

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.05.2023 17:24:58

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)

# Высокотемпературные материалы

Закреплена за подразделением Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Направление подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108

в том числе:

аудиторные занятия 36

самостоятельная работа 72

Формы контроля в семестрах:  
зачет с оценкой 8

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя 12			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	24	36	24	36
Практические	12	24	12	24
Итого ауд.	36	60	36	60
Контактная работа	36	60	36	60
Сам. работа	72	48	72	48
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*дтн, профессор, Бубненко Игорь Анатольевич*

Рабочая программа

**Высокотемпературные 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 02.04.2015 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов**

Протокол от 17.06.2022 г., №21

Руководитель подразделения Кузнецов Д.В.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель освоения дисциплины - формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также изучение студентами современных достижений в области получения высокотемпературных материалов на основе тугоплавких неметаллических соединений и углерода и их применения в различных отраслях техники; научить пониманию закономерностей физико-химических процессов на различных этапах получения высокотемпературных материалов и использовать их при разработке технологий изготовления высокотемпературных материалов с заранее заданными свойствами.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.23
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Атомное строение фаз	
2.1.2	Биохимия наноматериалов	
2.1.3	Инженерия поверхности	
2.1.4	Квантовая и оптическая электроника	
2.1.5	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур	
2.1.6	Методы получения наночастиц и наноматериалов	
2.1.7	Мехатроника	
2.1.8	Наноструктурные термоэлектрики	
2.1.9	Основы компьютерной металлографии	
2.1.10	Основы магнетизма. Часть 1. Физика магнетизма	
2.1.11	Основы физики поверхности	
2.1.12	Термодинамика и кинетика аморфизирующихся систем	
2.1.13	Физика и техника высоких давлений, фазовые превращения в углероде и нитриде бора	
2.1.14	Физика полупроводниковых приборов	
2.1.15	Физика прочности	
2.1.16	Физико-химия металлов и неметаллических материалов	
2.1.17	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.18	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение	
2.1.19	Коррозия и защита металлов	
2.1.20	Материаловедение	
2.1.21	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.22	Металловедение инновационных материалов	
2.1.23	Методы исследования материалов	
2.1.24	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии	
2.1.25	Метрология и технические измерения функциональных материалов	
2.1.26	Метрология, стандартизация и технические измерения	
2.1.27	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике	
2.1.28	Основы материаловедения и методов исследования материалов	
2.1.29	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.30	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.31	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.32	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.33	Разработка новых материалов	
2.1.34	Технология функциональных материалов	
2.1.35	Фазовые равновесия и дефекты структуры	
2.1.36	Физика диэлектриков	
2.1.37	Физика металлов	
2.1.38	Физика полупроводников	
2.1.39	Введение в квантовую теорию твердого тела	
2.1.40	Дефекты кристаллической решетки	
2.1.41	Компьютеризация эксперимента	
2.1.42	Планирование и организация научно-исследовательской работы	
2.1.43	Планирование научного эксперимента	

2.1.44	Теория поверхностных явлений
2.1.45	Теория симметрии
2.1.46	Электроника
2.1.47	Введение в квантовую механику
2.1.48	Кристаллография
2.1.49	Математическая статистика и анализ данных
2.1.50	Методы математической физики
2.1.51	Основы дизайна металлических материалов
2.1.52	Основы квантовой механики
2.1.53	Практическая кристаллография
2.1.54	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.55	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.56	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.57	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.58	Физика
2.1.59	Физическая химия
2.1.60	Электротехника
2.1.61	Математика
2.1.62	Органическая химия
2.1.63	Информатика
2.1.64	Химия
2.1.65	Инженерная и компьютерная графика
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

**ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания**

**Знать:**

ОПК-1-324 Смешивание углеродных материалов. Механизмы смешивания.

ОПК-1-323 Классификация углеграфитовых материалов, используемое оборудование, методы оценки размеров частиц.

ОПК-1-326 Графитация углеграфитовых материалов. Физико-химические процессы, протекающие при графитации. Основные теории графитации, структурные составляющие углерода.

ОПК-1-325 Спекание (карбонизация). Температурные стадии процесса спекания, физико-химические процессы, протекающие в коксо-пековой композиции при спекании.

ОПК-1-320 Структура и свойства наполнителей и связующих для получения углеграфитовых материалов.

ОПК-1-319 Основные характеристики УМ: теплофизические свойства.

ОПК-1-322 Прокаливание коксов, изменение свойств коксов при прокаливании.

ОПК-1-321 Технологические переделы при получении углеграфитовых материалов (технологическая схема получения среднезернистого графита).

ОПК-1-327 Свойства искусственных графитов.

**ПК-1: Способен осуществлять обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований**

**Знать:**

ПК-1-33 Методы и средства планирования и организации исследований и разработок (из профстандарта, должна быть обязательна)

ПК-1-32 Методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований (из профстандарта, должна быть обязательна)

ПК-1-35 Основные направления в развитии ультравысокотемпературной керамики и других видов ВТМ

ПК-1-34 Методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации (из профстандарта, должна быть обязательна)

<b>ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-1-329 Основные характеристики УМ: прочность.
ОПК-1-328 Применение искусственных графитов.
<b>ПК-1: Способен осуществлять обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1-31 Цели и задачи проводимых исследований и разработок (из профстандарта, должна быть обязательна)
<b>ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-1-330 Сравнительная характеристика различных методов формования. Процессы, происходящие при уплотнении углеродных порошков в прессформе
ОПК-1-318 Основные характеристики УМ: электрофизические свойства.
ОПК-1-36 Основные свойства и применение в качестве ВТМ тугоплавких оксидов и карбидов
ОПК-1-31 Определение высокотемпературных материалов
ОПК-1-38 Способы получения тугоплавких соединений прямым синтезом из элементов
ОПК-1-37 Основные свойства и применение в качестве ВТМ тугоплавких нитридов, боридов и силицидов
ОПК-1-34 Физико-химические основы процессов смачивания и растекания
ОПК-1-35 Теоретические основы процессов капиллярной пропитки, механизмы образования карбидной фазы
ОПК-1-32 Модельные теории жидких металлов
ОПК-1-33 Физические свойства жидких тугоплавких металлов (температура плавления, плотность, вязкость, электрическое сопротивление)
ОПК-1-39 Способы получения тугоплавких соединений методом их восстановления углеродом
ОПК-1-314 Взаимодействие графита с газами.
ОПК-1-313 Основные представления о структуре графита, аллотропные формы углерода, идеальные структуры графита, типы дефектов структуры.
ОПК-1-315 Взаимодействие неметаллических соединений (карбидов, боридов, силицидов, нитридов, окислов) с углеродом.
ОПК-1-317 Основные характеристики углеродных материалов (УМ): пористость и плотность.
ОПК-1-316 Взаимодействие графита с металлами.
ОПК-1-311 Высокопористые высокотемпературные материалы
ОПК-1-310 Способы получения тугоплавких соединений другими методами
ОПК-1-312 Ультравысокотемпературную керамику и другие виды высокотемпературных теплозащитных материалов
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У12 Вывести уравнение для работы адгезии, рассчитать работу адгезии.
ОПК-1-У11 Определить степень графитации по заданным параметрам межплоскостного расстояния и интенсивности отражений (112) и (110)".
<b>ПК-1: Способен осуществлять обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У2 Оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (из профстандарта, должна быть обязательна)
ПК-1-У3 Применять методы анализа научно-технической информации (из профстандарта, должна быть обязательна)
ПК-1-У1 Применять нормативную документацию в соответствующей области знаний (из профстандарта, должна быть обязательна)

<b>ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У4 Рассчитать движущую силу растекания для разных видов углеродных материалов, отличающихся различной величиной удельной свободной поверхностной энергии на границе твердое тело - газ.
ОПК-1-У5 Рассчитать усилие, которое будет действовать на углеродные кластеры в расплаве.
ОПК-1-У3 Сравнить степень науглероживания расплава при взаимодействии кремния с упорядоченными и неупорядоченными формами углерода.
ОПК-1-У1 Определить удельную свободную поверхностную энергию на границе твердое тело - газ методом нейтральной капли ("тройной точки") и методом сравнения, определить удельную свободную поверхностную энергию на границе твердое тело - жидкость.
ОПК-1-У2 Определить глубину пропитки углеродных материалов металлами расчетами по уравнениям, не требующих специальных компьютерных программ.
ОПК-1-У6 Рассчитать неизвестные величины удельной поверхностной энергии по уравнению Юнга для различных углеродных материалов.
ОПК-1-У10 Определить время и темп нагрева при карбонизации углеродных материалов.
ОПК-1-У9 Оценить пропитку тупиковых капилляров вязкими жидкостями.
ОПК-1-У7 Рассчитать коэффициент диффузии углерода по толщине слоя карбида кремния при взаимодействии кремния с углеродом.
ОПК-1-У8 Рассчитать глубину пропитки цирконием пористого графита.
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 Способами оценки термостойкости высокотемпературных материалов.

#### 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
	<b>Раздел 1. Введение</b>							
1.1	Определение высокотемпературных материалов /Лек/	8	1	ОПК-1-31	Л1.2		КМ1	
	<b>Раздел 2. 1. Расплавленное состояние металлов.</b>							
2.1	Модельные теории жидких металлов. /Лек/	8	1	ОПК-1-32 ПК-1-32	Л1.2Л2.3			
2.2	Физические свойства жидких тугоплавких металлов (температура плавления, плотность, вязкость, электрическое сопротивление, поверхностное натяжение). /Лек/	8	2	ОПК-1-33 ПК-1-32	Л1.2Л2.3			
2.3	Подготовка к лекции "Модельные теории жидких металлов". /Ср/	8	3	ОПК-1-32 ПК-1-32	Л1.2Л2.3			
2.4	Подготовка к лекции "Физические свойства жидких тугоплавких металлов (температура плавления, плотность, вязкость, электрическое сопротивление, поверхностное натяжение)". /Ср/	8	6	ОПК-1-32 ПК-1-32	Л1.2Л2.3			
	<b>Раздел 3. 2. Основы капиллярной теории и технологии.</b>							

3.1	Физико-химические основы процессов смачивания и растекания. /Лек/	8	2	ОПК-1-34 ПК-1-31	Л1.2Л2.3			
3.2	Теоретические основы капиллярной пропитки, механизмы образования карбидной фазы. /Лек/	8	1	ОПК-1-35 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-34	Л1.2Л2.3			
3.3	Определить удельную свободную поверхностную энергию на границе твердое тело - газ методом нейтральной капли ("тройной точки") и методом сравнения, определить удельную свободную поверхностную энергию на границе твердое тело - жидкость. /Пр/	8	2	ОПК-1-У1 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-34	Л1.2			
3.4	Подготовка к лекции "Физико-химические основы процессов смачивания и растекания. /Ср/	8	4	ОПК-1-34 ПК-1-31	Л1.2			
3.5	Подготовка к лекции "Теоретические основы капиллярной пропитки, механизмы образования карбидной фазы". /Ср/	8	3	ОПК-1-35 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-34	Л1.3			
3.6	Определить глубину пропитки углеродных материалов металлами расчетами по уравнениям, не требующих специальных компьютерных программ. /Пр/	8	2	ОПК-1-У2 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-34 ПК-1-У2 ПК-1-У3	Л1.2			
3.7	Вывод уравнения работы адгезии, зависимости равновесного краевого угла смачивания от соотношения работы адгезии и когезии. /Пр/	8	2	ОПК-1-У12 ПК-1-31 ПК-1-34 ПК-1-У3	Л1.2			Р8
3.8	Науглероживание расплавов, сравнение степени науглероживания расплава при взаимодействии кремния с упорядоченными и неупорядоченными формами углерода. /Пр/	8	4	ОПК-1-У3 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-34	Л1.2			
3.9	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/	8	4	ОПК-1-У4 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-34	Л1.2			

3.10	Вывод уравнения капиллярного давления. Расчет усилия, которое будет действовать на углеродные кластеры в расплаве. /Пр/	8	1	ОПК-1-У5	Л1.5			
3.11	Вывод уравнения Юнга для равновесного краевого угла смачивания. Расчеты неизвестных величин удельной поверхностной энергии по данному уравнению для различных углеродных материалов. /Пр/	8	1	ОПК-1-У6 ПК-1-33 ПК-1-34 ПК-1-У2 ПК-1-У3	Л1.2			
3.12	Расчет коэффициента диффузии углерода по толщине слоя карбида кремния при взаимодействии кремния с углеродом. /Пр/	8	2	ОПК-1-У7 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-34 ПК-1-У2 ПК-1-У3	Л1.2			
3.13	Расчет глубины пропитки цирконием пористого графита. /Пр/	8	2	ОПК-1-У8 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-34 ПК-1-У3	Л1.2			
3.14	Пропитка тупиковых капилляров вязкими жидкостями. /Пр/	8	1	ОПК-1-У9 ПК-1-34	Л1.2		КМ6	
	<b>Раздел 4. 3. Высокотемпературные материалы на основе тугоплавких неметаллических материалов, свойства и применение.</b>							
4.1	Основные свойства и применение в качестве ВТМ тугоплавких оксидов и карбидов. /Лек/	8	1	ОПК-1-36 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.2Л2.1			
4.2	Подготовка к лекции "Основные свойства и применение в качестве ВТМ тугоплавких оксидов и карбидов". /Ср/	8	1	ОПК-1-36 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.2Л2.1			
4.3	Основные свойства и применение в качестве ВТМ тугоплавких нитридов, боридов и силицидов". /Лек/	8	2	ОПК-1-37 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.2 Л1.3			
4.4	Подготовка к лекции "Основные свойства и применение в качестве ВТМ тугоплавких нитридов, боридов и силицидов". /Ср/	8	2	ОПК-1-37 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.2 Л1.3		КМ1	
4.5	Получение тугоплавких соединений прямым синтезом из элементов. /Лек/	8	1	ОПК-1-38 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.3			
4.6	Подготовка к лекции "Получение тугоплавких соединений прямым синтезом из элементов". /Ср/	8	1	ОПК-1-39 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.3			



4.7	Получение тугоплавких соединений методом их восстановления углеродом. /Лек/	8	1	ОПК-1-39 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.3			
4.8	Подготовка к лекции "Получение тугоплавких соединений методом их восстановления углеродом". /Ср/	8	1	ОПК-1-39 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.3			
4.9	Получение тугоплавких соединений другими методами. /Лек/	8	1	ОПК-1-310 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.3			
4.10	Подготовка к лекции "Получение тугоплавких соединений другими методами". /Ср/	8	1	ОПК-1-310 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.3			
4.11	Высокопористые высокотемпературные материалы. /Лек/	8	2	ОПК-1-311 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л2.2			
4.12	Подготовка к лекции "Высокопористые высокотемпературные материалы". /Ср/	8	2	ОПК-1-311 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л2.2			
4.13	Ультравысокотемпературная керамика и другие виды высокотемпературных теплозащитных материалов. /Лек/	8	1	ОПК-1-312 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.2			
4.14	Подготовка к лекции "Ультравысокотемпературная керамика и другие виды высокотемпературных теплозащитных материалов". /Ср/	8	1	ОПК-1-312 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.2			
4.15	Способы оценки термостойкости высокотемпературных материалов. /Пр/	8	1	ОПК-1-В1	Л2.2		КМ2	
	<b>Раздел 5. 4. Высокотемпературные материалы на основе углерода, свойства и применение искусственных графитов.</b>							
5.1	Основные представления о структуре графита, аллотропные формы углерода, идеальные структуры графита, типы дефектов структуры. /Лек/	8	1	ОПК-1-313 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.1Л2.4			
5.2	Подготовка к лекции "Основные представления о структуре графита, аллотропные формы углерода, идеальные структуры графита, типы дефектов структуры. /Ср/	8	1	ОПК-1-313 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.1Л2.4			
5.3	Взаимодействие графита с газами. /Лек/	8	1	ОПК-1-314 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.4	Подготовка к лекции "Взаимодействие графита с газами". /Ср/	8	1	ОПК-1-314 ПК-1-32 ПК-1-У3	Л1.1			

5.5	Взаимодействие неметаллических соединений (карбидов, боридов, силицидов, нитридов, окислов) с углеродом. /Лек/	8	1	ОПК-1-315 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.6	Подготовка к лекции "Взаимодействие неметаллических соединений (карбидов, боридов, силицидов, нитридов, окислов) с углеродом. /Ср/	8	2	ОПК-1-315 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.7	Взаимодействие графита с металлами. /Лек/	8	1	ОПК-1-316 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.2			
5.8	Подготовка к лекции "Взаимодействие графита с металлами". /Ср/	8	2	ОПК-1-316 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.2			
5.9	Основные характеристики углеродных материалов (УМ): пористость и плотность. /Лек/	8	1	ОПК-1-317 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.10	Подготовка к лекции "Основные характеристики углеродных материалов (УМ): пористость и плотность". /Ср/	8	2	ОПК-1-317 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.11	Основные характеристики УМ: прочность. /Лек/	8	1	ОПК-1-329 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.12	Подготовка к лекции "Основные характеристики УМ: прочность". /Ср/	8	1	ОПК-1-329 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.13	Основные характеристики УМ: электрофизические свойства. /Лек/	8	1	ОПК-1-318 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.14	Подготовка к лекции "Основные характеристики УМ: электрофизические свойства". /Ср/	8	1	ОПК-1-318 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.15	Основные характеристики УМ: теплофизические свойства. /Лек/	8	1	ОПК-1-319 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.16	Подготовка к лекции "Основные характеристики УМ: теплофизические свойства". /Ср/	8	1	ОПК-1-319 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.17	Структура и свойства наполнителей и связующих для получения углеграфитовых материалов. /Лек/	8	1	ОПК-1-320 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.18	Подготовка к лекции "Структура и свойства наполнителей и связующих для получения углеграфитовых материалов". /Ср/	8	1	ОПК-1-320 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.19	Технологические пределы при получении углеграфитовых материалов (технологическая схема получения среднезернистого графита). /Лек/	8	1	ОПК-1-321 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			

5.20	Подготовка к лекции: "Технологические переделы при получении углеграфитовых материалов (технологическая схема получения среднезернистого графита)". /Ср/	8	1	ОПК-1-321 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.21	Прокаливание коксов, изменение свойств коксов при прокаливании. /Лек/	8	1	ОПК-1-322 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.22	Подготовка к лекции: "Прокаливание коксов, изменение свойств коксов при прокаливании". /Ср/	8	1	ОПК-1-322 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.23	Классификация углеграфитовых материалов, используемое оборудование, методы оценки размеров частиц. /Лек/	8	1	ОПК-1-323 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.24	Подготовка к лекции: "Классификация углеграфитовых материалов, используемое оборудование, методы оценки размеров частиц". /Ср/	8	1	ОПК-1-323 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.25	Смешивание углеродных материалов. Механизмы смешивания. /Лек/	8	1	ОПК-1-324 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.26	Подготовка к лекции: "Смешивание углеродных материалов. Механизмы смешивания". /Ср/	8	1	ОПК-1-324 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.27	Сравнительная характеристика различных методов формования. Процессы, происходящие при уплотнении углеродных порошков в прессформе. /Лек/	8	1	ОПК-1-330 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.4			
5.28	Подготовка к лекции: "Сравнительная характеристика различных методов формования. Процессы, происходящие при уплотнении углеродных порошков в прессформе". /Ср/	8	1	ОПК-1-325 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.4			
5.29	Спекание (карбонизация). Температурные стадии процесса спекания, физико-химические процессы, протекающие в коксо-пековой композиции при спекании. /Лек/	8	1	ОПК-1-325 ПК -1-32 ПК-1-У3	Л1.1			
5.30	Определение времени и темпа нагрева при карбонизации углеродных материалов. /Пр/	8	2	ОПК-1-У10	Л1.1			

5.31	Графитация углеродистых материалов. Физико-химические процессы, протекающие при графитации. Основные теории графитации, структурные составляющие углерода. /Лек/	8	3	ОПК-1-326 ПК-1-У3	Л1.1			
5.32	Домашняя работа: "Определение степени графитации по заданным параметрам межплоскостного расстояния и интенсивности отражений (112) и (110)". /Ср/	8	3	ОПК-1-У11	Л1.1			
5.33	Свойства искусственных графитов. /Лек/	8	1	ОПК-1-327 ПК-1-У3	Л1.1 Л1.2			
5.34	Подготовка к лекции: "Свойства искусственных графитов". /Ср/	8	2	ОПК-1-327 ПК-1-У3	Л1.1 Л1.2			
5.35	Применение искусственных графитов. /Лек/	8	1	ОПК-1-328 ПК-1-У3	Л1.1 Л1.2			
5.36	Подготовка к лекции: "Применение искусственных графитов". /Ср/	8	1	ОПК-1-328 ПК-1-У3	Л1.1 Л1.2		КМ7	

### 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	<p>Основные классы современных высокотемпературных материалов (ВТМ), их свойства и области применения</p>	<p>Какие материалы относят к высокотемпературным?          Какие дополнительные требования (помимо значения рабочей температуры) предъявляются к высокотемпературным материалам (ВТМ)?          Назовите основные требования к конструкционным материалам, по которым их можно отнести к классу высокотемпературных.          Перечислите исходные материалы, применяемые для изготовления ВТМ.          Какие материалы называются композиционными?          Назовите типы высокотемпературных теплозащитных материалов.          Что используют для компенсации недостатков некоторых исходных материалов, применяемых для получения ВТМ?          Волокна каких тугоплавких соединений, помимо углеродных используют при армировании матриц ВТМ?          Приведите пример соединений с ионной связью.          Какой тип связи характерен для атомов углерода в алмазе и графите?          Чем обеспечивается устойчивость кристалла, для которого характерна металлическая связь?          Какой тип связи характерен для воды?          Назовите наиболее термически устойчивую модификацию оксида алюминия?          Какова предельная температура применения оксида алюминия?          В контакте с какими расплавленными металлами корунд устойчив?          Можно ли в корундовом тигле плавить кремний?          До какой температуры оксид алюминия может контактировать с углеродом?          Какой тип кристаллической решетки у оксида бериллия?          Какие металлы можно плавить в тигле из оксида бериллия?          До какой температуры можно использовать оксид магния в вакууме?          До какой температуры оксид магния не взаимодействует с углеродом?          Перечислите расплавы металлов, к которым устойчив оксид магния.          До какой температуры устойчива моноклинная модификация диоксида циркония?          Как изменяется объем при переходе моноклинной модификации диоксида циркония в тетрагональную?          До какой температуры диоксид циркония не взаимодействует с углеродом?          Какие металлы можно плавить в тиглях из стабилизированного диоксида циркония без разрушения стенок?          Назовите области применения диоксида циркония и оксида алюминия.          В чем состоит правило Хэгга?          Каков температурный диапазон начала активного окисления карбидов титана, циркония, тантала и ниобия?          Каков температурный диапазон активного окисления карбида вольфрама?          Какая карбидная система имеет температуру плавления 3900 °С?          До какой температуры карбид кремния стоек в окислительной среде?          Назовите температурный диапазон устойчивости нитридов титана и циркония.          Назовите температурный диапазон устойчивости нитридов ванадия, ниобия и тантала.          При каких температурах начинается интенсивное окисление боридов?          Какой силицид обладает максимальной стойкостью к окислению и какова эта температура?          Назовите области применения силицидов.</p>
-----	---	--

КМ2	Основные технологические схемы и операции получения ВТМ		<p>В каком температурном диапазоне получают карбид вольфрама при использовании метода прямого синтеза из элементов?          Какие соединения образуются на границе углерод-металл?          Какой вид углерода применяется для получения карбида вольфрама при использовании метода прямого синтеза из элементов?          Какой тип печи используется при получении карбида вольфрама методом прямого синтеза из элементов?          Какая газовая среда необходима для проведения процесса образования карбида вольфрама прямым синтезом из элементов?          Какие факторы могут вносить вклад в ускорение реактивной химической диффузии при взаимодействии вольфрама с углеродом?          Назовите основные факторы, которые влияют на скорость образования WC.          Каким способом можно увеличить дисперсность порошка карбида вольфрама, полученного из крупнозернистого W?          В чем состоит основное преимущество получения карбидов методом прямого синтеза из элементов?          Назовите температурный диапазон процесса азотирования при получении нитрида кремния и нитридов хрома?          Какое соединение препятствует процессу азотирования?          При каких температурах получают дисилицид молибдена?          В какой газовой среде получают дисилицид молибдена?          Назовите основные технологические операции получения дисилицида молибдена.          Через какие стадии проходит процесс восстановления диоксида титана углеродом?          Назовите основные операции при получении карбидов методом восстановления из окислов.          Как изменяется температура процесса в случае использования водорода вместо вакуума при получении карбидов методом восстановления из окислов?          Какой метод применяется в промышленных условиях для получения боридов?          Какое высокотемпературное оборудование и газовая среда применяется для получения боридов высокой чистоты?          Какое высокотемпературное оборудование и газовая среда используется для получения боридов технической чистоты?          Какой метод дает возможность получать бориды, более близкие по содержанию бора к стехиометрическому составу?          Каким методом кроме процесса силицирования можно получить силициды тугоплавких металлов?          Для каких целей применяется метод осаждения из газовой фазы?          Какие основные технологические операции включает процесс получения среднезернистого искусственного графита?          Какова максимальная температура процесса карбонизации (спекания) при получении искусственного графита?          В каком температурном диапазоне проводят процесс графитации карбонизованных углеродных материалов при получении искусственных графитов?          Назовите основные факторы, определяющие процесс графитации.</p>
КМ3	Методические материалы о технологической подготовке производства (основные понятия о технологическом процессе, маршрутно-технологической карте, технических условиях)		<p>Какие основные разделы должен включать, например, технологический процесс получения искусственного графита?          Какие основные пункты содержатся в маршрутно-технологической карте?          Назовите основные разделы технических условий на искусственный графит.</p>

КМ4	Основные типы наполнителей и связующих для получения ВТМ на основе тугоплавких неметаллических соединений, конструкционных искусственных графитов, теплозащитных ВТМ		<p>Какое связующее используется при получении теплозащитного ВТМ на основе неметаллических и неуглеродных микросфер?</p> <p>Какой наполнитель применяется при получении теплозащитного ВТМ с использованием неметаллических и неуглеродных микросфер?</p> <p>Назовите основной вид наполнителя, используемого для получения искусственного графита.</p> <p>Назовите основной вид связующего, применяемого в производстве искусственного графита.</p> <p>Какой вид связующего использован при получении углепластиковой заготовки, из которой в дальнейшем получен теплозащитный высокотемпературный материал "Гравимол" для орбитального многоразового аэрокосмического аппарата "Буран"?</p> <p>Какие виды наполнителей использованы для получения высокотемпературных теплозащитных материалов "Гравимол" и "Карбосил"?</p> <p>Какой наполнитель использован на высокопористом высокотемпературном теплозащитном материале класса ТЗМК, применяемым на орбитальном многоразовом аэрокосмическом аппарате "Буран"?</p>
КМ5	Основные закономерности структурообразования, фазовых превращений и их влияние на свойства материалов в зависимости от условий получения (газовая среда) и параметров получения (температура, давление, время)		<p>Как влияет давление водорода в газовой среде на плотность образующегося кокса?</p> <p>Как влияет содержание кислорода на коксовый остаток при карбонизации?</p> <p>Как влияет содержание кислорода на графитируемость углеродных материалов?</p> <p>Каким образом влияет сорбционная активность засыпки на потерю массы в процессе карбонизации?</p> <p>До какой температуры протекают процессы молекулярной ассоциации?</p> <p>Как влияет давление на скорость образования тяжелых ароматических молекул?</p> <p>Как зависит скорость разложения связующего от скорости нагрева при карбонизации?</p> <p>От каких параметров зависит степень графитации на первой стадии (мгновенной) графитации?</p> <p>По какому уравнению можно оценить степень графитации для второй стадии?</p> <p>Что происходит с кристаллической структурой углерода в предкристаллизационный период графитации?</p> <p>Как изменяется межплоскостное расстояние среднезернистого углеродного материала в диапазоне температур 1000 - 2800 °С?</p> <p>Как изменяется электрическое сопротивление среднезернистого углеродного материала в диапазоне 1000 - 2800 °С?</p> <p>Каким образом изменяются прочностные характеристики среднезернистого углеродного материала в диапазоне 1000 - 2800 °С?</p> <p>Как изменяются размеры о.к.р. среднезернистого углеродного материала?</p>

КМ6	Основы капиллярной теории		<p>Дайте определение краевого угла смачивания.          Какие краевые углы называются неравновесными?          Какие краевые углы называются равновесными?          Какие краевые углы называются контактными?          Какие краевые углы называются динамическими?          Назовите условия несмачивания, ограниченного смачивания и полного смачивания.          При каком условии удельная свободная поверхностная энергия равна поверхностному натяжению?          Что такое работа адгезии?          Что такое работа когезии?          Каким образом экспериментально можно определить работу адгезии?          От каких параметров зависит капиллярное давление?          Чему равна капиллярная постоянная?          От каких параметров зависит поверхностное (двухмерное) давление?          Дайте определение теплоты смачивания.          Что такое гистерезис смачивания?          Чем обусловлен кинетический гистерезис смачивания?          Чем обусловлен физико-химический гистерезис смачивания?          Что такое макрокрайевой угол?          Как будет изменяться макрокрайевой угол при увеличении шероховатости и краевом углу меньше 90°?          Что называется растеканием?          Что такое критерий растекания Харкинса?          В инерционном режиме растекания радиус растекающейся капли зависит от ее массы?          В вязком режиме растекания радиус растекающейся капли зависит от ее массы?          Что такое капиллярная сила?          При каком условии возможна самопроизвольная пропитка?          В уравнении Дерягина глубина пропитки зависит от радиуса капилляра?          Как изменяется скорость движения жидкости по капиллярной системе при увеличении угла наклона по отношению к горизонту?</p>
КМ7	Основные теории графитации		<p>Что такое гомогенная графитация?          Что такое гетерогенная графитация?          Что представляет собой турбостратная структура углерода?          Каким образом процесс графитации сформулирован в теории Шулепова?          Каким образом процесс графитации сформулирован в теории Нагорного?          Каким образом процесс графитации сформулирован в теории Варшавского?          Что представляют собой структурные составляющие углерода?</p>
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №1 "Способы оценки термостойкости высокотемпературных материалов"		<p>Что такое термостойкость?          Приведите примеры материалов, обладающих максимальной термостойкостью при термоударе.          Приведите пример материала, обладающего максимальным значением термостойкости в условиях стационарного теплового режима.          В чем состоит существенная разница между термостойкостью и трещиностойкостью (исходя из анализа уравнений)?</p>



P2	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №2 "Определение времени и темпа нагрева при карбонизации углеродных материалов"		Какова цель процесса карбонизации? Что представляет собой материал после карбонизации? Назовите основные причины возникновения трещин в процессе карбонизации углеродных материалов. Какие требования предъявляются к уменьшенным образцам? Что дают результаты исследования процесса карбонизации уменьшенных образцов?
P3	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №3 "Выбор ВТМ для заданных условий эксплуатации"		По каким основным параметрам можно без предварительных испытаний выбрать углеродный материал для использования в качестве нагревателя в вакуумной электропечи (в которой практически отсутствуют пары металла)? По каким основным параметрам можно без предварительных испытаний выбрать углеродный материал для использования в качестве нагревателя в вакуумной электропечи (в которой присутствуют пары металла)?
P4	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №4 "Определение коэффициента диффузии углерода по толщине карбидного слоя"		Каков возможный механизм диффузии атомов углерода через карбид кремния? По какому уравнению можно определить коэффициент диффузии углерода через карбид? Каким образом без проведения дополнительных экспериментов можно определить коэффициент диффузии атомов углерода через карбид кремния при произвольной температуре?
P5	Домашнее задание №1		Определение степени графитации по заданным параметрам межплоскостного расстояния и интенсивностей отражений (112) и (110)
P6	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №5 "Определение глубины пропитки углеродных материалов металлами по уравнениям, не требующих специальных компьютерных программ"		В чем состоит недостаток использования частного случая уравнения Уошборна? Какой фактор необходимо учитывать при расчетах глубины пропитки углеродных материалов карбидообразующими металлами? Какой вид массопереноса может наблюдаться при пропитке пористого графита расплавом кремния?

P7	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №6 "Определение удельной свободной поверхностной энергии на границе твердое тело - газ методом нейтральной капли ("тройной точки") и методом сравнения, определение удельной свободной поверхностной энергии на границе твердое тело - жидкость"		Для чего необходимо иметь данные об удельной свободной поверхностной энергии на границе твердое тело – газ? Какой металл наилучшим образом подходит для определения удельной свободной поверхностной энергии на границе твердое тело – газ методом «нейтральной капли» (тройной точки)? Какое условие необходимо выполнить для того, чтобы наиболее достоверно определить удельную свободную поверхностную энергию на границе твердое тело – газ методом «нейтральной капли» (тройной точки)? Какое ограничение существует при определении удельной свободной поверхностной энергии методом сравнения? Какие величины необходимо определить для расчета межфазной свободной поверхностной энергии на границе твердое тело – жидкость?
P8	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №7 "Вывод уравнения работы адгезии, зависимости равновесного краевого угла смачивания от соотношения работы адгезии и когезии"		Чем определяется величина равновесного краевого угла смачивания в уравнении, где используется работа адгезии и когезии? В каких случаях имеет место: несмачивание, ограниченное смачивание и полное смачивание? Какой знак всегда имеет работа адгезии и почему? Как зависит смачивание от работы когезии?
P9	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №8 "Науглероживание расплавов, сравнение степени науглероживания при взаимодействии кремния с упорядоченными и неупорядоченными формами углерода"		Каким образом можно сравнивать степень науглероживания расплава при взаимодействии кремния с упорядоченными и неупорядоченными формами углерода? Как влияет пористость графита на концентрацию углерода в жидком расплаве? Когда возможно самопроизвольное диспергирование углерода в расплавах IV группы Периодической системы? Насколько должно снизиться межфазное натяжение расплава для начала самопроизвольного диспергирования? От каких величин зависит коэффициент скорости науглероживания?

P10	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №9 "Вывод уравнения движущей силы растекания, проведение расчетов по данному уравнению для разных видов углеродных материалов, отличающихся различной величиной удельной свободной поверхностной энергии на границе твердое тело - газ"		В чем сходство и различие данного уравнения с критерием растекания Харкинса?
P11	Контрольные вопросы для защиты Практической работы №10 "Вывод уравнения капиллярного давления, которое будет действовать на углеродные кластеры наноразмерного уровня, находящиеся в расплаве"		На чем основан вывод уравнения для капиллярного давления? Почему две стеклянные пластинки, смоченные водой трудно отделить друг от друга?

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

Экзамен не предусмотрен.

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

Обучающиеся для получения зачета должны выполнить все работы, указанные в данном разделе. Оценка формируется как среднеарифметическое из оценок за текущие контрольные и практические работы.

## 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.: Металлургия, 1973

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
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	Либенсон Г. А.	Основы порошковой металлургии	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987
Л1.5	Жуховицкий А. А., Шварцман Л. А.	Физическая химия: Учебник для студ. металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987

### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Самсонов Г. В., Упадхая Г. Ш., Нешпор В. С., Гриценко Э. Е.	Физическое материаловедение карбидов	Электронная библиотека	Киев: Наукова думка, 1974
Л2.2	Челноков В. С., Елютин В. П.	Высокотемпературные материалы: Разд.: Высокотемпературные теплозащитные материалы: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1988
Л2.3	Варенков А. Н.	Физико-химия и технология армированных композиционных материалов на основе металлических матриц: Разд.: Углеалюминиевые композиционные материалы: Учеб. пособие для студ. спец. 070800 'Физ.-хим. методы исслед. процессов и материалов'	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1997
Л2.4	Лаптев А. И., Ермолаев А. А.	Сверхтвердые материалы. Особенности структуры углеродистых материалов и основы термодинамики их превращения в алмаз: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2007

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
-----	--------------------------

### 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

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
------	------------	-----------

А-104	Лаборатория	<p>рабочее места преподавателя, комплект учебной мебели для обучающихся.</p> <p>Лабораторный стенд для измерения температуры термометрами сопротивления и термопарами; лабораторные установки для измерения температуры оптическим пирометром и его поверки (2 шт); лабораторный стенд для регулирования и контроля малых потоков газа; лабораторный стенд для создания газовых потоков и измерения расхода газа; лабораторный стенд для измерения вакуума датчиками ПМТ и ПМИ с использованием ВИТ; лабораторный стенд для измерения вакуума компрессионным манометром и градуировки термометрического манометра; лабораторная установка для изучения устройства и принципа работы мембранного насоса; лабораторная установка для изучения устройства и принципа работы диффузионного насоса (вакуумная станция, вакуумная трубчатая печь)</p>
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	<p>комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus</p>
Читальный зал электронных ресурсов		<p>комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.</p>

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Для освоения дисциплины рекомендуется изучать тему занятия до его проведения, используя литературу, указанную в разделе Содержание.