

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 30.10.2023 16:01:33

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)

# Технологии получения порошкообразных материалов

Закреплена за подразделением Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль Новые материалы. Порошковые и аддитивные технологии

Квалификация	<b>Магистр</b>	
Форма обучения	<b>очная</b>	
Общая трудоемкость	<b>6 ЗЕТ</b>	
Часов по учебному плану	216	Формы контроля в семестрах: экзамен 1 курсовая работа 1
в том числе:		
аудиторные занятия	108	
самостоятельная работа	72	
часов на контроль	36	

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	54	54	54	54
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	38	38	38	38
Итого ауд.	108	108	108	108
Контактная работа	108	108	108	108
Сам. работа	72	72	72	72
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

*к.т.н., доц., Лопатин Владимир Юрьевич*

Рабочая программа

**Технологии получения порошкообразных материалов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Металлургия, 22.04.02-ММТ-23-16.plx Новые материалы. Порошковые и аддитивные технологии, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Металлургия, Новые материалы. Порошковые и аддитивные технологии, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий**

Протокол от 03.04.2023 г., №11

Руководитель подразделения Левашов Евгений Александрович, д.т.н., профессор

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цели освоения дисциплины - Формирование у студентов знаний, умений и навыков в области получения порошков металлов, сплавов, металлоподобных соединений и оксидов для создания порошковых материалов для различных отраслей техники с учетом эксплуатационных требований, предъявляемых к материалам, и имеющихся в распоряжении производственных ресурсов.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.О
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Аддитивные технологии	
2.2.2	Научно-исследовательская практика	
2.2.3	Процессы консолидации порошковых материалов	
2.2.4	Процессы СВС как основы синтеза неорганических материалов	
2.2.5	Современные методы металлургии, машиностроения и материаловедения	
2.2.6	Защита интеллектуальной собственности	
2.2.7	Материаловедение в аддитивных технологиях	
2.2.8	Методы аттестации функциональных поверхностей материалов	
2.2.9	Методы получения и исследование покрытий медицинского назначения	
2.2.10	Порошковые материалы с особыми свойствами	
2.2.11	Теоретические основы получения и технологии твердых сплавов	
2.2.12	Технологии наноматериалов и гибридных наноматериалов	
2.2.13	Технология получения композиционных материалов для авиакосмической промышленности	
2.2.14	Физико-химические основы и технологии жаропрочных и жаростойких материалов	
2.2.15	Физико-химические основы и технологии композиционных материалов. Технологии углеродных материалов и графитов	
2.2.16	Физико-химические основы и технологии тепловыделяющих и поглощающих материалов	
2.2.17	Цифровые аддитивные технологии в имплантологии	
2.2.18	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.19	Преддипломная практика	

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

<b>ПК-2: Способен проводить анализ и теоретически обобщать научные данные в соответствии с задачами исследования, изучать научно-техническую информацию, формировать программы исследований</b>
<b>Знать:</b>
ПК-2-31 Основные физические и химические процессы получения металлов, сплавов, металлоподобных соединений и оксидов в порошкообразном состоянии.
<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>
<b>Знать:</b>
ПК-3-31 Методы определения химических, физических и технологических свойств материалов в порошкообразном состоянии.
<b>ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции</b>
<b>Знать:</b>
ПК-4-31 Области применения порошков металлов, сплавов, металлоподобных соединений и оксидов в промышленности.
<b>ПК-1: Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1-31 Основные свойства порошкообразных материалов.

<b>ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы в условиях неопределенности и альтернативных решений в междисциплинарных областях</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-2-31 Последовательности технологических операций получения порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединений
<b>ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-4-У1 Выбирать технологическое оборудование для получения порошкообразных материалов с заданным комплексом химических, физических и технологических свойств.
<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У1 Определять оптимальные методы для определения химических, физических и технологических свойств материалов в порошкообразном состоянии.
<b>ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы в условиях неопределенности и альтернативных решений в междисциплинарных областях</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-2-У1 Оформлять обзоры научно-технической информации в соответствии с задачами исследований.
<b>ПК-1: Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 Устанавливать взаимосвязь между свойствами материалов в порошкообразном состоянии.
<b>ПК-2: Способен проводить анализ и теоретически обобщать научные данные в соответствии с задачами исследования, изучать научно-техническую информацию, формировать программы исследований</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 Выбирать технологии получения материалов в порошкообразном состоянии в зависимости от необходимых химических, физических и технологических свойств.
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 Навыками поиска научно-технической информации по теме научного исследования.
<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 Навыками статистической обработки результатов экспериментов.
<b>ПК-1: Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В2 Работы на оборудовании для получения материалов в порошкообразном состоянии.
ПК-1-В1 Навыками определения свойств материалов в порошкообразном состоянии.

#### 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. Общие сведения о технологии порошковой металлургии.</b>							
1.1	Общая характеристика метода порошковой металлургии. Ее преимущества и недостатки. /Лек/	1	4	ПК-4-31	Л1.1 Э1 Э2			

1.2	Обобщенная технологическая схема порошковой металлургии. /Пр/	1	2	ОПК-2-31	Л1.1 Э1 Э2			
1.3	Подготовка к практическим занятиям. /Ср/	1	4	ОПК-2-31 ПК-4-31	Л1.1 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 2. Свойства порошкообразных материалов</b>							
2.1	Химические, физические и технологические свойства порошкообразных материалов /Лек/	1	8	ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.1 Э1 Э2			
2.2	Способы оценки фактора формы частиц порошков. Седиментационный и кондуктометрический метод определения гранулометрического состава. Определение гранулометрического состава методом дифракции лазерных лучей. Оборудование для оценки удельной поверхности порошкообразных материалов. Оценка уплотняемости и формуемости порошкообразных материалов. Взаимосвязь свойств порошкообразных материалов. Методы отбора и подготовки проб. /Пр/	1	8	ПК-1-У1 ПК-3-У1	Л1.1 Э1 Э2			P7,P8,P9,P10
2.3	Изучение свойств порошкообразных материалов /Лаб/	1	4	ПК-1-В1 ПК-3-В1 ПК-3-У1	Л1.1Л1.1 Э1 Э2			P1
2.4	Подготовка к практическим занятиям, лабораторной работе №1, выполнение курсовой работы. /Ср/	1	8	ОПК-2-У1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 3. Получение порошкообразных материалов измельчением твердых веществ</b>							
3.1	Принципы измельчения твердых веществ в мельницах и дробилках. Режимы работы шаровых вращающихся мельниц (ШВМ). Факторы, влияющие на результаты измельчения в ШВМ. Основные особенности вибрационных, планетарно-центробежных, вихревых и струйных мельниц. Основные виды дробилок. /Лек/	1	6	ОПК-2-31 ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			

3.2	Расчет предельной загрузки шаровой вращающейся мельницы. Основные конструктивные схемы дробилок. Использование ультразвука для измельчения твердых веществ. /Пр/	1	4	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			P11,P12
3.3	Получение металлических порошков измельчением твердых веществ в шаровых вращающихся и вибрационных мельницах. /Лаб/	1	8	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3Л1.1 Э1 Э2			P2,P3
3.4	Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам №2 и №3, контрольной работе №1, выполнение курсовой работы. /Ср/	1	10	ОПК-2-У1 ОПК-2-31 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3			
<b>Раздел 4. Получение порошкообразных материалов диспергированием расплавов</b>								
4.1	Общие сведения о получении металлических порошков диспергированием расплавов. Механизм разрушения струи потоком газа. Диспергирование жидких металлов водой. Основные принципы механических методов диспергирования расплавов. Контрольная работа №1 "Методы получения металлических порошков механическими методами". /Лек/	1	6	ОПК-2-31 ПК-2-31 ПК-4-31 ПК-1-31 ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2		КМ1	
4.2	Конструкции установок для диспергирования расплавов газами и водой. Технологии получения порошков железа диспергированием воздухом и водой. Технология получение порошков алюминия и его сплавов диспергированием газом. Технологии и оборудование металлических порошков центробежными методами диспергирования расплавов. Получение металлических порошков высокоскоростным затвердеванием расплава и бесконтактными методами. /Пр/	1	4	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			P13,P14

4.3	Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам, контрольной работе №1, выполнение курсовой работы. /Ср/	1	10	ОПК-2-У1 ОПК-2-31 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 5. Получение порошкообразных материалов восстановлением химических соединений</b>							
5.1	Общие положения восстановления соединений металлов. Адсорбционно-автокаталитическая теория восстановления. Особенности металлотермического восстановления химических соединений. Теоретические основы выделения металлов из растворов их солей. Восстановление химических соединений в плазме. Контрольная работа №2 "Методы получения металлических порошков восстановлением химических соединений". /Лек/	1	10	ОПК-2-31 ПК-2-31 ПК-4-31 ПК-1-31 ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2		КМ2	
5.2	Технология и оборудование для получения порошков железа восстановлением водородом и углеродом. Технология получения порошков вольфрама и молибдена восстановлением водородом. Технология и оборудование для получения порошков титана, циркония, тантала и ниобия металлотермическим восстановлением. Технология и оборудование для получения порошков металлов восстановлением в растворах. Технология получения порошков тугоплавких металлов восстановлением газообразных соединений газами. /Пр/	1	10	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			Р15,Р17, Р18,Р19, Р16
5.3	Получение порошка железа восстановлением его оксидов углеродом /Лаб/	1	4	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3Л1.1 Э1 Э2			Р4
5.4	Подготовка к практическим занятиям, лабораторной работе №4, контрольной работе №2, выполнение курсовой работы. /Ср/	1	10	ОПК-2-У1 ОПК-2-31 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3			

	<b>Раздел 6. Получение порошкообразных материалов электролизом</b>							
6.1	Общая характеристика электролиза как способа получения порошкообразных материалов. Теоретические основы электролитического выделения металлов в порошкообразном состоянии. /Лек/	1	8	ОПК-2-31 ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			
6.2	Технологии получения порошков меди, никеля и железа электролизом растворов. Технологии получения порошков тугоплавких металлов и железа электролизом расплавов. /Пр/	1	4	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			P20,P21
6.3	Подготовка к практическим занятиям, контрольной работе №3, выполнение курсовой работы. /Ср/	1	10	ОПК-2-У1 ОПК-2-31 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 7. Получение порошкообразных материалов термической диссоциацией химических соединений. Прочие методы получения порошкообразных материалов.</b>							
7.1	Общая характеристика получения металлических порошков из карбонильных соединений. Теоретические основы синтеза и разложения карбонильных соединений металлов. Получение порошков сплавов термодиффузионным насыщением и межкристаллитной коррозией. /Лек/	1	4	ОПК-2-31 ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			
7.2	Технологии получения порошков никеля, железа, вольфрама и молибдена из карбонильных соединений. /Пр/	1	4	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			P22,P23
7.3	Подготовка к практическим занятиям, контрольной работе №3, выполнение курсовой работы. /Ср/	1	10	ОПК-2-У1 ОПК-2-31 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 8. Получение металлоподобных соединений в порошкообразном состоянии</b>							



8.1	Общая характеристика металлоподобных соединений (карбидов, нитридов, боридов и силицидов). Физико-химические основы технологий получения металлоподобных соединений. Контрольная работа №3 "Получение металлических порошков электролизом, термической диссоциацией химических соединений и другими методами. Получение порошков металлоподобных соединений". Защита курсовой работы. /Лек/	1	8	ОПК-2-31 ПК-2-31 ПК-4-31 ПК-1-31 ПК-2-У1 ПК-4-У1 ОПК-2-У1 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2		КМ3,К М4	
8.2	Технологии получения карбидов, нитридов, боридов и силицидов тугоплавких металлов. /Пр/	1	2	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			Р24
8.3	Подготовка к практическим занятиям, контрольной работе №3, выполнение курсовой работы. /Ср/	1	10	ОПК-2-У1 ОПК-2-31 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3			

### 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 "Методы получения металлических порошков механическими методами"	ОПК-2-31;ПК-1-31;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация методов получения порошков.</li> <li>2. Общие сведения о размоле твердых материалов в шаровых вращающихся мельницах. Классификация мельниц по их конструкции.</li> <li>3. Виды воздействия на материал, измельчаемый в шаровых вращающихся мельницах. Режимы работы шаровой мельницы и их особенности.</li> <li>4. Факторы, влияющие на результаты размола в шаровых вращающихся мельницах.</li> <li>5. Преимущества и недостатки использования жидкости при размоле в ШВМ.</li> <li>6. Размол в атриторах и его отличие от размола в ШВМ. Размол в вибрационных мельницах.</li> <li>7. Размол в планетарных, вихревых и струйных мельницах.</li> <li>8. Измельчение твердых веществ в дробилках: щековые и молотковые дробилки. Особенности конструкции, виды воздействия на обрабатываемый материал.</li> <li>9. Измельчение твердых веществ в валковых и конусных инерционных дробилках. Особенности конструкции и виды воздействия на обрабатываемый материал.</li> <li>10. Диспергирование расплавов как метод получения металлических порошков. Классификация процессов. Преимущества и недостатки диспергирования.</li> <li>11. Разрушение струи жидкости при диспергировании расплавов газовыми потоками с различными скоростями.</li> <li>12. Факторы, влияющие на результаты диспергирования расплавов энергоносителем. Особенности формообразования при диспергировании газами.</li> <li>13. Диспергирование расплавов водой.</li> <li>14. Конструкция узла распыления установок для диспергирования энергоносителем. Особенности применения вертикальных и горизонтальных распылительных камер.</li> <li>15. Технологии получения железных порошков по RZ-процессу (БЗПМ, "Северсталь").</li> <li>16. Технологии получения железных порошков по WP-процессу (БЗПМ, СМЗ). Сравнение с технологией компании "Хёганес".</li> <li>17. Получение распыленных алюминиевых порошков.</li> <li>18. Диспергирование расплавов крыльчаткой, центробежными методами диспергирования, методом вибрирующей проволоки.</li> <li>19. Высокоскоростное затвердевание расплавов как способ получения порошков и волокон.</li> <li>20. Получение порошков бесконтактным диспергированием расплавов.</li> </ol>
-----	---	--	--

КМ2	Контрольная работа №2 "Методы получения металлических порошков восстановлением химических соединений"	ОПК-2-31;ПК-1-31;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные физико-химические принципы восстановления химических соединений.</li> <li>2. Адсорбционно-автокаталитическая теория восстановления (на примере восстановления оксидов металлов водородом).</li> <li>3. Виды газообразных восстановителей и методы их получения.</li> <li>4. Твердые углеродсодержащие восстановители. Металлы-восстановители.</li> <li>5. Физико-химические основы получение железного порошка восстановлением его оксидов водородом.</li> <li>6. Практика получения железного порошка восстановлением оксидов водородом.</li> <li>7. Физико-химические основы получения железного порошка восстановлением его оксидов твердыми углеродсодержащими восстановителями.</li> <li>8. Получение железного порошка восстановлением твердыми углеродсодержащими восстановителями по технологии Högans и СМЗ.</li> <li>9. Получение железного порошка комбинированным восстановлением на примере БЗПМ и ДАЗ.</li> <li>10. Повышение качества железных порошков.</li> <li>11. Физико-химические основы получения порошка вольфрама восстановлением его оксидов водородом.</li> <li>12. Практика получения порошка вольфрама восстановлением водородом его оксидов.</li> <li>13. Физико-химические основы и практика получения порошка вольфрама восстановлением его оксида углеродом.</li> <li>14. Получение порошка молибдена восстановлением его оксидов.</li> <li>15. Физико-химические основы металлургического восстановления соединений металлов.</li> <li>16. Получение порошка титана металлургическим восстановлением его соединений кальцием, гидридом кальция и натрием.</li> <li>17. Получение порошков тантала и ниобия металлургическим восстановлением их соединений.</li> <li>18. Физико-химические основы получения порошков восстановлением соединений металлов в растворах.</li> <li>19. Технология автоклавных порошков меди, никеля, кобальта.</li> <li>20. Физико-химические основы и практика получения металлических порошков цементацией.</li> <li>21. Получение металлических порошков восстановлением газообразных соединений тугоплавких металлов. Восстановление в плазме.</li> </ol>
-----	---	--	--

КМ3	Контрольная работа №3 "Получение металлических порошков электролизом, термической диссоциацией химических соединений и другими методами. Получение порошков металлоподобных соединений"	ОПК-2-31;ПК-1-31;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Преимущества и недостатки электролиза как способа получения металлов, в том числе и в порошкообразном состоянии. Типы получаемых осадков.</li> <li>2. Факторы, влияющие на типы осадков и их свойства.</li> <li>3. Основные положения теории электролитического получения порошков металлов.</li> <li>4. Получение электролитических порошков меди.</li> <li>5. Получение электролитических порошков никеля.</li> <li>6. Получение металлических порошков электролизом расплавленных сред. Общие положения. Факторы, влияющие на результат электролиза.</li> <li>7. Получение электролитических порошков тантала и ниобия.</li> <li>8. Технология получения электролитических порошков титана и циркония.</li> <li>9. Технология получения порошков железа электролизом расплавов.</li> <li>10. Физико-химические основы получения металлических порошков термической диссоциацией химических соединений. Общая характеристика карбониллов.</li> <li>13. Технологические факторы, влияющие на синтез и разложение карбониллов.</li> <li>14. Получение карбонильных порошков никеля. Отечественные и зарубежные марки карбонильных никелевых порошков.</li> <li>15. Получение карбонильных порошков железа. Отечественные марки карбонильных железных порошков с различным содержанием углерода.</li> <li>16. Получение карбонильных порошков вольфрама и молибдена.</li> <li>17. Получение порошков сплавов методом термодиффузионного насыщения и межкристаллитной коррозией.</li> <li>18. Получение порошков карбидов и нитридов.</li> <li>19. Получение порошков боридов и силицидов.</li> </ol>
КМ4	Защита курсовой работы	ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Взаимосвязь химических, физических и технологических свойств порошков</li> <li>2. Ограничения методов оценки гранулометрического состава и удельной поверхности порошков</li> <li>3. Использование методов отбора проб при проведении научно-исследовательской работы в рамках подготовки ВКР</li> <li>4. Меры безопасности при работе с порошкообразными веществами в лабораториях университета</li> <li>5. Сравнительный анализ технологий производства порошкообразных материалов с точки зрения свойств получаемых продуктов, областей их применения, используемого оборудования, экономических параметров и воздействия на окружающую среду</li> <li>6. Металлы, получаемые только в порошкообразном состоянии</li> </ol>

КМ5	Экзамен	ОПК-2-31;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение метода порошковой металлургии и металлического порошка в соответствии с ГОСТ 17359-82.</li> <li>2. Преимущества и недостатки метода порошковой металлургии.</li> <li>3. Обобщенная технологическая схема метода.</li> <li>4. Основные классы порошковых материалов.</li> <li>5. Классификация методов получения порошков.</li> <li>6. Размол порошков в шаровых вращающихся мельницах: общая информация. Виды воздействия на измельчаемый материал.</li> <li>7. Режимы работы шаровой мельницы и их особенности.</li> <li>8. Факторы, влияющие на результаты размол в шаровых вращающихся мельницах. Преимущества и недостатки использования жидкости при размол в ШВМ.</li> <li>9. Конструкция шаровых мельниц.</li> <li>10. Основные особенности размол в атриторах и вибрационных мельницах.</li> <li>11. Устройство атриторов и вибрационных мельниц.</li> <li>12. Размол в планетарных, вихревых и струйных мельницах.</li> <li>13. Конструктивный принцип планетарной мельницы.</li> <li>14. Измельчение твердых веществ в щековых и молотковых дробилках.</li> <li>15. Основные конструктивные виды щековых и молотковых дробилок.</li> <li>16. Измельчение твердых веществ в валковых и конусных инерционных дробилках.</li> <li>17. Разновидности валковых дробилок. Устройство конусной инерционной дробилки.</li> <li>18. Диспергирование расплавов как метод получения металлических порошков. Преимущества и недостатки.</li> <li>19. Механизм разрушения струи жидкости газовым потоком.</li> <li>20. Факторы, влияющие на свойства распыленных порошков.</li> <li>21. Диспергирование расплавов водой.</li> <li>22. Конструкции узла распыления. Преимущества и недостатки вертикальных и горизонтальных распылительных камер.</li> <li>23. Технология получения железных порошков по RZ-процессу (БЗПМ, "Северсталь").</li> <li>24. Технология получения железных порошков по WP-процессу (БЗПМ, СМЗ).</li> <li>25. Получение распыленных алюминиевых порошков.</li> <li>26. Диспергирование расплавов крыльчаткой, центробежные методы диспергирования, метод вибрирующей проволоки.</li> <li>27. Методы высокоскоростного затвердевания расплавов.</li> <li>28. Бесконтактные методы получения порошков диспергированием расплавов.</li> <li>29. Окислительно-восстановительные реакции при получении металлических порошков восстановлением их соединений.</li> <li>30. Адсорбционно-автокаталитическая теория восстановления.</li> <li>31. Способы получения газообразных восстановителей.</li> <li>32. Виды твердых углеродных восстановителей. Металлы-восстановители; требования, предъявляемые к ним.</li> <li>33. Теоретические аспекты получения железного порошка восстановлением оксидов водородом.</li> <li>34. Практика получения железных порошков восстановлением оксидов водородом.</li> <li>35. Теоретические аспекты получения железного порошка восстановлением оксидов твердым углеродом.</li> <li>36. Практика получения железного порошка восстановлением оксидов твердым углеродом (на примере технологии Högans и СМЗ).</li> <li>37. Получение железного порошка комбинированным восстановлением.</li> <li>38. Повышение качества восстановленных железных порошков.</li> <li>39. Металлотермические способы получения порошков железа.</li> <li>40. Физико-химические основы получения порошка вольфрама восстановлением его оксидов водородом.</li> <li>41. Практика получения порошка вольфрама восстановлением водородом его оксидов.</li> <li>42. Получение порошка вольфрама восстановлением его оксида углеродом.</li> </ol>
-----	---------	--	--

			<p>43. Металлотермическое восстановление соединений металлов. Требования к металлам-восстановителям.</p> <p>44. Получение порошка титана металлотермическим восстановлением его оксида и тетрахлорида.</p> <p>45. Получение порошка циркония металлотермическим восстановлением.</p> <p>46. Получение порошков тантала и ниобия металлотермическим восстановлением.</p> <p>47. Физико-химические основы получения металлических порошков восстановлением соединений металлов в растворах.</p> <p>48. Технология получения автоклавных порошков меди, никеля, кобальта.</p> <p>49. Физико-химические основы получения металлических порошков цементацией.</p> <p>50. Получение металлических порошков восстановлением газообразных соединений тугоплавких металлов.</p> <p>51. Восстановление в плазме.</p> <p>51. Общая характеристика электролиза как метода получения металлических порошков. Его преимущества и недостатки.</p> <p>52. Типы получаемых осадков и условия их получения.</p> <p>53. Факторы, влияющие на результаты электролиза водных растворов.</p> <p>54. Основные положения теории электролитического выделения металлов в виде порошков.</p> <p>55. Технология электролитических порошков меди.</p> <p>56. Технология получения порошков никеля и железа электролизом водных растворов.</p> <p>57. Физико-химические особенности получения металлических порошков электролизом расплавленных сред. Факторы, влияющие на результат электролиза расплавов.</p> <p>58. Технология получения электролитических порошков тантала и ниобия.</p> <p>59. Технология получения электролитических порошков титана и циркония.</p> <p>60. Технология получения порошков железа электролизом расплавов.</p> <p>61. Термическая диссоциация химических соединений как метод получения металлических порошков. Общие сведения.</p> <p>62. Общая характеристика карбониллов как исходных соединений для получения металлических порошков.</p> <p>63. Технологические факторы, влияющие на синтез карбониллов.</p> <p>64. Технологические факторы, влияющие на разложение карбониллов, в том числе на дисперсность получаемых порошков.</p> <p>65. Технология и оборудование для получения карбонильных порошков никеля.</p> <p>66. Технология и оборудование для получения карбонильных порошков железа.</p> <p>67. Технологии карбонильных порошков вольфрама.</p> <p>68. Теоретические основы получения металлических порошков методом испарения-конденсации.</p> <p>69. Технологии и оборудование для получения порошков цинка, алюминия и кальция методом испарения-конденсации.</p> <p>70. Технологии получения порошков карбидов и нитридов.</p> <p>71. Технологии получения порошков боридов и силицидов.</p> <p>72. Получение легированных порошков методом термодиффузионного насыщения.</p> <p>73. Получение металлических порошков методом межкристаллитной коррозии.</p> <p>74. Химические свойства металлических порошков и методы их определения.</p> <p>75. Форма частиц порошков и способы ее количественной оценки.</p> <p>76. Ситовой и микроскопический метод определения гранулометрического состава порошков.</p> <p>77. Седиментационный, кондуктометрический и лазерный методы определения гранулометрического состава порошков.</p> <p>78. Фильтрационные методы определения удельной поверхности порошков.</p> <p>79. Адсорбционные методы определения удельной поверхности</p>
--	--	--	---

			<p>порошков.</p> <p>80. Пикнометрическая плотность порошков и методы ее определения.</p> <p>81. Методы определения текучести, насыпной плотности и плотности утряски металлических порошков.</p> <p>82. Прессуемость металлических порошков и методика ее определения.</p>
КМ6	Практическое занятие №12 "Технология и оборудование для получения порошков титана, циркония, тантала и ниобия металлургически м восстановлением"		
<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
P1	Лабораторная работа №1 "Изучение свойств металлических порошков".	ПК-1-В1;ПК-3-В1;ПК-3-У1	Определение насыпной плотности и текучести трех разных фракций одного порошка или трех разных порошков (по химическому составу и/или способу получения). Определение гранулометрического состава одной из фракций/ одного из порошков микроскопическим методом.
P2	Лабораторная работа №2 "Получение порошка железа и его сплавов измельчением в шаровой вращающейся мельнице"	ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-3-В1	Изучение влияния различных факторов на измельчение чугунного порошка (железной губки, железной окалины) в шаровой вращающейся мельнице (валковой мельнице). Освоение методики определения гранулометрического состава ситовым методом.
P3	Лабораторная работа №3 "Получение порошка железа и его сплавов измельчением в вибрационной мельнице"	ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-3-В1	Изучение влияния различных факторов на измельчение чугунного порошка (железной губки, железной окалины) в вибрационной мельнице. Освоение методики определения гранулометрического состава ситовым методом.
P4	Лабораторная работа №4 "Получение порошка железа восстановлением его оксидов углеродом"	ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-3-В1	Изучение влияния различных технологических факторов на степень восстановления различных оксидов железа. Определение свойств полученного порошка железа.

Р5	Курсовая работа по технологиям получения порошкообразных материалов и определению их свойств	ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-2-В1	<p>Содержание курсовой работы:</p> <p>Введение Краткое изложение вопроса, составляющего суть темы работы. Основная часть Описание технологий получения порошков с заданным комплексом свойств, сравнение этих технологий, описание методик оценки свойств порошков, сравнение методик определения конкретных (ого) свойств(а) и т.д. Выводы Список литературных источников.</p> <p>Темы курсовой работы</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сравнение методов анализа грансостава порошков</li> <li>2. Количественная оценка формы частиц порошков</li> <li>3. Сравнение фильтрационных методов анализа удельной поверхности порошков</li> <li>4. Адсорбционные методы анализа удельной поверхности порошков</li> <li>5. Влияние различных факторов на уплотняемость и формуемость порошкообразных материалов</li> <li>6. Характеристики пожаровзрывоопасности металлических порошков, методы их определения и обеспечения пожаровзрывобезопасности в лаборатории и на производстве</li> <li>7. Сравнительный анализ технологий получения железных порошков и их свойств</li> <li>8. Сравнительный анализ технологий получения никелевых порошков и их свойств</li> <li>9. Сравнительный анализ технологий получения медных порошков и их свойств</li> <li>10. Сравнительный анализ технологий получения титановых порошков и их свойств</li> <li>11. Получение порошкообразных материалов в оборудовании, использующем размольные тела. Основные принципы, конструктивные особенности</li> <li>12. Технологии получения легированных порошков на основе железа. Сравнение свойств получаемых порошков</li> <li>13. Технологии получения металлических порошков с высокой формуемостью</li> <li>14. Сравнительный анализ технологий получения порошкообразных материалов в жидких средах</li> <li>15. Способы получения сферических металлических порошков, области их применения и изделия, получаемые из них</li> <li>16. Сравнительный анализ получения металлических порошков в нестационарных слоях</li> </ol>
Р6	Практическое занятие №1 "Обобщенная технологическая схема порошковой металлургии"	ОПК-2-31	Изучение последовательности технологических операций для получения готовых изделий из порошкообразных материалов.
Р7	Практическое занятие №2 "Способы оценки фактора формы частиц порошков"	ПК-3-У1	Изучение существующих подходов к количественной оценке формы частиц порошков. Освоение основных методов количественной оценки формы частиц.



P8	Практическое занятие №3 "Седиментационный и кондуктометрический метод определения гранулометрического состава. Определение гранулометрического состава методом дифракции лазерных лучей."	ПК-3-У1	Ознакомление с различными методами оценки гранулометрического состава порошков размером менее 40 мкм. Изучение оценки гранулометрического состава порошков методом дифракции лазерных лучей на установке Fritch 22.
P9	Практическое занятие №4 "Оборудование для оценки удельной поверхности порошкообразных материалов. Оценка уплотняемости и формуемости порошкообразных материалов."	ПК-3-У1	Ознакомление с оборудованием для оценки удельной поверхности порошкообразных материалов фильтрационными и адсорбционными методами. Освоение методики оценки удельной поверхности и формуемости порошкообразных материалов.
P10	Практическое занятие №5 "Взаимосвязь свойств порошкообразных материалов. Методы отбора и подготовки проб."	ПК-1-У1	Построение схемы взаимного влияния свойств порошкообразных материалов. Ознакомление с методами отбора и подготовки проб для определения свойств порошкообразных материалов.
P11	Практическое занятие №6 "Расчет предельной загрузки шаровой вращающейся мельницы"	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Расчет загрузки шаровой вращающейся мельницы для сухого и мокрого размола.
P12	Практическое занятие №7 "Основные конструктивные схемы дробилок. Использование ультразвука для измельчения твердых веществ."	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение основных кинематических схем и принципов работы дробилок. Изучение особенностей использования ультразвука для измельчения твердых веществ в жидкости.
P13	Практическое занятие №8 "Конструкции установок для диспергирования расплавов газами и водой. Технологии получения порошков железа диспергированием воздухом и водой. Технология получения порошков алюминия и его сплавов диспергированием газом."	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение конструктивных особенностей металлоприемников, форсуночных узлов и осадительных камер в установках для диспергирования расплавов газами и водой. Изучение основных технологических схем получения распыленных порошков железа - RZ- и WP-процессы. Особенности диспергирования расплава алюминия смесью газов контролируемого состава.

P14	Практическое занятие №9 "Технологии и оборудование металлических порошков центробежными методами диспергирования расплавов. Получение металлических порошков высокоскоростным затвердеванием расплава и бесконтактными методами."	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение основных принципов и оборудования для диспергирования расплавов механическими методами: методом вращающейся крыльчатки, центробежными методами, методом высокоскоростного затвердевания расплава. Особенности бесконтактных методов диспергирования расплавов.
P15	Практическое занятие №10 "Технология и оборудование для получения порошков железа восстановлением водородом и углеродом"	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение технологий восстановления железосодержащего оксидного сырья водородом и твердыми углеродсодержащими веществами в стационарных и нестационарных слоях. Изучение влияния технологических параметров на свойства получаемых порошков. Описание оборудования для обеспечения проведения процессов в стационарных и нестационарных слоях.
P16	Практическое занятие №11 "Технология получения порошков вольфрама и молибдена восстановлением водородом"	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение влияния основных технологических параметров и особенностей диаграмм состояния W-O и Mo-O на свойства восстановленных порошков. Основные виды оборудования для проведения восстановления.
P17	Практическое занятие №12 "Технология и оборудование для получения порошков титана, циркония, тантала и ниобия металлотермическим восстановлением"	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение влияния технологических параметров и конструктивных особенностей оборудования на свойства восстановленных порошков тантала, ниобия, титана и циркония. Изучение особенностей технологических операций для разделения основных продуктов химических реакций.
P18	Практическое занятие №13 "Технология и оборудование для получения порошков металлов восстановлением в растворах"	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение технологий получения автоклавных и цементированных порошков меди и никеля. Изучение основных разновидностей аппаратов для проведения цементации металлов из водных растворов.
P19	Практическое занятие №14 "Технология получения порошков тугоплавких металлов восстановлением газообразных соединений газами"	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение особенностей технологии восстановления газообразных соединений вольфрама и молибдена водородом в сравнении с восстановлением водородом твердых оксидов водорода в нестационарных слоях.

P20	Практическое занятие №15 "Технологии получения порошков меди, никеля и железа электролизом растворов"	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение влияния технологических факторов на свойства электролитических порошков меди, никеля и железа. Изучение основных конструкций электролизеров для получения порошков.
P21	Практическое занятие №16 "Технологии получения порошков тугоплавких металлов и железа электролизом расплавов"	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение особенностей получения порошков тантала, ниобия, титана и циркония электролизом расплавленных солей. Изучение основных конструкций электролизеров для получения порошкообразных материалов и их влияния на технологические параметры процессов.
P22	Практическое занятие №17 "Технологии получения карбонильных порошков никеля"	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение влияния технологических факторов на свойства карбонильных порошков никеля. Система обозначений карбонильных порошков никеля. Изучение конструкций оборудования для синтеза и разложения карбонила никеля.
P23	Практическое занятие №18 "Технологии получения порошков железа, вольфрама и молибдена из карбонильных соединений"	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение влияния технологических факторов на свойства карбонильных порошков железа. Основные группы карбонильных порошков железа. Изучение конструкций оборудования для синтеза и разложения карбонила железа. Изучение технологий синтеза и разложения карбониллов вольфрама и молибдена.
P24	Практическое занятие №19 "Технологии получения карбидов, нитридов, боридов и силицидов тугоплавких металлов"	ПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение основных технологий получения карбидов, нитридов, боридов и силицидов тугоплавких металлов с выявлением общих технологий для всех четырех видов (например, прямой синтез из элементов, самораспространяющийся высокотемпературный синтез) и уникальных технологий для конкретных видов (например, боротермическое восстановление).

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

Образец экзаменационного билета по дисциплине "Технологии получения порошкообразных материалов"

Национальный исследовательский технологический университет "МИСИС"  
Институт технологий

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий  
Направление подготовки "Металлургия", 22.04.02  
Технологии получения порошкообразных материалов

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2

- Преимущества и недостатки метода порошковой металлургии.
- Факторы, влияющие на результаты размола в шаровых вращающихся мельницах. Преимущества и недостатки использования жидкости при размоле в ШВМ.
- Основные положения теории электролитического выделения металлов в виде порошков.

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой, проф., д.т.н.

Е.А. Левашов

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

Методика оценки обучающегося на экзамене

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие знания в объеме программы дисциплины, уверенно устанавливает логические связи между отдельными разделами дисциплины, грамотно и непротиворечиво излагает материал при ответе, знает источники дополнительной информации.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов и установлении логических связей между отдельными разделами дисциплины, четко излагает материал без существенных противоречий в информации.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, исправляет допущенные ошибки после уточняющих вопросов преподавателя, знает основные и дополнительные источники информации по программе дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не способен установить логические связи между разделами дисциплины, не может дать ответ на основной и/или дополнительный вопрос.

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	Либенсон Г. А., Лопатин В. Ю., Комарницкий Г. В.	Т.1: Производство металлических порошков	Электронная библиотека	, 2001

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Кипарисов Сергей Сергеевич, Падалко О. В.	Оборудование предприятий порошковой металлургии: Учебник для вузов по спец. 'Композитивные и порошковые материалы, покрытия' и 'Физ.-хим. исслед. металлург. процессов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1988
Л2.2	Либенсон Г. А., Панов В. С.	Оборудование цехов порошковой металлургии: учеб. пособие для машиностроит. техникумов по спец. 'Порошковая металлургия и пр-во твердых сплавов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1983
Л2.3	Алымов М. И., Левинский Ю. В., Вершинина Е. В., Набойченко С. С., Касимцев А. В., Алымов М. И., Левинский Ю. В.	Металлические порошки. Изделия из металлических порошков: справочник	Электронная библиотека	Москва, Вологда: Инфра- Инженерия, 2021

**6.1.3. Методические разработки**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Лопатин Владимир Юрьевич, Еремеева Ж. В., Погожев Юрий Сергеевич, Пацера Е. И.	Процессы получения металлических порошков (N 3130): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2017

**6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Э1	Учебно-методическая литература для студентов	<a href="https://www.studmed.ru/">https://www.studmed.ru/</a>
Э2	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	<a href="http://www.gpntb.ru/">http://www.gpntb.ru/</a>

ЭЗ	Сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности»	www1.fips.ru
----	--	--------------

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
-----	------------------

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 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, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
К-107	Лаборатория	демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков
К-107	Лаборатория	демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
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.

К-107	Лаборатория	демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков
-------	-------------	--

#### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении данной дисциплины обучающемуся понадобятся знания, полученные при изучении дисциплин "Химия", "Физика" ("Механика"), "Физическая химия".

Для облегчения восприятия материала на лекциях студенты могут воспользоваться комплектом презентаций по основным разделам дисциплины для создания опорного конспекта.