



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) 2.1.2.1 «Физические свойства твердых тел»

Научная специальность – 1.4.15 Химия твердого тела

Направленность (профиль) – Химия твердого тела

Версия документа - 1

Стр. 1 из 21

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

И.В. Бычков

« 26 »

06

2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)\*

### 2.1.2.1 «Физические свойства твердых тел»

Научная специальность – 1.4.15 Химия твердых тел

Направленность (профиль) – Химия твердых тел

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) 2.1.2.1 «Физические свойства твердых тел»  
Научная специальность – 1.4.15 Химия твердого тела  
Направленность (профиль) – Химия твердого тела

Версия документа - 1	Стр. 2 из 21	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------------	------------------------	---------------

Программа по дисциплине «Физические свойства твердых тел» 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 » 09 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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 3 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

**Аннотация программы:** Дисциплина «Физические свойства твердых тел» входит в блок дисциплин по выбору. Лекционный курс содержит сведения об электрических, термоэлектрических, тепловых и магнитных свойствах неметаллических твердых тел и металлов. Рассматриваются физические основы процессов поляризации диэлектриков, структура и свойства полупроводников и магнетиков и методы измерения. В курсе приводятся данные о способах получения материалов и их применение.

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины.

**Цели дисциплины:** состоит в освоении аспирантами физических основ строения и свойств неметаллических твердых тел и металлических сплавов, используемых в различных отраслях промышленности.

#### **Задачи дисциплины:**

- освоение теоретических представлений о структуре и физических свойствах твердых тел;
- овладение знаниями о поведении материалов при различных условиях: изменении температуры, электрического и магнитного поля;
- освоение современных методов исследования материалов;
- изучение способов получения твердых тел и их применение.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физические свойства твердых тел» является обязательной. Преподавание дисциплины осуществляется на первом курсе (2 семестр). Общая трудоемкость дисциплины, в том числе и промежуточная аттестация, составляет 2 зачетных единиц/72 часов, из них контактная работа с преподавателем составляет - 0,5 зачетных единиц/18 часов (лекции – 6 часов, практические – 12 часов), самостоятельная работа – 1,47 зачетных единиц/53 часов, контроль – 0,03 зачетных единиц/1 час.

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен обладать базовой химической подготовкой и навыками владения современными вычислительными средствами, владеть основными понятиями в области неорганической, физической химии, физики и квантовой механике в рамках университетского курса для студентов-химиков. Эта дисциплина опирается на предшествующие курсы специализированной подготовки: «Основы химии твердого тела» «Физическая химия»: «Неорганическая химия»;

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 4 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

«Кристаллохимия»; «Строение вещества» и «Физические методы исследования в химии».

Дисциплина «Физические свойства твердых тел» призвана помочь аспирантам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для подготовки к кандидатскому экзамену, выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение кандидатской диссертации.

**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 исследования 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 отчеты о научно-исследовательской работе	синтетическими и физико-химическими методами исследований в химии твердого тела

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 5 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Результаты обучения по дисциплине	
знать	современные теории, описывающие структуру и свойства твердых тел, основы синтеза материалов
уметь	находить взаимосвязь строения и физических свойств твердых тел и применять на практике
владеть	современными физико-химическими методами исследования

### 4. Структура и содержание дисциплины

#### 4.1 Структура дисциплины

Вид работы	Семестр				Всего
	1	2	3	4	
Общая трудоёмкость, акад. часов	-	72	-	-	72
Контактная работа:	-	18	-	-	18
Лекции, акад. часов	-	6	-	-	6
Практические (семинары), акад. часов	-	12	-	-	12
Лабораторные работы, акад. часов	-	-	-	-	-
Самостоятельная работа, акад. часов	-	53	-	-	53
Контроль	-	1	-	-	1
Вид контроля (зачёт, экзамен)		диффер. зачет			

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Количество часов					Форма текущего контроля
		Всего	Контактная работа			Самостоятельная работа	
			Лекции	Практические, семинары	Лаб. работы		
1	Атомно-кристаллическая и электронная структура твердых тел	19	2	3		14	Тестирование
2	Физические свойства	17	1	3		13	Тестирование



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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел»

Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела

Направленность (профиль) – Химия твердого тела

Версия документа - 1	Стр. 6 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------------	------------------------	---------------

	диэлектриков							
3	Электрофизические свойства твердых тел	17	1	3			13	Тестирование
4	Магнитные свойства твердых тел	18	2	3			13	Тестирование
	Контроль	1				1		Диффер. зачет
	<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>53</b>	

№ раздела	Наименование раздела	Содержаниераздела
1	Атомно-кристаллическая и электронная структура твердых тел	Вещества, фазы, дефекты. Теплоемкость и теплопроводность. Плотность и термическое расширение. Классификация материалов. Зонная структура кристаллов. Диэлектрики, полупроводники, металлы. Магнитные материалы. Основные принципы получения материалов. Фазовые превращения. Рост кристаллов.
2	Физические свойства диэлектриков	Структура диэлектриков. Основные виды поляризации диэлектриков. Поляризация диэлектриков в электромагнитном поле высокой частоты. Поляризация диэлектриков в переменном электрическом поле и диэлектрические потери. Неоднородные и неупорядоченные диэлектрики. Особые состояния и виды диэлектриков. Электреты. Пьезоэлектрики. Сегнетоэлектрики. Изоляционные материалы. Электроизоляционные пластмассы. Электроизоляционная керамика. Получение фарфоров и глиноземистой керамики. Физико-химические методы исследования диэлектрических материалов
3	Электрофизические свойства твердых тел	Ионная проводимость. Точечные дефекты. Дефекты по Френкелю и Шоттки. Формула Френкеля для ионной проводимости кристаллов. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Классификация суперионных проводников их структура и свойства. Проводимость суперионных проводников по ионам щелочных металлов. Кислородные суперионные проводники. Протонные проводники. Электрохимические источники тока, топливные элементы и сенсоры. Зонная структура полупроводников. Собственная и примесная проводимость. Контактная разность потенциалов. Эффект Холла. Термоэлектрические явления. Полупроводниковый р-р-переход. Классификация полупроводников. Алмазоподобные

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 7 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

		<p>полупроводники. Полупроводники <math>A^{III}B^V</math> и <math>A^{II}B^{VI}</math>. Халькогениды элементов четвертой и пятой группы. Высокотемпературные полупроводники. Получение полупроводниковых материалов. Кристаллизационные методы очистки. Выращивание кристаллов из газовой фазы. Метод сублимации-конденсации. Полупроводниковые пленки. Легирование</p>
4	Магнитные свойства твердых тел	<p>Ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм. Кривые намагничивания. Магнитный гистерезис. Характеристики технической кривой намагничивания. Определение констант магнитной анизотропии. Магнитострикция и ее измерение. Магнитомягкие и магнито-жесткие материалы.</p> <p>Металлические сплавы с наибольшей намагниченностью насыщения. Железо, железокобальтовые сплавы. Химический состав. Кристаллическая структура. Магнитные и электрические свойства. Перспективы повышения качества.</p> <p><i>Металлические сплавы с малыми потерями при перемагничивании.</i> Электротехнические стали. Железо-кремнистая сталь. Основной химический состав сплавов и состав по примесям. Кристаллическая структура. Пластическая деформация. Термическая обработка. Магнитные и электрические свойства.</p> <p><i>Магнитомягкие ферриты.</i> Химический состав. Кристаллическая структура. Самопроизвольная намагниченность. Магнитные и электрические свойства. Магнитные материалы с прямоугольной петлей гистерезиса и большой скоростью перемагничивания. Термическая обработка ферритов. Тонкие магнитные пленки.</p> <p>Магнитотвердые металлические сплавы. Кристаллическая структура, магнитные и электрические свойства. Магнитотвердые ферриты. Химический состав, кристаллическая структура. Способы их получения. Магнитные и электрические свойства. Структура магнитных материалов с повышенной коэрцитивной силой и большой плотностью записи информации при перемещении намагничивающего поля.</p>

## 5. Образовательные технологии

- информационно-коммуникационные технологии;
- исследовательские методы в обучении;
- интерактивные технологии;

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 8 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

- 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 «Физические свойства твердых тел» 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;
- 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 профессиональном плане; повышение уровня активности и самостоятельности научно-исследовательской работы; развитие навыков анализа, критичности мышления, научной коммуникации. В процессе обучения используется проведение дискуссий, деловые игры и семинары.

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

### 6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Физические свойства твердых тел»

№	Контролируемые разделы дисциплины	Результаты обучения	Наименование оценочного средства
1	Атомно-кристаллическая и электронная структура твердых тел	<b>знать:</b> современные теории описывающие структуру и свойства твердых тел,	письменная контрольная работа по разделу

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 9 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

2	Физические свойства диэлектриков	основы синтеза материалов; <b>уметь:</b> находить взаимосвязь строения и физических свойств твердых тел и применять на практике; <b>владеть:</b> современными физико-химическими методами исследования	лекционного курса, реферат, сообщение на семинаре
3	Электрофизические свойства твердых тел		
4	Магнитные свойства твердых тел		

## 6. 2. Оценочные средства

### *Текущий контроль*

#### **Примерные темы рефератов**

1. Вещества, фазы, дефекты. Теплоемкость и теплопроводность. Плотность и термическое расширение. Классификация материалов.
2. Зонная структура кристаллов. Основные принципы получения материалов. Фазовые превращения. Рост кристаллов.
3. Физические свойства диэлектриков. Поляризация диэлектриков. Неоднородные и неупорядоченные диэлектрики.
4. Физические свойства электроизоляционных пластмасс. Применение пластмасс в электротехнических устройствах, электронной аппаратуре, конденсаторостроении.
5. Физические свойства электроизоляционной керамики. Основы технологии получения фарфоров и глиноземистой керамики и их применение.
6. Физические свойства электретов. Способы получения электретов. Применение электретов.
7. Физические свойства пьезоэлектриков. Кварц как пьезоэлектрик. Способы его получения. Применение пьезоэлектриков.
8. Физические свойства сегнетоэлектриков. Способы получения сегнетоэлектриков. Титанат бария как сегнетоэлектрик. Применение сегнетоэлектриков.
9. Методы измерения физических свойств диэлектриков. Измерительные ячейки и приборы.
10. Физические свойства суперионных проводников. Классификация суперионных проводников, их структура и свойства.

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 10 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

11. Применение суперионных проводников. Электрохимические источники тока, топливные элементы и сенсоры.
12. Физические свойства полупроводников. Собственная и примесная проводимость. Контактная разность потенциалов. Эффект Холла.
13. Термоэлектрические явления. Полупроводниковый p-n переход. Классификация полупроводников.
14. Алмазоподобные полупроводники. Полупроводники  $A^{III}B^V$  и  $A^{II}B^{VI}$ . Халькогениды элементов четвертой и пятой группы.
15. Получение полупроводниковых материалов. Кристаллизационные методы очистки. Выращивание кристаллов из газовой фазы. Метод сублимации-конденсации.
16. Физические свойства полупроводниковых пленок. Легирование. Полупроводниковые наноматериалы.
17. Ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм. Кривые намагничивания.
18. Определение констант магнитной анизотропии. Магнитострикция и ее измерение. Магнитомягкие и магнито жесткие материалы.
19. Магнитные свойства железа и железокобальтовых сплавов. Перспективы повышения качества.
20. Магнитные и электрические свойства электротехнической стали. Железо-кремнистая сталь. Пластическая деформация. Термическая обработка.
21. Физические свойства магнитомягких ферритов. Кристаллическая структура. Магнитные и электрические свойства. Термическая обработка ферритов. Тонкие магнитные пленки.
22. Магнитные материалы с особыми параметрами. Химический состав, кристаллическая структура, магнитные и электрические свойства высокочастотных ферритов.
23. Физические свойства магнитодиэлектриков. Способ получения. Магнитные свойства в постоянных и переменных полях.
24. Физические условия высококоэзитивного состояния. Магнитотвердые металлические сплавы. Кристаллическая структура, магнитные и электрические свойства.
25. Магнитотвердые ферриты. Химический состав, кристаллическая структура. Магнитные и электрические свойства. Способы их получения.

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 11 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

26. Структура магнитных материалов с повышенной коэрцитивной силой и большой плотностью записи информации при перемещении намагничивающего поля.

### *Промежуточная аттестация*

#### **Вопросы к дифференцированному зачету**

1. Электронно-деформационная поляризация. Формула Лоренц-Лоренца и Клаузиуса-Моссоти. Молярная рефракция.
2. Поляризация ионного смещения. Формула Борна.
3. Температурная зависимость поляризуемости полярных диэлектриков. Формула Ланжевена-Дебая.
4. Ионно-релаксационная поляризация. Миграционная ионная поляризация.
5. Микроструктура диэлектрической постоянной в поле световой волны. Резонансные эффекты. Нормальная и аномальная дисперсия света.
6. Переходные процессы при включении и выключении постоянного поля.
7. Поляризация в синусоидальном поляризующем поле. Активная и реактивная поляризация.
8. Диэлектрические потери в диэлектриках с релаксационной поляризацией и сквозной проводимостью.
9. Тангенс угла диэлектрических потерь. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Диаграмма Коула-Коула.
10. Частотная и температурная зависимость диэлектрических параметров. Соотношения Дебая.
11. Поликристаллические диэлектрики. Роль барьеров в определении диэлектрических характеристик. Параллельные и последовательные схемы замещения.
12. Схемы замещения многослойных диэлектриков. Модель зерен и прослоек. Обобщенная барьерная модель. Релаксационные явления на барьерных слоях.
13. Структура полимеров. Механические и электрические свойства диэлектрических пластмасс.
14. Высокотемпературные фарфоры. Высокочастотная изоляционная керамика

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 12 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

15. Феноменологический подход к объяснению электретоного эффекта. Образование гетерозаряда и гомозаряда.
16. Термодеполяризация. Способы получения электретов. Применение электретов в технике.
17. Пьезоэлектрический эффект. Тензоры поляризации. Получение матрицы пьезомодулей кристаллов.
18. Кварц как пьезоэлектрик. Способы его получения. Применение пьезоэлектриков в радиоэлектронике.
19. Доменная структура и гистерезисные явления сегнетоэлектриков.
20. Термодинамический подход к объяснению сегнетоэлектрического состояния. Динамическая теория сегнетоэлектриков.
21. Антисегнетоэлектрики. Основные физические свойства сегнетоэлектриков.
22. Электрострикция и пьезоэффект в сегнетоэлектриках. Электрооптический эффект.
23. Способы получения сегнетоэлектриков. Титанат бария как сегнетоэлектрик. Применение сегнетоэлектриков.
24. Методы измерения диэлектрических параметров.
25. Точечные дефекты. Расчет концентрации дефектов по Френкелю и Шоттке.
26. Определение подвижности носителей заряда в диэлектриках. Микроструктура удельной ионной электропроводности диэлектриков.
27. Оценка образования дефектов. Закон случайных блужданий и диффузия в кристаллах. Законы Фика. Уравнение Нернста-Эйнштейна.
28. Суперионная проводимость кристаллов. Строение и свойства проводников второго рода.
29. Протонные проводники. Механизмы протонного транспорта в кристаллах.
30. Зонная структура полупроводниковых материалов. Равновесная концентрация электронов и дырок в полупроводниках, содержащих доноры и акцепторы. Получения полупроводниковых материалов.
31. Зонная структура кремния и германия. Электрофизические свойства соединений типа  $A_2B_5$  на основе индия, гадалиния, алюминия, сурьмы, арсенида, фосфора.
32. Халькогениды, селениды, теллуриды свинца, меди, серебра. Сложные соединения.

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 13 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

33. Узкополосные полупроводниковые материалы. Оксидные полупроводники, способы их получения.
34. Ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм. Кривые намагничивания.
35. Магнитный гистерезис. Характеристики технической кривой намагничивания. Определение констант магнитной анизотропии.
36. Железо, железокобальтовые сплавы. Химический состав. Кристаллическая структура. Магнитные и электрические свойства. Перспективы повышения качества.
37. Электротехнические стали. Железо-кремнистая сталь. Основной химический состав сплавов и состав по примесям.
38. Кристаллическая структура электротехнической стали. Пластическая деформация. Термическая обработка. Магнитные и электрические свойства.
39. Магнитомягкие ферриты. Химический состав. Кристаллическая структура. Самопроизвольная намагниченность. Магнитные и электрические свойства.
40. Магнитные материалы с прямоугольной петлей гистерезиса и большой скоростью перемагничивания. Термическая обработка ферритов. Тонкие магнитные пленки.
41. Химический состав, кристаллическая структура, магнитные и электрические свойства высокочастотных ферритов.
42. Структура магнитодиэлектриков. Способ получения. Магнитные свойства в постоянных и переменных полях.
43. Физические условия высококоэрцитивного состояния. Магнитотвердые металлические сплавы. Кристаллическая структура, магнитные и электрические свойства.
44. Магнитотвердые ферриты. Химический состав, кристаллическая структура. Способы их получения. Магнитные и электрические свойства.
45. Структура магнитных материалов с повышенной коэрцитивной силой и большой плотностью записи информации при перемещении намагничивающего поля.

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 14 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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.

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

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 15 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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, неискажающие 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.

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

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 16 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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.

### **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

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 17 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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.

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.

 МИНОБРАЗОВАНИЯ 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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 18 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

### Основная литература

(\* литература, имеющаяся в библиотеке ЧелГУ или электронной библиотечной системе; \*\* литература, имеющаяся в электронной библиотечной системе)

1. \*Бурмистров В.А. Функциональные материалы. Диэлектрики. Изво. ЧелГУ, 2014г., 198с.
2. \*Елисеева А.А., Лукашин А.В. /под редакцией Ю.Д. Третьякова/. Функциональные наноматериалы. М.: Физматлит, 2010, 456 с.

### Дополнительная литература

1. \*Кнотько А.В., Пресняков И.А., Третьяков Ю.Д. Химия твердого тела М.: Академия, 2006, 420 с.
2. \*Орешкин П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков. М: Высшая школа 1977 г., 260 с.
3. \*Мишин Д.Д. Магнитные материалы. М: Высшая школа, 1981, 335с.
4. \*Чеботин В.Н., Перфильев М.В. Электрохимия твердых электролитов. М: Химия. 1978 г., 340 с.
5. \* Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М: Высшая школа. 2000г., 447с.

### 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.

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 «Информо», 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:

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 19 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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)	Адрессайта
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 <b>Nature</b>	<a href="http://www.nature.com/nature/index.html">http://www.nature.com/nature/index.html</a>
5	электронные научные информационные ресурсы зарубежного издательства <b>Springer</b>	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
6	<b>«Информио»</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

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 20 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

## 8. Материально-техническое обеспечение

Для проведения занятий по дисциплине «Физические свойства твердых тел», 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:

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.

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 21 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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.

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

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) 2.1.2.1. «Физические свойства твердых тел» Научная специальность – 1.4.15. Химия твердого тела Направленность (профиль) – Химия твердого тела			
Версия документа - 1	Стр. 22 из 22	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____

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.