

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 28.01.2023 15:21:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Рабочая программа дисциплины (модуля) Основы пиро- и гидрометаллургического производства

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **8 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 288

Формы контроля в семестрах:
экзамен 5

в том числе:

аудиторные занятия 136

самостоятельная работа 98

часов на контроль 54

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
	18			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	68	68	68	68
Лабораторные	34	34	34	34
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	136	136	136	136
Контактная работа	136	136	136	136
Сам. работа	98	98	98	98
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	288	288	288	288

Программу составил(и):

д.т.н., проф., Богатырева Елена Владимировна; к.т.н., доц., Киров Сергей Сергеевич

Рабочая программа

Основы пиро- и гидрометаллургического производства

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 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-22.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра цветных металлов и золота

Протокол от 22.06.2021 г., №19

Руководитель подразделения Тарасов В.П.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Формирование знаний по теоретическим основам важнейших процессов пирро- и гидрометаллургии, применяемых в технологических схемах производства цветных, редких и радиоактивных металлов, умение анализировать термодинамику и кинетику основных пирро- и гидрометаллургических процессов, овладение методами выполнения металлургических расчётов.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.01
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Логистика и экодизайн технологий чёрной металлургии	
2.2.2	Научно-исследовательская работа	
2.2.3	Рециклинг металлов	
2.2.4	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов	
2.2.5	Теплотехника и экодизайн металлургических печей	
2.2.6	Информационные технологии управления металлургическими печами	
2.2.7	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.8	Преддипломная практика	
2.2.9	Химия окружающей среды	
2.2.10	Дизайн литого изделия	
2.2.11	Инжиниринг машин и агрегатов производства металлоизделий	
2.2.12	Многокомпонентные диаграммы состояния	
2.2.13	Научно-исследовательская работа	
2.2.14	Научно-исследовательская работа	
2.2.15	Научно-исследовательская работа	
2.2.16	Научно-исследовательская работа	
2.2.17	Научно-исследовательская работа	
2.2.18	Научно-исследовательская работа	
2.2.19	Основы бизнеса в металлургии	
2.2.20	Основы электрометаллургического производства	
2.2.21	Производство алюминия и магния	
2.2.22	Производство стали в конвертерах	
2.2.23	Процессы и оборудование для формования и спекания металлических порошков	
2.2.24	Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением	
2.2.25	Теория и технология покрытий	
2.2.26	Теория термической обработки металлов и основы эксперимента	
2.2.27	Технология литейного производства	
2.2.28	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД	
2.2.29	Металловедение цветных, редких и драгоценных металлов	
2.2.30	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов	
2.2.31	Металлургия тяжелых цветных металлов	
2.2.32	Методы анализа структуры металлов и сплавов	
2.2.33	Метрология и измерительная техника	
2.2.34	Производство отливок из сплавов цветных металлов	
2.2.35	Современные методы производства сплошных и полых изделий	
2.2.36	Теория и технология производства стали в электропечах	
2.2.37	Технологии и материалы СВС	
2.2.38	Технологическое оборудование литейных цехов	
2.2.39	Технология композиционных материалов	
2.2.40	Металлургия благородных металлов	
2.2.41	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов	
2.2.42	Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ	

2.2.43	Основы промышленного дизайна и ювелирного дела
2.2.44	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.45	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.46	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.47	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.48	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.49	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.50	Преддипломная практика
2.2.51	Преддипломная практика
2.2.52	Преддипломная практика
2.2.53	Преддипломная практика
2.2.54	Преддипломная практика
2.2.55	Преддипломная практика
2.2.56	Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов
2.2.57	Производство отливок из стали и чугуна
2.2.58	Производство ферросплавов
2.2.59	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.2.60	Технологические линии и системы автоматизации в ОМД
2.2.61	Технология порошковых материалов и изделий
2.2.62	Технология твердых сплавов
2.2.63	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов

Знать:

ПК-2-31 основы культуры мышления, анализа и восприятия информации

ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов

Знать:

ПК-1-31 методы исследования физических, химических и технологических процессов, используемых при производстве цветных металлов

ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов

Уметь:

ПК-2-У1 воспринимать и обобщать информацию; ставить цель и выбирать пути решения её достижения

ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов

Уметь:

ПК-1-У1 выбирать и применять соответствующие методы исследований физических, химических и технологических процессов, используемых при производстве цветных металлов

ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов

Владеть:

ПК-2-В1 методами анализа и обобщения информации

ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов

Владеть:

ПК-1-В1 способностью выбирать и применять соответствующие методы исследований физических, химических и технологических процессов, применяемых при производстве цветных металлов

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
-------------	---	----------------	-------	------------------------------------	--------------------------	------------	----	--------------------

	Раздел 1. Физико-химические свойства фаз пирометаллургических процессов							
1.1	Физические и химические свойства твердых тел, газов и жидкостей. /Лек/	5	10	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.6 Л1.7Л2.2			
1.2	Расчеты равновесий в газовых системах /Пр/	5	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.3 Л1.6Л2.3 Л2.7			Р1
1.3	Определение основных физических свойств жидкости /Лаб/	5	4	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.6 Л1.7Л2.4Л3.1			Р2
1.4	Основы термодинамики металлургических систем. Понятие активности, применение активности для расчета равновесий. Законы идеальных растворов, модели растворов. /Ср/	5	10	ПК-1-В1 ПК-2-У1	Л1.2 Л1.6Л2.2 Э3			
	Раздел 2. Строение и свойства металлургических расплавов. Фазовые диаграммы в пирометаллургии							
2.1	Основные сведения о структуре и физико-химических свойствах штейнов и шлаков. /Лек/	5	8	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.6 Л1.7Л2.2			
2.2	Расчеты равновесий в системах с конденсированными фазами. Применение диаграмм состояния для анализа пирометаллургических процессов. /Пр/	5	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.7			Р3
2.3	Правило фаз Гиббса. Понятие о диаграммах состояния. Типы фазовых диаграмм. /Ср/	5	10	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.2 Л1.7Л2.6 Э1			
	Раздел 3. Термодинамика основных физико-химических процессов пирометаллургии							
3.1	Термодинамика процессов диссоциации химических соединений, процессов окисления металлов и сульфидов. /Лек/	5	6	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.2 Л1.6Л2.2			
3.2	Термодинамические расчеты процессов диссоциации, окисления и восстановления соединений металлов. Контрольная работа №1. /Пр/	5	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.3 Л1.6Л2.3 Л2.7 Э1		КМ1	Р4
3.3	Определение термодинамических величин химической реакции в интервале температур /Лаб/	5	5	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.6 Л1.7Л2.4Л3.1			Р5

3.4	Термодинамика восстановительных процессов. Восстановление оксидов твердым углеродом. Выполнение домашнего задания №1. /Ср/	5	10	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.2 Л1.6Л2.2 Л2.6 Э2			P19
	Раздел 4. Кинетика металлургических процессов							
4.1	Стадии, периоды и механизмы физико-химических процессов. Особенности кинетики процессов диссоциации, окисления и восстановления. /Лек/	5	6	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.6 Л1.7Л2.2 Л2.7			
4.2	Кинетика гомогенных и гетерогенных процессов. Анализ кинетических кривых. Определение лимитирующих стадий. /Пр/	5	3	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.3 Л1.6Л2.3 Л2.7 Э2			P6
4.3	Исследование кинетики восстановления оксидов с использованием газовой хроматографии /Лаб/	5	4	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.6 Л1.7Л2.2 Л2.4Л3.1			P7
4.4	Приемы интенсификации физико-химических взаимодействий и их применение в пирометаллургических процессах. /Ср/	5	10	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.2 Л1.6Л2.2 Э1 Э2			
	Раздел 5. Расслаивание фаз и потери цветных металлов в пирометаллургических процессах							
5.1	Основные формы потерь цветных металлов со шлаками, причины их образования. Расслаивание фаз, механические потери цветных металлов. /Лек/	5	4	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.6Л2.1			
5.2	Влияние физико-химических параметров на потери цветных металлов со шлаками. Контрольная работа №2. /Пр/	5	2	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.3 Л1.6Л2.3 Л2.5		КМ2	P8
5.3	Исследование влияния различных факторов на растворимость меди в шлаках /Лаб/	5	4	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.6 Л1.7Л2.4Л3.1			P9
5.4	Обеднение шлаков цветной металлургии, основные способы и их сравнительные характеристики /Ср/	5	9	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.6Л2.2 Э3			
	Раздел 6. Термодинамика выщелачивания							

6.1	Значение гидрометаллургических процессов в цветной металлургии. Основные переделы гидрометаллургических схем. Задачи и содержание курса. Классификация процессов выщелачивания. Термодинамика растворения ионных кристаллов в воде. Особенности воды, как растворителя. /Лек/	5	2	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
6.2	Термодинамика выщелачивания с химической реакцией. Методы расчёта и экспериментального определения констант равновесия, использование их при технологических расчётах, в частности, для определения термодинамически необходимого расхода реагента, обеспечивающего требуемую степень превращения /Лек/	5	2	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
6.3	Термодинамические расчёты. Определение термодинамической вероятности протекания реакций и расчет расхода реагента (ТНК, СНК) /Пр/	5	5	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.4 Л1.5			P10
6.4	Домашнее задание №2 "Термодинамические расчеты процесса выщелачивания" /Ср/	5	9	ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.4 Л1.5 Э2			P20
	Раздел 7. Кинетика выщелачивания							
7.1	Уравнение потока выщелачивания и его анализ. Признаки протекания процесса при внешнедиффузионном, внутридиффузионном и химическом торможении. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
7.2	Формальная кинетика гетерогенных процессов твёрдое тело-жидкость. Способы определения энергии активации процесса и порядка процесса по реагенту. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
7.3	Особенности выщелачивания с участием газообразных реагентов. Способы обработки кинетических данных при наличии индукционного периода химических реакций. Примеры различных механизмов выщелачивания. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			

7.4	Интенсификация выщелачивания: традиционные и нетрадиционные методы воздействия (в том числе термического, механического, радиационного, ультразвукового) на твёрдую, жидкую фазы и гетерогенную систему твёрдое тело-жидкость с целью изменения химической активности реагирующих веществ. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
7.5	Аппараты для выщелачивания. Примеры практической реализации выщелачивания для первичной переработки руд и концентратов цветных металлов. Понятие о кучном и подземном выщелачивании. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
7.6	Определение кинетических параметров выщелачивания (порядка процесса по реагенту и энергии активации) на ЭВМ /Лаб/	5	1	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.4 Л1.5			P12
7.7	Решение задач по кинетике выщелачивания /Пр/	5	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.4 Л1.5			P11
7.8	Домашнее задание №3 "Кинетика процесса выщелачивания" /Ср/	5	10	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.4 Л1.5			P21
	Раздел 8. Жидкостная экстракция							
8.1	Назначение и области применения экстракции. Классификация экстракционных процессов и соответствующих экстрагентов. "Движущая сила" экстракции. Типы и основные характеристики разбавителей. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
8.2	Основные количественные характеристики процесса экстракции при извлечении и разделении металлов. Изотерма экстракции. Способы определения состава экстрагируемых комплексов. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
8.3	Закономерности экстракции нейтральными, катионообменными и анионообменными экстрагентами. Особенности экстракции хелатирующими экстрагентами и солями органических кислот. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			

8.4	Понятие о синергетизме при использовании смеси различных экстрагентов. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
8.5	Аппараты для экстракции, схемы соединения их в каскады для извлечения и разделения металлов. Примеры использования жидкостной экстракции в цветной металлургии. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
8.6	Экстракция молибдена трибутилфосфатом /Лаб/	5	4	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.4 Л1.5			Р14
8.7	Решение задач по экстракции /Пр/	5	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.4 Л1.5			Р13
8.8	Домашнее задание №4 "Жидкостная экстракция" /Ср/	5	10	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.4 Л1.5			Р22
	Раздел 9. Ионный обмен с использованием органических смол							
9.1	Назначение и области применения ионного обмена. Синтез ионообменных смол, их классификация и основные характеристики (степень набухания, обменная ёмкость, механическая и химическая стойкость). /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
9.2	Изотерма ионного обмена. Причины селективности смол к ионам. Ряды селективности. Ионный обмен, как мембранное равновесие. Понятие об электродиализе с ионитовыми мембранами. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
9.3	Кинетика ионного обмена. Зависимость скорости от радиуса зёрен ионита, степени сшивки, температуры, концентрации раствора. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
9.4	Динамика ионного обмена в колоннах. Понятие об элюентной, вытеснительной и фронтальной хроматографии. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
9.5	Понятие о сорбции из пульпы и сорбционном выщелачивании /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
9.6	Аппараты для ионного обмена. Примеры использования ионного обмена в промышленности. /Лек/	5	1	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
9.7	Сорбция молибдена анионообменными смолами /Лаб/	5	4	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.4 Л1.5			Р16
9.8	Решение задач по ионному обмену /Пр/	5	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.4 Л1.5			Р15

9.9	Домашнее задание №5 "Ионный обмен" /Ср/	5	10	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.4 Л1.5			P23
	Раздел 10. Осаждение малорастворимых соединений и кристаллизация							
10.1	Растворимость и произведение растворимости. Факторы, влияющие на растворимость солей. Закономерности осаждения гидроксидов, основных солей и сульфидов. Варианты соосаждения малорастворимых соединений (независимое, изоморфное, адсорбционное). /Лек/	5	2	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
10.2	Термодинамика кристаллизации солей из водных растворов. Политермы и изотермы растворимости, двух- и трёхкомпонентные диаграммы состав - свойство. /Лек/	5	3	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
10.3	Теоретические основы кристаллизации: количественные характеристики пересыщения, механизм и кинетика образования центров кристаллизации и роста кристаллов, кинетика массовой кристаллизации. Аппараты для кристаллизации. /Лек/	5	3	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
10.4	Определение pH осаждения гидроксидов металлов /Лаб/	5	4	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.4 Л1.5			P17
10.5	Домашнее задание №6 "Осаждение малорастворимых соединений и кристаллизация" /Ср/	5	10	ПК-1-У1 ПК-2-У1	Л1.4 Л1.5			P24
	Раздел 11. Выделение металлов из водных растворов их соединений восстановлением газообразными реагентами и цементацией							
11.1	Термодинамика и кинетика восстановления ионов металлов из растворов водородом. Влияние pH, давления водорода и комплексообразующих лигандов на электрохимические потенциалы участников реакций. Примеры использования процесса в промышленности. /Лек/	5	3	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			

11.2	Термодинамика и кинетика цементации. Понятие о цементации металлов на амальгамах и галлах. Примеры использования цементации в промышленности. /Лек/	5	3	ПК-1-31 ПК-2-31	Л1.4 Л1.5			
11.3	Кинетика цементации меди цинком (на вращающемся диске) /Лаб/	5	4	ПК-1-В1 ПК-2-В1	Л1.4 Л1.5			Р18

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 по разделам 1-3: "Физико-химические свойства фаз пирометаллургических процессов", "Строение и свойства металлургических расплавов. Фазовые диаграммы в пирометаллургии", "Термодинамика основных физико-химических процессов пирометаллургии"	ПК-2-У1;ПК-1-31;ПК-1-У1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перечислить физико-химические свойства фаз пирометаллургических процессов 2. В чем различие термодинамических расчетов пирометаллургических процессов для открытых и закрытых систем? 3. Каковы особенности термодинамики пирометаллургических процессов в присутствии твердого углерода? 4. Как зависит отношение PCO/PCO_2, которое требуется для восстановления Fe, от активности FeO в шлаке? 5. Поэтому чем меньше оксида в шлаке, тем более восстановительной должна быть атмосфера? 6. Что еще играет важную роль помимо термодинамических аспектов восстановительных процессов, определяющих принципиальную возможность протекания тех или иных реакций и равновесных параметров систем? 7. С чего следует начинать любой термодинамический анализ восстановительного процесса? 8. Обоснуйте или опровергните утверждение "Элементы, обладающие высоким сродством к кислороду, снижают коэффициент активности кислорода, а, например, благородные металлы — повышают." 9. Обоснуйте или опровергните утверждение "минимальное остаточное содержание примесей можно получить, обеспечив низкие значения a_{MeO} в системе" 10. Чему равно максимальное число фаз в невариантном состоянии согласно правилу фаз Гиббса при $T=const$?

КМ2	Контрольная работа по разделу 5: "Расплавление фаз и потери цветных металлов в пирометаллургических процессах"	ПК-1-31; ПК-1-У1; ПК-2-У1	<ol style="list-style-type: none">1. В каких формах находятся цветные металлы в жидких промышленных шлаках?2. какие факторы наиболее существенно влияют на закономерности распределения цветных металлов между фазами в пирометаллургических процессах?3. Чем определяется величина потерь цветных металлов в растворенной форме (a_{MeO})?4. Чем определяется величина физических потерь, связанных с растворением в шлаке сульфидов или металлов?5. Перечислить факторы, определяющие переход цветных металлов в шлак в растворенном состоянии?6. Какие факторы оказывают влияние на величину электрохимических потерь?7. Обоснуйте или опровергните утверждение "чем богаче штейн - тем выше электрохимические потери цветных металлов"8. Обоснуйте или опровергните утверждение "повышение концентрации FeO в шлаке ведет к увеличению содержания в шлаке магнетита и согласно реакции к росту оксидных потерь меди со шлаками."9. Какова доля механических потерь от общего количества потерь цветных металлов со шлаками?10. Каковы причины, вызывающие диспергирование штейна или металла в шлаковом расплаве?
-----	--	---------------------------	---

КМЗ	Экзамен	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	<p>Дайте определение понятию “поверхностное натяжение жидкости”</p> <p>Сформулируйте основную задачу металлургического производства.</p> <p>На какие два основных типа подразделяются металлургические процессы? Сформулируйте их отличительные черты.</p> <p>Что такое энтальпия? Как она связана с внутренней энергией системы?</p> <p>Назовите основные типы идеальных растворов, и для каких растворов справедлив закон Генри?</p> <p>Дайте определение диффузии. Сформулируйте законы Фика (1-й и 2-й).</p> <p>Дайте определение идеального газа.</p> <p>Почему в природе существуют самородки золота, платины, но нет самородков щелочных металлов?</p> <p>Для чего необходим окислительный обжиг сульфидных медных концентратов? Напишите реакцию, определяющую его сущность.</p> <p>Сформулируйте правило фаз Гиббса. Дайте определение входящим в выражение этого правила составляющим.</p> <p>Что такое флюсы и для чего они используются в пирометаллургических процессах?</p> <p>Дайте определение понятию “совершенные растворы” и “бесконечно разбавленные растворы”.</p> <p>Приведите основные реакции окисления сульфидов металлов кислородом.</p> <p>Дайте определение термину "электрохимические потери".</p> <p>На какие вопросы, связанные с гидрометаллургией, отвечают термодинамика и кинетика процесса выщелачивания?</p> <p>Перечислите и объясните основные требования к экстрагентам.</p> <p>Дайте описание процессу ионного обмена. Примеры использования ионного обмена в металлургии.</p> <p>Опишите процесс сорбционного выщелачивания. Какие основные преимущества этого процесса над сорбцией из осветленных растворов.</p> <p>Нарисовать и объяснить схему процесса выщелачивание-SX-EW на примере меди.</p> <p>Опишите, как определить графически лимитирующую стадию ионного обмена по кинетической кривой сорбции.</p> <p>Каким уравнением связаны произведение растворимости и растворимость для реакции $mMnAn(тв) = mMen+(p-p)+nAm-(p-p)$?</p> <p>Раскройте понятие о лимитирующей стадии процесса выщелачивания. Какими способами можно интенсифицировать выщелачивание, лимитируемое химической реакцией?</p> <p>Раскройте понятие о синергетном эффекте.</p> <p>На какие типы делятся аппараты для выщелачивания? Перечислите основные достоинства и недостатки.</p> <p>Перечислите методики измерения поверхностного натяжения жидкостей при высоких температурах. Дайте краткое описание любой методики.</p> <p>Сформулировать условия, при которых металл может быть применен для восстановления оксида другого металла?</p> <p>В какой последовательности будут образовываться оксиды железа, если окисление проводить при температуре 560 оС ?</p> <p>Как термодинамическая активность связана с парциальным давлением компонента над раствором?</p> <p>Как влияет на вязкость шлаков увеличение в них содержания SiO₂, FeO, Fe₃O₄, MgO, CaO?</p> <p>Как упругость диссоциации оксида зависит от его активности в растворе?</p> <p>Какие термодинамические условия являются наиболее благоприятными для рафинирования меди, и как они достигаются на практике?</p> <p>Какие справочные данные необходимы для того, чтобы рассчитать равновесное давление серы в системе, содержащей Cu, Cu₂S при температуре 1000 К?</p> <p>Можно ли очистить металлическую медь от примесей благородных металлов при окислительном рафинировании и почему?</p> <p>Какое максимальное количество фаз может существовать в равновесии в пятикомпонентной системе?</p> <p>Какие физико-химические свойства шлаков важны для</p>
-----	---------	---------------------------------	--

			<p>металлургических процессов, какими действиями (параметрами) их можно изменять?</p> <p>Что такое лимитирующая стадия физико-химического процесса?</p> <p>Как изменится содержание магнетита в шлаке при увеличении содержания SO₂ в газовой фазе при прочих равных условиях?</p> <p>С какой целью в гидрометаллургии выявляют лимитирующую стадию процесса выщелачивания?</p> <p>Какими способами можно интенсифицировать выщелачивание, лимитируемое внутридиффузионными процессами?</p> <p>Типы ионообменных смол. Какие требования предъявляются к ионообменным смолам?</p> <p>Сравните процессы жидкостной экстракции и ионного обмена. Какими основными преимуществами и недостатками обладает каждый из них?</p> <p>Порядок построения графика Мак-Кейба-Тиле для процесса экстракции.</p> <p>Варианты совместного осаждения малорастворимых соединений основного металла и примесей.</p> <p>Основные переделы гидрометаллургических схем.</p> <p>Основные типы растворителей в процессе выщелачивания.</p> <p>Факторы, влияющие на выбор растворителя.</p> <p>Движущая сила экстракции и показатели эффективности процесса экстракции.</p> <p>Порядок построения графика Мак-Кейба-Тиле для одной стадии экстракции.</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
P1	Практические занятия по разделу "Физико-химические свойства фаз пирометаллургических процессов"	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	Расчеты равновесий в газовых системах
P2	Лабораторная работа "Определение основных физических свойств жидкости"	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рассчитать априорную точность всех методов определения плотности и поверхностного натяжения 2. Выбрать два метода определения плотности и метода определения поверхностного натяжения. 3. Провести эксперимент, снять измерения. 4. Обработать полученные данные и проанализировать их. 5. Сравнить полученные данные с расчетными <p>Отчет должен содержать.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Краткий конспект теоретической части. 2. План эксперимента и схему экспериментальной установки. 3. Таблицы экспериментальных и расчетных данных. 4. Анализ полученных расчетных значений. <p>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Как зависит поверхностное натяжение от температуры? 2. Какое соотношение между термическим расширением и изменением плотности при плавлении металла? 3. Как по изменению плотности можно судить о концентрации вакансий в металлах? 4. Как можно в методе гидростатического взвешивания устранить влияние силы поверхностного натяжения на силу выталкивания тела погружения? 5. Как меняется поверхностное натяжение жидких металлов исходя из таблицы Д.И Менделеева? 6. На какие группы делятся методы определения поверхностного натяжения? 7. Влияют ли на поверхностное натяжение расплава добавки и различные посторонние примеси?

P3	Практические занятия по разделу "Строение и свойства металлургических расплавов. Фазовые диаграммы в пирометаллургии"	ПК-1-У1;ПК-2-У1	Расчеты равновесий в системах с конденсированными фазами. Применение диаграмм состояния для анализа пирометаллургических процессов
P4	Практические занятия по разделу "Термодинамика основных физико-химических процессов пирометаллургии"	ПК-1-У1;ПК-2-У1	Термодинамические расчеты процессов диссоциации, окисления и восстановления соединений металлов
P5	Лабораторная работа "Определение термодинамических величин химической реакции в интервале температур "	ПК-1-В1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выбрать наиболее приемлемый метод определения термодинамических величин в заданном интервале температур 2. Подобрать надежные в эксплуатации и обладающие сравнительно высокой точностью приборы и составить схему установки 3. Выбрать необходимое количество опытов и условия их проведения 4. Провести эксперимент по выбранному плану 5. Обработать и проанализировать полученные данные <p>Отчет должен содержать</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Краткое теоретическое введение 2. План эксперимента 3. Схему экспериментальной установки 4. Экспериментальные данные 5. Расчет термодинамических характеристик 6. Анализ полученных расчетных значений <p>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие термодинамические функции определяют сродство металла кислороду? 2. Оксид какого края области гомогенности (металлического или кислородного) будет иметь большую величину P_{O_2}? 3. Как изменится величина равновесного давления кислорода при увеличении активности оксида в расплаве и почему? 4. Зависит ли равновесное давление кислорода в системе от массы навески? 5. Во всех ли типах систем энтальпия отражает тепловые эффекты процессов?
P6	Практические занятия по разделу "Кинетика металлургических процессов"	ПК-1-У1;ПК-2-У1	Кинетика гомогенных и гетерогенных процессов. Анализ кинетических кривых. Определение лимитирующих стадий.

P7	Лабораторная работа "Исследование кинетики восстановления оксидов с использованием газовой хроматографии"	ПК-1-В1;ПК-2-В1	<p>Для проведения эксперимента предлагается выбрать материал определенной крупности, массу навески, температуру проведения эксперимента и интервал времени снятия показаний</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. В кварцевый реактор поместить лодочку с навеской исследуемого оксида и закрыть шлифом с впаянной в него трубкой, через которую подается газ. 2. По истечении 5-7 мин после начала реакции восстановления начать отбор проб газовой фазы на хроматографический анализ. Одна проба отбирается в течение 5 с. 3. Нажав на поршень, находящийся на хроматографе справа, подать отобранную пробу в струю инертного газа. Поток гелия вместе с анализируемой смесью газов направляется в хроматографическую колонку. 4. Конец реакции восстановления фиксируется по анализу последней газовой пробы, когда на хроматографе исчезнет пик, соответствующий концентрации CO_2, и останется один пик, свидетельствующий о наличии в газовой фазе только CO. 5. По полученным хроматографическим кривым рассчитать концентрации CO и CO_2(%) <p>Отчет должен содержать</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Краткое теоретическое введение 2. Хроматограммы 3. Расчет скорости процесса 4. Расчет энергии активации 5. Вывод о лимитирующей стадии <p>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие восстановители используются в цветной металлургии ? 2. Как влияет на протекание реакции Будуара температура и давление? 3. Как качественно влияют на кинетику восстановления слоя оксидного материала изменение таких параметров, как расход газа восстановителя, состав газовой фазы, размер частиц оксида? 4. В чем причины неодинаковой степени восстановления отдельных частиц линейного слоя по длине?
P8	Практические занятия по разделу "Расплавление фаз и потери цветных металлов в пирометаллургических процессах"	ПК-1-У1;ПК-2-У1	Влияние физико-химических параметров на потери цветных металлов со шлаками.

P9	Лабораторная работа "Исследование влияния различных факторов на растворимость меди в шлаках"	ПК-1-В1;ПК-2-В1	<p>1. Определить номер задания 2. Ввести исходные данные в ЭВМ и после расчета в таблицу записать результаты смоделированной опытной плавки. 3. По полученным данным построить графики в соответствии с заданием. 4. Сделать выводы о влиянии различных факторов на растворимость меди в шлаках.</p> <p>Отчет должен содержать: 1. Краткое теоретическое введение. 2. Таблицу результатов. 3. Графики зависимости растворимости. 4. Письменные выводы о влиянии различных факторов на растворимость меди и описание продуктов плавки.</p> <p>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 1. Механические и растворенные (электрохимические) потери меди со шлаками. 2. Почему в процессе плавки важно получать шлаки определенного состава? 3. Каков механизм образования физических (сульфидных) и химических (оксидных) потерь меди со шлаками? 4. Что такое гетерогенизация шлака? К чему приводит гетерогенизация шлака по кремнезему и магнетиту? 5. Каково влияние температуры на величину механических и растворенных потерь? 6. Каково влияние состава штейна на размер сульфидных и оксидных потерь? Что означает максимум на кривой зависимости сульфидных потерь от состава штейна? 7. Чем объяснить, что большие добавки оксида кальция приводят к резкому падению растворенных потерь меди? 8. Как изменяется окислительный PO_2, и сульфидирующий PS_2 потенциалы системы при обогащении штейна? Как изменяются эти параметры при увеличении SO_2 в газе?</p>
P10	Практические занятия по разделу "Термодинамика выщелачивания"	ПК-1-У1;ПК-2-У1	Термодинамические расчёты. Определение термодинамической вероятности протекания реакций и расчет расхода реагента (ТНК, СНК)
P11	Практические занятия по разделу "Кинетика выщелачивания"	ПК-1-У1;ПК-2-У1	Расчет энергии активации и порядка по реагенту процесса выщелачивания. Определение лимитирующей стадии процесс выщелачивания. Методы интенсификации
P12	Лабораторная работа "Определение кинетических параметров выщелачивания (порядка процесса по реагенту и энергии активации) на ЭВМ"	ПК-1-В1;ПК-2-В1	<p>1. Определить номер задания 2. Ввести исходные данные в ЭВМ и после расчета в таблицу записать результаты смоделированного процесса выщелачивания 3. По полученным данным построить графики в соответствии с заданием. 4. Обработать графики для определения энергии активации и порядка по реагенту 5. Сделать выводы о предполагаемой лимитирующей стадии</p> <p>Отчет должен содержать: 1. Краткое теоретическое введение. 2. Таблицы результатов. 3. Графики зависимостей для определения энергии активации и порядка процесса выщелачивания по реагенту. 4. Письменные выводы о предполагаемой лимитирующей стадии и обоснованные предложения по интенсификации процесса</p>
P13	Практические занятия по разделу "Жидкостная экстракция"	ПК-1-У1;ПК-2-У1	Термодинамические расчеты процесса жидкостной экстракции

P14	Лабораторная работа "Экстракция молибдена трибутилфосфатом"	ПК-1-В1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить номер задания 2. Выполнить исследования процесса экстракции согласно задания 3. По полученным данным построить графики в соответствии с заданием. 4. Сделать выводы <p>Отчет должен содержать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Краткое теоретическое введение. 2. Таблицы результатов исследований и их обработки 3. График зависимости коэффициента распределения от рН исходного водного раствора 4. Письменные выводы о предполагаемых факторах, повлиявших на характер установленных зависимостей
P15	Практические занятия по разделу "Ионный обмен с использованием органических смол"	ПК-1-У1;ПК-2-У1	Термодинамические расчеты процесса ионного обмена. Ряды селективности. Определение лимитирующей стадии процесса ионного обмена
P16	Лабораторная работа "Сорбция молибдена анионообменными смолами"	ПК-1-В1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить номер задания 2. Экспериментально определить концентрации молибдена в растворе на выходе из колонны сорбции в соответствии с заданием 3. По полученным данным построить выходную кривую сорбции 4. Обработать графики для определения РОЕ, ПДОЕ 5. Сделать выводы <p>Отчет должен содержать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Краткое теоретическое введение. 2. Таблицы результатов. 3. Выходная кривая сорбция 4. Письменные выводы о величине РОЕ, ПДОЕ
P17	Лабораторная работа "Определение рН осаждения гидроксидов металлов"	ПК-1-В1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить номер задания 2. Выполнить исследования процесса осаждения гидроксидов цветных металлов согласно задания 4. Обработать графики для определения произведения растворимости 5. Сделать выводы о объекте исследования <p>Отчет должен содержать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Краткое теоретическое введение. 2. Таблицы результатов. 3. Графики зависимостей для определения произведения растворимости 4. Письменные выводы о гидроксиде металла, который осаждали
P18	Лабораторная работа "Кинетика цементации меди цинком (на вращающемся диске)"	ПК-1-В1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить номер задания 2. Выполнить исследования процесса цементации меди на цинке методом вращающегося диска 3. По полученным данным построить графики в соответствии с заданием. 4. Обработать графики для определения скорости процесса цементации и других характеристик согласно задания 5. Сделать выводы <p>Отчет должен содержать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Краткое теоретическое введение. 2. Таблицы результатов. 3. Графики зависимостей. 4. Письменные выводы по работе
P19	Домашнее задание №1 "Термодинамика восстановительных процессов. Восстановление оксидов твердым углеродом"	ПК-2-У1	Термодинамические расчеты восстановительных процессов согласно задания

P20	Домашнее задание №2 "Термодинамические расчеты процесса выщелачивания"	ПК-2-У1	Расчет расхода реагента процесса выщелачивания согласно задания
P21	Домашнее задание №3 "Кинетика процесса выщелачивания"	ПК-2-У1	Кинетические расчеты процесса выщелачивания согласно задания
P22	Домашнее задание №4 "Жидкостная экстракция"	ПК-2-У1	Термодинамические и/или технологические расчеты процесса жидкостной экстракции
P23	Домашнее задание №5 "Ионный обмен"	ПК-2-У1	Определение лимитирующей стадии процесса ионного обмена согласно задания
P24	Домашнее задание №6 "Осаждение малорастворимых соединений и кристаллизация"	ПК-2-У1	Определение влияния различных факторов на процесс осаждения малорастворимых соединений

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

По дисциплине предусмотрен экзамен. Экзаменационный билет состоит из 4-х теоретических вопросов. Билеты хранятся на кафедре.

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

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

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

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

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

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

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Ванюков А. В., Уткин Н. И.	Комплексная переработка медного и никелевого сырья: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	Челябинск: Metallurgia, 1988
Л1.2	Соколов В. А., Асабин А. Н., Соколов В. А.	Основы теории металлургических процессов: учеб. пособие для студ. спец. 150102 - Metallurgia цветных металлов	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГОУ, 2010
Л1.3	Казачков Е. А.	Расчеты по теории металлургических процессов: Учеб. пособие для студ. металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1988
Л1.4	Зеликман А. Н., Вольдман Г. М., Беляевская Л. В.	Теория гидрометаллургических процессов: Учебник для вузов по спец. 'Metallurgia цв. металлов' и 'Хим. технология редких и рассеян. элементов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1983

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.5	Вольдман Г. М., Зеликман А. Н.	Теория гидрометаллургических процессов: учебник для вузов по спец. 'Физ.-хим. исслед. металлург. процессов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1993
Л1.6	Ванюков А. В., Зайцев В. Я.	Теория пирометаллургических процессов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1993
Л1.7	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	Жуховицкий А. А., Шварцман Л. А.	Краткий курс физической химии: учебник для металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1979
Л2.2	Шварцман Л. А., Жуховицкий А. А.	Начала физической химии для металлургов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1991
Л2.3	Лукашенко Э. Е., Погодаев А. М., Сладкова И. А.	Ч. 1: Пирометаллургия	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1971
Л2.4	Колосова В. С., Сорокин М. Л.	Теория, технология и оборудование пирометаллургических процессов: лаб. практикум для студ. спец. 21.03, 01.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1994
Л2.5	Падерин С. Н., Серов Г. В., Крашенинников М. Г., Филиппов С. И.	Теория металлургических процессов: Разд.: Термодинамические и кинетические расчеты металлургических процессов: Учеб. пособие для практ. занятий	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1978
Л2.6	Апыхтина И. В., Малютина Г. Л., Родин А. О.	Физическая химия: Разд.: Термодинамика: Метод. указания студ. всех спец. для подготовки к рейтинговому тестированию	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001
Л2.7	Падерин С. Н., Рыжонков Д. И., Серов Г. В., др.	Термодинамика, кинетика и расчеты металлургических процессов = Thermodynamics, kinetics and calculations on metallurgical processes: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150100 - Metallurgia	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2010

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Сорокин М. Л., Асабин А. Н.	Теория пирометаллургических процессов: лаб. практикум для студ. спец. 11.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1994

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС	http://elibrary.misis.ru/login.php
Э2	Научная электронная библиотека eLIBRARY	http://elibrary.ru/
Э3	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	http://www.gpntb.ru/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ИВТАН ТЕРМО
-----	-------------

П.2	Therm_DZ
П.3	LMS Canvas
П.4	MS Teams
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных	
И.1	Реферативная база данных по мировым научным публикациям Web of Science http://www.webofscience.com/
И.2	Реферативная база Scopus https://www.scopus.com/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-206	Лаборатория "Гидрометаллургических процессов":	проектор с экраном; сушильная установка SNOL; печь трубчатая CABROLITE - 2шт.; печь муфельная ПТ200 - 2шт.; дистиллятор GFL; мешалка лабораторная IKA EUROSTAR 20; весы AND GH-200; дистиллятор GFL
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.
Холл библиотеки (Б)		25 компьютеров, комплект специализированной мебели
К-233	Лаборатория "Пирометаллургических процессов":	доска маркерная; дистиллятор GFL; печь муфельная - 2 шт.; весы лабораторные - 2 шт.
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
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

1. Лекции и практические занятия проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint с использованием мультимедийных средств в специализированной аудитории
2. Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail, средств аудио- и видеосвязи и при личной явке.
3. Текущий контроль проводится в часы практических и лекционных занятий.
4. Дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации.