа. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия. При ответе на дополнительные вопросы преподавателя полные ответы даны только при помощи наводящих вопросов.

**«Удовлетворительно» (3 балла)** – Неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса. Имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после наводящих вопросов. Демонстрируются поверхностные знания дисциплин специальности; имеются затруднения с выводами. При ответе на дополнительные вопросы преподавателя ответы даются только при помощи наводящих вопросов.

**«Неудовлетворительно» (1-2 балла)** – Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине, не раскрыто его основное содержание. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях, при использовании терминологии, которые не исправлены после наводящих вопросов. Демонстрирует не знание и непонимание существа экзаменационных вопросов. Не даны ответы на дополнительные или наводящие вопросы преподавателя.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 25 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей обучающихся:

а) инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, в письменной форме на языке Брайля, устно с использованием услуг сурдопереводчика);

б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);

в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно на языке Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) может проводиться в несколько этапов.

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

**Самостоятельная работа** аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечным фондам и доступом к сети Интернет.

Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к самостоятельной научно-исследовательской деятельности;
- овладению приемами процесса познания и развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа аспирантов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 26 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

### **Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся:**

Самостоятельная работа аспиранта является показателем научного потенциала, умения работы с литературными источниками и нормативными актами, материалами экономической и педагогической практики, способности аспиранта к самостоятельному анализу проблемных вопросов. Она состоит в изучении учебной и научной литературы, в выполнении заданий для самостоятельной работы.

Аспиранты очной, а также и заочной форм обучения изучают и нарабатывают теоретический и практический материал по большей части самостоятельно. На кафедре экономической теории и регионального развития в списке рекомендованной литературы предложен объем учебной и научной литературы, следовательно, аспиранту необходимо как можно чаще обращаться к фондам научных библиотек, а также и к периодической литературе, следить за новеллами в области развития экономики. При изучении научной, учебной литературы необходимо сопоставить содержание имеющейся в наличии литературы с программой кандидатского экзамена по специальности. В случае отсутствия того или иного источника литературы, необходимо обратиться к фондам Российской государственной библиотеки (г. Москва). Аспирант должен провести тщательную подготовительную работу с научной литературой по своей специальности, освоить теоретические, общие и частнонаучные методы поиска.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 27 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

### Основная литература

1. Ильин, А. П. Химия твердого тела : учебное пособие / А. П. Ильин, Н. Е. Гордина. — Иваново : ИГХТУ, 2006. — 216 с. — ISBN 5-9616-0126-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4486>
2. Уваров, Н. Ф. Химия твердого тела : учебное пособие / Н. Ф. Уваров, Ю. Г. Матейшина. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. - 108 с. - ISBN 978-5-7782-3831-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1869096>

### Дополнительная литература

1. Вест, А. Р. Химия твердого тела : теория и приложения : в 2 частях / А. Р. Вест ; пер. с англ. А. Р. Кауля, И. Б. Куценка ; под ред. Ю. Д. Третьякова. – Москва : Мир, . – Пер. изд.: Solid state chemistry and its applications / A. R. West. - Chichester, 1984.
2. Уваров, Н. Ф. Химия твердого тела. Физические методы исследований : учебное пособие / Н. Ф. Уваров, Ю. Г. Матейшина. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. - 72 с. - ISBN 978-5-7782-4247-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1869097>

### Электронные фонды и ресурсы

Средством доступа к системе собственных электронных ресурсов является сайт библиотеки [www.lib.csu.ru](http://www.lib.csu.ru). Электронный каталог обеспечивает полное и оперативное представление о библиотечном фонде, повышает качество и эффективность поиска информации – более ,5 млн. записей.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 28 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

1. *Электронный каталог. Библиографические базы данных.*  
 Книги, электронные ресурсы, диссертации и авторефераты.

2. *Электронная библиотека.*

Издавания ЧелГУ, УМК; диссертации, защищенные в советах ЧелГУ, резервные коллекции, фонд редких книг, электронный справочник «Информио», статистические издания России и стран СНГ.

3. *Реферативные*

Базы данных ИНИОН РАН, базы данных ВИНТИ, Scopus (<http://www.scopus.com>), Science (архив).

4. *Полнотекстовые*

Базы данных диссертаций РГБ, АРБИКОН, SIGLA, научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>, подписка на полнотекстовую коллекцию российских научных журналов (20-205, 48 наименований), издательств: Taylor&Francis, SagePublications (архив научных журналов); Springer, Wiley (<http://onlinelibrary.wiley.com>).

5. *Электронно-библиотечные системы с возможностью*

пользования лицензионными материалами из любой точки, имеющей доступ к сети Интернет (регистрация из сети университета персонального аккаунта): Университетская библиотека онлайн ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)), Лань ([www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)).

### Интернет-ресурсы

№	Наименование электронно-библиотечной системы (ЭБС)	Адрес сайта
1	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»	<a href="http://www.biblioclub.ru">www.biblioclub.ru</a>
2	Библиотека ООО «РУНЭБ»	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
3	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российская государственная библиотека» (ФГБУ «РГБ»)	<a href="http://www.aselibrary.ru/association/association11/association1112/association111218">http://www.aselibrary.ru/association/association11/association1112/association111218</a>
4	электронная версия научной базы данных Nature	<a href="http://www.nature.com/nature/index.html">http://www.nature.com/nature/index.html</a>

 МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 29 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

№	Наименование электронно-библиотечной системы (ЭБС)	Адрес сайта
5	электронные научные информационные ресурсы зарубежного издательства <b>Springer</b>	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
6	<b>«Информо»</b>	<a href="http://www.informio.ru/">http://www.informio.ru/</a>
7	Всероссийский институт научной и технической информации <b>ВИНИТИ</b>	<a href="http://www2.viniti.ru">http://www2.viniti.ru</a>

### Лицензионное программное обеспечение дисциплины (модуля)

MS Office365
LMS Moodle

## 8. Материально-техническое обеспечение

Для проведения занятий по дисциплине «Химия твердого тела», предусмотренной учебным планом подготовки аспирантов, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, а также эффективное выполнение выпускной квалификационной работы (диссертации):

- лекционные аудитории, оснащенные мультимедийными комплексами на основе антивандальной трибуны;
- специализированные компьютерные классы с подключенным к ним периферийным устройством и оборудованием;
- методические материалы для проведения самостоятельной работы по дисциплине.

Университет располагает компьютерными классами, объединенными в локальную сеть, выходом в Интернет, оснащенными современными высокопроизводительными компьютерами. Поддерживается собственный сайт: <http://csu.ru>.

Для получения высшего образования по программам аспирантуры инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья в университете имеются аудитории, оснащенные следующим оборудованием:

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 30 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Название кабинета	Оборудование
Тифлотехническая аудитория, кабинет А-28 первого учебного корпуса	Тифлотехнические средства: брайлевский компьютер с дисплеем и принтером, тифлокомплекс «Читающая машина», телевизионное увеличивающее устройство, тифломагнитолы кассетные (3 шт.) и цифровые диктофоны (6 шт.). Специальное программное обеспечение: программа речевой навигации JAWS, речевые синтезаторы («говорящая мышь»), экранные лупы.
Сурдотехническая аудитория, кабинет А-27 первого учебного корпуса	радиокласс «Сонет-Р» (на 6 человек), программируемые слуховые аппараты (6 шт.) индивидуального пользования с устройством задания режима работы на компьютере, аудиотехника.
Аудитория адаптивных информационных технологий, кабинет А-27 первого учебного корпуса	Компьютерный класс на 2 мест, интерактивная доска ActiveBoard с системой голосования, акустический усилитель и колонки, мультимедийный проектор, телевизор, видеомагнитофон, устройство видеоконференцсвязи VCONHD3000.

Все указанные в настоящей рабочей программе дисциплины методическое и техническое обеспечение учебного процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляется Региональным учебно-научным центром инклюзивного образования ЧелГУ.

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

К современному выпускнику общество предъявляет широкий перечень требований, среди которых особое значение имеет наличие у выпускников навыков и умений самостоятельно получать знания из различных источников информации, систематизировать и анализировать полученную информацию. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через подготовку к лабораторным, семинарским, практическим занятиям. При этом самостоятельная работа аспиранта играет важную роль в ходе всего учебного процесса. При изучении дисциплины основную долю отводимого на самостоятельную работу времени занимает работа с конспектом лекций, учебниками, учебными пособиями и методическими указаниями. А потому аспирантам необходимо оптимально использовать время, отведенное на самостоятельную работу.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)			
<b>Химический факультет</b> <b>Кафедра химии твердого тела и нанопроцессов</b>			
Рабочая программа дисциплины (модуля) 2.1.1.3. Химия твердого тела Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 31 из 31	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

Целесообразно посвящать до получаса в день изучению конспекта лекции в тот же день после лекции и за день перед лекцией. Теоретический материал изучать в течение недели до 2 часов, а готовиться к практическому занятию по дисциплине до 1.5 часов.

Для лучшего и полного усвоения материала учебной дисциплины рекомендуется использовать методические указания и материалы по учебной дисциплине, тексты лекций, а также электронные ресурсы, имеющиеся в системе ЭБС, доступ к которым обеспечен в читальных залах университета.

Теоретический материал курса становится более понятным, если дополнительно аспирантом изучаются книги, учебники по данной учебной дисциплине. Полезно использовать несколько учебников, рекомендованных преподавателем.