

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по качеству и государственности

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:44

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

Квалификация **Инженер-исследователь**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108

в том числе:

аудиторные занятия 51

самостоятельная работа 57

Формы контроля в семестрах:  
зачет с оценкой 8

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
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 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 26.06.2023 г., №24

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.22
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Материалы для биомедицины	
2.1.2	Междисциплинарные задачи материаловедения	
2.1.3	Методы испытания магнитных материалов	
2.1.4	Мехатроника	
2.1.5	Наноматериалы в современной твердотельной электронике	
2.1.6	Порошковая металлургия и процессы обработки материалов	
2.1.7	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов	
2.1.8	Физика и техника высоких давлений	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Высокотемпературные и сверхтвердые покрытия	
2.2.2	Дифракционные и микроскопические методы	
2.2.3	Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур	
2.2.4	Кристаллы в квантовой электронике	
2.2.5	Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки	
2.2.6	Неразрушающий контроль и методы диагностики материалов	
2.2.7	Огнеупорные материалы	
2.2.8	Оптические элементы лазерных систем	
2.2.9	Основы физической, биоорганической и коллоидной химии	
2.2.10	Углеродные, углерод-углеродные и углерод-карбидокремниевые материалы	
2.2.11	Управление качеством материалов и экспертиза металлопродукции	
2.2.12	Фазовые превращения при получении металлов и соединений	
2.2.13	Алмазные поликристаллические материалы	
2.2.14	Гибридные наноструктурные материалы	
2.2.15	Магнитные свойства функциональных материалов	
2.2.16	Магнитотвердые материалы: технологии получения и обработки	
2.2.17	Медицинская химия	
2.2.18	Металловедение реакторных материалов	
2.2.19	Нелинейные кристаллы	
2.2.20	Солнечная энергетика	
2.2.21	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.22	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.23	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.24	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.25	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.26	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.27	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.28	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**

<b>Знать:</b>
ПК-5-311 Способы получения тугоплавких соединений прямым синтезом из элементов
ПК-5-310 Основные свойства и применение в качестве ВТМ тугоплавких нитридов, боридов и силицидов
ПК-5-39 Основные свойства и применение в качестве ВТМ тугоплавких оксидов и карбидов
ПК-5-312 Способы получения тугоплавких соединений методом их восстановления углеродом
ПК-5-315 Ультравысокотемпературную керамику и другие виды высокотемпературных теплозащитных материалов
ПК-5-314 Высокопористые высокотемпературные материалы
ПК-5-313 Способы получения тугоплавких соединений другими методами
ПК-5-38 Теоретические основы процессов капиллярной пропитки, механизмы образования карбидной фазы
ПК-5-33 Методы и средства планирования и организации исследований и разработок
ПК-5-32 Методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований
ПК-5-31 Цели и задачи проводимых исследований и разработок
ПК-5-34 Методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации
ПК-5-37 Физические свойства жидких тугоплавких металлов (температура плавления, плотность, вязкость, электрическое сопротивление)
ПК-5-36 Модельные теории жидких металлов
ПК-5-35 Определение высокотемпературных материалов
<b>Уметь:</b>
ПК-5-У2 Применять методы анализа научно-технической информации
ПК-5-У1 Оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ
<b>Владеть:</b>
ПК-5-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	2	ПК-5-35	Л1.1			
	<b>Раздел 2. 1. Расплавленное состояние металлов.</b>							
2.1	Модельные теории жидких металлов. /Лек/	8	8	ПК-5-32 ПК-5-36	Л1.1Л2.3			
2.2	Физические свойства жидких тугоплавких металлов (температура плавления, плотность, вязкость, электрическое сопротивление, поверхностное натяжение). /Лек/	8	8	ПК-5-32 ПК-5-37	Л1.1Л2.3			
2.3	Подготовка к лекции "Модельные теории жидких металлов". /Ср/	8	7	ПК-5-32 ПК-5-36	Л1.1Л2.3			

2.4	Подготовка к лекции "Физические свойства жидких тугоплавких металлов (температура плавления, плотность, вязкость, электрическое сопротивление, поверхностное натяжение)". /Ср/	8	8	ПК-5-32 ПК-5-37	Л1.1Л2.3			
	<b>Раздел 3. 2. Основы капиллярной теории и технологии.</b>							
3.1	Физико-химические основы процессов смачивания и растекания. /Лек/	8	4	ПК-5-31	Л1.1Л2.3			
3.2	Теоретические основы капиллярной пропитки, механизмы образования карбидной фазы. /Лек/	8	4	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-34 ПК-5-38	Л1.1Л2.3			
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	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-34	Л1.1			Р4
3.4	Подготовка к лекции "Физико-химические основы процессов смачивания и растекания. /Ср/	8	10	ПК-5-31	Л1.1			
3.5	Подготовка к лекции "Теоретические основы капиллярной пропитки, механизмы образования карбидной фазы". /Ср/	8	10	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-34 ПК-5-38	Л1.2			
3.6	Определить глубину пропитки углеродных материалов металлами расчетами по уравнениям, не требующих специальных компьютерных программ. /Пр/	8	2	ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-34 ПК-5-У1 ПК-5-У2	Л1.1			Р3
3.7	Вывод уравнения работы адгезии, зависимости равновесного краевого угла смачивания от соотношения работы адгезии и когезии. /Пр/	8	2	ПК-5-31 ПК-5-34 ПК-5-У2	Л1.1			Р5
3.8	Науглероживание расплавов, сравнение степени науглероживания расплава при взаимодействии кремния с упорядоченными и неупорядоченными формами углерода. /Пр/	8	1	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-34	Л1.1			Р6

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	1	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-34	Л1.1			Р7
3.10	Вывод уравнения капиллярного давления. Расчет усилия, которое будет действовать на углеродные кластеры в расплаве. /Пр/	8	1	ПК-5-38	Л1.3			Р8
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	2	ПК-5-33 ПК-5-34 ПК-5-У1 ПК-5-У2	Л1.1			
3.12	Расчет коэффициента диффузии углерода по толщине слоя карбида кремния при взаимодействии кремния с углеродом. /Пр/	8	1	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-34 ПК-5-У1 ПК-5-У2	Л1.1			Р2
3.13	Расчет глубины пропитки цирконием пористого графита. /Пр/	8	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-34 ПК-5-У2	Л1.1			
3.14	Пропитка тупиковых капилляров вязкими жидкостями. /Пр/	8	1	ПК-5-34	Л1.1		КМ5	
	<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	2	ПК-5-32 ПК-5-39 ПК-5-У2	Л1.1Л2.1			
4.2	Подготовка к лекции "Основные свойства и применение в качестве ВТМ тугоплавких оксидов и карбидов" /Ср/	8	4	ПК-5-32 ПК-5-39	Л1.1Л2.1			
4.3	Основные свойства и применение в качестве ВТМ тугоплавких нитридов, боридов и силицидов". /Лек/	8	1	ПК-5-32 ПК-5-310	Л1.1 Л1.2		КМ1	
4.4	Подготовка к лекции "Основные свойства и применение в качестве ВТМ тугоплавких нитридов, боридов и силицидов". /Ср/	8	4	ПК-5-32 ПК-5-310	Л1.1 Л1.2			

4.5	Получение тугоплавких соединений прямым синтезом из элементов. /Лек/	8	1	ПК-5-32 ПК-5-311	Л1.2			
4.6	Подготовка к лекции "Получение тугоплавких соединений прямым синтезом из элементов". /Ср/	8	3	ПК-5-32 ПК-5-311	Л1.2			
4.7	Получение тугоплавких соединений методом их восстановления углеродом. /Лек/	8	1	ПК-5-32 ПК-5-312	Л1.2			
4.8	Подготовка к лекции "Получение тугоплавких соединений методом их восстановления углеродом". /Ср/	8	4	ПК-5-32 ПК-5-312	Л1.2			
4.9	Получение тугоплавких соединений другими методами. /Лек/	8	1	ПК-5-32 ПК-5-313	Л1.2			
4.10	Подготовка к лекции "Получение тугоплавких соединений другими методами". /Ср/	8	2	ПК-5-32 ПК-5-313	Л1.2			
4.11	Высокопористые высокотемпературные материалы. /Лек/	8	1	ПК-5-32 ПК-5-314	Л1.1Л2.2			
4.12	Подготовка к лекции "Высокопористые высокотемпературные материалы". /Ср/	8	2	ПК-5-32 ПК-5-314	Л1.1Л2.2			
4.13	Ультравысокотемпературная керамика и другие виды высокотемпературных теплозащитных материалов. /Лек/	8	1	ПК-5-32 ПК-5-315	Л1.1			
4.14	Подготовка к лекции "Ультравысокотемпературная керамика и другие виды высокотемпературных теплозащитных материалов". /Ср/	8	3	ПК-5-32 ПК-5-315	Л1.1			
4.15	Способы оценки термостойкости высокотемпературных материалов. /Пр/	8	2	ПК-5-В1	Л1.1Л2.2			Р1

### 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	Основные классы современных высокотемпературных материалов (ВТМ), их свойства и области применения	ПК-5-35;ПК-5-39;ПК-5-310	<p>Какие материалы относят к высокотемпературным? Какие дополнительные требования (помимо значения рабочей температуры) предъявляются к высокотемпературным материалам (ВТМ)?</p> <p>Назовите основные требования к конструкционным материалам, по которым их можно отнести к классу высокотемпературных.</p> <p>Перечислите исходные материалы, применяемые для изготовления ВТМ.</p> <p>Какие материалы называются композиционными?</p> <p>Назовите типы высокотемпературных теплозащитных материалов.</p> <p>Что используют для компенсации недостатков некоторых исходных материалов, применяемых для получения ВТМ?</p> <p>Волокна каких тугоплавких соединений, помимо углеродных используют при армировании матриц ВТМ?</p> <p>Приведите пример соединений с ионной связью.</p> <p>Чем обеспечивается устойчивость кристалла, для которого характерна металлическая связь?</p> <p>Какой тип связи характерен для воды?</p> <p>Назовите наиболее термически устойчивую модификацию оксида алюминия?</p> <p>Какова предельная температура применения оксида алюминия?</p> <p>В контакте с какими расплавленными металлами корунд устойчив?</p> <p>Можно ли в корундовом тигле плавить кремний?</p> <p>До какой температуры оксид алюминия может контактировать с углеродом?</p> <p>Какой тип кристаллической решетки у оксида бериллия?</p> <p>Какие металлы можно плавить в тигле из оксида бериллия?</p> <p>До какой температуры можно использовать оксид магния в вакууме?</p> <p>До какой температуры оксид магния не взаимодействует с углеродом?</p> <p>Перечислите расплавы металлов, к которым устойчив оксид магния.</p> <p>До какой температуры устойчива моноклинная модификация диоксида циркония?</p> <p>Как изменяется объем при переходе моноклинной модификации диоксида циркония в тетрагональную?</p> <p>До какой температуры диоксид циркония не взаимодействует с углеродом?</p> <p>Какие металлы можно плавить в тиглях из стабилизированного диоксида циркония без разрушения стенок?</p> <p>Назовите области применения диоксида циркония и оксида алюминия.</p> <p>В чем состоит правило Хэгга?</p> <p>Каков температурный диапазон начала активного окисления карбидов титана, циркония, тантала и ниобия?</p> <p>Каков температурный диапазон активного окисления карбида вольфрама?</p> <p>Какая карбидная система имеет температуру плавления 3900 °С?</p> <p>До какой температуры карбид кремния стоек в окислительной среде?</p> <p>Назовите температурный диапазон устойчивости нитридов титана и циркония.</p> <p>Назовите температурный диапазон устойчивости нитридов ванадия, ниобия и тантала.</p> <p>При каких температурах начинается интенсивное окисления боридов?</p> <p>Какой силицид обладает максимальной стойкостью к окислению и какова эта температура?</p> <p>Назовите области применения силицидов.</p>
-----	----------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

КМ2	Основные технологические схемы и операции получения ВТМ	ПК-5-34;ПК-5-311;ПК-5-313;ПК-5-312	<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?</p>
КМ3	Методические материалы о технологической подготовке производства (основные понятия о технологическом процессе, маршрутно-технологической карте, технических условиях)	ПК-5-34	<p>Какие основные разделы должен включать технологический процесс?          Какие основные пункты содержатся в маршрутно-технологической карте?          Назовите основные разделы технических условий.</p>

КМ4	Основные типы наполнителей и связующих для получения ВТМ на основе тугоплавких неметаллических соединений, конструкционных искусственных графитов, теплозащитных ВТМ	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-314;ПК-5-315	<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>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	Основы капиллярной теории	ПК-5-36;ПК-5-37;ПК-5-38;ПК-5-33	<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>Что такое модель жидкости Бернала?</p> <p>Какую размерность имеет динамическая вязкость жидкости?</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	Контрольные вопросы для защиты Практической работы "Способы оценки термостойкости высокотемпературных материалов"	ПК-5-В1	<p>Что такое термостойкость?</p> <p>Приведете примеры материалов, обладающих максимальной термостойкостью при термоударе.</p> <p>Приведите пример материала, обладающего максимальным значением термостойкости в условиях стационарного теплового режима.</p> <p>В чем состоит существенная разница между термостойкостью и трещиностойкостью (исходя из анализа уравнений)?</p>

P2	Контрольные вопросы для защиты Практической работы "Определение коэффициента диффузии углерода по толщине карбидного слоя"	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-34;ПК-5-У1;ПК-5-У2	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?
P3	Контрольные вопросы для защиты Практической работы "Определение глубины пропитки углеродных материалов металлами по уравнениям, не требующих специальных компьютерных программ"	ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-34;ПК-5-У1;ПК-5-У2	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?
P4	Контрольные вопросы для защиты Практической работы "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"	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-34	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?
P5	Контрольные вопросы для защиты Практической работы "Вывод уравнения работы адгезии, зависимости равновесного краевого угла смачивания от соотношения работы адгезии и когезии"	ПК-5-31;ПК-5-34;ПК-5-У2	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?

P6	Контрольные вопросы для защиты Практической работы "Науглероживание расплавов, сравнение степени науглероживания при взаимодействии кремния с упорядоченными и неупорядоченными формами углерода"	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-34	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?
P7	Контрольные вопросы для защиты Практической работы "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"	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-34	В чем сходство и различие данного уравнения с критерием растекания Харкинса?
P8	Контрольные вопросы для защиты Практической работы "Вывод уравнения капиллярного давления, которое будет действовать на углеродные кластеры наноразмерного уровня, находящиеся в расплаве"	ПК-5-38	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
---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	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
Л1.2	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
Л1.3	Жуховицкий А. А., Шварцман Л. А.	Физическая химия: Учебник для студ. металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 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 Валентин Сергеевич, Елютин Вячеслав Петрович	Высокотемпературные материалы: Разд.: Высокотемпературные теплозащитные материалы: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1988
Л2.3	Варенков Анатолий Николаевич	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

### 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
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

Читальный зал электронных ресурсов		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.
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

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