

**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

СОГЛАСОВАНО
**Руководитель образовательной
программы**

_____ **Кушхов Х.Б.**

«___» _____ **2022г.**

Утверждаю
Директор ИХиБ

_____ **Бажева Р.Ч.**

«___» _____ **2022г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«Б1.В.ДВ.01.01. Электрохимическая термодинамика»

04.04.01 - Химия

(код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки
Электрохимия
(наименование профиля подготовки)

Квалификация (степень) выпускника
«Магистр»

Форма обучения
очная

Нальчик 2022 г.

Рабочая программа дисциплины «Электрохимическая термодинамика»
Составитель Х.Б. Кушхов – Нальчик: ФГБОУ ВО КБГУ, 2022. – 21 с.

Программа соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования и Примерной основной образовательной программе.

Рабочая программа предназначена для студентов очной формы обучения по направлению подготовки магистров 04.04.01 - Химия по профилю «Электрохимия» в 1-м семестре.

Рабочая программа составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.04.01. Химия (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	12
Учебно-методическое обеспечение дисциплины	18
Материально-техническое обеспечение дисциплины	20
Лист изменений (Дополнений) в рабочую программу по дисциплине	22

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью настоящего курса является освоение теоретических основ и количественного описания электрохимических равновесий на границе электрод-раствор, равновесия в электрохимической цепи, классификации электродов и электрохимических цепей, мембранное равновесие и мембранный потенциал.

Знание структуры границы раздела между электродом и раствором имеет очень большое значение при изучении кинетики и механизма электрохимических реакций. Поэтому целью настоящего курса также является изучение связи электрических и адсорбционных явлений на границе раздела фаз, емкости двойного слоя, электрокапиллярных явлений, модельных теорий двойного электрического слоя на границе электрод-раствор электролита, полупроводник-раствор, электрод-расплав электролита.

Все изложенное выше определяет следующие *задачи* изучения курса «Электрохимическая термодинамика»:

- а) изучить термодинамику электрохимических систем и теорию двойного электрического слоя с точки зрения физики и химии;
- б) дать магистрантам дополнительные знания по термодинамике электрохимических систем и теории двойного электрического слоя.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 «Электрохимическая термодинамика» относится к дисциплинам по выбору вариативной части ОПОП для изучения в 1-м семестре магистрантами очной формы обучения направления подготовки 04.04.01 Химия (Электрохимия).

До изучения дисциплины «Электрохимическая термодинамика», студенты должны получать знания по дисциплинам профессионального цикла «Электрохимическая термодинамика», «Высокотемпературная электрохимия», Принципы конструирования и работы электрохимической аппаратуры».

Дисциплина «Электрохимическая термодинамика» содержательно взаимосвязана с дисциплинами общенаучного и профессионального цикла «Принципы конструирования и работы электрохимической аппаратуры», «Компьютерные технологии в науке и образовании», «Высокотемпературная электрохимия», «Научно-исследовательская работа и практика».

Дисциплина позволит расширить теоретическую подготовку магистра, получить практические навыки по методам исследования электрохимических процессов.

Освоение основных положений данной дисциплины необходимо для прохождения преддипломной практики и написания выпускной магистерской работы.

3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих профессиональных компетенций в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (уровень высшего образования) подготовки кадров высшей квалификации направления подготовки 04.04.01 Химия (Электрохимия):

владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований (ПК-2).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** - принципиальные основы, возможности и ограничения применения электрохимических методов исследования химических объектов (З1);
- **Уметь:** - проводить комплексный анализ получаемых продуктов, исследование физико- химических закономерностей и контролировать протекание процессов на серийном и сложном научном оборудовании (У1);
- **Владеть:** - теоретическими основами и практическими навыками работы на серийном и сложном научном оборудовании (В1).

4. Содержание и структура дисциплины

Таблица 1. Содержание дисциплины (модуля) «Электрохимическая термодинамика»

№ п/п	Наименование раздела/ темы	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4 ¹
1.	Элементы химической и электрохимической термодинамики.	Элементы химической термодинамики. Термодинамика обратимых электрохимических систем. Необратимые электрохимические системы.	ЛР К РК Т презентации
2.	Скачки потенциала на фазовых границах	Скачки потенциала на фазовых границах. Понятие внутреннего, внешнего и поверхностного потенциалов. Разности потенциалов Гальвани и Вольта. Электрохимический потенциал.	ЛР К РК Т
3.	Равновесие в электрохимической цепи	Условие электрохимического равновесия и механизм его установления. ЭДС электрохимической цепи. Правило знаков ЭДС. Зависимость ЭДС от активности отдельных компонентов.	ЛР К РК Т
4.	Окислительно-	Окислительно-восстановительные	ЛР

¹ В графе 4 приводятся планируемые формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), домашнего задания (ДЗ) написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т) и т.д.

	восстановительные полуреакции и понятие электродного потенциала.	реакции и понятие электродного потенциала. Правило знаков электродных потенциалов. Стандартный электродный потенциал.	К РК Т
5.	Классификация электродов	Классификация электродов. Электроды первого рода. Электроды второго рода. Газовые электроды. Амальгамные электроды. Окислительно-восстановительные электроды. Правило Лютера.	ЛР К РК Т
6.	Мембранные потенциалы	Мембранные потенциалы. Некоторые свойства полупроницаемых мембран. Равновесие Доннана. Потенциал Доннана. Мембранные потенциалы. Ионоселективные и ферментные электроды. Стекланный электрод. Биологические мембраны и биоэлектрохимия.	ЛР К РК Т
7.	Электрохимические цепи	Электрохимические цепи. Принципы классификации электрохимических цепей. Типы электрохимических цепей. Физические цепи. Аллотропические цепи. Гравитационные цепи. Концентрационные цепи. Концентрационные цепи с переносом и без переноса. Химические цепи. Простые, сложные и сведенные химические цепи. Метод ЭДС при определении коэффициентов активности, чисел переноса, произведения растворимости, констант равновесия ионных реакций.	ЛР К РК Т
8.	Связь электрических и адсорбционных явлений	Явление адсорбции на границе раздела фаз; понятие поверхностного избытка и поверхностной концентрации. Различные случаи образования двойного слоя. Потенциал нулевого заряда.	ЛР К РК Т
9.	Электрокапиллярные явления	Электрокапиллярные явления. Вывод и проверка основного уравнения электрокапиллярности. Электрокапиллярные кривые ртутного электрода. Методы исследования электрокапиллярных свойств твердых электродов. Различие между пограничным натяжением и обратимой поверхностной работой.	ЛР К РК Т

10	Импеданс двойного слоя	Импеданс двойного слоя. Метод комплексных амплитуд при решении задач об электродном импедансе. Форма кривых интегральной и дифференциальной емкости в различных растворах.	ЛР К РК Т
11	Методы изучения двойного слоя и явлений адсорбции на платиновых электродах.	Методы изучения двойного слоя и явлений адсорбции на платиновых металлах: адсорбционный метод, метод кривых заряжения, потенциодинамический метод, метод изоэлектрических сдвигов потенциала, потенциометрическое титрование в изоэлектрических условиях. Термодинамическая теория поверхностных явлений на электродах, адсорбирующих атомарный водород. Закономерности адсорбции водорода и кислорода на платиновом электроде. Методы изучения поверхностного слоя на границе раствор – воздух. Сопоставление данных по адсорбции ионов и органических молекул на границе раздела раствор / ртуть и раствор / воздух.	ЛР К РК Т
12	Природа ЭДС и электродного потенциала	Природа ЭДС и электродного потенциала. Теория возникновения электродного потенциала. Проблема Вольта и проблема абсолютного скачка потенциала. Осмотическая теория Нернста. Сольватационная теория электродного потенциала. Теория Писаржевского-Изгарышева. Дальнейшее развитие сольватационной теории. О роли сольватированных электронов в формировании ЭДС. Концепция электронного равновесия на границе металл - раствор.	ЛР К РК Т
13	Модельные теории двойного электрического слоя.	Модельные теории двойного электрического слоя. Выводы основных уравнений в теориях Гельмгольца и Гуи-Чапмена; недостатки этих теорий, основные положения теории Штерна и их экспериментальная проверка. Представление Грэма о двойном слое при отсутствии и при наличии специфической адсорбции ионов. Дискретная природа зарядов в слое специфически адсорбированных	ЛР К РК Т

		анионов; эффект Есина-Маркова и его модельная интерпретация. Теория двойного слоя при адсорбции органических молекул; изотерма Фрумкина; модель двух параллельных конденсаторов. Двойной электрический слой на границе полупроводник/раствор. Двойной электрический слой в расплавленных солях.	
--	--	---	--

На изучение курса отводится 144 часов (4 з.е.), из них: контактная работа 68 ч., в том числе лекционных – 34 часов; практических (семинарских) – 34 часов; самостоятельная работа студента 49 часа; завершается экзаменом (27 часов).

Структура дисциплины (модуля) «Электрохимическая термодинамика»

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часов)

Вид работы	Трудоемкость, часов / зачетных единиц	
	1 семестр	всего
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Контактная работа (в часах):	68	68
<i>Лекционные занятия (Л)</i>	<i>34</i>	<i>34</i>
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	<i>34</i>	<i>34</i>
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	-	-
Самостоятельная работа (в часах):	49	49
Самостоятельное изучение разделов	20	20
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.),	29	29
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	27	27
Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Экзамен

Таблица 3. Лекционные занятия

№ п/п	Тема
1	Элементы химической и электрохимической термодинамики. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – раскрыть основные представления и понятия электрохимической термодинамики.
2	Скачки потенциала на фазовых границах. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить понятие «электрохимический потенциал»
3	Равновесие в электрохимической цепи. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – раскрыть зависимость ЭДС от активности отдельных компонентов
4	Окислительно-восстановительные полуреакции и понятие электродного потенциала. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить окислительно-восстановительные реакции и правило знаков электродных потенциалов
5	Классификация электродов. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить классификацию электродов
6	Мембранные потенциалы. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить мембранные потенциалы и раскрыть некоторые свойства полупроницаемых мембран
7	Электрохимические цепи. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить принципы классификации электрохимических цепей и типы цепей
	Связь электрических и адсорбционных явлений. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить явление адсорбции на границе раздела фаз
	Электрокапиллярные явления. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – уметь выводить и проверять основное уравнение электрокапиллярности.
	Импеданс двойного слоя. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить формы кривых интегральной и дифференциальной емкости в различных растворах
	Методы изучения двойного слоя и явлений адсорбции на платиновых электродах. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить термодинамическую теорию поверхностных явлений на электродах, адсорбирующих атомарный водород.
	Природа ЭДС и электродного потенциала. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – раскрыть концепцию электронного равновесия на границе металл - раствор.
	Модельные теории двойного электрического слоя. <i>Цель и задачи изучения темы</i> – изучить теории и различные модели ДЭС

Таблица 4. Практические занятия (семинарские занятия)

№ п/п	Тема
1.	Метод ЭДС при определении коэффициентов активности, чисел переноса, произведения растворимости, констант равновесия ионных реакций.

2.	Электрокапиллярные явления. Вывод и проверка основного уравнения электрокапиллярности.
3.	Термодинамическая теория поверхностных явлений на электродах, адсорбирующих атомарный водород. Закономерности адсорбции водорода и кислорода на платиновом электроде.
4.	Природа ЭДС и электродного потенциала.
5.	Условие электрохимического равновесия и механизм его установления. ЭДС электрохимической цепи.
6.	Необратимые электрохимические системы.
7.	Сопоставление данных по адсорбции ионов и органических молекул на границе раздела раствор / ртуть и раствор / воздух.
8.	Концепция электронного равновесия на границе металл - раствор.
9.	Теория двойного слоя при адсорбции органических молекул; изотерма Фрумкина; модель двух параллельных конденсаторов.

Таблица 5. Лабораторные работы по дисциплине (модулю) – не предусмотрены

Таблица 6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины (модуля)

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
	Электрокапиллярные явления на жидких и твердых электродах. Поверхностный избыток, адсорбционное уравнение Гиббса.
	Роль металлической обкладки в строении двойного электрического слоя.
	Методы изучения двойного слоя на металлах группы платины: адсорбционный метод, методы кривых заряжения, вольтамперометрии, изоэлектрических сдвигов потенциала, радиоактивных индикаторов.
	Оптические и рентгеновские методы изучения границы раздела электрод-раствор.
	Физические методы <i>ex situ</i> . Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия и другие зондовые методы. Сканирующая электрохимическая микроскопия.
	Двойной слой на границе раствор—воздух. Модельные теории двойного слоя. Вывод уравнений для заряда электрода в теориях Гуи-Чапмена, Штерна и Грэма. Эффект Есина- Маркова.
	Явление частичного переноса заряда при адсорбции ионов. Гидрофильность поверхности.
	Методы изучения и теория обратимой адсорбции органических соединений на электродах.
	Двумерные фазовые слои и фазовые переходы в поверхностных слоях.
	Методы изучения и характерные особенности адсорбции органических веществ на металлах платиновой группы.
	Строение двойного слоя на оксидных и полупроводниковых электродах. Двойной электрический слой на границе электрод/расплав и

	электрод/твердый электролит.
	Кристаллографическая структура поверхности и ее роль и строении двойного электрического слоя. Понятие о фрактальных поверхностях.
	Методы определения величины истинной поверхности электродов

5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В ходе изучения дисциплины предусматриваются ***текущий, рубежный контроль и промежуточная аттестация.***

1.1. Оценочные материалы для текущего контроля. Цель *текущего контроля* – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины «Электрохимическая термодинамика» и включает: ответы на теоретические вопросы на практическом занятии, решение практических задач и выполнение заданий на практическом и лабораторном занятиях, самостоятельное выполнение индивидуальных домашних заданий (например, решение задач) с отчетом (защитой) в установленный срок.

Оценка качества подготовки на основании выполненных заданий ведется преподавателем (с обсуждением результатов), баллы начисляются в зависимости от сложности задания.

Вопросы по темам дисциплины

1. Как доказать, что наблюдаемый предельный ток имеет диффузионную природу?
2. Для какого типа электрода и для какого режима его работы справедливо уравнение конвективной диффузии?
3. Какие параметры и коэффициенты, вычисленные из вольтамперных характеристик, характеризуют электрокаталитическую активность электродов?
4. Напишите известные вам электрохимические процессы, которые протекают в диффузионном режиме.
5. По каким формулам можно рассчитать коэффициент переноса и ток обмена?
6. Как можно повысить скорость электрохимических процессов, протекающих в диффузионном режиме?
7. Какие механизмы катодного восстановления водорода вам

известны?

. В каком случае скачок потенциала в эквипотенциальной точке выражен более резко: а) слабая кислота титруется сильным основанием, б) сильная кислота титруется сильным основанием?

9. Какова зависимость измеряемого предельного тока от потенциала электрода и концентрации анализируемого вещества?

10. Как найти число электронов, участвующих в электродном процессе?

11. В чем заключается метод снятия кривых заряжения? Какие параметры электрода можно определить этим методом?

12. Почему различаются количества электричества, затраченные на катодную поляризацию и на окисление сорбированного водорода?

13. Что такое разрядная (зарядная) характеристика аккумулятора?

14. Что такое величина емкости электрода и от каких факторов она зависит?

15. Какие стадии анодного и катодного процессов могут быть лимитирующими?

16. Каковы причины, обуславливающие различие вольт- амперных характеристик ХИТ при различных температурах?

17. Термодинамика растворов электролитов. Коэффициенты активности ионов и методы их определения. Равновесия в растворах электролитов.

18. Основные положения теории замедленного разряда. Ток обмена. Зависимость скорости реакции от температуры. Влияние структуры двойного электрического слоя и природы электрода на скорость стадии разряда.

19. Аккумуляторы с неводными растворами электролитов.

20. Теория кислот и оснований. Виды ион- ионного взаимодействия в растворах электролитов, ассоциация ионов. Применение теории Дебая—Хюккеля к растворам сильных и слабых электролитов.

21. Понятие о полном и свободном заряде электрода. Потенциалы нулевого свободного и нулевого полного заряда; методы их определения.

22. Понятие электродного потенциала; стандартный электродный потенциал. Уравнение Нернста. Концепция электронного равновесия на границе электрод—раствор.

23. Основные положения теории замедленного разряда. Ток обмена. Зависимость скорости реакции от температуры.

24. Литий - полимерный аккумулятор.

25. Механизм образования и принципы экспериментальных методов изучения двойного электрического слоя. Электрокапиллярные явления на жидких и твердых электродах. Поверхностный избыток, адсорбционное уравнение Гиббса.

26. Механизм реакции выделения водорода и электровосстановления кислорода на различных электродах. Роль адсорбции поверхностно-активных веществ в электрохимической кинетике.

27. Топливные элементы.

28. Электрокатализ. Сорбция и адсорбция водорода электродными материалами. Важнейшие типы электродных материалов.

29. Модельные теории двойного слоя. Вывод уравнений для заряда электрода в теориях Гуи- Чапмена, Штерна и Грэма. Эффект Есина - Маркова.

30. Фундаментальные аспекты электрохимии проводящих полимеров. Явление электрохимической интеркаляции. Электрохимические свойства интеркалированных материалов.

Критерии формирования оценок (оценивания) устного опроса

Устный опрос является одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине «Электрохимическая термодинамика». Развёрнутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения.

В результате устного опроса знания, обучающегося оцениваются по следующей шкале:

3 балла, ставится, если обучающийся:

- 1) полно излагает изученный материал, даёт правильное определенное электрохимических понятий;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные;
- 3) излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

2 балла, ставится, если обучающийся даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для балла «1», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

1 балл, ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:

- 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий;
- 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- 3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

0 баллов, ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке.

Баллы «3», «2», «1» могут ставиться не только за единовременный ответ, но и за рассредоточенный во времени, т.е. за сумму ответов, данных студентом на протяжении занятия.

Оценочные материалы для рубежного контроля.

Рубежный контроль осуществляется по более или менее самостоятельным разделам – учебным модулям курса и проводится по окончании изучения материала модуля в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля в целом. В течение семестра проводится ***три таких контрольных мероприятия по графику.***

В качестве форм рубежного контроля можно использовать тестирование (письменное или компьютерное), проведение коллоквиума или контрольных работ. Выполняемые работы должны храниться на кафедре в течение учебного года и по требованию предоставляться в Управление контроля качества. На рубежные контрольные мероприятия рекомендуется выносить весь программный материал (все разделы) по дисциплине.

Критерии формирования оценок по контрольным точкам (контрольные работы; коллоквиум)

(6 баллов) - ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов; обучающийся демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, решено 100% задач;

(5 баллов) – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов. Обучающийся демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, решено 70% задач;

(4 балла) – ставится за работу, если бакалавр правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой. Обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, дает неполный ответ, решено 55% задач

(менее 4 баллов) – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы. Обучающийся дает неверную оценку ситуации, решено менее 50 % задач.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов направлена на изучение теоретических основ метода, его аппаратного исполнения и возможностей. Уровень освоения материала проверяется собеседованием при подготовке к выполнению лабораторной работы и письменным отчетом (протоколом) о выполненной работе. Текущий контроль проводится в форме экзамена.

Вопросы для самоконтроля

Оценочные материалы для промежуточной аттестации. Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины. Осуществляется в конце семестра и представляет собой итоговую оценку знаний по дисциплине «Электрохимическая термодинамика» в виде проведения экзамена.

Промежуточная аттестация может проводиться в устной, письменной форме, и в форме тестирования. На промежуточную аттестацию отводится до 30 баллов.

ВОПРОСЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЭКЗАМЕН

1. Электрохимический потенциал. Внутренний, внешний, поверхностный, вольта и Гальвани-потенциалы.
2. Потенциал нулевого заряда. Пространственное разделение заряда и двойной электрический слой.
3. Связь электрических и адсорбционных явлений на границе раздела фаз. Уравнение Гиббса и Гиббса-Дюгена.
4. Равновесие на границе двух металлов.
5. Равновесие на границе металл с раствором, содержащим ионы этого металла.
6. Проблема Вольта. Пути решения проблемы Вольта.
7. Проблема абсолютного скачка потенциала и пути решения.
8. Зависимость ЭДС от активности компонентов электрохимической цепи. Уравнение Нернста.
9. Равновесие в электрохимической цепи. ЭДС цепи.
10. Адсорбционный метод изучения двойного электрического слоя.
11. Электрокапиллярные явления. Вывод основного уравнения электрокапиллярности.
12. Химические цепи.
13. Основные модельные представления о строении двойного электрического слоя. Теория Гуи-Чапмена
14. Классификация электродов.
15. Приложение уравнения Гиббса-Гельмгольца к электрохимическим цепям. Работа электрохимической цепи.
16. Зависимость формы электрокапиллярных кривых от концентрации и состава раствора.
17. Емкость двойного электрического поля. Измерение емкости двойного электрического слоя.
18. Электрическая цепь, содержащая границу двух растворов. Диффузионный потенциал. Элиминирование диффузионного потенциала.
19. Зависимость емкости двойного электрического слоя от концентрации и состава раствора.

20. Окислительно-восстановительные реакции и понятие электродного потенциала.
21. Концентрационные цепи без переноса.
22. Основные модельные представления о строении двойного электрического слоя. Теория Штерна. Основные модельные представления о строении двойного электрического слоя. Теория Гельмгольца.
23. Модельные представления о двойном электрическом слое при специфической адсорбции ионов.
24. Концентрационные цепи с переносом. Сдвоенные цепи.
25. Метод ЭДС для определения коэффициента активности, чисел переноса, произведения растворимости.

Критерии формирования оценок по промежуточной аттестации:

«отлично» (91 балл) – получают обучающиеся, которые свободно ориентируются в материале и отвечают без затруднений. Обучающийся способен к выполнению сложных заданий, постановке целей и выборе путей их реализации. Работа выполнена полностью без ошибок, решено 100% задач;

«хорошо» (81 балл) – получают обучающиеся, которые относительно полно ориентируются в материале, отвечают без затруднений, допускают незначительное количество ошибок. Обучающийся способен к выполнению сложных заданий. Работа выполнена полностью, но имеются не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов. Допускаются незначительные неточности при решении задач, решено 70% задач;

«удовлетворительно» (51 балл) – получают обучающиеся, у которых недостаточно высок уровень владения материалом. В процессе ответа на экзамене допускаются ошибки и затруднения при изложении материала. Обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой. Обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, дает неполный ответ, решено 55% задач;

«неудовлетворительно» (до 36 баллов) – получают обучающиеся, которые допускают значительные ошибки. Обучающийся имеет лишь начальную степень ориентации в материале. В работе число ошибок и недочетов превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы. Обучающийся дает неверную оценку ситуации, решено менее 50% задач.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Максимальная сумма (100 баллов), набираемая студентом по дисциплине включает две составляющие:

– первая составляющая – оценка регулярности, своевременности и

качества выполнения студентом учебной работы по изучению дисциплины в течение периода изучения дисциплины (семестра, или нескольких семестров) (сумма – не более 70 баллов). Баллы, характеризующие успеваемость студента по дисциплине, набираются им в течение всего периода обучения за изучение отдельных тем и выполнение отдельных видов работ.

– *вторая составляющая* – оценка знаний студента по результатам промежуточной аттестации (не более 30 баллов).

Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Критерии оценки качества освоения дисциплины

Оценка «отлично» – от 91 до 100 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. На экзамене студент демонстрирует глубокие знания предусмотренного программой материала, умеет четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

Оценка «хорошо» – от 81 до 90 баллов – теоретическое содержание курса освоено, необходимые практические навыки работы сформированы, выполненные учебные задания содержат незначительные ошибки. На экзамене студент демонстрирует твердые знания основного (программного) материала, умеет четко, грамотно, без существенных неточностей отвечать на поставленные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» – от 61 до 80 баллов – теоретическое содержание курса освоено не полностью, необходимые практические навыки работы сформированы частично, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки. На экзамене студент демонстрирует знание только основного материала, ответы содержат неточности, слабо аргументированы, нарушена последовательность изложения материала.

Оценка «неудовлетворительно» – от 36 до 60 баллов – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий. На экзамене студент демонстрирует незнание значительной части программного материала, существенные ошибки в ответах на вопросы, неумение ориентироваться в материале, незнание основных понятий дисциплины.

Типовые задания, обеспечивающие формирование компетенции ПК-2 представлены в таблице 7.

Таблица 7. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного материала, обеспечивающие формирование компетенций
ПК-2 - владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	<p>Знать: - принципиальные основы, возможности и ограничения применения электрохимических методов исследования химических объектов;</p> <p>Уметь: - проводить комплексный анализ получаемых продуктов, исследование физико-химических закономерностей и контролировать протекание процессов на серийном и сложном научном оборудовании;</p> <p>Владеть: - теоретическими основами и практическими навыками работы на серийном и сложном научном оборудовании .</p>	Устный опрос типовые тестовые задания типовые оценочные материалы к экзамену

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная

1. Ю.Я. Лукомский, Д.Ю. Гамбург Физико-химические основы электрохимии.: Учебник. Изд. дом «Интеллект», 2008, – 424с.
2. Миомандр Ф., Садки С., Одебер П., Меале-Рено Р. Электрохимия. – М.: Изд-во Техносфера, 2008 – 360с. <http://www.tehnosphaera.ru>
3. Степанов В.П. Основные вопросы электрохимии расплавленных солей. Екатеринбург: РИО УРО РАН, 2012. – 292с
4. 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»

5. 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»

Дополнительная

1. А. Н. Фрумкин, В. С. Багоцкий, З. А. Иоффе, Б. Н. Кабанов. Кинетика электродных процессов. - М., изд-во МГУ, 1952.
2. Шаталов А. Я. Введение в электрохимическую термодинамику. - М.: Высшая школа, 1984. - 215 с.
3. Л. И. Антропов. Теоретическая электрохимия. - М.: Высшая школа, 1975.
4. И. Корыта, Т. Дворжак, В. Богачкова. Электрохимия. - М.: Мир, 1977.
5. Справочная правовая система «Гарант». URL: <http://www.garant.ru>.
6. Справочная правовая система «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru>

профессиональные поисковые системы:

Полнотекстовая база данных ScienceDirect:

URL: <http://www.sciencedirect.com>.

Интернет-ресурсы

1. 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/>

<http://www.physchem.chimfak.rsu.ru>

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>).

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Интерактивный класс, оснащенный оборудованием: стендами, информационно-измерительными системами, электронными средствами обучения и контроля знаний студентов.

Компьютерный класс.

Методический кабинет.

Лаборатория высокотемпературной электрохимии.

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий	Перечень оборудования и технических средств обучения
1.	Лекционные аудитории	№203, 211, 322; интерактивная доска, 3 комплекта видео-презентационного оборудования (проектор, экран, ноутбук)
2.	Компьютерные классы	Компьютерное оборудование с программным обеспечением для проведения тестов при контроле текущей успеваемости.
3.	Лаборатории 121, 126, 108	Практические работы выполняются с использованием современного лабораторного оборудования: Потенциостат/гальваностат PAR 2273 Электрохимический комплекс Autolab PGSTAT 30 Потенциостат/гальваностат Elektroflex 473 управление которыми возможно только с использованием соответствующих компьютерных программ: Autolab. PAR-Ametek. Elektroflex.

При проведении занятий лекционного типа, семинарских занятий используются:

лицензионное программное обеспечение:

- Продукты Microsoft (Desktop EducationALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription);
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition;
- AltLinux (Альт Образование 8);

свободно распространяемые программы:

- Academic MarthCAD License - математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять, анализировать важнейшие инженерные расчеты и обмениваться ими;
- WinZip для Windows - программ для сжатия и распаковки файлов;
- Adobe Reader для Windows – программа для чтения PDF файлов;
- Far Manager - консольный файловый менеджер для операционных систем семейства Microsoft Windows.

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
«Электрохимическая термодинамика»
по направлению подготовки 04.04.01. «ХИМИЯ»
на 2022/ 2023 учебный год

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

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры неорганической и физической химии
протокол № _____ от «_____» _____ 2022 г.

Заведующий кафедрой _____ Х.Б. Кушхов