



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

**Химический факультет**

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине  
Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки  
Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела  
Подготовка кадров высшей квалификации

Версия документа - 2

стр. 1 из 25

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе

И.В. Бычков

« 05 » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки

Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела

**Подготовка кадров высшей квалификации**

Челябинск, 2022



Химический факультет

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине  
Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки  
Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела  
Подготовка кадров высшей квалификации

Версия документа - 2

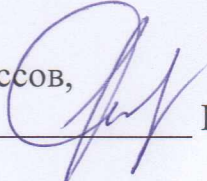
стр. 2 из 25

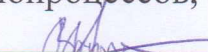
Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине разработана кафедрой химии твердого тела и нанопроцессов в соответствии с паспортом научной специальности 1.4.15. Химия твердого тела.

Разработчики:

Зав. кафедрой химии твердого тела и нанопроцессов,  
кандидат химических наук, доцент \_\_\_\_\_  Белая Е.А.

Профессор кафедры химии твердого тела и нанопроцессов,  
доктор физико-математических, профессор \_\_\_\_\_  Бурмистров В.А.

Программа одобрена на заседании кафедры химии твердого тела и нанопроцессов  
от «26» апреля 2022 г., протокол № 7.


Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  Е.А. Белая

Программа принята на заседании Ученого совета химического факультета  
от «29» апреля 2022 г., протокол № 8.

Согласовано

Декан химического факультета \_\_\_\_\_  В.А. Бурмистров

Зав. отделом аспирантуры  
и докторантуры \_\_\_\_\_  Н.В. Бочкарева

|  |              |                        |               |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |              |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |              |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |              |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 3 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

## Общие положения

Кандидатские экзамены являются основной частью аттестации научных и научно-педагогических кадров. Цель экзамена – установить глубину профессиональных знаний прикрепленного лица (далее – соискатель ученой степени кандидата наук, соискатель), уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

Программа включает основополагающие разделы химии твердого тела, основы кристаллического и электронного строения твердых веществ, их реакционную способность, методы синтеза и исследования.

На экзамене кандидатского минимума по специальности 1.4.15. Химия твердого тела соискатель ученой степени кандидата наук должен продемонстрировать владение основами химии твердого тела, включая знание основных теорий и концепций всех разделов дисциплины. Он также должен показать умение использовать теории и методы химии твердого тела для анализа современных проблем в избранной области предметной специализации.


От соискателя требуется четко, емко и кратко изложить теоретический материал, аргументированно отстаивать избранную позицию по проблеме, владеть научной терминологией и проявить это в ответах.

В реферате должны быть освещены проблемные аспекты темы, даны ссылки на работы известных ученых, свой взгляд на проблему и аргументация своей позиции научными фактами. Изложение проблемы в реферате рекомендуется связать с темой диссертационного исследования.

При подготовке к кандидатскому экзамену и его сдаче в исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии.

### В результате освоения соискатель должен:

- **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;
- **иметь опыт деятельности:** в исследовании структуры и свойств твердых тел.

|  |              |                        |               |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |              |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |              |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |              |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 4 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

## Процедура кандидатского экзамена

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

Экзаменационные билеты включают: два вопроса из разных разделов химии твердого тела.

На экзамене соискатель представляет реферат и защищает его.

За экзамен выставляется единая оценка.

### Разделы, темы

#### 1. Общие положения


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. Значение химии твердого тела для материаловедения и химической технологии.

#### 1. Строение твердых веществ

Строение кристаллических твердых веществ. Понятие о симметрии кристаллической решетки. Кристаллографические пространственные группы симметрии. Типы элементарных ячеек. Молекулярные кристаллы. Кристаллы с ионными и ковалентными решетками. Правила Полинга. Металлы и сплавы. Интерметаллические соединения. Кристаллы с участием водородных и ван-дер-Ваальсовых связей. Размеры атомов или ионов. Координационные числа.

Способы организации структур. Структуры с гексагональной и кубической 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),

|  |              |                        |               |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |              |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |              |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |              |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 5 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

иодида кадмия ( $CdI_2$ ) и рутила ( $TiO_2$ ). Структурные типы перовскита ( $CaTiO_3$ ) и шпинели ( $MgAl_2O_4$ ). 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. Нестехиометричные соединения.

Структура 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.

## 2. Химическая связь и электронное строение твердых веществ

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-Габера и термодинамические расчеты.


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 проводимость. Общие представления о методах расчета зонной структуры кристаллов. Границы применимости зонной модели.

Цепочечные структуры и одномерная проводимость. Двумерные проводники и интеркаляты.

Слабые невалентные взаимодействия в твердых супрамолекулярных образованиях. Наноструктуры, объемные кластеры.

## 4. Реальная структура кристаллов

Совершенные и несовершенные кристаллы. Типы дефектов. Электронные дефекты. Собственные точечные дефекты.

|  |              |                        |               |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |              |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |              |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |              |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 6 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

Термодинамические причины образования точечных дефектов. Дефектообразование и нестехиометрия кристаллов. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Примесные точечные дефекты. Нейтральные и заряженные точечные дефекты. Квазихимическая модель 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.


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. Методы исследования диффузии. Ионная проводимость. Подвижность, числа переноса. Температурная зависимость ионной проводимости. Собственная и примесная проводимость. Суперионные проводники (твердые электролиты).

Твердые тела со структурной разупорядоченностью. Протяженные дефекты. Структуры кристаллографического сдвига. Дефекты упаковки. Границы блоков и антифазные домены (границы). Гетерогенные включения. Нейтральные и заряженные протяженные дефекты. Дислокации в кристаллах, основные виды. Причины возникновения дислокаций. Движение дислокаций. Влияние дислокаций на свойства кристаллов. Экспериментальные методы исследования дислокаций.

Поверхность как дефект строения твердого тела. Поверхностная энергия кристалла. Искажение структуры и электронного строения в приповерхностных слоях. Роль поверхности в химических реакциях твердых тел. Роль соотношения объем-поверхность в свойствах твердых тел. Общие особенности химии твердых наноразмерных частиц. Экспериментальные методы изучения поверхности.

## **5. Фазовые переходы в твердых веществах**

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

|  |              |                        |               |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |              |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |              |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |              |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 7 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

зародышеобразования. Общая скорость превращения, уравнение Авраами. Факторы, влияющие на кинетику фазовых переходов. Мартенситные превращения. Переходы типа порядок-беспорядок.

Несоразмерные фазы. Жидкокристаллическое состояние. Некристаллическое состояние и фазовые переходы в стеклах.

## 6. Химические реакции твердых веществ


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. Методы синтеза твердых веществ

Термодинамические основы синтеза твердых веществ. Р-Т-х фазовые диаграммы двухкомпонентных систем как 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

|  |              |                        |               |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |              |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |              |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |              |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 8 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

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.

Синтез путем твердофазных реакций. Основные термодинамические и кинетические закономерности. Экспериментальное осуществление, роль температуры. Методы интенсификации твердофазных процессов: диспергирование исходных веществ, методы химической гомогенизации. Совместное соосаждение компонентов из растворов. Криохимический синтез и распылительная сушка. Кристаллизация из гелей. Золь-гель процесс. Механохимическое стимулирование твердофазных процессов. Основные закономерности и возможности механохимических процессов. Саморазвивающийся высокотемпературный синтез. Твердофазный синтез при высоких давлениях.


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.

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.

Гидротермальные методы синтеза твердых веществ. Применение различных физических (ультразвукового, микроволнового и др.) воздействий при синтезе твердофазных веществ.

Выращивание монокристаллов. Общие кинетические особенности. Механизмы роста кристаллов. Выращивание из расплавов и растворов. Методы Чохральского и Бриджмена-Стокбаргера. Зонная плавка. Рост из «раствора в расплаве». Выращивание из газовой фазы. Газоплазменный метод Вернейля.

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,

|  |              |                        |               |
|--|--------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |              |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |              |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |              |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 9 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

галогенидов, металл-органических соединений. Метод молекулярного наслаивания. Получение пленок из растворов и расплавов. Жидкофазная эпитаксия. Электрохимическая кристаллизация пленок и покрытий.

Керамика. Основные закономерности и способы спекания. Способы получения твердых аморфных веществ и стекол. Методы получения твердых фаз в наноразмерном состоянии.

## 8. Методы исследования твердых веществ

Методы изучения кристаллического строения твердых тел. Дифракция рентгеновских лучей. Закон 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.


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  $\gamma$ -резонансная (мессбауэровская) спектроскопия.

Методы определения химического состава. Химический элементный анализ. Рентгенофлюоресцентный анализ. Локальный рентгеноспектральный анализ, масс-спектрометрические методы, атомноэмиссионная спектроскопия.

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.

|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 10 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

## 9. Твердофазные материалы

Классификация твердофазных материалов по функциональным свойствам.

Ионная проводимость и твердые электролиты. Суперионные проводники. Катионные проводники. Кислород-ионные проводники. Галогенид-ионные проводники. Применение твердых электролитов (источники тока, топливные элементы, химические датчики).

Полупроводники. Классификация полупроводниковых материалов. Элементарные полупроводники, германий и кремний. Полупроводниковые соединения  $A^3B^5$  и  $A^2B^6$ . Кристаллохимические особенности. Арсенид галлия. Нитрид галлия. Химические основы легирования полупроводников. Гетероструктуры и сверхрешетки. Основные области применения полупроводников.

Диэлектрики. Химическая и физическая природа диэлектриков. Наведенная и спонтанная поляризация. Сегнетоэлектрики, пироэлектрики и пьезоэлектрики. Примеры. Области применения сегнетоэлектриков, пироэлектриков и пьезоэлектриков.


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.

Оптические материалы. Люминесцентные материалы и люминофоры. Фосфоресцирующие материалы. Твердотельные источники лазерного излучения (рубиновый и неодимовый лазеры). Нелинейные оптические материалы. Основные области применения.


Сверхпроводящие материалы. Традиционные (металлы и интерметаллиды) и высокотемпературные (оксиды) сверхпроводники. Взаимосвязь состав-структура-свойство для высокотемпературных сверхпроводников на основе купратов. Области и перспективы применения.

Тугоплавкие материалы. Металлы и сплавы, оксиды, карбиды, бориды, нитриды, силициды. Композиционные материалы, их классификация и методология создания. Металлсодержащие композиционные материалы.

Аморфные материалы и стекла. Факторы, влияющие на стеклообразование. Оксидные и халькогенидные стекла. Электропроводящие


|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 11 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

стекла. Металлические стекла. Стеклокерамика. Ситаллы. Различные области применения стекол. Жидкие кристаллы.


|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 12 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

### Вопросы кандидатского экзамена

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>).
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.

|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 13 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

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.
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).

|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 14 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

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 резерфордовское 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.

42. Мартенситные превращения.

43. Механизмы фазовых переходов. Кинетика фазовых переходов. Скорость зародышеобразования. Общая скорость превращения, уравнение Авраами. 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.

|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 15 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

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.

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.

|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 16 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

63. Индицирование 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 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.

|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 17 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

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.

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.


## Список рекомендуемой литературы

### 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> (дата обращения: 13.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Камышов, В. М. Строение вещества : учебное пособие / В. М. Камышов, Е. Г. Мирошникова, В. П. Татауров. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 236 с. — ISBN 978-5-8114-2313-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212855> (дата обращения: 13.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Шилова, О. А. Золь-гель технология микро- и нанокомполитов : учебное пособие / О. А. Шилова. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-1417-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-

|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 18 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211277> (дата обращения: 13.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Мокроусов, Г. М. Межфазные превращения и формирование поверхности многокомпонентных полупроводников в жидких средах : учебное пособие / Г. М. Мокроусов, О. Н. Зарубина, Т. П. Бекезина. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 112 с. — ISBN 978-5-8114-1872-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212072> (дата обращения: 13.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.


5. Косенко, Н. Ф. Регулирование реакционной способности твердых фаз : монография / Н. Ф. Косенко. — Иваново : ИГХТУ, 2013. — 224 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/63666> (дата обращения: 13.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Тимофеев, В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур : учебное пособие / В. Б. Тимофеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1745-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211838> (дата обращения: 13.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Цирельсон, В. Г. Квантовая химия: молекулы, молекулярные системы и твердые тела [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Г. Цирельсон. — 5-е изд., эл. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 522 с.: ил., табл., схем., граф. — (Учебник для высшей школы). — Библиогр.: с. 485-487. — Режим доступа: электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE», требуется авторизация. — ISBN 978-5-93208-518-9. — <URL:<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=95498>>.

### Дополнительная литература

1. Вест, Антони Р. Химия твердого тела [Текст] : теория и приложения: в 2 частях / А. Р. Вест ; пер. с англ. А. Р. Кауля, И. Б. Куценка ; под ред. Ю. Д. Третьякова. — М.: Мир. Оригинал перевода: Solid state

|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 19 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

chemistry and its applications / A. R. West .— Chichester : John Wiley & Sons, 1984.

.— ISBN 5-03-000070-4. Ч. 1 .— 1988 .— 556 с.: ил. — ISBN 5-03-000056-9.

2. Вест, Антони Р. Химия твердого тела [Текст] : 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. Оригинал перевода: Solid state chemistry and its applications / A. R. West .— Chichester : John Wiley & Sons, 1984. Ч. 2 .— 1988 .— 335 с.: ил.

3. Ашкенази , Е. К. Анизотропия конструкционных материалов [Текст] : справочник / Е. К. Ашкенази, Э. В. Ганов .— 2-е изд., перераб. и доп. — Ленинград : Машиностроение, 1980 .— 247 с.

4. Смирнов, Юрий Александрович. Основы нано- и функциональной электроники [Текст] : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов .— Изд. 2-е, испр. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2013 .— 310 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Прил.: с. 286-307 .— Библиогр. в конце ст. — ISBN 978-5-8114-1378-2.

5. Фельц, Адальберт. Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела [Текст] / А. Фельц ; пер. с нем. Г. З. Виноградовой [и др.] ; под ред. И. В. Тананаева, С. А. Дембовского .— Москва : Мир, 1986 .— 556 с.: ил. — Пер. изд.: Amorphe und Glasartige Anorganische Festkorper / Adalbert Feltz. - Berlin : Akademie-Verlag, 1983 .— Предм. указ.: с. 545-551 .— Библиогр. в конце разделов. Оригинал перевода: Amorphe und Glasartige Anorganische Festkorper / A. Feltz .— Berlin : Akademie-Verlag, 1983.

6. Уэллс, Александр Франк. Структурная неорганическая химия [Текст] : в 3 томах / А. Ф. Уэллс .— М.: Мир, 1988 .— Пер. изд.: Structural inorganic chemistry / A. F. Wells. - Oxford : Claredon Press, 1984.

Оригинал перевода: Structural inorganic chemistry / A. F. Wells .— Oxford : Claredon Press, 1984. Т. 3 / пер. с англ.: Н. Н. Желиговская [и др.] ; под ред. М. А. Порай-Кошица, П. М. Зоркого .— 1988 .— 564 с.: ил. — ISBN 5-03-001271-0.

7. Сиенко, М. Структурная неорганическая химия [Текст] / М. Сиенко, Р. Плейн, Р. Хестер ; пер. М. Е. Дяткиной .— М.: Мир, 1968 .— 344

|   |               |                        |               |
|---|---------------|------------------------|---------------|
| МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>   |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации |               |                        |               |
| Версия документа - 2  | стр. 20 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

с.: ил. — Пер. изд.: Inorganic chemistry: Principles and elements / Michell J. Sienko, Robert A. Plane, Ronald E. Hester. - New York, 1965. — Библиогр. в конце гл. Оригинал перевода: Inorganic chemistry / M. J. Sienko, R. A. Plane, R. E. Hester. — New York, 1965.

### Интернет-ресурсы

1. Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. – URL: <http://e.lanbook.com/>.
2. Юрайт [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Юрайт. – URL: <https://biblio-online.ru>
3. Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / Научно-издательский центр ИНФРА-М. – URL: <http://znanium.com/>.
4. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
5. Национальная электронная библиотека (НЭБ) [Электронный ресурс] : объединенный электронный каталог фондов российских библиотек : сайт. – URL: <http://нэб.рф>

### 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 1,5 млн. записей.

*1. Электронный каталог. Библиографические базы данных.*

Книги, электронные ресурсы, диссертации и авторефераты.

*2. Электронная библиотека.*


Издания 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

|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 21 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

русских научных журналов (2011-2015, 148 наименований), издательств: Taylor&Francis, Sage Publications (архив научных журналов); Springer, American Physical Society (<http://www.journals.aps.org/about>), American Mathematical Society (<http://www.ams.org/mathscinet>), 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)).

### **Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

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.

При проведении процедуры оценивания результатов кандидатского экзамена 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 кандидатского экзамена инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по специальности 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<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 22 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

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

При проведении процедуры оценивания результатов кандидатского экзамена инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по спецдисциплине 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 кандидатского экзамена по спецдисциплине может проводиться в несколько этапов.

В исключительных случаях (форс-мажорные обстоятельства и др.) электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

### **Критерии оценки результатов кандидатского экзамена**

Оценка «отлично» ставится при соблюдении следующих условий:

- грамотное и правильное использование в ответах основных законов и положений химии твердого тела и общенаучной терминологии;
- безошибочное владение категориальным аппаратом химии твердого тела;

|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 23 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

- умение обозначить основные проблемы сформулированных в билетах вопросов;
- безошибочное знание фактологического материала;
- историографические знания в рамках вопросов билета;
- умение связать ответ на вопрос с темой диссертационного исследования;
- логичность, связность ответа.

Оценка **«хорошо»** ставится при соблюдении следующих условий:


- грамотное и правильное использование в ответах основных законов и положений химии твердого тела и общенаучной терминологии;
- проблемное изложение сформулированных в билетах вопросов;
- отдельные ошибки при изложении фактологического материала;
- неполнота изложения историографических сведений в рамках вопросов билета;
- умение связать ответ на вопрос с темой диссертационного исследования;
- логичность, связность ответа.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится за:

- недостаточное использование в ответах основных законов и положений химии твердого тела и общенаучной терминологии;
- недостаточное владение категориальным аппаратом химии твердого тела;
- умение обозначить только одну из проблем, сформулированных в билетах вопросов;
- ошибки при изложении фактологического материала;
- поверхностные историографические знания в рамках вопросов билета.

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится за:

- отсутствие в ответах знаний основных законов и положений химии твердого тела и общенаучной терминологии;

|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 24 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

- описательное изложение сформулированных в билетах вопросов, неумение обозначить и изложить проблемы;
- грубые ошибки при изложении фактологического материала;
- незнание историографии вопросов билета;
- неумение связать ответ на вопрос с темой диссертационного исследования;
- нарушение логичности, связности ответа.

### Оценка за реферат

Оценка «отлично» за реферат ставится, если:


- содержание реферата точно соответствует теме, отсутствуют ошибки в изложении и оформлении реферата;
- материал освещен в проблемном аспекте при достаточном фактологическом изложении;
- ссылки на работы известных ученых и новейшую литературу отличаются полнотой;
- изложено свое видение проблемы и аргументация своей позиции с помощью научных фактов;
- содержание связано с темой диссертационного исследования.

Оценка «хорошо» за реферат ставится, если:

- содержание реферата соответствует теме, допущены негрубые ошибки в изложении и оформлении реферата;
- обозначены основные проблемы изучения заявленного в теме вопроса при достаточном фактологическом изложении;
- даны ссылки на работы известных ученых и новейшую литературу;
- изложено свое видение проблемы и приведен ряд аргументов своей позиции с помощью научных фактов;
- содержание связано с темой диссертационного исследования.

Оценка «удовлетворительно» за реферат ставится, если:


- содержание реферата соответствует теме, допущены ошибки в изложении и оформлении реферата;
- обозначена одна из проблем изучения заявленного в теме вопроса при поверхностном фактологическом изложении;

|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 25 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |


- даны ссылки на ряд работ известных ученых и новейшую литературу;
- изложено свое видение проблемы и приведено 1-2 аргумента своей позиции;
- содержание связано с темой диссертационного исследования.

Оценка «неудовлетворительно» за реферат ставится, если:

- содержание реферата не соответствует теме, допущены грубые ошибки в изложении и оформлении реферата;
- материал изложен как фактологический, без обозначения проблем(ы);
- даны не более 1-2 ссылок на ряд работ известных авторов и новейшую литературу;
- не изложено свое видение проблемы и не приведены аргументы своей позиции;
- содержание не связано с темой диссертационного исследования.

|  |               |                        |               |
|--|---------------|------------------------|---------------|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |               |                        |               |
| <b>Химический факультет</b>  |               |                        |               |
| Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине<br>Группа научных специальностей – 1.4. Химические науки<br>Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела<br>Подготовка кадров высшей квалификации  |               |                        |               |
| Версия документа - 2   | стр. 26 из 26 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |

### Форма билета кандидатского экзамена

|   |     |
|---|-----|
|  МИНОБРНАУКИ РОССИИ<br>Федеральное государственное бюджетное<br>образовательное учреждение высшего образования<br>«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») |     |
| Наименование факультета<br>Наименование кафедры   |     |
| Группа научных специальностей – шифр и наименование<br>Научная специальность – шифр и наименование  |     |
| <b>Кандидатский экзамен по спецдисциплине</b>   |     |
| Экзаменационный билет №   |     |
| 1.<br>2.<br>3.  |     |
| Зав. кафедрой   | ФИО |