


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)

Институт химии и биологии

Кафедра неорганической и физической химии

Кафедра неорганической и физической химии

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы 

«25» мая 2023г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИХиБ

Бажева Р.Ч.

2023г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.03.02 «Электрокристаллизация металлов и соединений

из ионных расплавов»

Направление подготовки

04.04.01 Химия

Профиль подготовки

Магистерская программа «Электрохимия»

(наименование магистерской программы)

Квалификация (степень) выпускника

Магистр

Форма обучения

очная

Нальчик 2023

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Электрокристаллизация металлов и соединений из ионных расплавов» / составитель Виндижева М.К. – Нальчик: КБГУ, 2023. – 25 с.

Рабочая программа дисциплины (модуля) предназначена для магистрантов очной формы обучения по направлению подготовки 04.04.01 Химия, 3 семестра, второго года обучения.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.04.01 Химия (магистерская программа «Электрохимия»), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 23 сентября 2015 г. № 1042.

СОДЕРЖАНИЕ

Цель и задачи освоения дисциплины	4
Место дисциплины в структуре ОПОП ВО	4
Требования к результатам освоения содержания дисциплины	4
Содержание и структура дисциплины	5
Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации	10
Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности	16
Учебно-методическое обеспечение дисциплины	18
Материально-техническое обеспечение дисциплины	23
Лист изменений (Дополнений) в рабочую программу по дисциплине	25

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины:

Заключается в изучении теоретических основ электрокристаллизации металлов и сплавов в зависимости от условий и режима процесса.

Задачи изучения дисциплины:

- изучить основные закономерности электрокристаллизации металлов и соединений из ионных расплавов;
- обучить навыкам использования теоретических положений для практического проведения электровыделения металлов из расплавленных электролитов;
- освоить фундаментальные знания о механизме электровыделения металлов и соединений из ионных расплавов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина Б.1.В.ДВ.03.02 «Электрокристаллизация металлов и соединений из ионных расплавов» относится к блоку 1 раздела Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.03.02 для изучения в 3 семестре магистрантами 2 года обучения по магистерской программе «Электрохимия».

Для успешного освоения дисциплины необходимы начальные (входные) знания, умения и компетенции студента по следующим дисциплинам: математика, общая и неорганическая химия, физическая химия, теоретическая электрохимия, высокотемпературная электрохимия.

Указанные связи данной дисциплины дают студенту системное представление о комплексе изучаемых дисциплин в соответствии с образовательными стандартами, что обеспечивает соответствующий теоретический уровень и практическую направленность в системе обучения.

Знания, умения и навыки, приобретенные в процессе изучения дисциплины «Электрокристаллизация металлов и соединений из ионных расплавов» необходимы для глубокого освоения других дисциплин профессионального цикла.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины «Электрокристаллизация металлов и соединений из ионных расплавов» магистрант должен

обладать следующими профессиональными компетенциями:

- владеть теорией и навыками практической работы в избранной области химии (ПК-3);

В процессе изучения дисциплины студент должен:

знать: основные закономерности электрокристаллизации металлов и соединений из ионных расплавов; отличие процесса электрокристаллизации

от других процессов; особенности электрокристаллизации по сравнению с другими электродными процессами; термодинамику и кинетику процессов электрокристаллизации металлов и сплавов; морфологию и скорость роста поверхности металла при электрокристаллизации; теорию электроосаждения сплавов, соосаждения примесей; определять структуру электрохимических осадков и сплавов.

уметь: на практике проводить электровыделение металлов из расплавленных электролитов; с научной точки зрения описать механизм и кинетику процесса электрокристаллизации металлов и сплавов, рассчитать параметры этого процесса, предположить какая структура получаемого покрытия и определить свойства электрохимического покрытия.

владеть: практическими методами получения соединений из ионных расплавов.

4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1. Содержание дисциплины

№ раздел а	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	Основные сведения об электролизе расплавов	Основные сведения об электролизе расплавленных сред и его особенностях.	К, Т
2	Производство натрия	Производство натрия. Получение натрия из гидроксида натрия. Теоретические основы. Технология производства. Аппаратура, используемая в производстве натрия из гидроксида натрия. Получение натрия из хлорида натрия. Технология и технологическая схема производства. Аппаратура, используемая в производстве натрия из хлорида натрия. Новые направления в технологии получения щелочных металлов.	К, Т
3	Производство калия	Аппаратура, используемая в производстве калия.	К, Т
4	Получение сплавов	Получение тройного сплава свинец-натрий-калий. Общие сведения. Теоретические основы процесса	К, Т

		получения электролитического тройного сплава. Технология производства. Аппаратура, используемая в производстве электролитического тройного сплава. Усовершенствование технологии процесса получения электролитического и термического тройного сплава. Системы автоматического регулирования, сигнализации и автоматического контроля в производствах натрия и калия. Вопросы техники безопасности, охраны труда и охраны окружающей среды в производствах натрия, калия и тройного сплава.	
5	Производство кальция	Получение кальция. Общие сведения. Теоретические основы получения кальция. Технология процесса получения кальция электролизом с жидким катодом. Аппаратура, используемая в производстве кальция.	К, Т
6	Производство фтора	Производство фтора. Общие сведения. Теоретические основы процессов получения фтора. Технология и технологическая схема производства. Контроль производства. Аппаратура, используемая в производстве фтора. Техника безопасности, охрана труда, промышленная санитария и охрана окружающей среды.	К, Т
7	Производство алюминия	Производство алюминия. Общие сведения. Теоретические основы процесса. Технология производства алюминия. Аппаратура, используемая в производстве алюминия.	К, Т
8	Производство магния.	Производство магния. Общие сведения. Теоретические основы процесса электролиза. Технология производства магния. Аппаратура, используемая в производстве магния.	К, Т
9	Электровыделение металлов из ионных расплавов	Электровыделения тугоплавких металлов из ионных расплавов. Электрохимическое выделения РЗМ из ионных расплавов.	К, Т

10	Электрохимический синтез соединений тугоплавких металлов и РЗМ.	Электрохимический синтез карбидов, боридов и силицидов тугоплавких металлов. Электрохимический синтез карбидов, боридов и силицидов РЗМ.	К, Т
----	---	--	------

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов)

Вид работы	Трудоемкость, часов / зачетных единиц	
	3 семестр	всего
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Контактная работа (в часах):	51	51
<i>Лекционные занятия (Л)</i>	<i>17</i>	<i>17</i>
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	<i>34</i>	<i>34</i>
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>		
Самостоятельная работа (в часах):	57	57
Самостоятельное изучение разделов	24	24
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.),	33	33
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации		
Вид промежуточной аттестации	зачет	

4.1. Лекции

Таблица 3. Лекционные занятия

№ п/п	Тема
1	Термодинамика образования кристаллических зародышей. Определение электрокристаллизации. Примеры электрокристаллизации. Особенности электрокристаллизации по сравнению с другими электродными процессами. Образование кристаллических зародышей. Понятие докритическая, закритическая стадии.
2	Гомогенная нуклеация. Выводы уравнения изменения свободной энергии при образовании критического зародыша. График изменения свободной энергии в зависимости от размера зародыша.

3	Гетерогенная нуклеация. Вывод уравнения изменения свободной энергии образования трехмерного сферического зародыша. Графическая зависимость фактора гетерогенности от угла смачивания.
4	Двумерная нуклеация. Определение. Параметры критического круглого зародыша, высотой a , возникающего на чужеродной подложке. Механизм нуклеации Фольмера-Вебера; Франке-Ван-дер-Мерве; Странского-Крастанова. Атомистический подход к термодинамике нуклеации.
5	Особенности термодинамики электрокристаллизации. Функция распределения зародышей по размерам.
6	Кинетика нуклеации. Скорость перехода в закритическую область. Стационарная нуклеация. Поток зародышей, переходящих в закритическую область. Вычисление стационарного тока. Нестационарная нуклеация. Время ожидания первого зародыша; рост изолированного зародыша; рост ансамблей независимых зародышей, учет перекрытия зародышей
7	Морфология и скорость роста поверхности металла при электрокристаллизации. Ступени и изломы. Характер строения грани с большими индексами. Важнейшие особенности поверхности кристалла. Нормальный и слоевой рост. Скорость нормального роста.
8	Морфологические характеристики поверхности компактных электролитических осадков. Основные морфологические типы осадков. Пирамиды и спирали. Слоистый, пластинчатый рост. Природа макроступеней. Кристаллическая шероховатость
9	Распределение потенциала по объёму электролита и распределение тока по поверхности электродов. Краевые задачи для стационарного электрического поля.
10	Первичное и предельное поле; вторичное поле; поле поляризации; третичное поле и третичное распределение тока. Основные принципы расчета электрических полей в электролизерах. Случаи распределения тока.
11	Распределение тока по шероховатой поверхности. Эволюция микропрофиля в результате неравномерного первичного распределения тока. Изменение шероховатости поверхности в условиях вторичного и третичного распределения тока.
12	Электроосаждение сплавов. Условия сплавообразования. Парциальные поляризационные кривые для компонентов сплава.
13	Равновесные и стационарные потенциалы сплавов. Учет энергии сплавообразования при расчете потенциалов выделения сплавов. Влияние различных факторов (состав раствор, температура, потенциал, плотность тока, перемешивание, электрический режим) на состав сплавов. Поверхностные сплавы
14	Соосаждение примесей. Источники примесей в осадках.

15	Теоретический анализ кинетики соосаждения. Зависимость концентраций включений от условий электроосаждения химическое состояние соосажденной примеси.
16	Наводороживание при электроосаждении. Наводороживание осадков, основы в процессе электроосаждения, водородопроницаемость мембран
17	Структура электрохимических осадков металлов и сплавов. Образование поликристаллического осадка. Границы зерен, дефекты упаковки кристаллической решетки, точечные дефекты, двойниковые границы, дислокации. Изменение структуры после окончания электролиза.

4.2 Практические занятия (семинарские занятия)

Таблица 4. Практические занятия (семинарские занятия)

№ п/п	Тема
1	Влияние состава электролита и режима электролиза на структуру и свойства электрохимических осадков.
2	Определение выхода металла по току и энергии.
3	Оксидирование алюминия и оценка качества оксидных пленок.
4	Электрохимическое получение медного порошка.
5	Электрохимическое полирование медных, латунных или стальных изделий.
6	Кадмирование стальных деталей.
7	Учебно-исследовательская практическая работа для проведения деловой игры включает изучение: а) подготовки поверхности изделий; б) влияния состава электролита, наличия ПАВ на качество осаждаемого покрытия, выход по току; в) влияние режима электролиза (i , t , $^{\circ}\text{C}$) на качество осаждаемого покрытия, выход по току; г) анализ качества покрытия: адгезия, равномерность, шероховатость, пористость, защитная способность.
8	Анализ полученных экспериментальных результатов, сопоставление с имеющимися литературными данными, рекомендации по разрабатываемой технологии. Сопоставление технологической карты процесса.
9	Решение задач по темам

4.3. Лабораторные работы

(не предусмотрено по учебному плану)

4.4. Примерная тематика курсовых работ

(не предусмотрено по учебному плану)

4.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины
Таблица 5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	Применение нестационарных режимов при изучении механизма и кинетики процесса электрокристаллизации металлов и сплавов: а) наложение синусоидального тока на постоянный; б) импульсные режимы; прямоугольные импульсы тока; в) использование приема паузы тока или анодного периода; г) процесс с периодически меняющимся потенциалом.
2	Электролитические покрытия благородными металлами.
3	Нанесение гальванических покрытий на алюминиевые и цинковые сплавы.
4	Электролитическое получение гальванических копий.
5	Влияние структуры электролитических осадков на их физические и механические свойства.
6	Электрофоретическое нанесение красок и лаков.
7	Электрохимический синтез неорганических веществ
8	Электрохимический синтез органических веществ
9	Электролиз в производстве свинца и олова

**5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО И РУБЕЖНОГО
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
АТТЕСТАЦИИ**

Таблица 6. Перечень оценочных средств

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Коллоквиум	Средство контроля, усвоения учебного материала темы, раздела дисциплины, организованное как учебное занятие	Вопросы по темам/разделам дисциплины, представленные в привязке к компетенциям, предусмотренным РПД
2	Тесты	Система стандартизированных заданий, позволяющая	Фонд тестовых заданий

		автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающихся	
3	Промежуточная аттестация	Вопросы, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, обобщать фактический и теоретический материал	Фонд вопросов для зачета

6.3. Зачетные вопросы

1. Основные сведения об электролизе расплавленных сред и его особенностях.
2. Производство натрия. Теоретические основы и технология производства натрия из гидроксида натрия. Аппаратура, используемая в производстве натрия из гидроксида натрия.
3. Получение натрия из хлорида натрия. Технология и технологическая схема производства. Аппаратура, используемая в производстве натрия из хлорида натрия. Новые направления в технологии получения щелочных металлов.
4. Производство калия. Способы получения калия. Электрохимический способ получения калия.
5. Теоретические основы получения электролизом сплава свинец-калий и вакуумной его разгонки. Технология и технологическая схема производства калия.
6. Получение тройного сплава свинец-натрий-калий. Теоретические основы процесса получения электролитического.
7. Технология производства тройного сплава. Аппаратура, используемая в производстве электролитического тройного сплава. Усовершенствование технологии процесса получения электролитического и термического тройного сплава.
8. Системы автоматического регулирования, сигнализации и автоматического контроля в производствах натрия и калия.
9. Вопросы техники безопасности, охраны труда и охраны окружающей среды в производствах натрия, калия и тройного сплава.
10. Теоретические основы получения кальция. Технология процесса получения кальция электролизом с жидким катодом. Аппаратура, используемая в производстве кальция.
11. Производство фтора. Теоретические основы процессов получения фтора. Технология и технологическая схема производства. Контроль производства.
12. Аппаратура, используемая в производстве фтора. Техника безопасности, охрана труда и охрана окружающей среды.

13. Производство алюминия. Теоретические основы процесса. Технология производства алюминия. Аппаратура, используемая в производстве алюминия.
14. Производство магния. Теоретические основы процесса электролиза. Технология производства магния. Аппаратура, используемая в производстве магния.
15. Электровыделение тугоплавких металлов из ионных расплавов.
16. Электрохимическое выделение РЗМ из ионных расплавов.
17. Электрохимический синтез карбидов, боридов и силицидов тугоплавких металлов.
18. Электрохимический синтез карбидов, боридов и силицидов РЗМ.
19. Электролитическое получение порошка цинка, меди.
20. Получение металлов электролизом в расплавленных средах, теоретические основы (строение расплавленных солей, электропроводимость расплавленных солей, влияние физико-химических свойств электролита на процесс электролиза).
21. Электрохимический синтез неорганических соединений.
22. Электрохимический синтез органических соединений.
23. Электроосаждение хромового покрытия из электролитов на основе Cr (III). Структура и свойства электролитических хромовых покрытий.
24. Электролитическое осаждение благородных металлов.
25. Электроосаждение сплавов Sn – Pb, Sn – Bi в производстве печатных плат.

6.4. Компьютерное тестирование – не предусмотрено

Примеры заданий для проверки итоговых знаний

Примеры решения задач

Пример 1. Серия из $n = 150$ непрерывно работавших алюминиевых электролизеров нагрузкой $I = 65$ кА выдала за месяц ($\tau = 30$ суток) работы $g_{\text{факт}} = 2090$ т металла, содержащего $p_{\text{Al}} = 99,5\%$. Среднее напряжение на серии (с учетом периодических «анодных вспышек») составило $V = 718$ В. Каковы выход по току и удельный расход электроэнергии для полученного алюминия (в расчете на 100%-ный металл)?

Решение

1) Суммарный электрохимический процесс в ванне $2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Al} + 3\text{CO}_2$ (частично образуется и CO). 2) Электрохимический эквивалент алюминия $q_{\text{Al}} = 0,3355$ г/А·ч. 3) Количество алюминия которое можно получить теоретически с серии за месяц $g_{\text{теор}} = I \tau q_{\text{Al}} n = 2355$ т. 4) Выход по току на серии $W_t = g_{\text{факт}} p_{\text{Al}} / g_{\text{теор}} \cdot 100 = 88,3\%$. 5) Удельный расход электроэнергии $W_g = I V \tau / g_{\text{факт}} p_{\text{Al}} = 16150$ кВт·ч/т Al.

Пример 2. Магнийевый электролизер нагрузкой $I = 70$ кА работает со средним выходом по току $W_t = 90\%$ (принять равным для катодного и анодного процессов); содержание Mg в получаемом металле-сырце

составляет $pMg = 99,0\%$. Какое количество магния-сырца и хлора может быть получено за месяц (30 суток) с такого электролизера при его непрерывной работе? Каков удельный расход электроэнергии: а) на 1 т Mg; б) на 1 т Cl_2 , если напряжение на ванне $V = 6,4$ В?

Решение

1) Основной электрохимический процесс в ванне $MgCl_2 \rightarrow Mg + Cl_2$ 2) Электрохимические эквиваленты для компонентов процесса: $qMg = 0,454$ г/А·ч; $qCl_2 = 1,325$ г/А·ч. 3) Месячная производительность ванны по магнию-сырцу $gMg = I \tau qMg$ Вт / $pMg = 20,8$ т. 4) Месячное количество хлора, производимое одной ванной $gCl_2 = I \tau qCl_2$ Вт = 60,1 т. 5) Удельный расход электроэнергии: $W = V / q$ Вт а) на 1 т Mg – $WMg = 15650$ кВт·ч/т; б) на 1 т Cl_2 - $WCl_2 = 5370$ кВт·ч/т.

Пример 3. В цехе металлического натрия годовой производительностью 8000 т Na установлены ванны, работающие на хлористом электролите. Какова годовая потребность цеха в технической поваренной соли ($pNaCl = 99,7\%$ NaCl), если потери соли составляют 5% ($K = 1,05$) от ее расхода на собственно электролиз?

Решение Годовая потребность в NaCl $gNaCl = gNa MNaCl ANa \cdot K pNaCl = 21500$ т/год.

Задачи для самостоятельного решения

1. Алюминиевый электролизер нагрузкой 65 кА работает с выходом по току 89% при среднерасчетном напряжении на ванне $V_{ср} = 4,8$ В (с учетом повышения напряжения за счет периодических «анодных вспышек»). Машинное время работы электролизера 0,96. Каковы годовая производительность по алюминию одного электролизера и удельный расход электроэнергии на 1 т получаемого металла?

2. Выход по току при электролитическом рафинировании алюминия (с применением трехслойного метода) равен 96%, а напряжение на ванне $V_v = 6,5$ В. Какова величина удельных затрат электроэнергии на 1 т рафинированного алюминия?

3. За сутки работы магниевых электролизера нагрузкой 50 кА получено 475 кг металла, содержащего 98,5% Mg. Среднее рабочее напряжение на ванне равно 7,0 Вб. Рассчитать выход по току и удельный расход электроэнергии для 100%-ного магния.

4. Магниевый электролизер работает при катодной плотности тока $D_k = 0,70$ А/см² и анодной плотности тока $D_a = 0,50$ А/см²; межэлектродное расстояние в ванне равно 7 см; удельное сопротивление электролита при температуре процесса $\rho = 0,46$ Ом·см (проходную плотность тока в электролите рассчитать, как среднюю геометрическую от D_k и D_a). Каково будет падение напряжения в электролите ванны?

5. С натриевого электролизера нагрузкой 8000 А, залитого расплавом едкого натра, за сутки получено 85 кг металлического натрия при среднем напряжении на ванне 5,0 В. Рассчитать выход по току и удельный расход электроэнергии для полученного металла.

6. Напряжение разложения для расплава едкого натра, используемого в качестве электролита при производстве металлического натрия, равно 2,25 В. Чему равен теоретический расход электроэнергии при получении металлического натрия в ваннах с таким электролитом? С каким выходом по энергии работает натриевый электролизер, имеющий рабочее напряжение $V_{\text{в}} = 5,0$ В и выход по току $\eta_{\text{т}} = 52\%$?

7. Цех металлического натрия имеет 50 работающих электролизеров, каждый нагрузкой 8000 А; выход по току для получаемого натрия $\eta_{\text{т}} = 52\%$; потери электролита - едкого натра - составляют на всех операциях 5% от его расхода на собственно электролиз. Какова суточная потребность цеха в едком натре?

8. Электролитом в натриевом электролизере нагрузкой 30 кА служит расплав хлоридов натрия и кальция. Выходы по току для получаемых натрия и хлора равны 75%; напряжение на ванне $V_{\text{в}} = 7,0$ В; машинное время работы электролизера $f = 0,95$. Рассчитать годовую производительность электролизера по металлическому натрию и хлору. Чему равен удельный расход электроэнергии для получаемого натрия?

9. При электролизе содово-хлоридного расплава с жидким свинцовым катодом образуется тройной сплав следующего состава: 90%РЬ; 9,25%Na и 0,75% калия. Какова суточная производительность по тройному катодному сплаву (в расчете на непрерывную работу) электролизера нагрузкой 18 кА, если выход по току равен 90%? Каков удельный расход электроэнергии на 1 т тройного сплава при среднем напряжении на ванну 5,5 В

10. Для получения свинцово-кальциевой лигатуры может быть использован электролиз расплава хлоридов кальция и натрия с жидким свинцовым катодом. Какова суточная производительность электролизера нагрузкой 2000 А: а) по кальцию и б) по полученной лигатуре, содержащей 3,4% кальция, если выход по току для кальция равен 75%?

Электрохимическое покрытие металлами и сплавами

Примеры решения задач

Пример 1. Последовательно с лабораторной ванной цинкования, залитой цианистым электролитом, включен медный кулонометр. За 20 мин процесса цинкуемая деталь с рабочей поверхностью $S = 1,4$ дм² увеличилась в массе на $g_{\text{Zn}} = 1,82$ г, за это же время на катоде медного кулонометра высадилось 2,10 г меди. Рассчитать: а) выход по току для цинка; б) среднюю толщину цинкового покрытия; в) среднюю катодную плотность тока в ванне цинкования.

Решение

1) Количество электричества, протекшее через электрическую цепь $Q = g_{\text{Cu}} / q_{\text{Cu}} = 1,77$ А·ч. 2) Выход по току для процесса цинкования $\eta_{\text{т}} = g_{\text{факт}} / g_{\text{теор}} \cdot 100 = g_{\text{факт}} / Q \cdot q_{\text{Zn}} \cdot 100 = 84,2\%$ 3) Средняя толщина цинкового покрытия (плотность цинка 7,14 г/см³) $\delta = g_{\text{Zn}} / S \cdot d_{\text{Zn}} = 18,2$ мк 4) Средняя катодная плотность тока процесса цинкования $D_{\text{к}} = Q / \tau \cdot S = 3,79$ А/дм².
Пример 2. В колокольную ванну цинкования нагрузкой 80 А одновременно загружено $g = 15,0$ кг деталей с удельной поверхностью $S_{\text{уд}} = 19,2$ дм² /кг.

Какова необходимая длительность процесса покрытия для получения толщины цинкового осадка $\delta = 15$ мк, если выход по току в таком электролите в стационарных ваннах равен 90% и необходимое увеличение времени электролиза в колокольных ваннах (для компенсации механического истирания и неравномерности пересыпания деталей) составит 15% ($K=1,15$)?

Решение 1) Поверхность деталей одной загрузки $S = 288$ дм² 2) Масса катодного осадка цинка для деталей всей загрузки $G_{Zn} = S \cdot \delta \cdot \rho_{Zn} = 308$ г. 3) Продолжительность процесса покрытия $\tau = G_{Zn} / I \cdot q_{Zn} \cdot \eta \cdot K = 4,04$ ч. Пример 5.3. Для гальванического меднения деталей в сернокислом электролите использован ток переменной полярности с длительностью катодного периода $\tau_k = 8$ сек и анодного периода $\tau_a = 2$ сек; плотность тока катодного периода $D_k = 10$ А/дм², плотность тока анодного периода $D_a = 5$ А/дм². Выход по фактическому катодному току для меди $\eta = 99\%$. Какова необходимая продолжительность процесса меднения при толщине медного покрытия $\delta = 20$ мк? Решение 1) Среднерасчетное значение фактической катодной плотности тока $D_{k\text{ ср}} = \frac{D_k \tau_k - D_a \tau_a}{\tau_k + \tau_a} = 7,0$ А/дм² 2) Продолжительность процесса меднения $\tau = \frac{\delta \cdot \rho_{Cu}}{D_{k\text{ ср}} \cdot \eta} = 13$ мин.

Задачи для самостоятельного решения

1. Электролитическое осаждение на деталях цинкового покрытия толщиной 18 мк производится в сульфатном электролите при катодной плотности тока $D_k = 2,0$ А/дм² и $\eta = 98\%$. Какова необходимая продолжительность процесса цинкования?

2. Электролитическое цинкование деталей осуществлялось в течение 22 мин в цианистом электролите при плотности тока $D_k = 3,0$ А/дм² со средним выходом по току для цинка, равным 85%. Сколько цинка осаждается на детали поверхностью 2,7 дм² за время процесса? Какова при этом средняя толщина цинкового покрытия?

3. При электролитическом кадмировании детали поверхностью 1,4 дм² за 32 мин процесса получено кадмиевое покрытие толщиной 18 мк. При этом на катоде выделилось 37,8 мл H₂ (объем приведен к нормальным условиям). Какова величина выхода по току для кадмия? Какой силы ток был использован при кадмировании детали?

4. Какова продолжительность электролитического осаждения слоя меди толщиной 25 мк: а) из медно-цианистых ванн при плотности тока $D_k = 3,0$ А/дм² и выходе по току $\eta = 75\%$ и б) из сернокислых медных электролитов при $D_k = 3,0$ А/дм² и $\eta = 99\%$?

5. Какова продолжительность электролитического осаждения слоя олова толщиной 15 мк в стационарных ваннах: а) из станнатных электролитов при катодной плотности тока $D_k = 3,0$ А/дм² и выходе по току $\eta \approx 65\%$; б) из сернокислых электролитов при $D_k = 4,0$ А/дм² и $\eta \approx 90\%$?

6. После 1 ч 10 мин катодного осаждения свинца из борфтористоводородного электролита (соль свинца вида Pb(BF₄)₂) при плотности тока $D_k = 3,0$ А/дм² на детали поверхностью 1,2 дм² осадилось 14,7 г свинца. Рассчитать: а) выход по току; б) объем выделившегося на детали водорода,

приведенный к нормальным условиям; в) среднюю толщину свинцового покрытия.

7. Нанесение на детали слоя золота толщиной 3 мк производится в цианистом электролите на основе $\text{KAu}(\text{CN})_2$ при катодной плотности тока $D_k = 0,3 \text{ А/дм}^2$ с выходом по току $\eta_t \approx 70\%$. Рассчитайте продолжительность процесса золочения и удельный расход золота на 1 дм² покрытия (без учета его потерь).

8. При индировании детали поверхностью 32 см² в борфтористоводородном электролите, содержащем индий в виде $\text{In}(\text{BF}_4)_3$ за 35,5 мин процесса при $D_k = 2,0 \text{ А/дм}^2$ получено индиевое покрытие общей массой 0,165 г. Каковы выход по току для индия и его средняя толщина на детали?

9. Для электролитического получения покрытия из высокомедистого медно-цинкового сплава - томпака (90 % меди и 10% цинка) использован цианистый электролит. Катодная плотность тока при процессе $D_k = 3,0 \text{ А/дм}^2$, выход по току для сплава $\eta_t = 80\%$. Плотность получаемого сплава $d = 8,6 \text{ г/см}^3$. Какова продолжительность осаждения на деталях слоя томпака толщиной 150 мк?

10. Электролизом борфтористоводородного электролита, содержащего $\text{Pb}(\text{BF}_4)_2$, $\text{Sn}(\text{BF}_4)_2$ и некоторые другие компоненты, на деталях получено покрытие толщиной 8 мк из свинцово-оловянистого сплава (50% Pb, 50% Sn). Катодная плотность тока при осаждении $D_k = 1,0 \text{ А/дм}^2$, выход по току для сплава близок к 100%. Какова продолжительность процесса электролиза (плотность катодного сплава $d = 8,7 \text{ г/см}^3$)?

6.5. Экзаменационные вопросы

(экзамен не предусмотрен)

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

1. Кушхов Х.Б., Шуров Н.И., Виндижева М.К. Функциональные покрытия из расплавленных солей, учебное пособие, 2016. – 100 с.
2. Степанов В.П. Основные вопросы электрохимии расплавленных солей. Екатеринбург: РИО УрО РАН [Эл. рес.]
3. Электрохимия расплавленных солей [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Ю.П. Зайков [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 88 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68317.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Контрольные задания и тесты по курсу «Теоретическая электрохимия» [Электронный ресурс]: методические указания/ — Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015.— 44 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63690.html>.— ЭБС «IPRbooks»

7.2. Дополнительная литература

1. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов. – М.: Янус – К, 199 с.
2. Металловедение покрытий. – М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 296с.
3. Зайков Ю.П., Шуров Н.И., Суздальцев А.В. Высокотемпературная электрохимия кальция. – Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. – 200 с. [Эл. рес.]

7.3. Интернет-ресурсы

1. Справочная правовая система «Гарант». URL: <http://www.garant.ru>.
2. Справочная правовая система «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru>

профессиональные поисковые системы:

3. Полнотекстовая база данных ScienceDirect: URL: <http://www.sciencedirect.com>.

Виртуальные приборы (virtual instruments) - компьютерные программы, исполняющие, с помощью компьютера и относительно несложного оборудования (аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей, датчиков и исполнительных устройств), функции различных приборов. Виртуальные приборы используют как для замены обычных приборов, так и для реализации уникальных измерений, для которых нет обычных приборов.

Виртуальные приборы в физико-химическом эксперименте можно найти на сайте: <http://pdeis.at.tut.by/>

Базы данных

Для самостоятельной, индивидуальной работы, подготовки проектных и исследовательских работ по педагогической практике рекомендуется использовать электронно-библиотечную систему (ресурсы информационного центра ФГБОУ ВО КБГУ обеспечивающий доступ к ряду международных издательств и баз данных:

1. SciVerse Scopus(<http://www.scopus.com>)
2. ЭБС IPR BOOKS (<http://iprbookshop.ru/>)
3. ЭБС «Консультант студента» (<http://www.studentlibrary.ru>)
4. Web of Science (WOS) (<http://webofknowledge.com>).

7.4. Методические указания к лабораторным занятиям

(не предусмотрено по учебному плану)

7.5. Методические указания по проведению различных учебных занятий, к курсовому проектированию и другим видам самостоятельной работы

Методические указания к практическим занятиям

Практические занятия представляют собой особую форму организации учебного процесса, в ходе которого студент должен приобрести умения получать новые учебные знания, их систематизировать; оперировать базовыми понятиями и теоретическими конструкциями учебной дисциплины; решать познавательные задачи; логично выстраивать устные и письменные тексты. Целью практических занятий является приобретение студентами новых знаний, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности, развитие у них гуманитарного мышления и интеллектуальных способностей как средства индивидуального освоения учебной дисциплины. Все это требует тщательной подготовки к практическим занятиям. При подготовке к практическим занятиям следует использовать всю рекомендованную литературу, размещенную на бумажных и электронных носителях. Вначале обучающимся необходимо ознакомиться с планом практического занятия, затем прочитать тексты рекомендованной литературы и найти информацию, необходимую для письменного ответа на поставленные вопросы.

Особое место в структуре практического (семинарского) занятия имеют учебные доклады или рефераты, которые позволяют студентам продемонстрировать знания и умения, связанные с творческой самостоятельностью, и в первую очередь, умения читать и понимать учебные и научные тексты, систематизировать и концептуализировать, содержащиеся в них знания в соответствии с определенным алгоритмом. Готовясь к докладу, надо прочитать рекомендованную литературу и составить планы прочитанных текстов, что позволит составить план доклада. На основе доклада пишутся рефераты. Обязательным условием подготовки рефератов является использование дополнительной литературы.

Методические указания к самостоятельной работе.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме 57 часов от общего количества часов, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике. Задания для самостоятельной работы составляются по разделам и темам, по которым не предусмотрены аудиторские занятия, либо требуется дополнительно проработать и проанализировать рассматриваемый преподавателем материал в объеме запланированных часов.

Организация самостоятельной работы студентов осуществляется по трем направлениям:

- определение цели, программы, плана задания или работы;
- со стороны преподавателя студенту оказывается помощь в технике изучения материала, подборе литературы для ознакомления и написания курсовой работы, реферата;
- контроль усвоения знаний, приобретения навыков по дисциплине, оценка выполненной контрольной и курсовой работы.

Формы самостоятельной работы студентов - это письменные работы, изучение литературы и практическая деятельность.

Самостоятельное изучение литературы можно подразделить на отдельные виды самостоятельной работы:

- изучение базовой литературы - учебников и монографий;
- изучение дополнительной литературы;
- периодических изданий,
- специализированных книг, практикумов;
- конспектирование изученных источников.

Самостоятельная работа является одним из видов учебной деятельности обучающихся, способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

Аудиторная самостоятельная работа по учебной дисциплине на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя без его непосредственного участия.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать специфику изучаемой учебной дисциплины, индивидуальные особенности обучающегося.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуется как единство двух форм:

- самоконтроль и самооценка обучающегося;
- контроль и оценка со стороны преподавателя.

Организуя самостоятельную работу, необходимо постоянно обучать студентов методам такой работы. Пакет заданий для самостоятельной работы следует выдавать в начале семестра, определив предельные сроки их

выполнения и сдачи. Задания для самостоятельной работы желательно составлять из обязательной и факультативной частей.

Организация и осуществление контроля знаний студентов по разделу «Самостоятельная работа» проводится во внеурочной форме по системе опроса, бесед, организации и проведении контрольных работ и коллоквиумов, а также дополнительному изучению содержания периодических изданий по проблемам изучения данной дисциплины.

Образовательные технологии

Для реализации познавательной и творческой активности студентов в учебном процессе используются современные образовательные технологии, дающие возможность повышать качество образования, более эффективно использовать учебное время и снижать долю репродуктивной деятельности учащихся за счет снижения времени, отведенного на выполнение самостоятельной работы.

Большое внимание уделяется использованию современных педагогических технологий, основанных на использовании передовых инновационных технологий в преподавании дисциплины. Под инновационными методами в высшем профессиональном образовании понимаются методы, основанные на использовании современных достижений науки и информационных технологий в образовании. Они направлены на повышение качества подготовки путем развития у студентов творческих способностей и самостоятельности (методы проблемного и проективного обучения, исследовательские методы, тренинговые формы и т.д.).

Использование современных инновационных технологий в учебном процессе позволяет:

- сочетать высокую экономическую эффективность и гибкость учебного процесса;
- широко использовать информационные ресурсы в учебном процессе;
- существенно расширить возможности традиционных форм обучения;
- позволяет реализовать новые эффективные формы обучения.

Работы по внедрению и использованию современных инновационных технологий обучения проводятся в нескольких направлениях:

- создание современного учебно-методического обеспечения учебного процесса и совершенствование организации учебного процесса путем внедрение новых технологий обучения, в том числе дистанционных образовательных технологий (ДОТ);
- программно-техническое обеспечение учебного процесса с использованием современных технологий обучения;
- повышение квалификации ППС и УВП в области разработки современного учебно-методического обеспечения и использования новых технологий обучения;

Инновационные методы, используемые в образовательном процессе:

1. Использование информационных ресурсов и баз знаний.

2. Применение электронных мультимедийных учебников и учебных пособий.
3. Ориентация содержания на лучшие отечественные и зарубежные аналоги образовательных программ.
4. Применение предпринимательских идей в содержании курсов.
5. Использование проблемно-ориентированного междисциплинарного подхода к изучению наук.
6. Применение активных методов обучения, «контекстного обучения» и «обучения на основе опыта».
7. Использование методов, основанных на изучении практики (case studies).
8. Использование проектно-организованных технологий обучения работе в команде над комплексным решением практических задач.

Все это позволяет студентам организовать и проводить научно-исследовательскую деятельность и предполагает выполнение работ по изученным разделам и интересам, а также проявлению творческих способностей и самостоятельности студентов.

Педагогические технологии	Достигаемые результаты
Проблемное обучение	Создание в учебной деятельности проблемных ситуаций и организация активной самостоятельной деятельности студентов по их разрешению, в результате чего происходит творческое овладение знаниями, умениями, навыками, развиваются мыслительные способности.
Разноуровневое обучение	У преподавателя появляется возможность помогать слабому, уделять внимание сильному, реализуется желание сильных учащихся быстрее и глубже продвигаться в образовании. Сильные учащиеся утверждают в своих способностях, слабые получают возможность испытывать учебный успех, повышается уровень мотивации ученья.
Проектные методы обучения	Работа по данной методике дает возможность развивать индивидуальные творческие способности студентов, более осознанно подходить к профессиональному и социальному самоопределению.
Исследовательские методы в обучении	Дает возможность студентам самостоятельно пополнять свои знания,

	глубоко вникать в изучаемую проблему и предполагать пути ее решения, что важно при формировании мировоззрения. Это важно для определения индивидуальной траектории развития каждого студента.
Технология использования в обучении игровых методов: ролевых, деловых, и других видов обучающих игр	Расширение кругозора, развитие познавательной деятельности, формирование определенных умений и навыков, необходимых в практической деятельности, развитие общеучебных умений и навыков.
Обучение в сотрудничестве (командная, групповая работа)	Сотрудничество трактуется как идея совместной развивающей деятельности взрослых и подростков, Суть индивидуального подхода в том, чтобы идти не от учебного предмета, а от личности к предмету, идти от тех возможностей, которыми располагает студент, применять психолого-педагогические диагностики личности.
Дистанционные образовательные технологии	Применение информационных и телекоммуникационных технологий при опосредованном (на расстоянии) или не полностью опосредованном взаимодействии обучающегося позволяют развивать индивидуальные творческие способности студентов, научить их более осознанно подходить к профессиональному самоопределению.
Здоровьесберегающие технологии	Использование данных технологий позволяют равномерно во время занятия распределять различные виды заданий, чередовать мыслительную деятельность с физической, определять время подачи сложного учебного материала, выделять время на проведение самостоятельных работ, нормативно применять ТСО, что дает положительные результаты в обучении.
Систему инновационной оценки «портфолио»	Формирование персонифицированного учета достижений студента как инструмента педагогической поддержки социального самоопределения, определения траектории индив. развития личности.

В учебном процессе используются **активные и интерактивные формы** проведения занятий: доклады с презентацией, анализ презентации совместно со студентами, защита авторских проектов, решение ситуационных задач, разбор конкретных ситуаций по темам, встречи со специалистами в области физической культуры и спорта.

Компьютерная симуляция: в компьютерной среде с помощью имеющихся программных средств моделируется та или иная профессиональная (техническая, экономическая или иная) ситуация, проблема или задача, модель. На этой основе отрабатывается принятие технических или управленческих решений. При этом требуются самостоятельный поиск и проработка информации по отдельным вопросам теоретического курса, консультации преподавателя, взаимодействие с сокурсниками, создание творческих групп с распределением функций и пр.

Интерактивные видеолекции с синхронными слайдами (ИБСС) предназначены для повышения качества и эффективности обучения за счет обеспечиваемого ими высокого коэффициента передачи педагогического воздействия, оказываемого на студентов преподавателем.

Интерактивное обучение основано на прямом взаимодействии студентов со своим опытом и опытом своих друзей, так как большинство интерактивных упражнений обращается к опыту самого учащегося.

Активные формы обучения: где учащиеся являются “субъектом” обучения, выполняют творческие задания, вступают в диалог с преподавателем. Основные методы это творческие задания, вопросы от студента к преподавателю, и от преподавателя к студенту.

Пассивные формы обучения: где студенты выступают в роли “объекта” обучения, которые должны усвоить и воспроизвести материал, который передается им преподавателем - источником знаний. Основные методы это лекция, чтение, опрос.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

8.1. Лекционные занятия:

- Аудитории, оснащенные мультимедийной аппаратурой (проектор, экран, колонки, компьютер/ноутбук).
- Лекционные аудитории (доска, мел, указка)

8.2. Практические/семинарские занятия: Аудитории, оснащенные мультимедийной аппаратурой (проектор, экран, колонки, компьютер/ноутбук). Оборудование на базе лабораторий института. Учебно-методические материалы в электронной форме, предусмотренные информационно-поисковой системой университета «Информация для студентов».

Продукты MICROSOFT (Desktop Education ALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise); подписка (Open Value Subscription) № V 2123829 Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition № лицензии 17E0-

180427-050836-287-197; AltLinux (Альт Образование 8) № AAA.0252.00; Academic MathCAD License; Продукты AUTODESK, архиватор 7z, файловый менеджер Far Manager, Adobe Reader (свободное распространение).

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается: 1. Альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих; 2. Присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; 3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации; 4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (Дополнений)
в рабочую программу по дисциплине
«Электрокристаллизация металлов и соединений из ионных расплавов»
по направлению подготовки 04.04.01. «ХИМИЯ»
на 2023/ 2023 учебный год

№	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры неорганической и физической химии

протокол № _____ от «_____» _____ 2023 г.

Заведующий кафедрой _____ Х.Б. Кушхов