

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 15:15:01

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Углеродные, углерод-углеродные и углерод-карбидокремниевые материалы

Закреплена за подразделением Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Направление подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация **Инженер-исследователь**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180

в том числе:

аудиторные занятия 68

самостоятельная работа 76

часов на контроль 36

Формы контроля в семестрах:
экзамен 10

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	10 (5.2)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	76	103	76	103
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	207	180	207

Программу составил(и):

*д.т.н., проф.,
Бубненко И.А.*

Рабочая программа

Углеродные, углерод-углеродные и углерод-карбидокремниевые материалы

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Протокол от г., №

Руководитель подразделения Кузнецов Денис Валерьевич, к.т.н., доцент

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель освоения дисциплины - формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также изучение студентами современных достижений в области получения углеродных, углерод-углеродных и углерод-карбидокремниевых материалов и их применения в различных отраслях техники; научить пониманию закономерностей физико-химических процессов на различных этапах получения материалов данного класса и использовать их при разработке технологий изготовления углеродсодержащих материалов с заранее заданными свойствами.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.31
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Введение в органическую электронику	
2.1.2	Высокотемпературные материалы	
2.1.3	Инструментальные стали	
2.1.4	Компьютерное моделирование материалов и процессов	
2.1.5	Математические методы моделирования физических процессов	
2.1.6	Металловедение сварки	
2.1.7	Наноструктурные термоэлектрики	
2.1.8	Проблемы нанотехнологий	
2.1.9	Структура и свойства функциональных наноматериалов	
2.1.10	Технология термической обработки	
2.1.11	Физика дифракции	
2.1.12	Функциональные материалы электроники	
2.1.13	Материалы для биомедицины	
2.1.14	Междисциплинарные задачи материаловедения	
2.1.15	Методы испытания магнитных материалов	
2.1.16	Мехатроника	
2.1.17	Наноматериалы в современной твердотельной электронике	
2.1.18	Порошковая металлургия и процессы обработки материалов	
2.1.19	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов	
2.1.20	Физика и техника высоких давлений	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Алмазные поликристаллические материалы	
2.2.2	Гибридные наноструктурные материалы	
2.2.3	Магнитные свойства функциональных материалов	
2.2.4	Магнитотвердые материалы: технологии получения и обработки	
2.2.5	Медицинская химия	
2.2.6	Металловедение реакторных материалов	
2.2.7	Нелинейные кристаллы	
2.2.8	Солнечная энергетика	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.13	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.14	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.15	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.16	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-5: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов при разработке технологии производства материалов различного назначения

Знать:
ПК-5-312 Окисление ПАН-волокна.
ПК-5-313 Высокотемпературная обработка окисленного ПАН-волокна. Влияние условий вытяжки и газовой среды на кристаллическую структуру и свойства высокомолекулярных углеродных волокон на основе полиакрилонитрила.
ПК-5-310 Требования к органическим волокнам для переработки, основные виды органических волокон для последующего получения углеродного волокна.
ПК-5-311 Технология получения углеродных волокон на основе полиакрилонитрила, пека и гидратцеллюлозы.
ПК-5-314 Матрицы углерод-углеродных композиционных материалов. Пиролитический углерод, основные виды, способы получения, свойства. Характеристики пеков, химические, физические и механические свойства углерода на основе пека. Характеристики пеков, химические, физические и механические свойства углерода на основе пека.
ПК-5-317 Силицированный графит, получаемый пропиткой пористых углеродных основ. Влияние различных факторов на фазовый состав. Свойства, применение.
ПК-5-318 Технологические особенности получения углерод-углеродкарбидокремниевых материалов, основные свойства, применение и перспектива развития.
ПК-5-315 Технологии получения, свойства УУКМ и влияние технологических факторов на свойства, применение УУКМ.
ПК-5-316 Обоснование необходимости создания углеродкарбидокремниевых и углерод-углеродкарбидокремниевых материалов.
ПК-5-33 Прокаливание коксов, изменение свойств коксов при прокаливании.
ПК-5-34 Смешивание углеродных материалов. Механизмы смешивания.
ПК-5-31 Структуру и свойства наполнителей и связующих для получения углеграфитовых материалов.
ПК-5-32 Технологические переделы при получении углеграфитовых материалов (технологическая схема получения среднезернистого графита).
ПК-5-35 Сравнительная характеристика различных методов формования. Процессы, происходящие при уплотнении углеродных порошков в прессформе.
ПК-5-38 Свойства искусственных графитов. Применение искусственных графитов.
ПК-5-39 Стеклоуглерод, рекристаллизованный графит, пироуглерод. Технологические схемы получения и свойства.
ПК-5-36 Спекание (карбонизация). Температурные стадии процесса спекания, физико-химические процессы, протекающие в коксо-пековой композиции при спекании.
ПК-5-37 Процесс графитации углеграфитовых материалов. Физико-химические процессы, протекающие при графитации. Основные теории графитации, структурные составляющие углерода.
Уметь:
ПК-5-У3 Определять параметры получения углеродных матриц.
ПК-5-У2 Определение степени графитации углеродных материалов по заданным параметрам межплоскостного расстояния и интенсивности отражений (112) и (110).
ПК-5-У1 Определять время и темп нагрева при карбонизации углеродных материалов.
Владеть:
ПК-5-В1 Способами определения температуры в условиях невозможности измерения термопарой и пирометром.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Введение							
1.1	Роль углеродных, углерод-углеродных и углерод-карбидокремниевых материалов в науке и технике. /Лек/	10	1		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5 Л1.7 Л1.8Л2.4		КМ1	
1.2	Подготовка к лекции "Роль углеродных, углерод-углеродных и углерод-карбидокремниевых материалов в науке и технике". /Ср/	10	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5 Л1.7 Л1.8Л2.4		КМ1	

1.3	Строение атома углерода, диаграмма состояния углерода. /Лек/	10	1		Л1.8		КМ1	
1.4	Подготовка к лекции "Строение атома углерода, диаграмма состояния углерода". /Ср/	10	7		Л1.8		КМ1	
1.5	Определение длины углерод-углеродных связей, силовой постоянной и энергии связи по порядку связи. /Пр/	10	2		Л1.8		КМ1	Р1
1.6	Определение областей фазового состояния углерода и вида его аллотропной формы в зависимости от Р-Т параметров. /Пр/	10	2		Л1.5 Л1.8		КМ1	Р2
	Раздел 2. Углеродные материалы							
2.1	Основные представления о структуре графита, аллотропные формы углерода, идеальные структуры графита, типы дефектов структуры. /Лек/	10	1		Л1.1 Л1.5 Л1.8		КМ1	
2.2	Подготовка к лекции "Основные представления о структуре графита, аллотропные формы углерода, идеальные структуры графита, типы дефектов структуры". /Ср/	10	3		Л1.1 Л1.5 Л1.8		КМ1	
2.3	Взаимодействие графита с газами. Взаимодействие неметаллических соединений (карбидов, боридов, силицидов, нитридов, окислов) с углеродом. /Лек/	10	1		Л1.1 Л1.3 Л1.8		КМ1	
2.4	Подготовка к лекции "Взаимодействие графита с газами. Взаимодействие неметаллических соединений (карбидов, боридов, силицидов, нитридов, окислов) с углеродом. /Ср/	10	5		Л1.1 Л1.3 Л1.8		КМ1	
2.5	Взаимодействие графита с металлами. /Лек/	10	1		Л1.2 Л1.7		КМ1	
2.6	Подготовка к лекции "Взаимодействие графита с металлами". /Ср/	10	4		Л1.2 Л1.6		КМ1	
2.7	Основные характеристики углеродных материалов (УМ): пористость, плотность и прочность. /Лек/	10	1		Л1.1		КМ1	
2.8	Подготовка к лекции "Основные характеристики углеродных материалов (УМ): пористость, плотность и прочность". /Ср/	10	2		Л1.1		КМ1	

2.9	Основные характеристики УМ: электрофизические свойства. /Лек/	10	1		Л1.1		КМ1	
2.10	Подготовка к лекции "Основные характеристики УМ: электрофизические свойства". /Ср/	10	3		Л1.1		КМ1	
2.11	Основные характеристики УМ: теплофизические свойства. /Лек/	10	1		Л1.1		КМ1	
2.12	Подготовка к лекции "Основные характеристики УМ: теплофизические свойства". /Ср/	10	3		Л1.1		КМ1	
2.13	Структура и свойства наполнителей и связующих для получения углеграфитовых материалов. /Лек/	10	1		Л1.1		КМ1	
2.14	Подготовка к лекции "Структура и свойства наполнителей и связующих для получения углеграфитовых материалов". /Ср/	10	4		Л1.1		КМ1	
2.15	Технологические пределы при получении углеграфитовых материалов (технологическая схема получения среднезернистого графита). /Лек/	10	1		Л1.1		КМ1	
2.16	Подготовка к лекции: "Технологические пределы при получении углеграфитовых материалов (технологическая схема получения среднезернистого графита)". /Ср/	10	3		Л1.1		КМ1	
2.17	Прокаливание коксов, изменение свойств коксов при прокаливании. /Лек/	10	1		Л1.1		КМ1	
2.18	Подготовка к лекции "Прокаливание коксов, изменение свойств коксов при прокаливании". /Ср/	10	2		Л1.1		КМ1	
2.19	Смешивание углеродных материалов. Механизмы смешивания. /Лек/	10	1		Л1.1Л2.1		КМ1	
2.20	Подготовка к лекции "Смешивание углеродных материалов. Механизмы смешивания". /Ср/	10	3		Л1.1Л2.1		КМ1	
2.21	Сравнительная характеристика различных методов формования. Процессы, происходящие при уплотнении углеродных порошков в прессформе. /Лек/	10	1		Л1.5 Л1.6Л2.3		КМ1	

2.22	Подготовка к лекции "Сравнительная характеристика различных методов формования. Процессы, происходящие при уплотнении углеродных порошков в прессформе". /Ср/	10	3		Л1.1 Л1.5 Л1.6Л2.2		КМ1	
2.23	Спекание (карбонизация). Температурные стадии процесса спекания, физико-химические процессы, протекающие в коксо-пековой композиции при спекании. /Лек/	10	1		Л1.1		КМ1	
2.24	Подготовка к лекции "Спекание (карбонизация). Температурные стадии процесса спекания, физико-химические процессы, протекающие в коксо-пековой композиции при спекании". /Ср/	10	3		Л1.1		КМ1	
2.25	Определение времени и темпа нагрева при карбонизации углеродных материалов. /Пр/	10	3		Л1.1		КМ1	Р3
2.26	Графитация углеграфитовых материалов. Физико-химические процессы, протекающие при графитации. Основные теории графитации, структурные составляющие углерода. /Лек/	10	1		Л1.1 Л1.8		КМ1	
2.27	Подготовка к лекции "Графитация углеграфитовых материалов. Физико-химические процессы, протекающие при графитации. Основные теории графитации, структурные составляющие углерода". /Ср/	10	3		Л1.8		КМ1	
2.28	Определение степени графитации углеродных материалов по заданным параметрам межплоскостного расстояния и интенсивности отражений (112) и (110). /Пр/	10	3		Л1.5		КМ1	Р16
2.29	Свойства искусственных графитов. Применение искусственных графитов. /Лек/	10	1		Л1.1 Л1.3		КМ1	
2.30	Подготовка к лекции "Свойства искусственных графитов. Применение искусственных графитов". /Ср/	10	2		Л1.1 Л1.3		КМ1	

2.31	Стеклоуглерод, рекристаллизованный графит, пироуглерод. Технологические схемы получения и свойства. /Лек/	10	2		Л1.1 Л1.5 Л1.8		КМ1	
2.32	Подготовка к лекции "Стеклоуглерод, рекристаллизованный графит, пироуглерод. Технологические схемы получения и свойства". /Ср/	10	4		Л1.1 Л1.5 Л1.8		КМ1	
	Раздел 3. Углерод-углеродные материалы							
3.1	Требования к органическим волокнам для переработки, основные виды органических волокон для последующего получения углеродного волокна. /Лек/	10	1		Л1.7 Л1.8		КМ2	
3.2	Подготовка к лекции "Требования к органическим волокнам для переработки, основные виды органических волокон для последующего получения углеродного волокна". /Ср/	10	2		Л1.7 Л1.8		КМ2	
3.3	Химические превращения при формировании углеродных волокон. /Лек/	10	1		Л1.8		КМ2	
3.4	Подготовка к лекции "Химические превращения при формировании углеродных волокон". /Ср/	10	2		Л1.8		КМ2	
3.5	Технология получения углеродных волокон на основе полиакрилонитрила, пека и гидратцеллюлозы. /Лек/	10	1		Л1.8		КМ2	
3.6	Подготовка к лекции "Технология получения углеродных волокон на основе полиакрилонитрила, пека и гидратцеллюлозы". /Ср/	10	3		Л1.8		КМ2	
3.7	Морфологическое строение углеродного волокна и физико-механические свойства. /Лек/	10	1		Л1.8		КМ2	
3.8	Подготовка к лекции "Морфологическое строение углеродного волокна и физико-механические свойства". /Ср/	10	2		Л1.8		КМ2	
3.9	Рассчитать прочностные параметры углеродного волокна при растяжении по полученным экспериментальным данным: прочность, модуль упругости, относительное удлинение. /Пр/	10	2		Л1.8		КМ2	

3.10	Окисление ПАН-волокна. /Лек/	10	1		Л1.8		КМ2	
3.11	Подготовка к лекции "Окисление ПАН-волокна". /Ср/	10	1		Л1.8		КМ2	
3.12	Высокотемпературная обработка окисленного ПАН-волокна. Влияние условий вытяжки и газовой среды на кристаллическую структуру и свойства высокомолекулярных углеродных волокон на основе полиакрилонитрила. /Лек/	10	2		Л1.8		КМ2	
3.13	Подготовка к лекции "Высокотемпературная обработка окисленного ПАН-волокна. Влияние условий вытяжки и газовой среды на кристаллическую структуру и свойства высокомолекулярных углеродных волокон на основе полиакрилонитрила". /Ср/	10	2		Л1.8		КМ2	
3.14	Геометрическое строение объемных структур (каркасов) из углеродного волокна, используемых при получении УУКМ. /Лек/	10	1		Л1.8		КМ2	
3.15	Подготовка к лекции "Геометрическое строение объемных структур (каркасов) из углеродного волокна, используемых при получении УУКМ". /Ср/	10	2		Л1.8		КМ2	
3.16	Прочность КМ при растяжении; влияние ориентации волокон на прочностные свойства КМ; прочностные свойства КМ, армированных дискретными волокнами; особенности разрушения КМ. /Лек/	10	1		Л1.8		КМ2	
3.17	Подготовка к лекции "Прочность КМ при растяжении; влияние ориентации волокон на прочностные свойства КМ; прочностные свойства КМ, армированных дискретными волокнами; особенности разрушения КМ". /Ср/	10	2		Л1.8		КМ2	

3.18	Матрицы углерод-углеродных композиционных материалов. Пиролитический углерод, основные виды, способы получения. свойства. Характеристики пеков, химические, физические и механические свойства углерода на основе пека. Характеристики пеков, химические, физические и механические свойства углерода на основе пека. /Лек/	10	1		Л1.8		КМ2	
3.19	Подготовка к лекции "Матрицы углерод-углеродных композиционных материалов. Пиролитический углерод, основные виды, способы получения. свойства. Характеристики пеков, химические, физические и механические свойства углерода на основе пека. Характеристики пеков, химические, физические и механические свойства углерода на основе пека". /Ср/	10	6		Л1.8		КМ2	
3.20	Технологии получения, свойства УУКМ и влияние технологических факторов на свойства, применение УУКМ. /Лек/	10	1		Л1.8		КМ2	
3.21	Подготовка к лекции "Технологии получения, свойства УУКМ и влияние технологических факторов на свойства, применение УУКМ". /Ср/	10	4		Л1.8		КМ2	
3.22	Технические характеристики, назначение, принципы работы контрольного, измерительного и испытательного оборудования (на примере работы кварцевого дилатометра). /Ср/	10	2		Л1.1		КМ2	
3.23	Определение параметров получения углеродных матриц. /Пр/	10	2		Л1.8		КМ2	Р5
	Раздел 4. Углерод-карбидокремниевые материалы							
4.1	Обоснование необходимости создания углеродкарбидокремниевых и углерод-углеродкарбидокремниевых материалов. /Лек/	10	1		Л1.8		КМ3	

4.2	Основы капиллярной технологии (смачивание, растекание, капиллярная пропитка). /Лек/	10	1		Л1.2		КМ3	
4.3	Подготовка к лекции "Основы капиллярной технологии (смачивание, растекание, капиллярная пропитка)". /Ср/	10	12		Л1.2 Л1.9		КМ3	
4.4	Основные закономерности процессов науглероживания карбидообразующих металлов, образования карбида кремния. формирование карбидной матрицы. /Ср/	10	4		Л1.2 Л1.7		КМ3	
4.5	Определение глубины пропитки углеродных материалов металлами расчетом по уравнениям, не требующих применения специальных программ. /Пр/	10	3		Л1.2 Л1.7		КМ3	Р6
4.6	Определение поверхностной энергии углеродных материалов. /Пр/	10	2		Л1.2 Л1.7		КМ3	Р7
4.7	Способы определения температуры в условиях невозможности измерения термопарой и пирометром. /Пр/	10	2		Л1.1		КМ3	Р8
4.8	Вывод уравнения работы адгезии, зависимости равновесного краевого угла смачивания от соотношения работы адгезии и когезии. /Пр/	10	2		Л1.2		КМ3	Р9
4.9	Науглероживание расплавов, сравнение степени науглероживания расплава при взаимодействии кремния с упорядоченными и неупорядоченными формами углерода. /Пр/	10	2		Л1.2		КМ3	Р10
4.10	Вывод уравнения движущей силы растекания. Расчеты по данному уравнению для разных видов углеродных материалов, отличающихся различной величиной удельной свободной поверхностной энергии на границе твердое тело - газ. /Пр/	10	2		Л1.2		КМ3	Р11
4.11	Вывод уравнения капиллярного давления. Расчет усилия, которое будет действовать на углеродные кластеры в расплаве. /Пр/	10	2		Л1.4 Л1.9		КМ3	Р12

4.12	Вывод уравнения Юнга для равновесного краевого угла смачивания. Расчеты неизвестных величин удельной поверхностной энергии по данному уравнению для различных углеродных материалов. /Пр/	10	2		Л1.2		КМ3	P13
4.13	Расчет коэффициента диффузии углерода по толщине слоя карбида кремния при взаимодействии кремния с углеродом. /Пр/	10	2		Л1.2		КМ3	P14
4.14	Расчет глубины пропитки цирконием пористого графита. /Пр/	10	1		Л1.2		КМ3	P15
4.15	Силицированный графит, получаемый пропиткой пористых углеродных основ. Влияние различных факторов на фазовый состав. Свойства, применение. /Лек/	10	1		Л1.9		КМ3	
4.16	Силицированный графит, получаемый пропиткой пористых углеродных основ. Влияние различных факторов на фазовый состав. Свойства, применение. /Ср/	10	3		Л1.9		КМ3	
4.17	Технологические особенности получения углерод-углеродкарбидокремниевых материалов, основные свойства, применение и перспектива развития. /Лек/	10	2		Л1.7		КМ3	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа 1 "Углеродные материалы"		<p>Электронное строение атома углерода, виды гибридизации.</p> <p>Сколько радиоактивных изотопов имеется у углерода?</p> <p>Какие радиоактивные изотопы углерода Вы знаете?</p> <p>Какой из радиоактивных изотопов углерода является долгоживущим?</p> <p>Какие валентности имеются у атома углерода?</p> <p>Какие виды гибридизации имеет углерод?</p> <p>Назовите виды валентного состояния углерода?</p> <p>Аллотропные формы углерода.</p> <p>Что такое аллотропная форма углерода?</p> <p>Какие аллотропные формы углерода известны в настоящее время?</p> <p>Что такое графен?</p> <p>Что такое фуллерен?</p> <p>Что такое углеродные нанотрубки?</p> <p>Какие виды углеродных нанотрубок существуют?</p> <p>Кристаллическая решетка графита.</p> <p>Какое расстояние между атомами углерода в графеновом слое?</p> <p>Какое расстояние между графеновыми слоями в решетке идеального графита?</p>

		<p>Какова структура ромбоэдрического графита? Какой порядок чередования графеновых слоев в стабильной кристаллической структуре графита? Приведите пример метастабильной структуры графита. Параметры тройных точек углерода, энергия связей. Назовите параметры тройных точек углерода (температуру и давление)? Какой температурный интервал перехода графита в пар при атмосферном давлении? Назовите порядок величин энергии одинарных, двойных, тройных углеродных связей. Какова энергия связи между атомами углерода в графеновом слое? Какова энергия связи между графеновыми слоями в графите? Дефекты структуры графита. Какие типы дефектов структуры имеются в графите? Как образуются краевые дислокации в графите? Как образуются винтовые дислокации в графите? Взаимодействие графита с газами. До какой температуры кислород практически не взаимодействует с графитом? Какова начальная температура взаимодействия диоксида углерода с графитом? Каким образом металлические примеси влияют на реакционную способность графита по отношению к кислороду? Влияние структуры углерода на процесс окисления графита. Каким образом зависит энергия активации процесса окисления от степени совершенства кристаллической графита? При какой температуре наблюдается минимум реакционной способности графита по отношению к кислороду? Чем объясняется экстремальная зависимость реакционной способности графита по отношению к кислороду от температуры обработки последнего? Взаимодействие графита с металлами. От чего зависит растворимость углерода в металлах? Какие виды расплавов образуются при взаимодействии различных металлов с графитом? Приведите примеры металлов, хорошо растворяющих графит. Приведите примеры металлов, которые в определенном температурном диапазоне не взаимодействуют с графитом. Как медь взаимодействует с графитом? Каким образом происходит взаимодействие углерода с никелем? Как углерод взаимодействует с карбидообразующими металлами? При каких температурах происходит образование карбида алюминия? Взаимодействие графита с неметаллическими соединениями (окислами, карбидами, боридами, силицидами, нитридами). Каким образом связаны температура начала взаимодействия окислов с углеродом с температурой сублимации? Как влияет на процесс восстановления окислов химическая активность восстановителя и его поверхность? В чем состоит механизм начальных стадий взаимодействия окислов металлов с углеродом? До какой температуры диоксид циркония не взаимодействует с углеродом? До какой температуры оксид алюминия стоек по отношению к углероду? Как отличаются коэффициенты диффузии углерода в карбиде и коэффициент самодиффузии углерода в графите? Как различается скорость поступления атомов углерода из объема графита к контактной границе по отношению к скорости их движения в карбиде? Что происходит с карбидом при его взаимодействии с углеродом при высоких температурах? Какой процесс наблюдается на границе карбид-углерод при длительном высокотемпературном взаимодействии? Какова растворимость углерода в дибориде титана? Какова растворимость углерода в дибориде циркония? Какова растворимость углерода в дибориде гафния?</p>
--	--	---

		<p>Применение искусственных графитов. Назовите области применения искусственных графитов. Перечислите основные свойства искусственных графитов. Назовите виды пористости углеродных материалов. Пиролитический углерод, формирование структуры и свойств, углеситаллы, углеборситаллы, применение. Каким образом получают пиролитический углерод? Какие материалы можно назвать пирографитами? Какова роль водорода в процессе получения пироуглерода? В чем состоит особенность структуры пироуглерода? Как отличаются свойства анизотропного пироуглерода? Можно ли получить изотропный пироуглерод? Что такое углеситалл? Что такое углеборситалл? Где может применяться углеситалл? Стеклоуглерод, формирование структуры и свойств, применение. Какие существуют структурные модели стеклоуглерода? Каким образом получают стеклоуглерод? Назовите характерные особенности свойств стеклоуглерода. Где применяется стеклоуглерод? Рекристаллизованный графит, формирование структуры и свойств, применение. Какими способами получают рекристаллизованный графит? Что означает процесс термомеханической обработки? Что означает процесс термомеханохимической обработки? Каковы характерные свойства рекристаллизованных графитов? Классификация углеродных материалов. Какие материалы, полученные по электродной технологии называются среднезернистыми? Какие материалы, полученные по электродной технологии являются мелкозернистыми? Какие основные операции включает технологическая схема получения среднезернистого графита? Прокаливание коксов, изменение свойств коксов при прокаливании. Что включает операция прокаливания кокса? Измельчение углеграфитовых материалов. Основные принципы измельчения. Назовите принципы измельчения. Сформулируйте правило измельчения. Способы измельчения, физические процессы, происходящие при измельчении. Назовите основное оборудование, используемое для измельчения кокса при получении искусственных графитов. В каких случаях выражение для работы измельчения, выведенное Ребиндером совпадает с уравнением Риттингера? Классификация углеродных материалов, используемое оборудование, методы оценки размера частиц. Какие показатели используются при оценке дисперсности порошков? Какие методы применяются для оценки размера частиц? Какие фракции оказывают сильное влияние на пористую структуру материалов? Смешивание углеродных порошков. Механизмы смешивания. Что такое смешивание? Что характеризует коэффициент неоднородности Ластовцева и Хвальнова? Что представляет собой процесс размешивания частиц? Какие существуют механизмы смешивания? Какова цель смешивания коксопекковой композиции? В чем состоит проблема смешивания с пеком мелких частиц кокса с точки зрения капиллярной теории? Сравнительная характеристика различных методов формования. Процессы, протекающие при уплотнении углеродных порошков в прессформе. Какие методы формования применяются для получения искусственных графитов? От каких факторов зависят потери давления на трение о стенки</p>
--	--	--

		<p>прессформы? От чего значительно зависит прочность отпрессованных заготовок? Что влияет на коэффициент боковой передачи давления? Спекание (карбонизация). Температурные стадии процесса спекания, физико-химические процессы, протекающие в коксопечевой композиции при спекании. Что такое процесс спекания (определение)? Что является целью спекания? Какие процессы протекают при спекании? Назовите температурные области пирогенетических превращений, которые зависят от состава спекаемого материала? Какова роль засыпки при спекании? Каков оптимальный гранулометрический состав засыпки? Что происходит при увеличении сорбционной активности засыпки? Как влияет давление при спекании? Какие процессы в зависимости от температуры имеют место при спекании? Как влияет скорость нагрева на процесс спекания? Графитация углеграфитовых материалов. Что такое графитация (определение)? В каких печах проводится процесс графитации в промышленных условиях? Какие основные пункты содержатся в технологическом процессе? Какие основные пункты содержатся в маршрутно-технологической карте? Какие основные пункты содержатся в технических условиях? Основные типы наполнителей и связующих для получения конструкционных искусственных графитов. Нефтяной кокс, механизм образования. В установках какого типа получают нефтяные коксы? Какие факторы определяют структуру и свойства нефтяного кокса? Назовите температурные интервалы мягкого и жесткого режимов пиролиза. По какому параметру можно определить начало образования кокса? Является или нет образование нефтяного кокса гомогенным механизмом? В чем состоит механизм образования кокса? В чем состоит механизм образования кокса? Мезофаза, условия ее получения. Что приводит к образованию мезофазных сфер? От чего зависит вязкость мезофазы? Какие виды мезофазы в зависимости от поведения в растворителях и при нагревании существуют? Чем определяются условия образования мезофазы? Как влияет размер частиц мезофазы на компланарность ее слоев? Как образуется мозаичная структура кокса? Нефтяные остатки какого типа образуют хорошографитирующую мезофазу? Через какое химическое соединение образуется мезофаза? Макро- и микроструктура коксов. При помощи каких методов оценивают макро- и микроструктуру коксов? Каким методом оценивают микроструктуру коксов в России и США? В чем сходство и отличие оценок микроструктуры коксов в России и США? Особенности получения и структура нефтяного игольчатого кокса. Особенности получения и структура нефтяного изотропного кокса. Какие особенности имеет кокс мозаичной структуры? Пековый кокс, способы получения. Какие виды пекового кокса существуют? Каким образом готовят пек для коксования? Для производства каких углеродных материалов используют пековый кокс, полученный из пека, какова его температура размягчения? Какие вещества препятствуют образованию игольчатого кокса из пека? Какие параметры получения игольчатого кокса из пека?</p>
--	--	--

		<p>При какой температуре образуется мезофаза в пековом коксе? Для каких целей применяется рядовой пековый кокс? Получение каменноугольного связующего. Приведите основные способы получения пеков. Структура каменноугольного связующего. В чем состоит представление о структуре связующего? Классификация по растворимости и свойства некоторых фракций связующего. Какие группы содержатся в пековом связующем? Возможно описание точных химических структур в пеке? В чем состоит классификация пеков по растворимости в различных соединениях? Могут ли пеки, имея одинаковую растворимость в растворителях иметь различный состав и химическую структуру? Свойства связующего на основе пека. Во сколько раз может отличаться относительная молекулярная масса пека при использовании различных растворителей? Нефтяное связующее, его свойства. По каким параметрам нефтяное связующее отличается от пекового? Назовите существенное различие между каменноугольными и нефтяными пеками. Пеки какого вида занимают главное место в производстве углеграфитовых материалов? Синтетические связующие, их свойства. Какие виды смол применяются при производстве углеграфитовых материалов? Назовите области применения углеграфитовых материалов с терморезистивным связующим. Основные функции, выполняемые связующим при изготовлении углеродных материалов. Перечислите основные функции связующего. Для чего нужна пластификация связующего? С чем связана адгезионная способность связующего? Что может произойти с материалом при повышении температуры формования выше критической? Как зависит давление при прессовании выдавливанием от содержания веществ, нерастворимых в хиолине? Какое значение вязкости является для связующего (пека) граничным при получении углеродных материалов? Что происходит на границе кокс - связующее практически на нескольких основных стадиях технологического процесса получения искусственных графитов (жидкое смешивание, прессование горячей массы, спекание)? Как определяется критерий спекаемости? Какие фракции связующего определяют коксовый остаток? Какие фракции определяют спекающую способность кокса? Какая фракция связующего определяет смачивающую способность кокса? Нефтяное связующее, его свойства. По каким параметрам нефтяное связующее отличается от пекового? Назовите существенное различие между каменноугольными и нефтяными пеками. Пеки какого вида занимают главное место в производстве углеграфитовых материалов? Синтетические связующие, их свойства. Какие виды смол применяются при производстве углеграфитовых материалов? Назовите области применения углеграфитовых материалов с терморезистивным связующим. Основные функции, выполняемые связующим при изготовлении углеродных материалов. Перечислите основные функции связующего. Для чего нужна пластификация связующего? Зависимость свойств композиций кокс-связующее от их состава. Что такое избирательная сорбция связующего на поверхности кокса?</p>
--	--	---

			<p>Как влияют функциональные группы и сорбированный на поверхности коксовых частиц кислород на количество веществ, нерастворимых в толуоле в слоях, граничащих с поверхностью коксовых частиц?</p> <p>Чем обусловлена неизменность содержания фракций связующего при взаимодействии каменноугольного пека с натуральным графитом?</p> <p>Что такое лиофобные и лиофильные части сажевых частиц?</p> <p>Как изменяется краевой угол смачивания прокаленного кокса среднетемпературным пеком от обработки поверхности коксов различными растворителями?</p> <p>Как влияет время выдержки и температура на краевой угол смачивания прокаленного кокса среднетемпературным пеком?</p> <p>Как влияет вид кокса на краевой угол смачивания среднетемпературным пеком?</p> <p>Как изменяется краевой угол смачивания нефтяного пека от содержания мезофазы в пеке?</p> <p>Что происходит с кристаллической структурой углерода после процесса спекания среднезернистых искусственных графитов?</p> <p>Как может отличаться процесс графитации двух среднезернистых графитов на квазиизотропных пековых коксах различных производителей?</p> <p>Как влияет давление на процесс спекания?</p> <p>Как влияет кислород на плотность искусственных графитов после спекания и графитации?</p> <p>Как влияет кислород на графитируемость углеродных материалов?</p> <p>Как влияет давление на процесс графитации?</p> <p>Как влияет температура обработки углеродных материалов на прочностные характеристики?</p> <p>Как влияет температура обработки углеродных материалов на электрическое сопротивление?</p> <p>Как влияет температура обработки углеродных материалов на кристаллическую структуру?</p> <p>Как влияет температура обработки на пористую структуру углеродных материалов?</p> <p>Что такое "мгновенная" графитация?</p> <p>Какие основные факторы влияют на кинетику процесса графитации?</p>
--	--	--	---

КМ2	Контрольная работа 2 "Углерод-углеродные материалы"		<p>Определение композиционных материалов, углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ), классификация композиционных материалов, назначение УУКМ.</p> <p>Требования к органическим волокнам для переработки, основные виды органических волокон для последующего получения углеродного волокна.</p> <p>Химические превращения при формировании углеродных волокон.</p> <p>Технология получения углеродных волокон на основе полиакрилонитрила.</p> <p>Технология получения углеродных волокон на основе пека.</p> <p>Технология получения волокон на основе гидратцеллюлозы.</p> <p>Морфологическое строение углеродного волокна, существующие модели строения углеродного волокна.</p> <p>Изменение свойств углеродных волокон на основе ПАН от температуры обработки.</p> <p>Физико-механические свойства углеродных волокон.</p> <p>Геометрическое строение объемных структур (каркасов) из углеродного волокна, используемых при получении УУКМ</p> <p>Характеристики пеков, химические, физические и механические свойства углерода на основе пека.</p> <p>Технологии получения УУКМ на основе углеродных волокон (стержней), свойства и влияние некоторых технологических факторов на их свойства.</p> <p>Технология получения УУКМ на основе углеродных тканей, свойства и влияние некоторых технологических факторов на их свойства.</p> <p>Комбинированный способ создания матриц и термомеханическое уплотнение.</p> <p>Прочность КМ при растяжении; влияние ориентации волокон на прочностные свойства КМ; прочностные свойства КМ, армированных дискретными волокнами; особенности разрушения КМ.</p>
-----	---	--	---

КМЗ	Контрольная работа 3 "Углерод-карбидокремниевые материалы"		<p>Обоснование необходимости создания углеродкарбидокремниевых композиционных материалов.</p> <p>Дайте определение краевого угла смачивания.</p> <p>Какие краевые углы называются неравновесными?</p> <p>Какие краевые углы называются равновесными?</p> <p>Какие краевые углы называются контактными?</p> <p>Какие краевые углы называются динамическими?</p> <p>Назовите условия несмачивания, ограниченного смачивания и полного смачивания.</p> <p>При каком условии удельная свободная поверхностная энергия равна поверхностному натяжению?</p> <p>Что такое работа адгезии?</p> <p>Что такое работа когезии?</p> <p>Каким образом экспериментально можно определить работу адгезии?</p> <p>От каких параметров зависит капиллярное давление?</p> <p>Чему равна капиллярная постоянная?</p> <p>От каких параметров зависит поверхностное (двухмерное) давление?</p> <p>Дайте определение теплоты смачивания.</p> <p>Что такое гистерезис смачивания?</p> <p>Чем обусловлен кинетический гистерезис смачивания?</p> <p>Чем обусловлен физико-химический гистерезис смачивания?</p> <p>Что такое макрокраевой угол?</p> <p>Как будет изменяться макрокраевой угол при увеличении шероховатости и краевом углу меньше 90°?</p> <p>Что называется растеканием?</p> <p>Что такое критерий растекания Харкинса?</p> <p>В инерционном режиме растекания радиус растекающейся капли зависит от ее массы?</p> <p>В вязком режиме растекания радиус растекающейся капли зависит от ее массы?</p> <p>Что такое капиллярная сила?</p> <p>При каком условии возможна самопроизвольная пропитка?</p> <p>В уравнении Дерягина глубина пропитки зависит от радиуса капилляра?</p> <p>Как изменяется скорость движения жидкости по капиллярной системе при увеличении угла наклона по отношению к горизонту?</p> <p>Назовите основные свойства кремния.</p> <p>Назовите основные свойства карбида кремния.</p> <p>Как влияет пористость на процесс объемного силицирования?</p> <p>Как влияет температура и время на процесс объемного силицирования?</p> <p>Как влияет степень графитации на процесс объемного силицирования?</p> <p>Назовите основные возможные механизмы образования карбида кремния при жидкофазном силицировании.</p> <p>Каков механизм окисления силицированного графита?</p> <p>Каковы методы исследования кинетики пропитки металлами углеродных материалов?</p> <p>Каковы области применения углерод-углеродкарбидокремниевых материалов?</p> <p>Каковы методы исследования кинетики образования карбида кремния?</p>
-----	--	--	---

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Практическая работа 1		Определение длины углерод-углеродных связей, силовой постоянной и энергии связи по порядку связи.
Р2	Практическая работа 2		Определение областей фазового состояния углерода и вида его аллотропной формы в зависимости от Р-Т параметров.
Р3	Практическая работа 3		Определение времени и темпа нагрева при карбонизации углеродных материалов.

P4	Практическая работа 4		Рассчитать прочностные параметры углеродного волокна при растяжении по полученным экспериментальным данным: прочность, модуль упругости, относительное удлинение.
P5	Практическая работа 5		Определение параметров получения углеродных матриц.
P6	Практическая работа 6		Определение глубины пропитки углеродных материалов металлами расчетом по уравнениям, не требующих применения специальных программ.
P7	Практическая работа 7		Определение поверхностной энергии углеродных материалов.
P8	Практическая работа 8		Способы определения температуры в условиях невозможности измерения термопарой и пирометром.
P9	Практическая работа 9		Вывод уравнения работы адгезии, зависимости равновесного краевого угла смачивания от соотношения работы адгезии и когезии.
P10	Практическая работа 10		Науглероживание расплавов, сравнение степени науглероживания расплава при взаимодействии кремния с упорядоченными и неупорядоченными формами углерода.
P11	Практическая работа 11		Вывод уравнения движущей силы растекания. Расчеты по данному уравнению для разных видов углеродных материалов, отличающихся различной величиной удельной свободной поверхностной энергии на границе твердое тело - газ.
P12	Практическая работа 12		Вывод уравнения капиллярного давления. Расчет усилия, которое будет действовать на углеродные кластеры в расплаве.
P13	Практическая работа 13		Вывод уравнения Юнга для равновесного краевого угла смачивания. Расчеты неизвестных величин удельной поверхностной энергии по данному уравнению для различных углеродных материалов.
P14	Практическая работа 14		Расчет коэффициента диффузии углерода по толщине слоя карбида кремния при взаимодействии кремния с углеродом.
P15	Практическая работа 15		Расчет глубины пропитки цирконием пористого графита.
P16	Практическая работа 16		Определение степени графитации углеродных материалов по заданным параметрам межплоскостного расстояния и интенсивности отражений (112) и (110).

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

По данному курсу предусмотрен экзамен. Пример экзаменационного билета размещен в вопросах для самостоятельной подготовки к экзамену.

Экзаменационный билет состоит из 4 вопросов.

Пример экзаменационного билета:

1. Строение атома углерода (ПК-1-32).
2. Основные теории графитации, структурные составляющие углерода (ПК-4-37, ПК-1-39).
3. Морфологическое строение углеродного волокна и физико-механические свойства (ПК-1-314).
4. Вывести уравнение зависимости краевого угла смачивания от соотношения работ адгезии и когезии.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Крутский Ю. Л.	Производство углеграфитовых материалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012
Л1.2	Елютин В. П., Костиков В. А., Лысов Б. С., др.	Высокотемпературные материалы. Ч.2: Получение и физико-химические свойства высокотемпературных материалов: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1973
Л1.3	Елютин В. П., Павлов Ю. А.	Высокотемпературные материалы: Ч.1: Физико-химические основы получения тугоплавких материалов: учебник для вузов по спец. 'Металлургия цвет. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgizdat, 1972
Л1.4	Шварцман Л. А., Жуховицкий А. А.	Начала физической химии для металлургов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1991
Л1.5	Лаптев Александр Иванович, Ермолаев Андрей Алексеевич	Сверхтвердые материалы. Особенности структуры углеграфитовых материалов и основы термодинамики их превращения в алмаз: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2007
Л1.6	Либенсон Герман Абрамович, Никифоров О. А., Кипарисов Сергей Сергеевич	Теория процессов формования и спекания порошков. Разд.: Прессование металлических порошков: Курс лекций. Учебное пособие	Электронная библиотека	М.: Учеба, 1976
Л1.7	Варенков Анатолий Николаевич, Костиков Валерий Иванович	Физико-химия и технология углеалюминиевых композиционных материалов: Разд.: Теория и процессы межфазного взаимодействия углеродных материалов с металлами и сплавами в композитах: Учеб. пособие для студ. спец. 070800	Электронная библиотека	М.: Учеба, 1998
Л1.8	Бубненко Игорь Анатольевич	Углерод-углеродные композиционные материалы на основе волокнистых наполнителей (N 4080): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2020
Л1.9	Жуховицкий А. А., Григорьев Г. А.	Исследование физико-химических основ пропитки и пайки углеграфитовых материалов	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1983

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Либенсон Г. А.	Основы порошковой металлургии	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1987
Л2.2	Кипарисов С. С., Либенсон Г. А.	Порошковая металлургия: Учебник для техникумов по спец. 'Порошковая металлургия'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1991

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.3	Либенсон Г. А., Лопатин В. Ю., Комарницкий Г. В.	Т.2: Формование и спекание	Электронная библиотека	, 2002
Л2.4	Челноков Валентин Сергеевич, Елютин Вячеслав Петрович	Высокотемпературные материалы: Разд.: Высокотемпературные теплозащитные материалы: курс лекций	Электронная библиотека	М.: Учеба, 1988

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Углеродные, углерод-углеродные и углерод-карбидокремниевые материалы.	
----	---	--

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	Microsoft PowerPoint
П.3	Microsoft Excel

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	www.sciencedirect.com
И.2	www.elsevier.com/locate/jeurceramsoc
И.3	Springer Science + Business Media, Inc
И.4	www.elsevier.com/locate/IJRMHM
И.5	www.elsevier.com/locate/msea
И.6	www.elsevier.com/locate/ceramint
И.7	www.elsevier.com/locate/carbon

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Лекционные занятия нацелены на изучение студентами теоретических и практических основ разработки углеродных, углерод-углеродных и углеродкарбидокремниевых материалов, выбору сырьевых материалов для заданных условий эксплуатации. Практические занятия нацелены на изучение основных стадий получения материалов указанных классов, изучение влияния различных факторов на процесс силицирования углеродных и углерод-углеродных материалов, а также способов количественной оценки процесса графитации.

Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий: - проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате PowerPoint);

Дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы перед лекциями и практическими занятиями.