

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

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов»

**УТВЕРЖДЕНА:**

на заседании кафедры металлургии цветных металлов

Протокол №9 от 14 февраля 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**

---

Направление: 22.03.02 Металлургия

---

Металлургия цветных, редких и благородных металлов

---

Квалификация: Бакалавр

---

Форма обучения: очная

---

Документ подписан простой электронной  
подписью  
Составитель программы: Кузьмина Марина  
Юрьевна  
Дата подписания: 16.05.2025

Документ подписан простой электронной  
подписью  
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина  
Владимировна  
Дата подписания: 16.05.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

**1.1 Дисциплина «Теория электрометаллургических процессов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения**

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-1 Готовность использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, электрохимии в профессиональной деятельности	ПКС-1.2
ПКС-7 Готовность использовать физико-математический аппарат и проводить расчеты для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	ПКС-7.2

**1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы**

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-1.2	Использует основные понятия, законы и модели термодинамики, переноса тепла и массы применительно к электрохимии и электрометаллургическим процессам цветной металлургии	<p><b>Знать</b> – основные этапы и направления развития теоретической электрохимии и теории электрометаллургических процессов и вклад отечественных учёных в развитие науки;</p> <p>– термодинамическую трактовку равновесных электродных потенциалов;</p> <p>– кинетику электрохимических процессов и основные методы исследования электрохимической кинетики;</p> <p>– термодинамические основы ряда технологических процессов, связанных с применением расплавленных электролитов;</p> <p>– анализ связи термодинамических характеристик со структурой расплавов и силами межчастичного взаимодействия.</p> <p><b>Уметь</b> – использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, переноса тепла и массы применительно к электрохимии и электрометаллургическим процессам цветной металлургии;</p> <p>– правильно формулировать и решать разнообразные прикладные задачи, используя знания о строении</p>

		<p>и физико-химических свойствах электрохимических систем, а также термодинамики и кинетики электродных процессов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализировать перспективные области применения расплавленных электролитов;</li> <li>– использовать электрохимические методы анализа при исследовании кинетических параметров электродных процессов в растворах и расплавах электролитов.</li> </ul> <p><b>Владеть</b> – способностью анализировать сведения о строении и физико-химических свойствах расплавленных солевых систем, электрохимической термодинамике и кинетике электродных процессов в растворах и расплавах электролитов, а также синтезировать знания в области электрохимии.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами работы на физических приборах, используемых при выполнении лабораторных работ.</li> </ul>
ПКС-7.2	Осуществляет расчеты в области теории электрометаллургических процессов	<p><b>Знать</b> – основные положения и законы теоретической электрохимии;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– общие закономерности процессов растворения металлов на основании диаграммы Пурбе (диаграммы потенциал–рН)</li> </ul> <p><b>Уметь</b> – осуществлять расчеты в области теории электрометаллургических процессов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать основные понятия, законы и модели термодинамики и химической кинетики для анализа и расчета электрометаллургических процессов;</li> <li>– использовать фундаментальные общеинженерные знания при расчёте диаграммы Пурбе;</li> <li>– использовать справочную литературу для выполнения расчётов.</li> </ul> <p><b>Владеть</b> – основами физико-химических расчётов электрометаллургических процессов;</p>

		– определение областей выделения металлов на диаграмме Пурбе.
--	--	---

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Теория электрометаллургических процессов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Физика», «Химия», «Математика», «Аналитическая и физическая химия», «Информационные технологии», «Электротехника и электроника»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Металлургия легких металлов», «Производство алюминия и магния и проектирование цехов»

## 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 № 5
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	80	80
лекции	32	32
лабораторные работы	16	16
практические/семинарские занятия	32	32
Контактная работа, в том числе	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	64	64
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет, Курсовая работа	Зачет, Курсовая работа

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

#### Семестр № 5

№ 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. Основы электрометаллургии	1	4					2	10	Реферат
2	Раздел 1. Теория растворов	2	2					9	5	Устный опрос

	электролитов									
3	Раздел 2. Равновесный электродный процесс	3	10	1, 2	10	1, 2, 3	14	1, 3, 3, 5, 5, 5, 6, 6, 7, 7	27	Отчет по лаборатор ной работе
4	Раздел 3. Неравновесный электродный процесс	4	8	3, 4	6	4, 5, 6, 7	18	3, 3, 5, 5, 5, 5, 6, 6, 7, 7	14	Отчет по лаборатор ной работе
5	Раздел 4. Кинетика электродных процессов в растворах и расплавах и электролитов	5	8					4, 8	8	Доклад
	Промежуточная аттестация									Зачет, Курсовая работа
	Всего		32		16		32		64	

#### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

##### Семестр № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение. Основы электрометаллургии	<p>Электрометаллургией называется наука, изучающая закономерности получения металлов с помощью электрического тока. Теоретической основой электрометаллургии является электрохимия, рассматривающая закономерности взаимного превращения электрической и химической форм энергии. Электрохимия – часть химии, изучающая превращения веществ на границе раздела проводник электричества первого рода – проводник электричества второго рода, происходящее с участием свободных электронов. Электрохимия занимается изучением закономерностей, связанных с взаимным превращением химической и электрической форм энергии. Такое определение предмета основано на том, что в результате протекания химических реакций можно получить электрическую энергию. С другой стороны, затрачивая электрическую энергию от внешнего источника тока можно провести те же реакции, но в обратном направлении, т.е. осуществить химическое превращение. Электрохимия – строгая наука, устанавливающая количественные закономерности между химическими, поверхностными и электрическими свойствами различных систем. Особенности электрохимических реакций состоят в том, что эти реакции гетерогенны.</p>

		<p>Электрохимические реакции протекают не на любой гетерогенной границе, а на такой, где электронная проводимость электрического тока заменяется ионной проводимостью. Особенности электрохимических явлений составляют основное содержание курса “Теория электрометаллургических процессов”.</p>
2	Раздел 1. Теория растворов электролитов	<p>Взаимное превращение электрической и химической энергии может происходить в электрохимической системе, основными частями которой являются: ионизированная среда, обеспечивающая проводимость электрического тока, называемая раствором электролита, или проводником второго рода (электрический ток в ней передаётся заряженными частицами – ионами); электропроводящие твёрдые тела, контактирующие с электролитом (металлические, углеродистые, сульфидные), называемые электродами; внешняя цепь из металлических проводников, или проводников первого рода (электрический ток передаётся свободными электронами). Электрохимическая система может находиться в равновесном и неравновесном состояниях. Примером равновесного состояния электрохимической системы может быть металл, погруженный в раствор своей соли. Если погрузить два различных твёрдых тела, обладающих электронной проводимостью (электрода), в растворы их электролитов, то можно отметить наличие разности потенциалов между ними (гальванический элемент). Если на равновесную электрохимическую систему наложить внешнюю электрическую энергию постоянного поля, то возникает неравновесная электрохимическая система (электролизная ванна или электролизёр). Рассматриваются следующие вопросы: понятие об электрохимической системе; основы теории электролитической диссоциации; гидратация и сольватация ионов; межионное взаимодействие.</p>
3	Раздел 2. Равновесный электродный процесс	<p>ЭДС электрохимической системы должна представлять собой сумму двух электродных потенциалов, каждый из которых отвечает изменению химической энергии при протекании частной электродной реакции. Уравнение для электродного потенциала имеет тот же вид, что и общее термодинамическое уравнение для ЭДС, с той разницей, что в него входят активности, веществ, участвующих в данной электродной реакции. Стандартный электродный потенциал отвечает потенциалу обратимого электрода в</p>

		<p>случае, когда активность каждого из участников электродной реакции равна единице. В зависимости от назначения и устройства в электрохимии растворов применяют различные типы электродов. Для характеристики электрода необходимо давать описание его конструкции, схему, вид электродной реакции и зависимость величины потенциала от потенциалоопределяющих факторов. Принято различать электроды первого и второго рода, газовые, окислительно-восстановительные (или редокси-электроды) и некоторые специальные типы электродов. Рассматриваются следующие вопросы: скачки потенциалов на границе раздела фаз; электрокинетические явления в электролитах; теория строения двойного электрического слоя; электрокапиллярные явления в электролитах; строение двойного электрического слоя в расплавах; основные виды электродов электрохимических систем; потенциалы электродов в расплавленных солях; диаграммы Пурбе.</p>
4	Раздел 3. Неравновесный электродный процесс	<p>На практике для выделения единицы массы вещества приходится затрачивать значительно больше электрического тока, чем это следует из закона Фарадея. Причины могут быть различными: побочные процессы, не учитываемые в расчётах (восстановление водорода при электролизе водных растворов; восстановление натрия из криолита при электролизе криолито-глинозёмных расплавов); неустранённые утечки тока (замыкания); полувосстановление металлов переменной валентности при повышенных плотностях тока, сопровождающееся реакциями диспропорционирования (процессы, идущие при электролизе сульфата меди); обратное окисление восстановленного жидкого металла, захваченного движущимся электролитом, на аноде (в электрометаллургии алюминия); химическое растворение восстановленного на катоде металла. Для характеристики процесса электролиза по производительным затратам тока принят показатель, называемый выходом по току. Для оценки производительных затрат электроэнергии вводится показатель электролиза – коэффициент использования электроэнергии. Рассматриваются следующие вопросы: электропроводность растворов электролитов; электропроводность расплавленных солей; числа переноса ионов; показатели электролиза.</p>
5	Раздел 4. Кинетика	Под скоростью гетерогенного химического

электродных процессов в растворах и расплавах электролитов	процесса понимается количество вещества, претерпевающее химические превращения в единицу времени на единичной поверхности раздела фаз. Выражением скорости электрохимического процесса является абсолютная величина плотности тока на электроде. Поскольку в электролизёре размеры катода и анода могут быть разными, необходимо вести речь о катодной и анодной плотности тока. Рассматриваются следующие вопросы: понятие о скорости электрохимических процессов; поляризация и перенапряжение; анодное растворение металлов; виды поляризации в расплавленных солях; роль перенапряжения водорода в электрометаллургии сред, содержащих протоны; причины возможного загрязнения электролитного металла примесями при рафинировании.
--	--

#### 4.3 Перечень лабораторных работ

##### Семестр № 5

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Определение ЭДС гальванического элемента. Термодинамика гальванического элемента	6
2	Уравнение Нернста. Электроды первого рода	4
3	Электрохимическое окисление алюминия в растворах электролитов	4
4	Напряжение разложения электролитов	2

#### 4.4 Перечень практических занятий

##### Семестр № 5

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Равновесные электродные потенциалы. Классификация электродов	6
2	Электроды сравнения, используемые для исследования расплавленных сред	4
3	Диаграммы Пурбе (диаграммы потенциал–рН)	4
4	Состав и свойства электролита алюминиевых электролизёров и возможности его улучшения	4
5	Особенности электролиза расплавленных сред	6
6	Электролиз водных растворов. Электролиз расплавленных сред. Примеры технологических расчетов	4
7	Электролитическое рафинирование черновой меди	4

## 4.5 Самостоятельная работа

### Семестр № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	15
2	Написание реферата	10
3	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	4
4	Подготовка к зачёту	5
5	Подготовка к практическим занятиям	14
6	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	4
7	Подготовка к сдаче и защите отчетов	4
8	Подготовка презентаций	3
9	Проработка разделов теоретического материала	5

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: В ходе проведения практических занятий и лабораторных работ по курсу “Теория электрометаллургических процессов” используются следующие интерактивные методы обучения: разбор конкретных ситуаций; групповые дискуссии. Лекционные и практические 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 курсовому проектированию/работе:

Теория электрометаллургических процессов [Электронный ресурс] : метод. указания по выполнению курсовой работы / сост. М.Ю. Кузьмина. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 19 с.

#### 5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Теория электрометаллургических процессов [Электронный ресурс] : метод. указания по проведению практических занятий / сост. М.Ю. Кузьмина, М.П. Кузьмин. – Иркутск : Изд-во ИргТУ, 2013. – 27 с. (ДСК–3666)

#### 5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

1. Теория электрометаллургических процессов [Электронный ресурс] : метод. указания по выполнению лабораторных работ / сост. М.Ю. Кузьмина. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 43 с.
2. Кузьмина М.Ю Теория электрометаллургических процессов : лаб. практикум.– Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2023. – 64 с.

#### 5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Теория электрометаллургических процессов [Электронный ресурс] : метод. указания по самостоятельной работе обучающихся очной формы обучения / сост. М.Ю. Кузьмина. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 28 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 5 | 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 5 мин, количество слайдов – 15–20.

##### **Критерии оценивания.**

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

#### **6.1.2 семестр 5 | 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 сделавшие 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.

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 “Определение ЭДС гальванического элемента. Термодинамика гальванического элемента”):

1. Привести примеры гальванических цепей с расплавленными солями.
2. Каков принцип работы химических цепей с индивидуальными расплавленными

солями?

3. Каков принцип работы химических цепей с расплавленными солевыми смесями?
4. По какому принципу строятся ряды потенциалов металлов в расплавленных солях?
5. Привести примеры использования расплавленных электролитов в химических источниках тока.
6. Каковы требования к автономным источникам электрической энергии?
7. Дать определение стандартного (нормального) потенциала электрода.
8. Дать определение ряда напряжения металлов.
9. Объяснить принцип действия химических и концентрационных гальванических элементов.
10. Гальванический элемент Якоби-Даниэля. Объяснить принцип работы гальванического элемента Якоби-Даниэля.
11. Составить электрохимическую схему химического гальванического элемента.
12. Каковы стандартные потенциалы металлов, участвующих в работе гальванического элемента Якоби-Даниэля. Определить направление тока.
13. Написать анодный и катодный процессы, уравнение токообразующей реакции в ионном и молекулярном видах гальванического элемента Якоби-Даниэля.
14. Что понимается под электродвижущей силой (ЭДС) элемента?
15. Как выполнить измерение ЭДС гальванических элементов?
14. Как вычислить ЭДС гальванического элемента Якоби-Даниэля? Объяснить разницу между вычисленной и измеренной величинами ЭДС.
16. Привести примеры химических источников тока. Каков принцип работы элемента Вольта?
17. Составьте схему серебряно-магниевого гальванического элемента. Какие процессы происходят на катоде и аноде? Рассчитайте ЭДС элемента.
18. Составьте схему медно-цинкового гальванического элемента с 0,01 молярными растворами сульфата цинка и меди. Рассчитайте потенциалы цинка и меди в этих растворах по уравнению Нернста, ЭДС элемента.
19. Напишите уравнение реакций растворения алюминия в разбавленных серной и азотной кислотах в молекулярном и ионном видах.

### **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.

### **6.1.3 семестр 5 | 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. Обучающийся выбирает одну из предложенных тем для написания реферата (согласно порядковому номеру в списке группы). Текст реферата должен быть выполнен с помощью ПК, на листах белой бумаги формата А4. Правила оформления работы стандартны и приведены в СТО.

Необходимо подготовить презентацию по теме реферата (15–20 слайдов) и сделать доклад.

Вопросы для контроля:

Примерная тематика рефератов:

1. Электрохимические системы. Равновесные и неравновесные процессы.
2. Гальванические элементы, работающие в водных средах. Гальванические цепи с расплавленными солями.
3. Химические источники тока с расплавленными электролитами.
4. Теоретические основы электролиза водных растворов.
5. Электролиз ионных расплавов в цветной металлургии.
6. Теория электролитической диссоциации.
7. Гидратация и сольватация ионов.
8. Межионное взаимодействие.
9. Электрокинетические и электрокапиллярные явления в электролитах.
10. Строение двойного электрического слоя в растворах и расплавах электролитов.
11. Термодинамическая трактовка равновесных электродных потенциалов.
12. Классификация электродов, используемых в водных электролитах.
13. Электроды сравнения, используемые при исследовании расплавленных солей.
14. Общее термодинамическое уравнение для ЭДС электрохимической системы.
15. Международная конвенция об ЭДС и электродных потенциалах.
16. Определение термодинамической устойчивости электрохимической системы в водной среде.
17. Термодинамика электрохимических систем. Электрохимические методы исследования термодинамических свойств расплавленных солей.
18. Электроды сравнения, используемые при исследованиях водных растворов электролитов и расплавленных сред.
19. Выбор электродов сравнения. Основные требования, предъявляемые к электродам сравнения.
20. Основы современного электрохимического анализа.
21. Теоретические основы вольтамперометрии. Классификация методов вольтамперометрии. Практическое применение методов вольтамперометрии.
22. Потенциометрия.
23. Понятие о кулонометрии. Виды кулонометров.
24. Методы исследования электрохимической кинетики в расплавленных солях: вольтамперометрия; хронопотенциометрия.
25. Кинетика электродных процессов. Особенности кинетики электродных процессов в расплавленных солях.
26. Виды электродной поляризации.
27. Применение катионпроводящих мембран в электрохимических исследованиях.
28. Использование расплавленных электролитов в химических источниках тока (ХИТ).
29. Физико-химические свойства и строение расплавленных солей.
30. Ток обмена и коэффициент переноса.
31. Давление насыщенного пара расплавленных солей.
32. Энтальпия смешения солевых систем.
33. Плотность и мольный объем
34. Вязкость расплавленных электролитов
35. Электропроводность и числа переноса.
36. Электролитическое получение металлического алюминия (электролиз криолитоглиноземного расплава).
37. Электролитическое рафинирование черновой меди.
38. Электролитическое рафинирование серебра и золота.
39. Электролиз в металлургии никеля и кобальта.

Рекомендуемая литература по каждой теме реферата представлена в методических указаниях по самостоятельной работе обучающихся очной формы обучения. 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.

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

### **6.1.4 семестр 5 | Устный опрос**

#### **Описание процедуры.**

В методических указаниях по самостоятельной работе обучающихся очной формы обучения приведены темы для самостоятельного изучения раздела 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 1. Теория растворов электролитов):

1. Понятие об электрометаллургическом процессе. Электрохимические системы. Равновесные и неравновесные процессы.
2. Гальванические элементы, работающие в водных средах.
3. Требования к автономным источникам электрической энергии.
4. Теоретические основы электролиза водных растворов. Анодные и катодные процессы.
5. Теория электролитической диссоциации. Сильные и слабые электролиты.
6. Понятие о коэффициенте активности.
7. Строение двойного электрического слоя в растворах электролитов.
8. Прохождение электрического тока в электрохимической системе. Законы Фарадея.
9. Составляющие электрохимической системы.
10. Идеальные и реальные электрохимические системы.

### **Критерии оценивания.**

Активное участие обучающегося в устном опросе.

## **6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

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

<b>Индикатор достижения компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации</b>
ПКС-1.2	Способен правильно формулировать и решать разнообразные прикладные задачи с использованием основных понятий, законов и моделей термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы для анализа электрохимических и электрометаллургических процессов цветной металлургии.	Тестирование по разделу курса и устное собеседование по вопросам, предназначенным к зачёту.

ПКС-7.2	Способен выполнять расчеты в области теории электрометаллургических процессов, используя физико-математический аппарат, знания общей химии, теоретической электрохимии, математики, физической химии. Умеет определять области выделения металлов на диаграмме Пурбе и знает общие закономерности процессов растворения металлов.	Выполнение и устное собеседование по вопросам к защите курсовой работы
---------	---	--

## 6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

### 6.2.2.1 Семестр 5, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

#### 6.2.2.1.1 Описание процедуры

Процедура проведения зачёта по курсу состоит из 2-х частей.

Раздел 3. “Неравновесный электродный процесс” обучающийся сдает в виде теста.

Остальные темы – в виде устного собеседования по вопросам, предназначенным к зачёту.

#### Пример задания:

Перечень вопросов к зачёту по дисциплине:

1. Понятие об электрометаллургическом процессе. Основные этапы и направления развития теоретической электрохимии и теории электрометаллургических процессов и вклад отечественных учёных в развитие науки
2. Электрохимические системы. Равновесные и неравновесные процессы. Гальванические элементы, работающие в водных средах. Гальванические цепи с расплавленными солями. Химические источники тока с расплавленными электролитами.
3. Теоретические основы электролиза водных растворов. Электролиз ионных расплавов в цветной металлургии.
4. ЭДС электрохимической системы и электродные потенциалы. Термодинамическая трактовка равновесных электродных потенциалов.
5. Общее термодинамическое уравнение для ЭДС электрохимической системы. Вывод термодинамического уравнения для ЭДС электрохимической системы.
6. Общее уравнение для электродного потенциала. Ряд напряжения металлов. Стандартные электродные потенциалы металлов в водных растворах.
7. Ряды потенциалов металлов в расплавленных солях.
8. Классификация и принцип работы электродов, используемых при изучении процессов, протекающих в водных средах.
9. Выбор электродов сравнения для расплавленных сред. Основные требования, предъявляемые к электродам сравнения.
10. Особенности кинетики электродных процессов в расплавленных солях. Виды электродной поляризации в расплавленных солях. Методы исследования электрохимической кинетики в расплавленных солях: вольтамперометрия; хронопотенциометрия. Провести сравнительную оценку различных методов исследования электрохимической кинетики в ионных расплавах.

11. Назвать области применения понятий, законов и моделей термодинамики, химической кинетики, электрохимии в контексте понимания электрохимических и электрометаллургических процессов.

-

#### 6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Способен правильно формулировать и решать разнообразные прикладные задачи с использованием основных понятий, законов и моделей термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы для анализа электрохимических и электрометаллургических процессов цветной металлургии.	Не способен правильно формулировать и решать разнообразные прикладные задачи с использованием основных понятий, законов и моделей термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы для анализа электрохимических и электрометаллургических процессов цветной металлургии.

#### 6.2.2.2 Семестр 5, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

##### 6.2.2.2.1 Описание процедуры

Выполнение курсовой работы и устное собеседование по вопросам к защите курсовой работы.

Пример задания:

Перечень вопросов к защите курсовой работы:

1. Особенности электрохимических процессов. Проводники первого и второго рода, примеры. Электролитическое рафинирование черновой меди. Случаи совместного восстановления на катоде различных металлов при электролизе. Причины этого явления.
2. Диаграммы Пурбе (равновесные диаграммы потенциал–рН). Использование фундаментальных общеинженерных знаний при расчете и построении диаграмм Пурбе.
3. Принцип построения диаграммы Пурбе.
4. Назначение диаграммы Пурбе. Ограничения применимости диаграммы Пурбе.
5. Предложить методику проведения эксперимента по изучению поведения металла в коррозионной среде и проанализировать полученные результаты.
6. Можно ли по диаграмме Пурбе оценить возможность коррозии?
7. Можно ли по диаграмме Пурбе оценить скорость коррозионных процессов?
8. Каким равновесиям соответствуют горизонтальные линии на диаграмме Пурбе?
9. Каким равновесиям соответствуют вертикальные линии на диаграмме Пурбе?
10. Каким равновесиям соответствуют наклонные линии на диаграмме Пурбе?\_

##### 6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн о	Неудовлетворительно
Способен выполнять расчеты в области теории электрометаллург	Демонстрирует хорошую способность выполнять расчеты в области	Демонстрирует низкую способность выполнять расчеты в области теории электрометаллургич	Не способен выполнять расчеты в области теории электрометаллургических процессов,

<p>ических процессов, используя физико-математический аппарат, знания общей химии, теоретической электрохимии, математики, физической химии. Умеет определять области выделения металлов на диаграмме Пурбе и знает общие закономерности процессов растворения металлов.</p>	<p>теории электрометаллургических процессов, используя физико-математический аппарат, знания общей химии, теоретической электрохимии, математики, физической химии. Умеет определять области выделения металлов на диаграмме Пурбе и знает общие закономерности процессов растворения металлов, но затрудняется с ответом.</p>	<p>еских процессов, используя физико-математический аппарат, знания общей химии, теоретической электрохимии, математики, физической химии. Демонстрирует слабые умения определять области выделения металлов на диаграмме Пурбе и знания общих закономерностей процессов растворения металлов.</p>	<p>используя физико-математический аппарат, знания общей химии, теоретической электрохимии, математики, физической химии. Не умеет определять области выделения металлов на диаграмме Пурбе и не знает общие закономерности процессов растворения металлов.</p>
--	--	--	---

## 7 Основная учебная литература

1. Теория металлургических процессов : учебник для вузов по направлению 150100 "Металлургия", специальность 150102 "Металлургия цветных металлов" / Г. Г. Минеев [и др.]; под общ. ред. Г. Г. Минеева, 2010. - 522.
2. Морачевский А. Г. Электрохимия расплавленных солей : учебное пособие / А. Г. Морачевский, Е. Г. Фирсова, 2017. - 172.
3. Кузьмина М. Ю. Высокотемпературная электрохимия : учебное пособие / М. Ю. Кузьмина, М. П. Кузьмин, 2017. - 188.

## 8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Жучков И. А. Основы теории электрометаллургических процессов : учебное пособие для заочной формы обучения по специальности 110200 "Металлургия цветных металлов" / И. А. Жучков, 2000. - 106.
2. Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии : учебное пособие / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург, 2013. - 446.
3. Антропов Л. И. Теоретическая электрохимия : учебник / Л. И. Антропов, 1984. - 520.
4. Теоретическая электрохимия : учебник для вузов по направлению подготовки "Химическая технология" / А. Л. Ротинян, К. И. Тихонов, И. А. Шошина, А. М. Тимонов, 2013. - 495.

5. Кузьмина М. Ю. Электрохимия расплавленных солей : учебное пособие для студентов специальности 150102 - "Металлургия цветных металлов" / М. Ю. Кузьмина, 2008. - 84.
6. Кузьмина М. Ю. Термодинамика расплавленных металлических и солевых систем : конспект лекций для магистров по направлению 150400 "Металлургия" / М. Ю. Кузьмина, 2014. - 168.
7. Галевский Г. В. Metallургия алюминия : справочник по технологическим и конструктивным измерениям и расчетам / Г. В. Галевский, М. Я. Минцис, Г. А. Сиразутдинов, 2013. - 234.
8. Краткий справочник физико-химических величин / сост. Н. М. Барон [и др.]; под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономаревой, 2010. - 237.
9. Лидин Р. А. Константы неорганических веществ : справочник / Р. А. Лидин, Л. А. Андреева, В. А. Молочко; под ред. Р. А. Лидина, 2006. - 685.
10. Лидин Р. А. Справочник по неорганической химии : константы неорганических веществ / Р. А. Лидин, Л. Л. Андреева, В. А. Молочко ; под ред. Р. А. Лидина, 1987. - [320].

## **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