МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физической химии

О.А. Козадеров

25.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.05 Физико-химические модели фазообразования

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:
04.04.01 Химия

2. Профиль подготовки/специализация: Химия

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: физической химии

6. Составители программы: Грушевская Светлана Николаевна, к.х.н., доцент

7. Рекомендована:
Научно-методическим Советом химического факультета от 13.02.2025, протокол № 10-02

8. Учебный год: 2026-2027 **Семестр:** 3

9.Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является формирование у обучающихся системы представлений о физической химии процессов фазообразования, теоретических основах термодинамики и кинетики фазообразования и физико-химических основах ее использования в научных исследованиях и технологических процессах.

Задачи настоящего курса состоят в том, чтобы на основании полученных теоретических знаний обучающиеся могли правильно составлять термодинамические и кинетические модели процессов фазообразования, выбирать методы синтеза новых материалов, разработать схему их получения, прогнозировать свойства.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: блок Б1. Часть, формируемая участниками образовательных отношений. Обязательная дисциплина. Для освоения этой части цикла студент должен иметь базовые знания фундаментальных разделов физики и химии, (прежде всего физической, неорганической, аналитической, органической, химии высокомолекулярных соединений, химической технологии); уметь применять основные законы химии и физики при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен применять современные методы анализа, синтеза и моделирования для решения сложных научно-исследовательских задач в химии с целью разработки новых веществ и материалов	ПК-2.1	Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий	Знать: теоретические основы термодинамики и кинетики процессов фазообразования; уметь: моделировать процессы фазообразования; владеть: навыками планирования научных исследований для разработки методов получения новых веществ и материалов.
		ПК-2.2	Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	Знать: базовые принципы построения технологических схем получения новых материалов с заданными свойствами; уметь: правильно выбирать методы синтеза новых материалов с прогнозируемыми свойствами; владеть: навыками использования теоретической базы в научных исследованиях и технологических разработках методов получения новых веществ и материалов
ПК-3	Обладает навыками критической оценки результатов научно-исследовательских работ (НИР) и научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) для определения перспектив их использования в реальных приложениях и	ПК-3.1	Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными	Знать: формы самостоятельной работы с научной литературой; Уметь: систематизировать знания, полученные в ходе работы с научной литературой и экспериментальных исследований; Владеть: основными методами представления результатов эксперимента и работы с литературой в виде научно-исследовательского отчета и доклада с презентацией.
		ПК-3.2	Определяет возможные направления развития работ и перспективы	Знать: основные приемы обработки экспериментальных результатов их анализа и представления; Уметь: определять перспективы

	продолжения разработок в различных областях химии		практического применения полученных результатов	дальнейшей научно-исследовательской работы и практического применения полученных результатов; Владеть навыками: критической оценки результатов научно-исследовательских работ для определения перспектив их использования в технологиях получения новых веществ и материалов.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 7 / 252.

Форма промежуточной аттестации – экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			3 семестр	
Аудиторные занятия		54	54	
в том числе:	лекции	18	18	
	практические	18	18	
	лабораторные	38	38	
Самостоятельная работа		142	142	
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации - *экзамен*		36	36	
Итого:		252	252	

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
		1. Лекции	
1.1	Механизмы нуклеации и морфология растущей поверхности	Термодинамические условия формирования новой фазы. Морфология поверхности растущей фазы и функциональные свойства получаемых материалов. Основные типы конфигураций и предпосылки их формирования. Понятия зародыша критического размера, 3D и 2D-зародышей. Морфологические характеристики поверхности и механизмы нуклеации. Зародышевый, беззародышевый и смешанный механизмы. Влияние условий образования новой фазы на морфологию растущей поверхности. Роль адсорбции поверхностно-активных веществ в морфологии осадков. Кристаллическая нерегулярная шероховатость поверхности.	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990
1.2	Структура осадков металлов и сплавов	Формирование структуры осадков металла и сплавов. Границы зерен. Дефекты упаковки кристаллической решетки. Двойниковые границы. Дислокации. Точечные дефекты. Текстура электроосажденных металлов и сплавов. Дисперсность покрытий. Дефекты структуры и природа внутренних напряжений в электролитических покрытиях. Влияние примесей на структуру электролитических покрытий. Источники примесей в осадках. Теоретический анализ кинетики соосаждения примесей.	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990

1.3	Термодинамика фазообразования	Энергетика зародышеобразования. Термодинамические модели гомогенной и гетерогенной нуклеации. Образование кристаллических зародышей. Термодинамические модели формирования 3D и 2D зародышей. Термодинамическая модель кластера. Явления осаждения при недонапряжении. Активность 2D-слоев. Размерный фактор в нуклеации. Особенности термодинамического описания наносистем. Атомистический подход к термодинамике нуклеации. Специфика электрокристаллизации. Термодинамика зародышеобразования в многокомпонентных электрохимических системах.	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990
1.4	Кинетика фазообразования	Равновесное распределение зародышей по размерам. Модель потоков зародышей в пространстве размеров. Отклонение распределения зародышей по размерам от равновесного. Стационарное и нестационарное состояния системы. Нестационарные эффекты по Зельдовичу и обусловленные активацией латентных центров зародышеобразования. Модели мгновенного и прогрессирующего зародышеобразования. Модели нормального и слоевого роста новой фазы. Диффузионный и кинетический контроль. Роль поверхностной диффузии в кинетике фазообразования. Роль миграции в процессах фазообразования в расплавах. Критериальные координаты для определения кинетической модели формирования и роста новой фазы. Маскирующие эффекты и способы их элиминирования.	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990
1.5	Электроосаждение металлов и сплавов	Стационарное электрохимическое фазообразование при высоких и умеренных перенапряжениях. Нестационарное электрохимическое фазообразование в потенциостатических условиях - основные закономерности. Электрохимическое зародышеобразование в гальваностатических условиях - основные закономерности. Нуклеация и рост зародышей на основе твердотельных реакций. Кинетика роста тонких слоев металла и осадка в объеме раствора при химическом осаждении. Электроосаждение в условиях диффузионных ограничений и в отсутствие ингибиторов. Кинетика разряда в присутствии поверхностно-активных веществ. Особенности осаждения металлов из комплексных электролитов. Электроосаждение сплавов. Выход по току и соосаждение примесей в стационарных и нестационарных режимах электрокристаллизации.	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990
1.6	Физико-химические основы использования моделей нуклеации в технологических процессах	Роль электрокристаллизации в нанотехнологиях. Энергетическое состояние поверхности электрода и пространственное распределение нанокластеров. Локализация процесса электрокристаллизации и наноструктурирование осадка. Нуклеация и рост зародышей в нанопорах. Электроосаждение металлов в шаблоны и образование 0D нановпадин. Сканирующая туннельная микроксопия как инструмент локализации наноразмерных осадков. Наномасштабная электрокристаллизация металлов и полупроводников из ионных жидкостей. Электрохимическое изготовление металлических	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990

		наноконтактов и нанозазоров. СТМ/АСМ комбинированный метод.	
2. Практические работы			
2.1	Механизмы нуклеации и морфология растущей поверхности	Выявление факторов, определяющих тип морфологии растущей фазы. Выбор условий для формирования определенного типа морфологии. Построение моделей, определяющих взаимосвязь между условиями фазообразования, механизмом нуклеации, основными типами морфологии поверхности растущей фазы и ее фнукциональными свойствами.	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990
2.2	Структура осадков металлов и сплавов	Определение условий формирования дефектной и бездефектной структуры растущей фазы. Условия получения сплошных, дисперсных и нанопористых материалов. Влияние примесей на структуру электролитических покрытий.	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990
2.3	Термодинамика фазообразования	Термодинамический подход к расчету работы образования зародышей различной формы и геометрии по гомогенному и гетерогенному маршрутам. Работа образования критического зародыша. Получение выражений для определения радиуса, объема критического зародыша и количества частиц в нем. Построение расчетных зависимостей размера зародыша от пересыщения и перенапряжения.	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990
2.4	Кинетика фазообразования	Общий кинетический подход к описанию процессов фазообразования. Учет распределения зародышей по размеру. Корректировка кинетического подхода к описанию фазообразования с применением фактора Зельдовича. Принципы получения критериальных координат для определения кинетики процесса фазообразования. Определение кинетической модели фазообразования по экспериментальным данным.	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990
2.5	Электроосаждение металлов и сплавов	Термодинамические предпосылки и кинетические ограничения процессов осаждения металлов из простых и комплексных электролитов. Общий подход к выбору способа получения сплавов методом электрохимического восстановления из растворов. Расчет выхода по току при гальваностатическом осаждении металлов и сплавов.	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990
2.6	Физико-химические основы использования моделей нуклеации в технологических процессах	Моделирование параметров системы, удовлетворяющих условиям получения наноразмерных и локализованных осадков.	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990
2. Лабораторные работы			
3.3	Термодинамика фазообразования	Измерение электродных потенциалов различных систем и сопоставление с равновесными значениями.	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?i
3.4	Кинетика фазообразования	Расчет выхода по току газообразных продуктов электролиза растворов кислот и солей.	
3.5	Электроосаждение металлов и сплавов	Электрохимический синтез металлических покрытий и оксидных пленок на поверхности	

		электрода.	d=3990
3.6	Физико-химические основы использования моделей нуклеации в технологических процессах	Электрохимическое травление, полировка и обезжиривание как подготовка поверхности электрода к нанесению наноразмерных покрытий.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Подготовка к экзамену	Виды занятий (часов)				
			Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.1	Механизмы нуклеации и морфология растущей поверхности		4	2	0	16	22
1.2	Структура осадков металлов и сплавов		2	2	0	16	20
1.3	Термодинамика фазообразования		8	4	2	28	42
1.4	Кинетика фазообразования		8	4	6	28	46
1.5	Электроосаждение металлов и сплавов		8	4	6	28	46
1.6	Физико-химические основы использования моделей нуклеации в технологических процессах		8	2	4	26	40
	Итого:	36	38	18	18	142	252

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

На лекциях обучающиеся получают и конспектируют основной массив информации по разделам дисциплины. На каждом лекционном занятии может быть проведен краткий опрос обучающихся по материалам прошлой лекции с целью выявления проблем в восприятии информации. Дополнительное изучение конспектов лекций обучающиеся осуществляют самостоятельно с использованием рекомендованной литературы (п. 15) и учебно-методических пособий (п. 16). Помимо указанной литературы можно использовать презентации к лекциям, размещенные на сайте ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990. Некоторые темы, не характеризующиеся высокой степенью сложности, выносятся на самостоятельное освоение обучающимися. Контроль освоения теоретического материала проводится после прослушивания студентами лекционного материала по каждой теме в виде коллоквиума-собеседования. По некоторым темам предусмотрено выполнение домашних заданий. Кроме того, обучающие самостоятельно и с помощью преподавателя осуществляют подготовку к текущим и промежуточным аттестациям, к практическим и лабораторным занятиям.

На практических занятиях отрабатываются навыки построения различных физико-химических моделей процессов фазообразования. На лабораторных занятиях обучающиеся применяют полученную на лекциях информацию для решения практических задач в области получения новых материалов:

- знакомятся с правилами техники безопасности при работе в химической лаборатории, с базовыми приемами предупреждения и ликвидации последствий аварийных ситуаций;
- осуществляют поиск научно-технической информации с использованием ресурсов сети Интернет или баз данных;
- анализируют и интерпретируют результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений на основе полученных на лекции теоретических знаний и дополнительной научно-технической информации;
- осваивают основные методы представления результатов работы в виде отчета по лабораторной работе.

На лабораторных занятиях студенты либо индивидуально, либо в составе малой группы выполняют учебно-исследовательскую работу. В ходе лабораторных работ студенты приобретают навыки обращения с химическими реактивами и лабораторным оборудованием, самостоятельно осуществляют эксперименты, регистрируют, анализируют и интерпретируют результаты. Оформление отчета по лабораторной работе обучающиеся готовят самостоятельно при помощи учебно-методических пособий и консультаций с преподавателем. Защита лабораторной работы включает оформление результатов, устную беседу с преподавателем о полученных данных и основных теоретических понятиях по теме работы. К экзамену допускаются только студенты, выполнившие и защитившие все запланированные преподавателем лабораторные работы.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей. Для лиц с нарушением слуха информация по учебной дисциплине предоставляется на бумажном или электронном носителе, допускается присутствие ассистентов и сурдопереводчиков на занятиях. Промежуточная аттестация для таких студентов проводится в письменной форме с общими критериями оценивания; при необходимости время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации с использованием программ-синтезаторов речи, а также использование звукозаписывающих устройств на лекциях. На занятиях также может присутствовать ассистент. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование; время подготовки на экзамене может быть увеличено.

Студенты с нарушениями опорно-двигательного аппарата могут проходить часть занятий дистанционно. Промежуточная аттестация для них проводится на общих основаниях, при необходимости процедура экзамена может быть реализована дистанционно.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (https://edu.vsu.ru) и/или “МООК ВГУ” (https://mooc.vsu.ru), сервисы видеоконференций (BigBlueButton), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Плит В. Электрохимия в материаловедении: [учебное пособие] / В. Плит ; пер. с англ. О.Д. Чаркина, Л.А. Фишгойт, А.А. Митрофанова.— Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2015 .— 446 с.
2.	Дамаскин Б.Б. Электрохимия : [учебное пособие для студ., обуч. по направлению подгот. "Химия"] / Б.Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина .— Изд. 3-е, испр. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2015 .— 670 с.
3.	Еремин, В.В. Основы физической химии. Учебное пособие в 2 ч. 1 / В.В. Еремин .— 3-е изд. эл. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 .— 322 с. — (Учебник для высшей школы) . <URL:http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=214231>.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности / В.И. Ролдугин. – М. : ЦУП Интеллект, 2008. – 568 с.
5.	Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества / И.В. Мелихов. – М. : БИНОМ, 2006. – 309 с.
6.	Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов / Ю.Д. Гамбург. - М. : Янус-К, 1997. - 384 с.
7.	Поветкин В.В. Структура и свойства электролитических сплавов / В.В. Поветкин, И.М. Ковенский, Ю.И. Устиновщиков. – М. : Наука, 1992. – 255 с.
8.	Суздалев И.П. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздалев. – М. : КомКнига, 2006. – 592 с.
9.	Помогайло А.Д. Наночастицы металлов в полимерах / А.Д. Помогайло, А.С.

	Розенберг, И.Е. Уфлянд. – М. : Химия, 2000. – 672 с.
10.	Методы получения и свойства нанообъектов / Н.И. Минько [и др]. – М.: Флинта : Наука, 2009. – 168 с.
11.	Рамбиди Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 456 с.
12.	Прикладная электрохимия / под ред. А.П.Томилова. – М. : Химия, 1984. – 520 с.
13.	Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии / Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург. – Долгопрудный: Интеллект, 2008. – 423 с.
14.	Электрохимия /Ф.Миомандр [и др.] – М.: Техносфера, 2008. – 359 с.
15.	Барабошкин А.Н. Электрокристаллизация из расплавленных солей /А.Н. Барабошкин. – М. : Наука, 1976. – 279 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)**:**

№ п/п	Источник
16.	Зональная Научная Библиотека ВГУ www.lib.vsu.ru
17.	Ковенский И.М. Металловедение покрытий / И.М. Ковенский, В.В. Поветкин. – М. : СП Интермет Инжиниринг, 1999. – 296 с. http: // www.galvanicrus.ru /lit /books.php
18.	Григорян Н.С. Фосфатирование. / Н.С. Григорян, Е.Ф. Акимова, Т.А. Ваграмян. – М. : Глобус, 2008. – 144 с. http: // www.galvanicrus.ru /lit /books.php
19.	Интернет портал для химиков http://www.chemweb.com
20.	Интернет-ресурсы - библиотека http://www.twirpx.com
21.	Портал научно-технической информации ЭБ Нефть и Газ 2007www.nglib.ru
22.	Интернет портал образовательных ресурсов http://window.edu.ru
23.	ЭУМК "Физикохимия процессов фазообразования" https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3990

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Физикохимия процессов фазообразования : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: С.Н. Грушевская, Н.В. Соцкая. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. <URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-187.pdf>.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины проводятся лекции, текущая аттестация в форме письменных контрольных работ, практические и лабораторные занятия.

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения и различные дистанционные образовательные технологии, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (https://edu.vsu.ru) и/или “МООК ВГУ” (https://mooc.vsu.ru), проведение вебинаров, видеоконференций (в том числе с применением сервисов Zoom, Discord и др.), взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционные занятия Учебная (лекционная) аудитория 167: типовое оборудование учебной аудитории, доска, ноутбук, проектор, экран.
Практические занятия Лаборатория общего практикума по физической и коллоидной химии - лаб. 176. Доска меловая, ученические и химические лабораторные столы, химические реактивы и химическая посуда, шкаф вытяжной, водяная баня, термостат, электроплитка, весы аналитические, мультиметры, источники питания, Учебно-лабораторный комплекс «Физическая и коллоидная химия»: модуль «Термодинамика», модуль «Фазовое равновесие», модуль «Кинетика».
Лабораторные занятия Лаборатория общего практикума по физической и коллоидной химии - лаб. 176. Доска меловая, ученические и химические лабораторные столы, химические реактивы и химическая посуда, шкаф вытяжной, водяная баня, термостат, электроплитка, весы аналитические, мультиметры, источники

питания, Учебно-лабораторный комплекс «Физическая и коллоидная химия»: модуль «Термодинамика», модуль «Фазовое равновесие», модуль «Кинетика». Лаборатория общего практикума по физической химии (Электрохимия) - лаб. 177. Доска меловая, ученические и химические лабораторные столы, химические реактивы и химическая посуда, шкаф вытяжной, реактивы, весы аналитические, мультиметры, источники питания, потенциостат-гальваностат IPC-compact, компьютеры, учебно-лабораторный комплекс «Электрохимия». Программные продукты, Microsoft Windows WinSvrStd 2012 RUS OLP; NL Acdmc 2 Proc; ПО ЭВМ MicrosoftImagine; Premium Renewed Subscription
Обеспечение лабораторного практикума - Лаборантская (лаб. 174): химические реактивы, оборудование и химическая посуда, аквадистиллятор.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся, ауд. 271 - Дисплейный класс. Учебная мебель, компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ - 12 шт, принтер лазерный HP - 3 шт, мультимедиа-проектор 2 шт, ноутбук, экран на треноге Программные продукты, Microsoft Windows WinSvrStd 2012 RUS OLP; NL Acdmc 2 Proc; ПО ЭВМ MicrosoftImagine; Premium Renewed Subscription

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.1	Механизмы нуклеации и морфология растущей поверхности	ПК-2.1 ПК-3.1	ПК-2.1, 2.2 ПК-3.1, 3.2	Практическое задание
1.2	Структура осадков металлов и сплавов	ПК-2.1 ПК-3.1	ПК-2.1, 2.2 ПК-3.1, 3.2	Практическое задание
1.3	Термодинамика фазообразования	ПК-2.1 ПК-3.1	ПК-2.1, 2.2 ПК-3.1, 3.2	Лабораторная работа, контрольная работа
1.4	Кинетика фазообразования	ПК-2.1 ПК-3.1	ПК-2.1, 2.2 ПК-3.1, 3.2	Лабораторная работа, Практическое задание
1.5	Электроосаждение металлов и сплавов	ПК-2.1 ПК-3.1	ПК-2.1, 2.2 ПК-3.1, 3.2	Лабораторная работа, Практическое задание
1.6	Физико-химические основы использования моделей нуклеации в технологических процессах	ПК-2.1 ПК-3.1	ПК-2.1, 2.2 ПК-3.1, 3.2	Лабораторная работа, Практическое задание Контрольная работа
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Комплект КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); письменных работ (контрольные работы и рефераты); тестирования; оценки результатов практической деятельности (лабораторные работы).

Текущая аттестация обеспечивает проверку освоения учебного материала, приобретения знаний, умений и навыков в процессе аудиторной и самостоятельной работы. Она включает регулярные отчеты по лабораторным работам, выполнение тестовых и иных заданий к лекциям. При подготовке к текущей аттестации студенты изучают рекомендованную преподавателем литературу по темам лекционных и лабораторных занятий, самостоятельно осваивают

понятийный аппарат и закрепляют теоретические знания. Планирование и организация текущих аттестации знаний, умений и навыков осуществляется в соответствии с содержанием рабочей программы и календарно-тематическим планом с применением фонда оценочных средств. Текущая аттестация является обязательной, ее результаты оцениваются в балльной системе и могут быть учтены при промежуточной аттестации обучающихся.

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Задания для контрольной работы

1. Определить размер критического зародыша и работу его образования при степени пересыщения, равной трем, в процессе конденсации водяного пара на высоте 2 км, если известно, что с повышением на каждые 100 м температура влажного воздуха снижается на 0,44^{0}С. Температура в нижнем слое атмосферы составляет 30^{0}С. Как изменятся полученные результаты, если высота достигнет 5; 10 км? Зависимости плотности и поверхностного натяжения воды от температуры найти в справочнике.

2. Рассчитать радиус критического зародыша и энергию его образования при водяного пара при давлении 0,9 атм, если поверхностное натяжение воды 0,072 Н/м, а молярный объем 18 см^3/моль. Что изменится, если давление снизится до 0,8 и 0,7 атм? Получить графические зависимости энергии образования зародышей от их размера в трех разных условиях.

3. Определить размер кубических зародышей NaCl, кристаллизующихся из пересыщенного 80%-ного раствора, если концентрация насыщенного при 25^{0}С раствора составляет 60%. Плотность твердого NaCl 13,55 г/см^3, поверхностное натяжение 0,115 Н/м.

4. Рассчитать размер критического зародыша при кристаллизации (600^{0}С) хлорида лития из его расплава, если молярная теплота плавления 13,4 кДж/моль, температура плавления 605^{0}С, поверхностное натяжение LiCl 1,7 Н/м.

5. Рассчитать размер критических зародышей кадмия и энергию их образования при температуре 590^{0}С.

6. Зависимость давления насыщенного пара меди от температуры выражается уравнением: $\lg p^0$ = A-B/T (мм рт.ст.), где A = 8,5; B = 16600. Получить зависимость размера критического зародыша от температуры для процесса кластеризации меди из ее паров при давлении 1 мм рт.ст. Рассчитать размер зародышей, полученных при 1600^{0}С; 1500^{0}С; 1400^{0}С.

7. При каком перенапряжении следует вести электроосаждение меди из сульфатного раствора, чтобы получить кубические зародыши со стороной грани 0,4 нм? Молярный объем меди 7,1 см^3/моль, поверхностное натяжение 1,354 Н/м.

8. Какой режим нуклеации будет осуществляться при электроосаждении меди на платине при температуре 20^{0}С и перенапряжении 0,1 В, если параметр решетки равен 0,36 нм; молярный объем 7,1 см^3/моль; поверхностное натяжение 1,354 Н/м; флотационная сила 0,054 Н/м?

9. Никель осаждают на собственную подложку при перенапряжении 0,05 В. Определить работу образования критического зародыша кубической формы и количество атомов в нем, если поверхностное натяжение никеля 1,75 Н/м, а плотность 13,55 г/см^3.

10. Сравните объемы зародышей жидкого этанола критического размера при гомогенном и гетерогенном образовании. Температура 20^{0}С, давление 4000 Па, давление насыщенного пара 5333 Па, поверхностное натяжение 22 мДж/м^2, плотность 0,789 г/см^3, краевой угол смачивания 95^0.

11. Получена экспериментальная зависимость плотности тока от времени:

t, с	1	2	3	4	5	6	7	8
i, мкА/см^2	1	3,9	9,1	15,7	24,9	36,3	48	65

Определить характер активации потенциальных центров 2D-зародышеобразования и природу лимитирующей стадии. Перекрывание зон растущих зародышей не учитывать.

12. Получена экспериментальная зависимость плотности тока от времени:

t, с	1	2	3	4	5	6	7	8
i, мА/см^2	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,24	0,28	0,32

Определить характер активации потенциальных центров, тип зародышеобразования и природу лимитирующей стадии, если известно, что гидродинамический режим не оказывает влияния на скорость процесса. Перекрывание зон растущих зародышей не учитывать.

13. Получена экспериментальная зависимость плотности тока от времени:

t, с	1	2	3	4	5	6
i, мкА/см^2	1	7,8	27,2	63,9	126	215

Предложите модель 3D-нуклеации. Перекрывание зон растущих зародышей не учитывать.

14. Получена экспериментальная зависимость плотности тока от времени:

t, с	1	2	3	4	5	6	7	8	9
i, мкА/см^2	3	6	9	12	15	18	21	24	27

Определить характер активации потенциальных центров, тип зародышеобразования и природу лимитирующей стадии, если установлено влияние перемешивания раствора на скорость процесса. Перекрывание зон растущих зародышей не учитывать.

Практические задания

1. Оксидирование меди проводят в растворе, содержащем 150 г/л NaOH при плотности тока i = 0,5 А дм$^{-2}$, напряжении U = 6 В и температуре T = 80°С. Определить молярную концентрацию раствора и толщину оксидного слоя, сформированного за 10 минут, если площадь подложки S = 50 см^2.

2. Как долго следует проводить оксидирование цинка площадью 10 см^2 в растворе $K_2Cr_2O_7$ при комнатной температуре и плотности тока i = 0,5 А дм$^{-2}$, чтобы получить оксидный слой толщиной 0,1 мкм. Учесть, что выход по току составляет 80%.

3. Металлическую поверхность площадью 100 см^2 необходимо покрыть слоем кадмия толщиной 0,38 мм. Сколько времени следует проводить электролиз током 2,5 А, если выход кадмия по току составляет 90%. Плотность кадмия равна 8,65 г·см$^{-3}$.

4. Железный лист, общая поверхность которого равна 1000 см^2, опущен в качестве катода в раствор соли цинка. Какой толщины достигнет слой цинка, выделившегося за 25 мин на катоде, если средняя плотность тока равна 2,5 А·дм$^{-2}$. Плотность цинка равна 7,15 г·см$^{-3}$.

5. Через раствор $ZnCl_2$ в ячейке с Pt-электродами пропустили заряд 6 А·ч, при этом на электроде выделилось 6,52 г цинка. Определить выход по току процесса осаждения цинка.

6. При пропускании электрического тока через водный раствор, содержащий смесь $NiCl_2$ и $FeCl_2$, прошел заряд 57900 Кл. Найти массы Ni и Fe, выделившихся на катоде в мольном соотношении 2:1, считая выход по току 100%.

7. Электролиз водного раствора $AgNO_3$ продолжался 2 часа. Ток в это время изменялся по закону $I = 1/(t + a)$ (t – время в часах, a – постоянная). При этом на катоде выделилось 5,98 г серебра. Скорость растворения серебряного анода в конце электролиза оказалась равна $4{,}48 \cdot 10^{-6}$ г·с$^{-1}$. Рассчитать выход по току.

8. Плотность Tl равна 11,85 кг·дм$^{-3}$. Вычислить электрический заряд, необходимый для электроосаждения одного монослоя Tl на электроде с истинной площадью поверхности 0,0176 см^2 из раствора Tl^+. Принять, что атомы имеют форму куба и плотно упакованы.

9. Амальгаму кадмия получали, пропуская постоянный ток силой 500 мА через водный раствор соли Cd^{2+}, используя в качестве катода каплю донной ртути массой 10 г. Получите зависимость массовой доли кадмия ω в амальгаме от времени пропускания тока. Сколько времени нужно, чтобы получить амальгаму с ω = 10%?

10. Металлическая деталь, поверхность которой равна 100 см^2, должна быть покрыта слоем электролитически осажденного никеля толщиной 0,3 мм. а) Сколько времени должно длиться осаждение при силе тока 3 А? б) Сколько времени потребуется на осаждение того же количества никеля, если выход по току 90%? Плотность никеля ρ = 9 г·см$^{-3}$.

Примеры заданий для лабораторных работ

- Электрохимическое получение дисперсной платины;
- Электроосаждение меди;
- Электрохимическое получение цинковых покрытий;
- Электрохимическое осаждение оксидных фаз;
- Совместное электроосаждение меди и цинка;
- Электроосаждение сплавов Ni-Zn.

После выполнения каждой лабораторной работы проводится качественный и количественный анализ полученных результатов, с ответами на следующие вопросы:

- Какие электрохимические реакции лежат в основе метода;
- Каковы термодинамические предпосылки роста новой фазы;
- Рассчитать размер критических зародышей и работу их образования;

- Какая морфология характерна для полученных осадков? Как она зависит от технологических параметров процесса?
- Рассчитать скорость роста осадка при различных количественных параметрах электролиза;
- Определить геометрию растущих зародышей, тип активации потенциальных центров зародышеобразования и природу лимитирующей стадии.

Отчет по лабораторной работе оформляется по краткому плану:

1. Название работы
2. Цель и задачи.
3. Перечень оборудования и реактивов.
4. Ход работы с описанием методики эксперимента, схемами установок, расчетными уравнениями, уравнениями химических реакций, таблицами данных и графиками.
5. Выводы по работе, содержащие основные результаты работы с указанием погрешности определяемых величин.

Критерии оценивания практических заданий, контрольных и лабораторных работ:

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся самостоятельно подбирает методику проведения эксперимента, проводит эксперимент с соблюдением норм техники безопасности, применяет стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных, а также теоретические модели и полуэмпирические методы при выполнении практических заданий и обработке экспериментальных результатов, грамотно интерпретирует результаты эксперимента, опираясь на базовые знания в области физической химии и электрохимии, формулирует выводы. Оформляет отчет по результатам работы с ответом на перечисленные выше вопросы.	*Отлично*
Обучающийся с помощью преподавателя подбирает методику проведения эксперимента, проводит эксперимент с соблюдением норм техники безопасности, неуверенно применяет стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных, а также теоретические модели и полуэмпирические методы при выполнении практических заданий и обработке экспериментальных результатов, допускает незначительные ошибки в интерпретации результатов эксперимента. В оформлении отчета по результатам работы имеются незначительные отклонения от требований.	*Хорошо*
Обучающийся затрудняется подобрать методику проведения эксперимента, не способен применять стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных, а также теоретические модели и полуэмпирические методы при выполнении практических заданий и обработке экспериментальных результатов, допускает серьезные ошибки в интерпретации результатов эксперимента. В оформлении отчета по результатам работы имеются значительные отклонения от требований стандартов.	*Удовлетворительно*
Обучающийся не способен выбрать методику проведения эксперимента, не может применять стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных, а также теоретические модели и полуэмпирические методы при выполнении практических заданий и обработке экспериментальных результатов, не владеет базовыми знаниями в области физической химии и электрохимии для интерпретации результатов эксперимента.	*Неудовлетворительно*

20. 2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Экзамен проводится во время экзаменационной сессии. Получив КИМ, обучающийся готовит краткий письменный ответ в течение 30-40 минут без использования любых источников информации. После окончания подготовки проводится устное собеседование по вопросам КИМ.

При необходимости преподаватель может задать дополнительные вопросы, которые отражаются в листе ответа обучающегося. Его ответы фиксируются там же. При оценивании ответа обучающегося учитывается его работа в семестре и результаты текущей аттестации.

Критерии оценивания на экзамене:

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области электрохимической термодинамики и электрохимической кинетики	*Отлично*
Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, допускает ошибки при применении теоретических знаний для решения практических задач в области электрохимической термодинамики и электрохимической кинетики	*Хорошо*
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, фрагментарно умеет применять теоретические знания для решения практических задач в области электрохимической термодинамики и электрохимической кинетики	*Удовлетворительно*
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при применении теоретических знаний для решения практических задач в области электрохимической термодинамики и электрохимической кинетики	*Неудовлетворительно*

Контроль успеваемости по дисциплине на экзамене осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Комплект КИМ

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров

__.__.20__

Направление подготовки 04.04.01 Химия
Дисциплина Физико-химические модели фазообразования
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Способы управления морфологией растущей поверхности металла.

2. Теории мгновенного и прогрессирующего зародышеобразования.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров

__.__.20__

Направление подготовки 04.04.01 Химия
Дисциплина Физико-химические модели фазообразования
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Нормальный и слоевой рост электрохимических покрытий.

2. Термодинамика 3D-нуклеации в объеме материнской фазы.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров

__.__.20__

Направление подготовки 04.04.01 Химия
Дисциплина Физико-химические модели фазообразования
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Кинетические модели роста осадка.

2. Атомистический подход к термодинамике нуклеации.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров

__.__.20__

Направление подготовки 04.04.01 Химия
Дисциплина Физико-химические модели фазообразования
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 4

1. Термодинамика 3D-нуклеации на границе раздела.

2. Электроосаждение сплавов.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров

__.__.20__

Направление подготовки 04.04.01 Химия
Дисциплина Физико-химические модели фазообразования
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 5

1. Условия перехода от 3D- к 2D- нуклеации.

2. Равновесное и стационарное распределение зародышей по размерам. Потоки зародышей в пространстве размеров.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров

__.__.20__

Направление подготовки 04.04.01 Химия
Дисциплина Физико-химические модели фазообразования
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 6

1. Гетерогенное 2D-зародышеобразование.

2. Механизм прямого встраивания. Кинетический и диффузионный режимы.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров

__.__.20__

Направление подготовки 04.04.01 Химия
Дисциплина Физико-химические модели фазообразования
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 7

1. Роль адгезии в процессе гетерогенного зародышеобразования.

2. Особенности осаждения металлов из комплексных электролитов.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров

__.__.20__

Направление подготовки 04.04.01 Химия
Дисциплина Физико-химические модели фазообразования
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 8

1. Условия и термодинамические особенности осаждения при недонапряжении

2. Механизм поверхностной диффузии. Кинетический и диффузионный режимы.
.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров

__.__.20__

Направление подготовки 04.04.01 Химия
Дисциплина Физико-химические модели фазообразования
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 9

1. Зависимость размера критического зародыша от условий роста новой фазы.

2. Способы локализации электрохимических покрытий.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физической химии

д.х.н., доц. _____ О.А. Козадеров

__.__.20__

Направление подготовки 04.04.01 Химия
Дисциплина Физико-химические модели фазообразования
Форма обучения очное
Вид контроля экзамен
Вид аттестации промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 10

1. Специфика электрокристаллизации (зависимость поверхностного натяжения на межфазных границах и краевого угла пузырька газа от перенапряжения; концентрационная и омическая составляющие перенапряжения).

2. Кинетическое описание процессов, сопровождающих зародышеобразование и способы оценки их вклада в общий поток.

.

Преподаватель _____ к.х.н., доц. С.Н. Грушевская

При реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий оценки за экзамен/зачет могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре.

20.3. Оценочные средства для диагностической работы

Внимание! Для выполнения заданий обучающиеся могут пользоваться калькулятором, таблицей Менделеева и таблицей растворимости веществ

ПК-2

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1. Укажите выражение для расчета степени отклонения системы от равновесия при переохлаждении расплава ниже температуры кристаллизации T^0 (выберите один вариант):
   1) $\Delta\mu = \Delta H_{пл}(T^0-T)$ 2) $\Delta\mu = \Delta H_{пл}(T^0-T)/T^0$
   3) $\Delta\mu = RT\ln(T/T^0)$ 4) $\Delta\mu = RT\ln(T-T^0)/ T^0$
2. Что является основным параметром при определении степени пересыщения (через разности химических потенциалов) при превышении стандартного равновесного потенциала электродного процесса (выберите один вариант):
   1) давление 2) температура
   3) перенапряжение 4) концентрация
3. Для какого типа нуклеации допустимо условие недонасыщения ($\Delta\mu < 0$) (выберите один вариант):
   а) гетерогенная 2D в) гетерогенная 3D
   б) гомогенная 3D г) ни один из перечисленных

4. Необходимым условием осаждения при недонапряжении является (выберите один вариант):

1) $\Delta\sigma = \Delta\mu$ 2) $\Delta\sigma = 0$ 3) $\Delta\sigma > 0$ 4) $\Delta\sigma < 0$

5. С повышением степени пересыщения размер критического зародыша новой фазы (выберите один вариант):

1) не меняется 2) уменьшается
3) увеличивается 4) зависит от условий

6. Активность адсорбированных 2D-слоев на инородной подложке (выберите один вариант):

1) =1 2) >1 3) <1 4) ≠1

Ключи

Вопросы	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Ответы	2	3	1	4	2	3

2. Открытые задания (средний уровень сложности)

1. Минимальное скопление частиц новой фазы, находящееся в равновесии с первичной, называется критический _____. (вставить слово)

2. Формирование зародышей новой фазы в объеме материнской фазы называют _____ нуклеацией. (вставить слово)

Ключи

Вопросы	**1**	**2**
Ответы	зародыш	гомогенной

3) открытые задания (повышенный уровень сложности):

1. Какому перенапряжению соответствует разность химических потенциалов в 965 Дж/моль, если в процессе участвует 1 электрон? Ответ укажите в милливольтах (мВ) с точностью до целого числа.

2. Рассчитать разность химических потенциалов между пересыщенным паром (при температуре 25^0С и давлении 10 атм) и образующимися каплями воды. Ответ представить в кДж/моль, округлив до целого числа.

Ключи

Задача	**1**	**2**
Ответы	10	6

ПК-3

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1. Рост осадка по механизму Франка - Ван-дер-Мерве не включает стадию (выберите один вариант):

1) диффузия в растворе 2) образование зародыша
3) поверхностная диффузия 4) адсорбция

2. Рост осадка по механизму Фольмера-Вебера не включает стадию (выберите один вариант):

1) диффузия в растворе 2) образование смачивающего слоя
3) образование зародыша 4) поверхностная диффузия

3. Для процесса роста осадка по механизму Странски-Крастанова характерно наличие стадии (выберите один вариант):

1) диффузия в растворе 2) образование зародыша
3) поверхностная диффузия 4) образование смачивающего слоя

4. При увеличении величины угла смачивания инородной подложки фазой растущего зародыша работа зародышеобразования (выберите один вариант):
1) становится больше 2) становится меньше
3) не меняется 4) зависит от условий

5. Укажите основную особенность атомистического приближения теории нуклеации (выберите один вариант):
1) учет немонотонного характера изменения энтропии при присоединении каждого последующего атома к зародышу
2) учет роли инородной подожки в механизме нуклеации
3) учет геометрической формы растущего зародыша
4) учет величины угла смачивания при расчете работы зародышеобразования

6. Для повышения качества электрохимических покрытий необходимо (выберите один вариант):
1) исключить перемешивание раствора
2) повысить плотность тока
3) понизить концентрацию ионов за счет комплексообразующих агентов
3) понизить температуру.

Ключи

Вопросы	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Ответы	3	2	4	4	1	3

2. Открытые задания (средний уровень сложности)

1. Ток электрокристаллизации из расплава, как правило, _____ (вставить слово), чем ток электрокристаллизации из раствора

2. На атомно-шероховатой поверхности с высокой концентрацией активных центров зародышеобразования реализуется _____(вставить слово) рост трехмерного осадка, характеризующийся отсутствием ярко выраженной кристалличности, наличием сфероидов и блоков.

Ключи

Вопросы	**1**	**2**
Ответы	больше	нормальный

3) Открытые задания (повышенный уровень сложности)

1. Определить выход по току (в процентах) в процессе электрохимического осаждения серебра из раствора $AgNO_3$, если при пропускании 96500 Кл электричества на катоде образовалось 0,7 моль серебра.

Ответ: 70%

2. Оксидирование образца меди проводят в растворе NaOH при плотности тока i = 50 А $м^{-2}$. Определить толщину слоя оксида Cu(II), сформированного за 10 минут. Учесть, что плотность оксида Cu(II) составляет 6310 кг $м^{-3}$, а выход по току составляет 100%. Ответ привести в мкм с точностью до целых.

Ответ: 2

Ключи

Задача	**1**	**2**
Ответы	70%	2

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) открытые задания (мини-кейсы, средний уровень сложности):

- 2 балла – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
- 1 балл - выполнение задания содержит незначительные ошибки, в целом дан правильный ответ, но неверно аргументирован и обоснован;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).

3) открытые задания (повышенный уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
- 2 балл - выполнение задания содержит незначительные ошибки, в целом дан правильный ответ, но неверно аргументирован и обоснован;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).