

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов (129)»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры металлургии цветных металлов

Протокол №9 от 09 февраля 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

**«ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ»**

Направление: 22.04.02 Металлургия

Совершенствование и оптимизация технологических процессов производства цветных
металлов

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Кузьмина Марина
Юрьевна
Дата подписания: 12.06.2026

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 12.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Физико-химические методы исследования металлургических процессов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-7 Способен выбирать методы и проводить испытания для оценки параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции	ПК-7.3, ПК-7.4

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-7.3	Демонстрирует способность выбирать физико-химические методы исследования металлургических процессов, исходя из целей исследования	Знать – сущность, назначение, область применения, погрешность физико-химических методов исследования металлургических процессов; новые исследования в области металлургии цветных металлов. Уметь – ориентироваться в многообразии современных физико-химических методов исследования; использовать физико-химические методы для исследования взаимодействия в изучаемых системах. Владеть – ориентироваться в многообразии современных физико-химических методов исследования; использовать физико-химические методы для исследования взаимодействия в изучаемых системах.
ПК-7.4	Демонстрирует знания и умения выбирать электрохимические методы исследований металлургических процессов	Знать – классификацию и принцип основных электрохимических методов анализа; – основные методы исследования электрохимической кинетики в расплавленных средах и водных растворах электролитов; – электрохимические методы исследования термодинамических свойств расплавов электролитов. Уметь – осуществлять выбор современных электрохимических методов анализа металлургических процессов и проводить испытания

		для оценки состава, физических и физико-химических свойств исследуемых материалов и электролитов; – использовать электрохимические методы анализа при исследовании кинетических параметров электродных процессов в растворах и расплавах электролитов; – использовать электрохимические методы анализа при исследовании термодинамических свойств расплавов электролитов. Владеть – способностью осуществлять выбор электрохимических методов анализа металлургических процессов и проводить испытания для оценки состава, физических и физико-химических свойств исследуемых материалов и электролитов.
--	--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Физико-химические методы исследования металлургических процессов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Прикладная термодинамика и кинетика», «Аналитические методы оценки свойств минерального сырья, металлов и сплавов», «Современные проблемы металлургии»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины	144	72	72
Аудиторные занятия, в том числе:	46	26	20
лекции	23	13	10
лабораторные работы	23	13	10
практические/семинарские занятия	0	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	98	46	52

Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение. Основные принципы методологии исследования металлургических процессов	1	2					1	20	Реферат
2	Раздел 1. Физико- химические методы исследования гидрометаллургич еских процессов	2	6					6	8	Устный опрос
3	Раздел 2. Физико- химические методы исследования пирометаллургич еских процессов	3	5	1, 2	13			2, 2, 3, 4, 4, 5, 5	18	Отчет по лаборатор ной работе
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		13		13				46	

Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение. Методы электрохимическ их исследований металлургических процессов	1	1					2	11	Реферат
2	Раздел 3. Методы электрохимическ их исследований водных растворов электролитов	2	2	1, 2	8			3, 3, 5, 5, 6, 6	12	Отчет по лаборатор ной работе
3	Раздел 4.	3	1					8	4	Устный

	Электрохимическая термодинамика расплавленных систем. Тема 4.1 Электрохимические методы исследования термодинамических свойств расплавов электролитов									опрос
4	Раздел 4. Электрохимическая термодинамика расплавленных систем. Тема 4.2 Электроды сравнения и ряды потенциалов	4	2					7	5	Доклад
5	Раздел 5. Кинетика электродных процессов в расплавленных средах. Тема 5.1 Особенности электрохимической кинетики в расплавах электролитов	5	1	3	2			3, 5, 6	6	Отчет по лабораторной работе
6	Раздел 5. Кинетика электродных процессов в расплавленных средах. Тема 5.2 Строение двойного слоя	6	1					8	4	Устный опрос
7	Раздел 5. Кинетика электродных процессов в расплавленных средах. Тема 5.3 Методы исследования электрохимической кинетики в расплавленных средах	7	2					1, 4	10	Тест
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		10		10				52	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение. Основные	При подготовке грамотного специалиста

	принципы методологии исследования металлургических процессов	существенное внимание уделяется развитию у него творческого отношения к полученным знаниям, умения экспериментировать, обрабатывать и осмысливать результаты опытов. Для получения достоверного научного результата необходимы: правильная постановка задачи исследования, тщательная разработка методики исследования с определением нужных для этого методов изучения выбранного объекта. Методика (от греч. methodike) – совокупность способов целесообразного проведения работы. Разработка методики сама по себе является трудной задачей, от успешного решения которой зависит возможность получения надежного результата. Методика исследования должна «заставить» изучаемое явление или процесс проявить себя так, чтобы его можно было зафиксировать. Речь идет о единстве аналитического и синтетического подходов как основы глубокого изучения интересующей проблемы. Многие аспекты постановки исследования связаны с философскими проблемами методологии познания.
2	Раздел 1. Физико-химические методы исследования гидрометаллургических процессов	Введение в рентгенографию и электронографию, возможности рентгеноструктурного метода анализа для исследования совершенства кристаллической структуры минералов, основы спектроскопических методов исследований взаимодействий в гидрометаллургических системах, ИК-спектроскопия, УФ - и видимая спектроскопия.
3	Раздел 2. Физико-химические методы исследования пирометаллургических процессов	Методы измерения вязкости металлургических расплавов, методы измерения поверхностного натяжения расплавов, методы измерения электропроводности расплавов, методы определения плотности расплавов, методы измерения давления паров металлов и их соединений.

Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение. Методы электрохимических исследований металлургических процессов	Электрохимические методы исследования и контроля давно используются в различных областях науки, в частности, в металлургии. Благодаря высокой чувствительности, селективности, скорости проведения анализов и удобству записи результатов (автоматической и дистанционной) эти методы приобрели особенно большое значение в последнее время, когда остро встала проблема контроля материалов, изделий и окружающей среды. Электрохимические методы анализа можно использовать для изучения любого

		вещества, прямо или косвенно участвующего в электродном процессе, включающем перенос электронов. Достоинством электрохимических методов анализа является их высокая точность и сравнительная простота. Недостатком – необходимость применения по меньшей мере двух электродов, в результате чего приходится рассматривать процессы, происходящие не только на одном электроде (исследуемом или рабочем), но и процессы, происходящие на втором электроде (противоэлектроде), даже если второй электрод не представляет никакого интереса и служит только для того, чтобы замкнуть цепь. В настоящее время наблюдается быстрое развитие теории и практики электрохимических методов анализа, причем дальнейший прогресс связан с внедрением последних достижений электроники в выпускаемое промышленностью электрохимическое оборудование.
2	Раздел 3. Методы электрохимических исследований водных растворов электролитов	Если в электрохимической системе обратимо и изотермически протекает реакция, то при постоянном давлении изменение изобарно-изотермического потенциала соответствует электрической энергии системы: $-\Delta G = nFE$. Одна из основных особенностей электрохимической системы заключается в пространственном разделении участников протекающей в ней реакции. Общая токообразующая реакция распадается здесь на две частные реакции, каждая из которых совершается на отдельном электроде. В соответствии с этим ЭДС электрохимической системы, как отражение изменения ее химической энергии в ходе суммарной реакции, также должна представлять собой сумму двух электродных потенциалов. Каждый из них отвечает изменению химической энергии при протекании частной электродной реакции. Уравнение для электродного потенциала имеет тот же вид, что и общее термодинамическое уравнение для ЭДС электрохимической системы с той разницей, что в него входят активности лишь тех веществ, которые участвуют в данной электродной реакции. Стандартный электродный потенциал отвечает потенциалу обратимого электрода в случаях, когда активность каждого из участников электродной реакции равна единице. Рассматриваются следующие темы: 1. Равновесные электродные потенциалы; 2. Метод поляризационных кривых; 3. Исследование параллельных электродных реакций; 4. Метод вращающегося дискового электрода (ВДЭ) и ВДЭ с кольцом; 5. Порядок

		электрохимической реакции; 6. Некоторые задачи нестационарной диффузии и релаксационные методы изучения электродных процессов; 7. Полярография.
3	Раздел 4. Электрохимическая термодинамика расплавленных систем. Тема 4.1 Электрохимические методы исследования термодинамических свойств расплавов электролитов	Для экспериментального определения термодинамических характеристик расплавленных солевых систем широко используют измерения ЭДС различных гальванических элементов. Гальванические цепи с расплавленными солями можно разделить на две основные группы – химические цепи и концентрационные цепи. В первом случае потенциалобразующий процесс связан со взаимодействием чистых компонентов и образованием соответствующей соли, во втором случае обусловлен различием в концентрациях соответствующего компонента в полуэлементах цепи.
4	Раздел 4. Электрохимическая термодинамика расплавленных систем. Тема 4.2 Электроды сравнения и ряды потенциалов	Выбор и конструирование электродов сравнения для расплавленных солей связаны с определенными трудностями. Основные требования к электроду сравнения: устойчивость и воспроизводимость его потенциала, простота изготовления, надежность в работе. Высокие температуры и агрессивность расплавов не всегда позволяют выполнить эти требования. Электрохимия ионных расплавов, в отличие от электрохимии водных растворов, не располагает универсальными электродами сравнения. Выбор того или иного электрода осуществляется с учетом конкретных условий эксперимента. Электрод сравнения с окружающим его электролитом обычно капсулируют, т. е. погружают в исследуемую среду в отдельном сосуде. Электрический контакт осуществляется при помощи пористых диафрагм или твердых электролитов с катионной или анионной проводимостью. Рассматриваются конструкции и принципы работы хлорного, свинцового, серебряных, натриевых электродов сравнения и электродов сравнения для фторидных расплавов. Рассматриваются ряды потенциалов металлов в расплавленных солях.
5	Раздел 5. Кинетика электродных процессов в расплавленных средах. Тема 5.1 Особенности электрохимической кинетики в расплавах электролитов	Выделяют следующие виды электродной поляризации (перенапряжения): активационную поляризацию (перенапряжение перехода), связанную с затруднениями при переходе носителя заряда через двойной слой из одной фазы в другую; концентрационную поляризацию (диффузионное перенапряжение), вызванную затруднениями в доставке вещества к поверхности электрода или отводе продуктов реакции; фазовую

		поляризацию (перенапряжение кристаллизации), связанную с затруднениями при электрокристаллизации металлов; омическую поляризацию (омическое перенапряжение), обусловленную сопротивлением электролита и образованием на электродах оксидных и других пленок с низкой проводимостью. Иногда выделяют еще поляризацию, обусловленную протеканием каких-либо химических реакций, константы скоростей которых не зависят от электродного потенциала (перенапряжение реакции). Наблюдаемая экспериментально суммарная поляризация складывается из отдельных составляющих, каждая из которых может иметь большее или меньшее значение.
6	Раздел 5. Кинетика электродных процессов в расплавленных средах. Тема 5.2 Строение двойного слоя	Характерными особенностями расплавленных солей и их смесей являются отсутствие диэлектрического растворителя и высокая концентрация заряженных частиц в единице объема. Можно было бы ожидать, что определяемые экспериментально основные характеристики двойного электрического слоя для водных растворов и расплавленных солей будут резко различаться. Однако для обоих классов систем кривые зависимости емкости от потенциала в целом имеют сходную, близкую к параболической, форму с минимумом при потенциале точки нулевого заряда. В ионных расплавах возникает ряд специфических особенностей, связанных с влиянием на величину емкости катионного и анионного состава расплава, температуры. Основные сведения о свойствах двойного слоя в расплавленных солях могут быть получены из изучения электрокапиллярных явлений и непосредственного измерения емкости.
7	Раздел 5. Кинетика электродных процессов в расплавленных средах. Тема 5.3 Методы исследования электрохимической кинетики в расплавленных средах	При исследовании кинетических параметров электродных процессов в расплавленных солях, коэффициентов диффузии ионов, других важных характеристик солевой фазы наиболее широкое распространение получили различные варианты вольтамперометрии и хронопотенциометрия. Под вольтамперометрией понимается большая группа методов, в которых контролируемый параметр (потенциал исследуемого или индикаторного электрода) меняется во времени определенным образом, а измеряемой величиной является ток, протекающий через этот электрод. Рассматриваются вольтамперометрия в стационарных условиях и вольтамперометрия с быстрой разверткой потенциала. Хронопотенциометрия относится к группе

		методов, в которых потенциал индикаторного электрода измеряется как функция времени ($\varphi = f(t)$) в то время как ток, протекающий через ячейку, либо поддерживается постоянным, либо изменяется по заданному закону.
--	--	---

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 3

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Исследование гранулометрического состава порошков на приборе "Analysette 22 NanoTec plus"	7
2	Определение плотности твердых веществ	6

Семестр № 4

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Исследование электродов первого рода	4
2	Электрохимическое окислирование алюминия в водных средах	4
3	Напряжение разложения электролитов	2

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание реферата	20
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	4
3	Подготовка к зачёту	6
4	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	4
5	Подготовка к сдаче и защите отчетов	4
6	Проработка разделов теоретического материала	8

Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение тренировочных и обучающих тестов	5
2	Написание реферата	11
3	Оформление отчетов по лабораторным и	6

	практическим работам	
4	Подготовка к зачёту	5
5	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	6
6	Подготовка к сдаче и защите отчетов	6
7	Подготовка презентаций	5
8	Проработка разделов теоретического материала	8

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: В ходе проведения лабораторных работ по курсу “Физико-химические методы исследования металлургических процессов” используются следующие интерактивные методы обучения: групповые дискуссии. Лекционные занятия по дисциплине проводятся с использованием слайд-материалов.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Физико-химические методы исследования металлургических процессов [Электронный ресурс] : метод. указания по выполнению лабораторных работ / сост. М.Ю. Кузьмина. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 25 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Физико-химические методы исследования металлургических процессов [Электронный ресурс] : метод. указания по самостоятельной работе обучающихся / сост. М.Ю. Кузьмина. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 26 с.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 3 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Перед проведением лабораторных работ все обучающиеся обязаны ознакомиться с правилами охраны труда и строго их выполнять. К выполнению лабораторных работ допускаются обучающиеся, прослушавшие инструктаж по технике безопасности и сделав соответствующую запись в журнале по ТБ в аудитории, предназначенной для проведения лабораторных работ по данной дисциплине.

1. Задание на выполнение лабораторной работы обучающийся получает на предыдущем занятии. При подготовке к лабораторной работе обучающийся обязан ознакомиться с её содержанием, повторить или изучить теоретический материал, относящийся к работе, используя рекомендуемую литературу, понять цель и задачи работы.
2. К началу занятий должен быть подготовлен шаблон отчета по лабораторной работе, в который необходимо включить расчётные формулы и таблицы для наблюдений.
3. Отчет оформляется для каждой лабораторной работы. Отчёт должен содержать название работы, изложение цели и задач работы, краткое теоретическое введение, схему установки и краткое описание методики проведения работы, таблицу с опытными и расчётными данными; графики (там, где это требуется), справочные данные, выводы по

работе. Отчёты по лабораторным работам оформляются в соответствии с требованиями методических указаний по выполнению лабораторных работ и требованиями СТО 027–2021. Система менеджмента качества. Учебно-методическая деятельность. Общие требования к организации и проведению лабораторных работ. – 17 с.

4. На следующем занятии отчёт предоставляется преподавателю для проверки. При защите отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.

Вопросы для контроля (на примере лабораторной работы “Исследование электродов первого рода”):

1. Каковы цели и задачи электрохимических исследований в водных растворах электролитов?
2. Написать общее термодинамическое уравнение для ЭДС электрохимической системы.
3. Написать общее уравнение для электродного потенциала.
4. Дать определение стандартного электродного потенциала.
5. Какова зависимость стандартного потенциала электрода от температуры?
6. Классификация электродов, используемых при изучении металлургических процессов, протекающих в водных средах.
7. Электроды первого рода (если электрод – металл; если электрод – металлоид).
8. Где используются электроды первого рода?

Критерии оценивания.

Правильность оформления отчетов и полнота ответов на вопросы по контрольным вопросам, приведенным к каждой лабораторной работе в методических указаниях. Подробное описание лабораторных работ и вопросы к защите отчета представлены в методических указаниях по выполнению лабораторных работ.

6.1.2 семестр 3 | Реферат

Описание процедуры.

Данный вид самостоятельной работы предполагает индивидуальное самостоятельное выполнение письменной работы (реферата) по предложенной тематике с использованием перечня рекомендуемой литературы и информационных ресурсов. В начале семестра обучающийся выбирает одну из предложенных тем для написания реферата (согласно порядковому номеру в списке группы). После самостоятельного изучения рекомендуемой литературы на последней неделе семестра обучающийся должен предоставить преподавателю отчетный документ по данному виду самостоятельной работы в виде реферата. Текст реферата должен быть выполнен с помощью ПК, на листах белой бумаги формата А4. Правила оформления работы стандартны и приведены в СТО. Обучающийся делает доклад по презентации (не более 7 мин., 15–20 слайдов), подготовленной в редакторе Power Point по темам рефератов.

Вопросы для контроля:

Примерная тематика рефератов (Семестр 3):

1. Обработка результатов экспериментальных исследований физико-химического анализа.
2. Выбор метода анализа, схемы и методики применительно к объекту анализа. Критерии выбора, правила отбора проб.
3. Хемометрика и планирование эксперимента.
4. Типы реакций и органические реагенты в абсорбционной спектрофотометрии.

5. Спектрофотометрическое титрование.
6. Влияние различных факторов на точность пламенно-фотометрических измерений.
7. Флуориметрия – экспрессный метод определения качества продукции.
8. Хроматографические методы исследования.
9. Ионная хроматография в анализе объектов окружающей среды.
10. Высокоэффективная жидкостная хроматография и ее применение в анализе.
11. Гибридные методы анализа в экологическом мониторинге.
12. Инновационные методы исследований в металлургии.
13. Автоматизация при использовании физико-химических методов анализа (ФХМА).
14. Применение физико-химических методов анализа (ФХМА) при производстве алюминия.
15. Пробоподготовка в физико-химических методах анализа (ФХМА).
16. Инфракрасная спектроскопия в анализе продукции.
17. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ.
18. Рентгено-флуоресцентный анализ в анализе биологических объектов.
19. Инфракрасная спектрометрия в анализе биологических объектов
20. ЯМР спектроскопия в расшифровке структуры сложных органических веществ.
21. Использование энергии химических и физических взаимодействий в физико-химических методах анализа (ФХМА).
22. Классификация физико-химических методов анализа (ФХМА).
23. Титриметрические методы анализа.
24. Оптические методы анализа.
25. Хроматографические методы анализы.
26. Спектральные методы анализа.
27. Атомно-эмиссионный анализ, атомно-абсорбционный анализ.
28. Спектроскопия ядерного магнитного (ЯМР) и электронного парамагнитного (ЭПР) резонанса.

Примерная тематика рефератов (Семестр 4):

1. Общие сведения о методах электрохимического анализа.
2. Основы современного электрохимического анализа.
3. Равновесные методы электрохимического анализа.
4. Потенциометрия.
5. Неравновесные методы электрохимического анализа.
6. Теоретические основы вольтамперометрии.
7. Классификация методов вольтамперометрии.
8. Аппаратурные методы вольтамперометрии.
9. Практическое применение методов вольтамперометрии.
10. Амперометрия.
11. Кулонометрия.
12. Прикладные аспекты электрохимического анализа.
13. Ячейки и электроды для электрохимического анализа.
14. Термодинамика и кинетика электродных процессов.
15. Ячейки и электроды для электрохимического анализа.
16. Электроды сравнения, используемые при исследованиях водных растворов электролитов и расплавленных сред.
17. Приборы и методика для потенциостатических измерений.
18. Электродные процессы и влияние потенциала на их скорость.
19. Понятие о потенциостатах.
20. Схемы потенциостатических и гальваностатических поляризационных измерений.
21. Принцип действия и основные параметры потенциостата.

22. Методы электрохимических исследований.
 23. Методы исследования электрохимической кинетики в расплавленных солях.
 24. Особенности кинетики электродных процессов в расплавленных солях.
 25. Вольтамперометрия. Использование вольтамперометрии при исследовании кинетических параметров электродных процессов в расплавленных солях.
 26. Хронопотенциометрия. Использование хронопотенциометрии при исследовании кинетических параметров электродных процессов в расплавленных солях.
 27. Электроды сравнения и ряды потенциалов в расплавленных солях.
 28. Схемы потенциостатических и гальваностатических поляризационных измерений
 29. Методы исследования термодинамических свойств сплавов. Метод электродвижущих сил.
 30. Термодинамическая трактовка равновесных электродных потенциалов.
- Классификация электродов.

Рекомендуемая литература по каждой теме реферата представлена в методических указаниях по самостоятельной работе обучающихся. Для более глубокого изучения выбранной темы реферата, обучающимся необходимо работать с несколькими учебниками, указанными в списке рекомендуемой литературы.

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия темы, предлагаемой для написания реферата; перечень используемых источников и уровень компилятивности по тематике; качество оформления реферата. Полнота раскрытия вопроса, качество презентации (оформление, информативность), ответы на вопросы аудитории при докладе.

6.1.3 семестр 3 | Устный опрос

Описание процедуры.

В методических указаниях по самостоятельной работе обучающихся приведены темы для самостоятельного изучения разделов курса и рекомендуемая литература. Изучать материал рекомендуется по главам учебника (учебного пособия). Преподаватель проводит устный опрос (выборочно из обучающихся).

Вопросы для контроля (на примере раздела 5. Кинетика электродных процессов в расплавленных средах; тема 5.3 Методы исследования электрохимической кинетики в расплавленных средах):

1. Основные направления и перспективы развития электрохимии растворов и расплавленных солей.
2. Общие сведения о методах электрохимического анализа.
3. Области применения основных методов электрохимического анализа; их достоинства и недостатки.
4. Ячейки и электроды для электрохимического анализа.
5. Теоретические основы вольтамперометрии.
6. Классификация методов вольтамперометрии.
7. Практическое применение методов вольтамперометрии.
8. Какие основные требования предъявляются к электродам сравнения?
9. Виды электродов сравнения, используемых в расплавленных солях.
10. Особенности электрохимической кинетики в расплавленных средах.

Критерии оценивания.

Активное участие обучающегося в устном опросе.

6.1.4 семестр 4 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Перед проведением лабораторных работ все обучающиеся обязаны ознакомиться с правилами охраны труда и строго их выполнять. К выполнению лабораторных работ допускаются обучающиеся, прослушавшие инструктаж по технике безопасности и сделав соответствующую запись в журнале по ТБ в аудитории, предназначенной для проведения лабораторных работ по данной дисциплине.

1. Задание на выполнение лабораторной работы обучающийся получает на предыдущем занятии. При подготовке к лабораторной работе обучающийся обязан ознакомиться с её содержанием, повторить или изучить теоретический материал, относящийся к работе, используя рекомендуемую литературу, понять цель и задачи работы.
2. К началу занятий должен быть подготовлен шаблон отчета по лабораторной работе, в который необходимо включить расчётные формулы и таблицы для наблюдений.
3. Отчет оформляется для каждой лабораторной работы. Отчёт должен содержать название работы, изложение цели и задач работы, краткое теоретическое введение, схему установки и краткое описание методики проведения работы, таблицу с опытными и расчётными данными; графики (там, где это требуется), справочные данные, выводы по работе. Отчёты по лабораторным работам оформляются в соответствии с требованиями методических указаний по выполнению лабораторных работ и требованиями СТО 027–2021. Система менеджмента качества. Учебно-методическая деятельность. Общие требования к организации и проведению лабораторных работ. – 17 с.
4. На следующем занятии отчёт предоставляется преподавателю для проверки. При защите отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.

Вопросы для контроля (на примере лабораторной работы “Исследование электродов первого рода”):

1. Каковы цели и задачи электрохимических исследований в водных растворах электролитов?
2. Написать общее термодинамическое уравнение для ЭДС электрохимической системы.
3. Написать общее уравнение для электродного потенциала.
4. Дать определение стандартного электродного потенциала.
5. Какова зависимость стандартного потенциала электрода от температуры?
6. Классификация электродов, используемых при изучении металлургических процессов, протекающих в водных средах.
7. Электроды первого рода (если электрод – металл; если электрод – металлоид).
8. Где используются электроды первого рода?

Критерии оценивания.

Правильность оформления отчетов и полнота ответов на вопросы по контрольным вопросам, приведенным к каждой лабораторной работе в методических указаниях. Подробное описание лабораторных работ и вопросы к защите отчета представлены в методических указаниях по выполнению лабораторных работ.

6.1.5 семестр 4 | Реферат

Описание процедуры.

Данный вид самостоятельной работы предполагает индивидуальное самостоятельное выполнение письменной работы (реферата) по предложенной тематике с использованием перечня рекомендуемой литературы и информационных ресурсов. В начале семестра обучающийся выбирает одну из предложенных тем для написания реферата (согласно порядковому номеру в списке группы). После самостоятельного изучения рекомендуемой литературы на последней неделе семестра обучающийся должен предоставить преподавателю отчетный документ по данному виду самостоятельной работы в виде реферата. Текст реферата должен быть выполнен с помощью ПК, на листах белой бумаги формата А4. Правила оформления работы стандартны и приведены в СТО.

Обучающийся делает доклад по презентации (не более 7 мин., 15–20 слайдов), подготовленной в редакторе Power Point по темам рефератов.

Вопросы для контроля:

Примерная тематика рефератов (Семестр 3):

1. Обработка результатов экспериментальных исследований физико-химического анализа.
2. Выбор метода анализа, схемы и методики применительно к объекту анализа. Критерии выбора, правила отбора проб.
3. Хемометрика и планирование эксперимента.
4. Типы реакций и органические реагенты в абсорбционной спектрофотометрии.
5. Спектрофотометрическое титрование.
6. Влияние различных факторов на точность пламенно-фотометрических измерений.
7. Флуориметрия – экспрессный метод определения качества продукции.
8. Хроматографические методы исследования.
9. Ионная хроматография в анализе объектов окружающей среды.
10. Высокоэффективная жидкостная хроматография и ее применение в анализе.
11. Гибридные методы анализа в экологическом мониторинге.
12. Инновационные методы исследований в металлургии.
13. Автоматизация при использовании физико-химических методов анализа (ФХМА).
14. Применение физико-химических методов анализа (ФХМА) при производстве алюминия.
15. Пробоподготовка в физико-химических методах анализа (ФХМА).
16. Инфракрасная спектроскопия в анализе продукции.
17. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ.
18. Рентгено-флуоресцентный анализ в анализе биологических объектов.
19. Инфракрасная спектрометрия в анализе биологических объектов
20. ЯМР спектроскопия в расшифровке структуры сложных органических веществ.
21. Использование энергии химических и физических взаимодействий в физико-химических методах анализа (ФХМА).
22. Классификация физико-химических методов анализа (ФХМА).
23. Титриметрические методы анализа.
24. Оптические методы анализа.
25. Хроматографические методы анализы.
26. Спектральные методы анализа.
27. Атомно-эмиссионный анализ, атомно-абсорбционный анализ.
28. Спектроскопия ядерного магнитного (ЯМР) и электронного парамагнитного (ЭПР) резонанса.

Примерная тематика рефератов (Семестр 4):

1. Общие сведения о методах электрохимического анализа.
2. Основы современного электрохимического анализа.
3. Равновесные методы электрохимического анализа.

4. Потенциометрия.
5. Неравновесные методы электрохимического анализа.
6. Теоретические основы вольтамперометрии.
7. Классификация методов вольтамперометрии.
8. Аппаратурные методы вольтамперометрии.
9. Практическое применение методов вольтамперометрии.
10. Амперометрия.
11. Кулонометрия.
12. Прикладные аспекты электрохимического анализа.
13. Ячейки и электроды для электрохимического анализа.
14. Термодинамика и кинетика электродных процессов.
15. Ячейки и электроды для электрохимического анализа.
16. Электроды сравнения, используемые при исследованиях водных растворов электролитов и расплавленных сред.
17. Приборы и методика для потенциостатических измерений.
18. Электродные процессы и влияние потенциала на их скорость.
19. Понятие о потенциостатах.
20. Схемы потенциостатических и гальваностатических поляризационных измерений.
21. Принцип действия и основные параметры потенциостата.
22. Методы электрохимических исследований.
23. Методы исследования электрохимической кинетики в расплавленных солях.
24. Особенности кинетики электродных процессов в расплавленных солях.
25. Вольтамперометрия. Использование вольтамперометрии при исследовании кинетических параметров электродных процессов в расплавленных солях.
26. Хронопотенциометрия. Использование хронопотенциометрии при исследовании кинетических параметров электродных процессов в расплавленных солях.
27. Электроды сравнения и ряды потенциалов в расплавленных солях.
28. Схемы потенциостатических и гальваностатических поляризационных измерений
29. Методы исследования термодинамических свойств сплавов. Метод электродвижущих сил.
30. Термодинамическая трактовка равновесных электродных потенциалов. Классификация электродов.

Рекомендуемая литература по каждой теме реферата представлена в методических указаниях по самостоятельной работе обучающихся. Для более глубокого изучения выбранной темы реферата, обучающимся необходимо работать с несколькими учебниками, указанными в списке рекомендуемой литературы.

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия темы, предлагаемой для написания реферата; перечень используемых источников и уровень компилятивности по тематике; качество оформления реферата. Полнота раскрытия вопроса, качество презентации (оформление, информативность), ответы на вопросы аудитории при докладе.

6.1.6 семестр 4 | Устный опрос

Описание процедуры.

В методических указаниях по самостоятельной работе обучающихся приведены темы для самостоятельного изучения разделов курса и рекомендуемая литература. Изучать материал рекомендуется по главам учебника (учебного пособия). Преподаватель проводит устный опрос (выборочно из обучающихся).

Вопросы для контроля (на примере раздела 5. Кинетика электродных процессов в расплавленных средах; тема 5.3 Методы исследования электрохимической кинетики в расплавленных средах):

1. Основные направления и перспективы развития электрохимии растворов и расплавленных солей.
2. Общие сведения о методах электрохимического анализа.
3. Области применения основных методов электрохимического анализа; их достоинства и недостатки.
4. Ячейки и электроды для электрохимического анализа.
5. Теоретические основы вольтамперометрии.
6. Классификация методов вольтамперометрии.
7. Практическое применение методов вольтамперометрии.
8. Какие основные требования предъявляются к электродам сравнения?
9. Виды электродов сравнения, используемых в расплавленных солях.
10. Особенности электрохимической кинетики в расплавленных средах.

Критерии оценивания.

Активное участие обучающегося в устном опросе.

6.1.7 семестр 4 | Доклад

Описание процедуры.

Целью подготовки к докладу (по выполненной презентации) является проработка отдельного раздела теоретического курса. Обучающийся готовит презентацию по выбранной тематике реферата (согласно варианту из списка группы). Презентация – не более 7 мин, количество слайдов – 15–20.

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия вопроса, качество выполненной презентации (оформление, информативность), ответы на вопросы аудитории при докладе.

6.1.8 семестр 4 | Тест

Описание процедуры.

При подготовке к тестированию самостоятельно изучить теоретический материал с помощью основной и дополнительной литературы и информационных ресурсов и прочитать конспект лекционного материала.

Критерии оценивания.

Тест считается успешно пройденным при правильных ответах на вопросы теста более 50 %.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания
----------------------------------	---------------------	------------------------------

		промежуточной аттестации
ПК-7.3	Способен выбирать физико-химические методы исследования металлургических процессов и проводить испытания для оценки параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции.	Устное собеседование по вопросам к зачёту.
ПК-7.4	Умеет выбирать электрохимические методы исследования металлургических процессов и проводить испытания; умеет использовать знания электрохимических методов анализа при исследовании кинетических параметров электродных процессов в растворах и расплавах электролитов.	Устное собеседование по вопросам к зачёту.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет (семестр 3) проводится в виде устного собеседования по вопросам, предназначенным к зачёту.

Зачет (семестр 4) проводится в виде устного собеседования по вопросам, предназначенным к зачёту.

Пример задания:

Перечень вопросов к зачету (семестр 3):

1. ИК-спектроскопия. Сущность метода.
2. Атомно-эмиссионный спектральный анализ и атомно-абсорбционный анализ.
3. Фотометрические методы анализа. Абсорбционная фотометрия: спектрофотометрия, нефелометрия (собственно нефелометрия и турбидиметрия), атомно-адсорбционная фотометрия.
4. Оже-спектроскопия и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС).
5. Спектроскопия ядерного магнитного (ЯМР) и электронного парамагнитного (ЭПР) резонанса.
6. Термические методы анализа: термогравиметрия, дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия. Применение.
7. Калориметрия.
8. Физико-химические методы исследования металлургических процессов. Классификация. Примеры.
9. Дилатометрия.
10. Хроматография.
11. Выбрать метод определения давления насыщенного пара над индивидуальными

расплавленными солями или их смесями. Обосновать выбор соответствующего метода.

Перечень вопросов к зачету (семестр 4):

1. Особенности электрохимических процессов. Проводники первого и второго рода, примеры.
2. Основные методы электрохимических исследований металлургических процессов. Каковы цели и задачи электрохимических исследований водных растворов электролитов?
3. Термодинамическая трактовка равновесных электродных потенциалов.
4. Электрохимическая система. Понятие об ЭДС и электродных потенциалах.
5. Равновесные электродные потенциалы. Классификация электродов, используемых при изучении металлургических процессов, протекающих в водных средах.
6. Электроды сравнения и ряды потенциалов в расплавленных средах. Электроды сравнения для фторидных расплавов. Хлорный электрод сравнения. Свинцовый электрод сравнения. Серебряные электроды сравнения. Натриевые электроды сравнения.
7. Электрохимические методы исследования термодинамических свойств расплавов электролитов.
8. Методы исследования электрохимической кинетики в расплавленных солях. Особенности кинетики электродных процессов в расплавленных солях. Как использовать электрохимические методы анализа при исследовании кинетических параметров электродных процессов в растворах и расплавах электролитов?
9. Современные электрохимические методы анализа. Разновидности вольтамперометрических методов исследования. Хронопотенциометрия.
10. Исследование электрохимической кинетики в расплавленных солях. Вольтамперометрия. Вольтамперометрия с быстрой разверткой потенциала.
11. Предложить метод определения коэффициентов диффузии в расплавленных средах. Обосновать выбор предложенного электрохимического метода исследования металлургических процессов.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Семестр 3: Способен выбирать физико-химические методы исследования металлургических процессов и проводить испытания для оценки параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции. Семестр 4: Умеет выбирать электрохимические методы исследования металлургических процессов и проводить испытания; умеет использовать знания электрохимических методов анализа при исследовании кинетических параметров электродных процессов в растворах и расплавах электролитов.	Семестр 3: Не способен выбирать физико-химические методы исследования металлургических процессов и проводить испытания для оценки параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции. Семестр 4: Не умеет выбирать электрохимические методы исследования металлургических процессов и проводить испытания; не умеет использовать знания электрохимических методов анализа при исследовании кинетических параметров электродных процессов в растворах и расплавах электролитов.

6.2.2.2 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Зачет (семестр 3) проводится в виде устного собеседования по вопросам, предназначенным к зачёту.

Зачет (семестр 4) проводится в виде устного собеседования по вопросам, предназначенным к зачёту.

Пример задания:

Перечень вопросов к зачету (семестр 3):

1. ИК-спектроскопия. Сущность метода.
2. Атомно-эмиссионный спектральный анализ и атомно-абсорбционный анализ.
3. Фотометрические методы анализа. Абсорбционная фотометрия: спектрофотометрия, нефелометрия (собственно нефелометрия и турбидиметрия), атомно-адсорбционная фотометрия.
4. Оже-спектроскопия и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС).
5. Спектроскопия ядерного магнитного (ЯМР) и электронного парамагнитного (ЭПР) резонанса.
6. Термические методы анализа: термогравиметрия, дифференциальный термический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия. Применение.
7. Калориметрия.
8. Физико-химические методы исследования металлургических процессов. Классификация. Примеры.
9. Дилатометрия.
10. Хроматография.
11. Выбрать метод определения давления насыщенного пара над индивидуальными расплавленными солями или их смесями. Обосновать выбор соответствующего метода.

Перечень вопросов к зачету (семестр 4):

1. Особенности электрохимических процессов. Проводники первого и второго рода, примеры.
2. Основные методы электрохимических исследований металлургических процессов. Каковы цели и задачи электрохимических исследований водных растворов электролитов?
3. Термодинамическая трактовка равновесных электродных потенциалов.
4. Электрохимическая система. Понятие об ЭДС и электродных потенциалах.
5. Равновесные электродные потенциалы. Классификация электродов, используемых при изучении металлургических процессов, протекающих в водных средах.
6. Электроды сравнения и ряды потенциалов в расплавленных средах. Электроды сравнения для фторидных расплавов. Хлорный электрод сравнения. Свинцовый электрод сравнения. Серебряные электроды сравнения. Натриевые электроды сравнения.
7. Электрохимические методы исследования термодинамических свойств расплавов электролитов.
8. Методы исследования электрохимической кинетики в расплавленных солях. Особенности кинетики электродных процессов в расплавленных солях. Как использовать электрохимические методы анализа при исследовании кинетических параметров электродных процессов в растворах и расплавах электролитов?
9. Современные электрохимические методы анализа. Разновидности вольтамперометрических методов исследования. Хронопотенциометрия.
10. Исследование электрохимической кинетики в расплавленных солях.

Вольтамперометрия. Вольтамперометрия с быстрой разверткой потенциала.
 11. Предложить метод определения коэффициентов диффузии в расплавленных средах.
 Обосновать выбор предложенного электрохимического метода исследования металлургических процессов.

6.2.2.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Семестр 3: Способен выбирать физико-химические методы исследования металлургических процессов и проводить испытания для оценки параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции. Семестр 4: Умеет выбирать электрохимические методы исследования металлургических процессов и проводить испытания; умеет использовать знания электрохимических методов анализа при исследовании кинетических параметров электродных процессов в растворах и расплавах электролитов.	Семестр 3: Не способен выбирать физико-химические методы исследования металлургических процессов и проводить испытания для оценки параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции. Семестр 4: Не умеет выбирать электрохимические методы исследования металлургических процессов и проводить испытания; не умеет использовать знания электрохимических методов анализа при исследовании кинетических параметров электродных процессов в растворах и расплавах электролитов.

7 Основная учебная литература

1. Физико-химические методы исследования металлургических процессов : учебник для металлург. спец. вузов / П. П. Арсентьев, В. В. Яковлев, М. Г. Крашенинников и др., 1988. - 509.

2. Кузьмина М. Ю. Электрохимические методы исследования : учебное пособие / М. Ю. Кузьмина, 2018. - 150.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-21836.pdf>

3. Будников Герман Константинович. Основы современного электрохимического анализа : учебное пособие для вузов по специальности 01100 "Химия" / Г. К. Будников, В. Н. Майстренко, М. Р. Вяселев, 2003. - 591.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-27332.pdf>

4. Кузьмина М. Ю. Высокотемпературная электрохимия : учебное пособие / М. Ю. Кузьмина, М. П. Кузьмин, 2017. - 188.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-21742.pdf>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии : учебное пособие / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург, 2013. - 446.
2. Морачевский А. Г. Электрохимия расплавленных солей : учебное пособие / А. Г. Морачевский, Е. Г. Фирсова, 2017. - 172.
3. Минаева Л. А. Физико-химические методы исследования : учебное пособие / Л. А. Минаева, 2010. - 175.
4. Кузьмина М. Ю. Электрохимические методы исследования коррозионных систем : учебное пособие / М. Ю. Кузьмина, 2015. - 134.
- [Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-38495.pdf>
5. Плэмбек Джеймс А. Электрохимические методы анализа. Основы теории и применение / Джеймс А. Плэмбек; Пер. с англ. Б. Г. Кахана, 1985. - 504.
6. Лопатин Б. А. Теоретические основы электрохимических методов анализа : учеб. пособие для хим. специальностей ун-тов / Б. А. Лопатин, 1975. - 295.
7. Горелик Семен Самуилович. Рентгенографический и электронно-оптический анализ : учеб. пособие для вузов по направлениям 550500 "Металлургия", 651300 "Металлургия", 651800 "Физ. материаловедение" / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев, 2002. - 357.
8. Теоретическая электрохимия : учебник для вузов по направлению подготовки "Химическая технология" / А. Л. Ротинян, К. И. Тихонов, И. А. Шошина, А. М. Тимонов, 2013. - 495.
9. Анциферов Е. А. Физико-химические методы анализа : учебное пособие / Е. А. Анциферов, Л. А. Бегунова, Г. Н. Дударева, 2017. - 127.
- [Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-27881.pdf>
10. Бегунова Л. А. Химические методы анализа : учебное пособие / Л. А. Бегунова, О. В. Кузнецова, 2019. - 108.
- [Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-22296.pdf>
11. Краткий справочник физико-химических величин / сост. Н. М. Барон [и др.]; под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономаревой, 2010. - 237.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Office 2007 VLK (поставки 2007 и 2008)
2. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08_2007

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Мультимедиа-проектор Acer XD1150 ADV.DLP.ZOOM.SVGA800*600
2. Экран Projecta SlimScreen настенный
3. Экран на штативе ScreenMedia Apollo-T
4. Весы технические лабораторные "BT-1500"
5. Потенциостат P-250 SM
6. Мультиметр RGK DM-20
7. Электролитическая ячейка
8. Хлорсеребряный электрод сравнения, рабочие электроды (медь, цинк, алюминий)
9. Солевой мостик
10. Растворы электролитов заданной концентрации для выполнения лабораторных работ