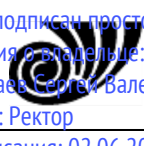


Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 02.06.2025 10:25:15 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323	 <p>МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И Высшего образования Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)</p>	Рабочая программа дисциплины "Физика углеродных материалов" по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 "Физика" направленности (профилю) Физика конденсированного состояния вещества ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	--	---	--------

## Рабочая программа дисциплины (модуля)\*

Физика углеродных материалов

Направление подготовки (специальность)

03.04.02 Физика

Направленность (профиль)

Физика конденсированного состояния вещества

Присваиваемая квалификация (степень)

магистр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2024

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

Челябинск 2024 г.



## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
  - 6.1. Перечень видов оценочных средств
  - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
  - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
  - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
  - 7.1. Рекомендуемая литература
  - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
  - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса состоит в изучении студентами основных закономерностей формирования структуры углеродных материалов и композитов на основе углерода.

Конкретные задачи курса сводятся к следующему:

1. Изучение экспериментальных методик исследования структуры углеродных материалов и наноструктур.
2. Овладение методами моделирования наноструктурированных углеродных материалов.
3. Изучение технологий синтеза углеродных наноструктур, конструкционных материалов и композитов.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

ПК-1.1. Демонстрирует знание основных теоретических положений и методов в области физики конденсированного состояния вещества

ПК-1.2. Демонстрирует умения сбора и анализа информации по тематике проводимых научных исследований в области физики конденсированного состояния вещества

ПК-1.3. Имеет практический опыт установления новых фактов и закономерностей в области физики конденсированного состояния вещества

ПК-2.1. Обладает знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте эксплуатации и технического обслуживания электронного оборудования.

ПК-2.2. Демонстрирует умение ставить научные задачи в области физики конденсированного состояния вещества и решать их с использованием современного оборудования и отечественного и зарубежного опыта

ПК-2.3. Имеет практический опыт (навыки) проведения научно-исследовательских работ, опираясь на использование современного оборудования и отечественного и зарубежного опыта

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.В.03

#### 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Изучение данной дисциплины базируется на знании дисциплин: математический анализ, дифференциальные уравнения, программирование, численные методы и математическое моделирование.; термодинамика, физика конденсированного состояния вещества.

Фазовые превращения в дисперсных системах

#### 2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Физика фазовых переходов

Современные проблемы физики

Научно-исследовательская работа

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Преддипломная практика

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ПК-1: Способен проводить научно-исследовательскую работу в области физики конденсированного состояния вещества**

#### Знать:

Для достижения ПК-1.1: основные проблемы в области синтеза углеродных материалов и композитов на их основе; методы экспериментального исследования структуры углеродных материалов – рентгенографические, электронно-микроскопические, методы сканирующей зондовой микроскопии; методы моделирования углеродных наноструктур и наноструктурированных углеродных фаз; подходы к решению технологических задач по разработке технологий синтеза углеродных материалов

#### Уметь:

Для достижения ПК-1.2: Вырабатывать стратегию действий при решении задач исследования структуры и свойств



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

Рабочая программа дисциплины "Физика углеродных материалов" по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 "Физика" направленности (профилю) Физика конденсированного состояния вещества ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 4

углеродных материалов

**Владеть:**

Для достижения ПК-1.3: методами исследования углеродных наноструктур и наноструктурированных углеродных материалов и композитов

**ПК-2: Способность ставить научные задачи в области физики конденсированного состояния вещества и решать их с использованием современного оборудования и отечественного и зарубежного опыта**

**Знать:**

Для достижения ПК-2.1: методы исследования углеродных материалов, необходимые для решения научно-исследовательских задач

**Уметь:**

Для достижения ПК-2.2: применять результаты исследований углеродных материалов для разработки технологий и инновационной деятельности

**Владеть:**

Для достижения ПК-2.3: навыками проведения исследования углеродных материалов и применения их результатов для решения научно-исследовательских и научно-инновационных задач

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	современные технологии синтеза углеродных материалов, углеродных наноструктур и композитов на их основе; методы экспериментального исследования структуры углеродных материалов – рентгенографические, электронно-микроскопические, методы сканирующей зондовой микроскопии; методы моделирования углеродных наноструктур и наноструктурированных углеродных фаз
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	решать практические задачи исследования структуры углеродных материалов и композитов при помощи этих методов
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	методами исследования углеродных наноструктур и наноструктурированных углеродных материалов и композитов

**4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Общая трудоемкость	<b>4 ЗЕТ</b>
Часов по учебному плану : 144	Виды контроля в семестрах: экзамены 2
в том числе :	
аудиторные занятия : 48	
самостоятельная работа : 69	
часов на контроль : 18	
контактная работа: 57	
ИКР: 9	

**5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	<b>Раздел 1. Методы исследования структуры углеродных материалов</b>			
1.1	Применение трансмиссионной и растровой электронной микроскопии к исследованию структуры углеродных материалов /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4



1.2	Рентгеноструктурные методы исследования структуры углеродных материалов. Анализ формы профилей дифракционных линий. Методы определения структурных характеристик по форме дифракционных максимумов /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
1.3	Методики разложения перекрывающихся дифракционных максимумов на компоненты. Методики определения физико-технических характеристик со структурой /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
1.4	Построение теоретических рентгенограмм УГМ /Пр/	2	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
1.5	Методы исследования структуры углеродных материалов. /Ср/	2	20	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 2. Графитация углеродных материалов</b>				
2.1	Синтез искусственного графита – процесс графитации. Термообработка: карбонизация и графитация /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
2.2	Факторы влияющие на графитацию искусственного поликристаллического графита. Кинетика графитации. Влияние примесей на графитацию /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
2.3	Карбидная модель графитации. Модели Франклин и Майера-Меринга. Модель структурных изменений Лахтера-Брэга-Аладекомо /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
2.4	Графитация анизотропных углеродных материалов. Структурная модель Руланда. Взаимосвязь структурных параметров углеродных материалов. Рекристаллизационная модель графитации /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
2.5	Графитация углеродных материалов /Ср/	2	18	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 3. Особенности структур реальных углеродных материалов</b>				
3.1	Технология получения углеродных волокон. Макро и микроструктура углеродного волокна, взаимосвязь со структурой исходных полимеров /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4



3.2	Технология синтеза углесталла и стеклоглерода /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
3.3	Синтез и структура карбинов, фуллеренов и нанотрубок. Физико-химические свойства углеродных материалов. Взаимосвязь структуры и свойств в углеродных материалах /Лек/	2	1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
3.4	Моделирование структуры нанокристаллов УГМ /Пр/	2	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
3.5	Особенности структур реальных углеродных материалов. /Ср/	2	9	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 4. Углеродные наноструктуры и новые углеродные фазы</b>				
4.1	Классификация углеродных фаз и углеродных наноструктур /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
4.2	Фуллерены – методы синтеза, структура и свойства. /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
4.3	Нанотрубки – методы синтеза, структура, свойства. Практическое использование углеродных нанотрубок. /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
4.4	Новые гибридные углеродные фазы (карбиноалмазные, графиновые, из полимеризованных фуллеренов и др.). /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
4.5	Моделирование структуры фуллеренов и углеродных нанотрубок /Пр/	2	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
4.6	Углеродные наноструктуры и новые углеродные фазы. /Ср/	2	12	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 5. Композиционные материалы на основе углерода</b>				
5.1	Общие представления о композиционных материалах, типы композитов, их классификация. Синтез композитов с требуемыми свойствами /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4



5.2	Особенности структуры и свойств композитов. Связующее композитов: пеки, смолы, металлы. Армирующие наполнители композитов: углеродные волокна, неорганические соединения, металлы /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
5.3	Синтез, структура и свойства углерод-углеродных композиционных материалов. Синтез C-Si композиционных материалов. Влияние примесей на формирование структуры карбидкремниевых композитов /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4
5.4	Композиционные материалы на основе углерода /Ср/	2	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 6. Иная контактная работа</b>				
6.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	2	9	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 6.1. Перечень видов оценочных средств

задания к практическим занятиям, тест, билеты к экзамену

### 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации представлены в Фондах оценочных средств

Пример тестового задания:

1. Для расчета межплоскостных расстояний на порошковой рентгенограмме необходимо определить ...

- а. интенсивность максимумов
- б. углы дифракции
- в. количество максимумов
- г. индексы Миллера

2. Для расчета средних размеров областей когерентного рассеяния необходимо определить ... дифракционного максимума

- а. интегральную ширину
- б. площадь
- в. высоту
- г. размер

3. Графитация это процесс, в ходе которого происходит формирование структуры ...

- а. алмаза
- б. карбина
- в. графита
- г. кремния

Пример практических заданий:

Задачи:

- 1) написать программу расчета межслоевых расстояний в графите;
- 2) проанализировать зависимость межплоскостного расстояния и энергии вязи от размера кристалла графита.

### 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации представлены в Фондах оценочных средств



Билеты к экзамену

БИЛЕТ 1

1. Строение атома углерода. Валентные состояния атома углерода.
2. Инструментальное уширение дифракционных максимумов. Исключение инструментального уширения методом гармонического анализа.
3. Механизмы графитации.
4. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для графитового слоя из 24 атомов.

БИЛЕТ 2

1. Углерод-углеродные связи. Кратность связей и межатомные расстояния
2. Исключение инструментального уширения методом регуляризации.
3. Кристаллическая структура коксов.
4. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для графитового слоя бесконечной длины и шириной 5 атомов (ПАН-структура).

БИЛЕТ 3

1. Диаграмма состояния углерода. Кристаллическая структура графита и алмаза.
2. Разделение дифракционных линий на компоненты.
3. Кристаллическая структура углеродного волокна.
4. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для графитового слоя из 13 атомов.

БИЛЕТ 4

1. Дефекты структуры в углеродных материалах.
2. Методы определения параметров тонкой структуры по форме дифракционных линий. Метод гармонического анализа.
3. Возможные формы фуллеренов. Структура многослойных фуллеренов.
5. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для молекулы циклопропана C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>.

БИЛЕТ 5

1. Интеркалированные соединения.
2. Методы определения параметров тонкой структуры по форме дифракционных линий. Метод четвертого момента.
3. Структура однослойной нанотрубки. Возможные диаметры нанотрубок. Структура многослойных нанотрубок.
4. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для молекулы бензола C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.

БИЛЕТ 6

1. Получение искусственного графита. Факторы, влияющие на графитацию.
2. Методы определения параметров тонкой структуры по форме дифракционных линий. Метод аппроксимации.
3. Композиционные материалы. Распределение и относительное содержание фаз в структуре композитов.
4. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для молекулы циклобутана C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>.

БИЛЕТ 7

1. Углеродные волокна. Производство углеродного волокна из ПАН-волокна.
2. Методы определения параметров тонкой структуры по форме дифракционных линий. Метод регуляризации.
3. Углерод-углеродные композиты. Получение и свойства углерод-углеродных композитов.
4. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для молекулы циклогексана C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>.

БИЛЕТ 8

1. Углеродные волокна. Углеродные волокна из пеков. Углеродные волокна из гидратцеллюлозы.
2. Рентгеноструктурный анализ. Определение межслоевых расстояний. Моделирование структурного упорядочения в углеродных материалах.
3. SiC – композиционные материалы. Синтез карбидкремниевых композитов.
4. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для молекулы циклопентана C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>.

БИЛЕТ 9

1. Синтез фуллеренов и нанотрубок.
2. Рентгеноструктурный анализ. Определение размеров кристаллов. Определение деформаций.
3. Влияние различных факторов на фазовый состав и структуру SiC – композитов. Механизмы формирования дефектов в SiC композитах.
4. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для молекулы этилена C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> и ацетилена C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>.

БИЛЕТ 10



1. Строение атома углерода. Валентные состояния атома углерода.
2. Исключение инструментального уширения методом регуляризации
3. Кристаллическая структура углеродного волокна
4. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для молекулы циклопропана C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>.

#### БИЛЕТ 11

1. Дефекты структуры в углеродных материалах.
2. Разделение дифракционных линий на компоненты.
3. Кристаллическая структура коксов.
4. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для графитового слоя из 24 атомов.

#### БИЛЕТ 12

1. Интеркалированные соединения.
2. Методы определения параметров тонкой структуры по форме дифракционных линий. Метод аппроксимации.
3. Углерод-углеродные композиты. Получение и свойства углерод-углеродных композитов.
4. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для молекулы циклопентина C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>.

#### БИЛЕТ 13

1. Углеродные волокна. Углеродные волокна из пеков. Углеродные волокна из гидратцеллюлозы
2. Методы определения параметров тонкой структуры по форме дифракционных линий. Метод регуляризации
3. Композиционные материалы. Распределение и относительное содержание фаз в структуре композитов
4. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для молекулы бензола C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.

#### БИЛЕТ 14

1. Синтез фуллеренов и нанотрубок.
2. Рентгеноструктурный анализ. Определение межслоевых расстояний. Моделирование структурного упорядочения в углеродных материалах.
3. Кристаллическая структура углеродных волокон.
4. Найти кратность и длину углерод-углеродных связей для графитового слоя бесконечной длины и шириной 4 атома (ГТЦ-структура).

#### 6.4. Критерии оценивания

Обязательным требованием освоения программы является, во-первых, сдача трех отчетов по практическим заданиям курса, во-вторых, успешная сдача экзамена. На экзамене студенты должны ответить на три вопроса билета и решить одну содержащуюся в билете задачу.

Оценка на экзамене выставляется по результатам семи контрольных мероприятий, сдачи трех отчетов, ответа на три вопроса и решения задачи.

Оценка «отлично» выставляется, если сданы три отчета, правильно решена задача, и даны подробные ответы на три вопроса, содержащихся в билете (возможно наличие мелких неточностей в ответах).

Оценка «хорошо» выставляется, если сданы три отчета, правильно решена задача, и даны ответы на три вопроса, содержащихся в билете, однако не достаточно полные или с мелкими ошибками.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если полностью отсутствует положительный результат по одному из семи контрольных мероприятий, а все остальные представлены правильно, т.е. не сдан один отчет по практическому заданию, полностью нет ответа на один вопрос или неправильно решена задача.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если из семи контрольных мероприятий по двум или более получен отрицательный результат.

### 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### 7.1. Рекомендуемая литература

##### 7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л1.1	Разумовская И. В.	Физика твердого тела: учебное пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=108460">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=108460</a> )	Москва : Прометей, 2011	ЭБС
Л1.2	Шулепов С. В.	Физика углеродных материалов	Челябинск : Металлургия, Челябинское отделение, 1990	



	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л1.3	Беленков Е. А.	Субатомное строение углеродных материалов: учебное пособие	Челябинск: [б. и.], 2000	
Л1.4	Рэмсен Э. Н., Барановский В. И., Белюстин А. А., Ефимов А. И., Потехин А. А.	Начала современной химии: перевод с английского	Ленинград : Химия, Ленинградское отделение, 1989	
Л1.5	Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Иванов А. Н., Расторгуев Л. Н.	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: учебник для вузов	Москва : Металлургия, 1982	

#### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л2.1	Савватимский А. И.	Плавление графита и свойства жидкого углерода: монография ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=468777">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=468777</a> )	Москва : Издательство Физматкнига, 2014	ЭБС
Л2.2	Ясников И. С., Полунин В. И., Филатов А. М., Ульянчиков А. Г., Криштал М. М.	Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения: учебное пособие для вузов	Москва: Техносфера, 2009	
Л2.3	Беленков Е. А., Ивановская В. В., Ивановский А. Л., Макурин Ю. Н.	Наноалмазы и родственные углеродные наноматериалы: компьютерное материаловедение	Екатеринбург: [УрО РАН], 2008	
Л2.4	Спивак Г. В., Милотин В. И., Сушкин Н. Г., Фример А. И., Кушнир Ю. М., Лебедев А. А.	Электронная микроскопия	Москва : Гостехтеоретизд ат, 1954	
Л2.5	Раздьяконова Г. И., Лихолобов В. А., Кохановская О. А.	Технологии модификации технического углерода: монография ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493431">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493431</a> )	Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2017	ЭБС
Л2.6	Монина Л. Н.	Рентгенография. Качественный рентгенофазовый анализ: учебное пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=567437">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=567437</a> )	Тюмень : Тюменский государственный университет, 2016	ЭБС
Л2.7	Столяров Р. А., Буракова И. В., Бураков А. Е.	Нанокристаллические функциональные материалы и покрытия: учебное электронное издание: учебное пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=570540">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=570540</a> )	Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018	ЭБС
Л2.8	Суворов Э. В.	Материаловедение: методы исследования структуры и состава материалов: учебное пособие для вузов ( <a href="https://urait.ru/bcode/514643">https://urait.ru/bcode/514643</a> )	Москва : Юрайт, 2023	ЭБС

#### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. URL: <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>
----	---



Э2	Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / ООО Директмедиа Паблишинг. URL: <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
Э3	Юрайт [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Юрайт. URL: <a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a>
Э4	Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / Научно-издательский центр ИНФРА-М. URL: <a href="http://znanium.com/">http://znanium.com/</a>
Э5	eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. URL: <a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>

### 7.3 Перечень информационных технологий

#### 7.3.1 Программное обеспечение

MS Office365

Adobe Reader

WinDjView

LMS Moodle

Adobe Connect Acrobat

LibreOffice

OpenOffice

Ubuntu Linux

ПО Kaspersky

#### 7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – Челябинск, 1992.
2. APS JOURNALS. Physical Review Letters, Physical Review X, Physical Review, and Reviews of Modern Physics : журналы American Physical Society : сайт. – URL: <http://journals.aps.org/about> – Яз. англ. – Режим доступа: только из сети университета. – Текст : электронный.
3. Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
4. Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: <http://www.scopus.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
5. Springer Link : [сайт]. – URL: <http://link.springer.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение дисциплины осуществляется в учебной аудитории первого корпуса, рассчитанной на 25 студентов. Если занятия ведутся для потока студентов, то дисциплина ведется в лекционной аудитории первого корпуса, рассчитанной на 100 студентов.

Для успешного освоения дисциплины аудитория должна быть оборудована мультимедийным комплексом и экраном для демонстрации слайдовых презентаций.

Используются электронный читальный зал научной библиотеки ЧелГУ (аудитория 206) для самостоятельной работы студента, и учебная лаборатория вычислительной физики кафедры теоретической физики (аудитория 222) для практических занятий студента, оснащенные персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой. В аудиториях обеспечен доступ к различной справочной литературе, энциклопедиям, библиографическим и полнотекстовым базам данных, информационным ресурсам «Интернет».

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Лекционный курс посвящен изложению современного состояния исследований в области физики углерода, поэтому читаемые лекции существенно обновляются ежегодно, а содержащийся в них материал зачастую имеется в последних научных публикациях, доступ к которым у студентов ограничен. Поэтому следует рекомендовать студентам аккуратное посещение всех лекционных занятий и написание полных конспектов всех лекций. Практические занятия по курсу – это задания, связанные с написанием программ, при помощи которых можно поставить численные эксперименты и убедиться в справедливости некоторых из положений, читаемых в рамках лекционного курса. Для успешного выполнения заданий студентам необходимо практиковаться в написании программ и освежать знания в области языков программирования. Выполнять практические задания можно на



любом языке программирования, которым владеет студент.

Отчеты по практическим занятиям являются частью контроля успешного освоения курса; их форма аналогична форме отчета о лабораторных работах и должна в обязательном порядке содержать название работы, Ф.И.О. автора, цель и задачи работы, краткую теорию, листинг написанной программы, описание ее работы, описание методики численных экспериментов, поставленных с помощью программы, описание полученных результатов в виде рисунков, графиков и таблиц, обсуждение результатов и выводы.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MS Office365, форумы, электронная почта и др.).

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

## 10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и голо информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося.

1. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения: портативный компьютер с вводом/выводом шрифтом Брайля с синтезатором речи «EIBraile-W14J G2»; ноутбуки с программной экранного доступа NVDA; электронные увеличители для удаленного просмотра; видеоувеличители портативные; тифлоплеер; цифровые диктофоны.

2. Мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями слуха: система свободного звукового поля со встроенной совместимостью с FM-устройствами; радиоклассы «Сонет-PCM» с передатчиком, заушным индуктором и индукционной петлей; система информационная для слабослышащих переносная «Исток» А2 со встроенным плеером – звуковым информатором; документ-камера; программируемые слуховые аппараты индивидуального пользования.

3. Ассистивные информационные технологии: программное обеспечение экранного доступа с синтезом речи NVDA; программы экранного увеличения; программы речевого синтеза для компьютеров и ноутбуков; программы речевого синтеза для мобильных устройств; экранная клавиатура; экранная лупа.

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации NVDA, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах, с помощью специальных технических и программных средств (рабочее место для незрячего пользователя с программным обеспечением экранного доступа с синтезом речи NVDA, рабочее место с компьютерным роллером и клавиатурой Clevu с большими кнопками и с разделяющей клавиши накладкой).

Учебно-методические материалы для 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 шрифтом 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.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий (Moodle, Adobe Connect Pro и пр.).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья используется индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации направлены на индивидуализацию обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине 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 шрифтом 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 шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

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. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

