

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 01.11.2023 16:48:04
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
«_27_» ___марта___ 2019 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)
**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ
СИСТЕМАХ**

Направление подготовки

04.03.01 Химия

Направленность программы бакалавриата

Физическая химия и химия материалов

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **физической химии**

Санкт-Петербург

2019

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент Черепкова И.А.

Рабочая программа дисциплины «Физико-химические процессы в электрохимических системах» обсуждена на заседании кафедры физической химии,
протокол от «05» февраля 2019 № 6
Заведующий кафедрой

С.Г.Изотова

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов
протокол от «21» марта 2019 № 6

Председатель

С.Г.Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химия»		С.Г.Изотова
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	6
3. Объем дисциплины.....	6
4. Содержание дисциплины.....	7
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	7
4.2. Занятия лекционного типа.....	8
4.3. Занятия семинарского типа.....	10
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	10
4.3.2. Занятия лабораторного типа.....	12
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	12
4.5. Темы РГР и индивидуальных заданий.....	13
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	13
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	13
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	14
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	15
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	16
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	16
10.1. Информационные технологии.....	16
10.2. Программное обеспечение.....	16
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	16
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	16
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	17

Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

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

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-1 Способен выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам</p>	<p>ПК-1.В.17.1 Выполнение измерений потенциалов электродов, напряжения гальванического элемента, силы тока, электрической проводимости растворов, рН растворов</p>	<p>Знать методы измерения потенциалов электродов относительно электродов сравнения, электрической проводимости растворов, рН растворов, методы получения вольтамперных характеристик</p> <p>Уметь собрать гальванический элемент из заданных электродов, схему установки для измерения напряжения разомкнутой цепи, схему установки для получения вольтамперных характеристик электрохимических процессов</p> <p>Владеть методами расчета потенциалов электродов в водородной шкале, калибровки стеклянного электрода для измерения рН, калибровки сосуда для измерения электрической проводимости растворов, построения поляризационных кривых</p>
<p>ПК-2 Владеет базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований</p>	<p>ПК-2.В.17.1 Использование современной аппаратуры при проведении электрохимических исследований</p>	<p>Знать современные приборы для электрохимических измерений: высокоомные вольтметры, миллиамперметры, кондуктометры, потенциостаты</p> <p>Уметь подключать измерительные приборы к гальваническому элементу, электролизеру, электролитической ячейке или сосуду для измерения электрической проводимости</p> <p>Владеть методами определения диапазонов измерений, точности измерений, методами получения вольтамперных характеристик с помощью современных потенциостатов в потенциодинамическом, потенциостатическом, гальванодинамическом и гальваностатическом режимах</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-3 Владеет системой фундаментальных химических, физических и математических понятий</p>	<p>ПК-3.В.17.1 Владение фундаментальными физическими и химическими понятиями для описания физико-химических процессов в электрохимических системах</p>	<p>Знать понятия химического, электрохимического и электродного потенциалов, процессов переноса в ионных проводниках, термодинамические и кинетические параметры процессов в электрохимических системах</p> <p>Уметь использовать фундаментальные понятия и законы химии и физики: окисление, восстановление, сольватация, принцип Ле Шателье, константы равновесия законы Фика, законы Фарадея, теория активированного комплекса и др. для анализа физико-химических процессов в электрохимических системах</p> <p>Владеть методами расчета равновесных потенциалов электродов, ЭДС гальванических элементов, термодинамических параметров реакций, протекающих в гальванических элементах, теоретического выхода продуктов электролиза</p>
	<p>ПК-3.В.17.2 Владение фундаментальными математическими понятиями и методами для описания физико-химических процессов в электрохимических системах</p>	<p>Знать методы дифференциального и интегрального исчисления</p> <p>Уметь анализировать влияние различных факторов на физико-химические процессы в электрохимических процессах по производным</p> <p>Владеть методами определения лимитирующей стадии и механизма электрохимических реакций по анализу уравнений электрохимической кинетики</p>
<p>ПК-5 Способен получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий</p>	<p>ПК-5.В.17.1 Получение и обработка результатов электрохимических исследований с помощью современных компьютерных технологий</p>	<p>Знать возможности программного обеспечения современных потенциостатов и испытательных стендов</p> <p>Уметь задать программу вольтамперных измерений в различных режимах</p> <p>Владеть методами обработки вольтамперных измерений с помощью программ Microsoft Office (Microsoft Excel); Mathcad 14. Professional; Origin</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Физико-химические процессы в электрохимических системах» (Б1.В.17) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата и изучается на четвертом курсе, в седьмом семестре

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика», «Физика», «Физическая химия». Полученные в процессе изучения дисциплины «Физико-химические процессы в электрохимических системах» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Основы физико-химических исследований веществ и материалов», «Химические базы данных», при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	5/ 180
Контактная работа с преподавателем:	96
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия	18
лабораторные работы	18
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	24
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	57
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	Индивидуальные задания, РГР
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен/27

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Электрохимические системы	4	2	-	10	ПК-1	ПК-1.В.17.1
2	Термодинамика электрохимических процессов	12	6	6	20	ПК-1 ПК-2 ПК-3	ПК-1.В.17.1 ПК-2.В.17.1 ПК-3.В.17.1 ПК-3.В.17.2
3	Процессы переноса в электрохимических системах	8	4	6	4	ПК-1 ПК-2 ПК-3	ПК-1.В.17.1 ПК-2.В.17.1 ПК-3.В.17.1
4	Кинетика электрохимических процессов	12	6	6	23	ПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-5	ПК-1.В.17.1 ПК-2.В.17.1 ПК-3.В.17.1 ПК-3.В.17.2 ПК-5.В.17.1

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Электрохимические системы Определение. Примеры. Практическое применение электрохимических систем.	2	ЛВ
1	Электроды Определение. Примеры. Электродные материалы	2	ЛВ
2	Равновесия в растворах электролитов. Равновесия в растворах слабых электролитов Термодинамические и практические константы ионных равновесий. Ионное произведение воды Равновесия в растворах комплексных соединений. Ионные равновесия в растворах электролитов в присутствии твердой фазы.	2	ЛВ
2	Двойной электрический слой. Образование двойного электрического слоя Теории строения двойного электрического слоя: Гельмгольца, Гуи-Чапмена, Штерна, Грэма, Фрумкина-Дамаскина	2	ЛВ
2	Электродные потенциалы, электродвижущая сила. Равновесные потенциалы на границах раздела фаз. Химический, электрохимический и электродный потенциал Уравнение Нернста для равновесного потенциала. Стандартный электродный потенциал. Водородная шкала электродных потенциалов. Электродвижущая сила. Классификация электродов. Классификация гальванических элементов	2	ЛВ
2	Потенциометрия. Практическое применение потенциометрии: потенциометрическое титрование, определение степени и практических констант диссоциации слабых электролитов, степени и практических констант гидролиза солей, рН раствора, ионного произведения воды, произведения растворимости малорастворимых соединений, константы нестойкости комплекса, средних ионных активностей и коэффициентов активностей сильных электролитов.	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Обратимые и необратимые электродные процессы. Расчет термодинамических параметров (ΔH , ΔS , ΔG) и термодинамической константы равновесия химической реакции, протекающей в гальваническом элементе. Уравнение Гиббса- Гельмгольца. Термодинамический расчет ЭДС гальванического элемента.	2	ЛВ
2	Диаграммы термодинамической устойчивости. Диаграмма термодинамической устойчивости воды. Диаграммы Пурбе. Их практическое применение	2	ЛВ
3	Процессы переноса в ионных проводниках Удельная и молярная проводимость растворов электролитов. Подвижность ионов. Зависимость удельной и молярной проводимости от концентрации и температуры.	2	ЛВ
3	Теории электрической проводимости растворов Гидродинамическая теория, теория Дебая-Хюккеля-Онзагера, теория Эйринга, протолитическая теория.	2	ЛВ
3	Кондуктометрия. Практическое применение кондуктометрии: кондуктометрическое титрование, определение степени и практических констант диссоциации слабых электролитов, произведения растворимости малорастворимых соединений	2	ЛВ
3	Процессы переноса ионов в расплавленных и твердых электролитах. Строение ионных жидкостей и их электропроводность Свойства твердых электролитов. Электродные материалы со смешанной проводимостью	2	ЛВ
4	Скорость электрохимических реакций. Способы выражения скорости электрохимических реакций. Факторы, влияющие на скорость электрохимических реакций. Поляризация электрода (перенапряжение). Поляризационные кривые (вольтамперные характеристики) . Стадийное протекание электрохимических реакций. Лимитирующая стадия.	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	Диффузионная кинетика. Уравнение поляризационной кривой при замедленной стадии диффузии (концентрационная поляризация). Конвективная диффузия и метод вращающегося диска. Полярография.	2	ЛВ
4	Теория замедленного разряда. Уравнение поляризационной кривой при замедленной электрохимической стадии (электрохимическая поляризация). Ток обмена. Уравнение Тафеля.	2	ЛВ
4	Кинетика анодного растворения и пассивирования металлов. Электрохимическая коррозия. Термодинамические и кинетические факторы электрохимической коррозии. Способы снижения скорости коррозионного процесса.	2	ЛВ
4	Электрохимические методы для получения новых функциональных материалов Получение нанопористых пленок оксида алюминия. Получение катализаторов с развитой поверхностью и др.	2	ЛВ
4	Биоэлектрохимия. Электрохимические биосенсоры и биологические мембраны	2	ЛВ

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Электрохимические системы Практическое применение электрохимических систем.	2	ЗК
2	Равновесия в растворах электролитов. Концентрационные и термодинамические константы диссоциации и гидролиза. Расчет рН буферного раствора. Расчет константы нестойкости комплекса.	2	АТД

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Электродные потенциалы, электродвижущая сила. Потенциометрия Расчет равновесных потенциалов электродов и ЭДС электрохимических цепей. Расчет средних ионных коэффициентов активностей, константы диссоциации слабого электролита, рН раствора, произведения растворимости труднорастворимого соединения из потенциометрических данных	2	АТД
2	Термодинамика электрохимических систем. Анализ диаграммы термодинамической устойчивости воды и диаграмм Пурбе. Расчет изменения стандартных термодинамических функций и термодинамической константы равновесия реакции, протекающей в электрохимической системе.	2	АТД МГ
3	Процессы переноса в ионных проводниках Электрическая проводимость растворов сильных и слабых электролитов. Удельная и молярная проводимость растворов электролитов, зависимость от концентрации и температуры	2	АТД
3	Кондуктометрия Расчет константы диссоциации слабого электролита, рН раствора, произведения растворимости труднорастворимого соединения	2	АТД
4	Кинетика электрохимических реакций Поляризационные кривые, их виды. Определение скорости и механизма электрохимических реакций по поляризационным кривым.	2	АТД
4	Перспективы электрохимических методов для получения новых функциональных материалов Доклады студентов	2	ЗК
4	Перспективы электрохимических методов для органического синтеза и создания биосенсоров Доклады студентов	2	ЗК

4.3.2. Занятия лабораторного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Электроды и электрохимические цепи. Потенциометрия. Измерение рН растворов. Определение практических и термодинамических констант диссоциации слабых электролитов	6	УИРС
3	Электрическая проводимость растворов электролитов. Кондуктометрия Определение удельной и молярной проводимости электрической проводимости растворов слабых электролитов. Определение практических и термодинамических констант диссоциации слабых электролитов методом кондуктометрии.	6	УИРС
4	Кинетика электрохимических процессов Определение кинетических параметров электрохимической реакции выделения водорода. Определение кинетических параметров электрохимической реакции осаждения меди.	6	УИРС

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Электрохимические системы Практическое применение электрохимических систем.	10	Доклад с презентацией
2	Расчет равновесных потенциалов электродов и ЭДС гальванических элементов. Расчет изменения термодинамических функций и константы равновесия химической реакции, протекающей в электрохимической системе.	20	Индивидуальное расчетное задание №1. Устный опрос
3	Расчет степени и константы диссоциации слабого электролита из кондуктометрических данных.	4	Индивидуальное расчетное задание №2. Устный опрос

4	Построение поляризационных кривых, определение коэффициентов уравнения Тафеля для реакций анодного окисления металлов и восстановления водорода	5	РГР Устный опрос
4	Перспективы электрохимических методов для получения новых функциональных материалов	8	Доклад с презентацией
4	Перспективы электрохимических методов для органического синтеза и создания биосенсоров	10	Доклад с презентацией

4.5. Темы РГР и индивидуальных заданий

РГР – Построение поляризационных кривых и графическое определение коэффициентов уравнения Тафеля для реакций анодного окисления металлов и восстановления водорода

Индивидуальное задание №1 – Расчет равновесных потенциалов электродов и ЭДС гальванических элементов. Расчет изменения термодинамических функций и константы равновесия химической реакции, протекающей в электрохимической системе.

Индивидуальное задание №2 – Определение степени и константы диссоциации слабого электролита из кондуктометрических данных.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

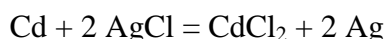
Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретические вопросы (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса и расчетную задачу из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Электрическая проводимость растворов электролитов. Зависимость от концентрации и температуры. Теория Дебая-Хюккеля-Онзагера
2. Электрохимическая поляризация. Уравнение, поляризационной кривой при электрохимической поляризации. Ток обмена. Уравнение Тафеля
3. В гальваническом элементе при температуре 289,2 К протекает реакция



Составьте схему гальванического элемента. Найдите изменение энтропии реакции, если стандартная ЭДС элемента $E^0 = 0,6753 \text{ В}$, а стандартные теплоты образования CdCl_2 и AgCl равны $-389,7$ и $-126,9 \text{ кДж/моль}$, соответственно.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

а) печатные издания:

1. Теоретическая электрохимия: Учебник для вузов по направлению подготовки "Химическая технология" / А. Л. Ротинян [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Студент, 2013. – 496 с.
2. Лукомский, Ю. Я. Физико-химические основы электрохимии: Учебник для химических и химико-технологических спец. ун-тов / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. – Долгопрудный: Интеллект, 2008. – 423 с.
3. Электрохимия / Ф. Миомандр, С. Садки, П. Одебер, р. Меалле-Рено; пер. с фр. В. Н. Грасевича под ред. Ю. Д. Гамбурга, В. А. Сафонова. – М. : Техносфера, 2008. – 359 с.
4. Физическая химия : учебное пособие / Ю. П. Акулова [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. физ. химии. - СПб.], 2016. - 192 с.
5. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А.Равделя, А.М.Пономаревой. – 11-е изд., испр. и перераб. – М. ОО «ТИД «Аз-book», 2009. – 240 с.

б) электронные учебные издания:

1. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия : учебное пособие для студентов по направлению подготовки "Химия" / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. - 3-е изд., испр. - Электрон.текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2015. - 672 с. (ЭБС «Лань»)

2. Нарышкин, Д.Г. Равновесия в растворах электролитов. Расчеты с Mathcad : учебное пособие / Д. Г. Нарышкин, М. А. Осина, В. Ф. Очков. - Электрон.текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2018. - 180 с. (ЭБС «Лань»)
3. Марачевский, А.Г. Электрохимия расплавленных солей : учебное пособие / А. Г. Морачевский, Е. Г. Фирсова. - Электрон.текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2017. - 173 с. (ЭБС «Лань»)
4. Физическая химия : учебное пособие / Ю. П. Акулова [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф.физ. химии. - Электрон.текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2016. - 192 с.(ЭБ)
5. Сборник примеров и задач по электрохимии : Учебное пособие / А. В. Введенский [и др.]. - Электрон.текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2018. - 208 с. (ЭБС «Лань»)
6. Хенце, Г. Полярография и вольтамперометрия. Теоретические основы и аналитическая практика / Г. Хенце ; пер. с нем. А. В. Гармаша, А. И. Каменева ; под ред. А. И. Каменева. - 3-е изд. (электронное). - Электрон.текстовые дан. - М. : Лаборатория знаний, 2017. - 287 с. (ЭБС «Лань»)
7. Шошина, И.А. Кинетика электроосаждения и электрорастворения металлов : методические указания к лабораторной работе / И. А. Шошина ; СПбГТИ(ТУ). Каф.технологии электрохим. пр-в. - Электрон.текстовые дан. - СПб., 2015. - 17 с.(ЭБ)
8. Шошина, И.А. Изучение электрохимической реакции выделения водорода : методические указания к лабораторной работе / И. А. Шошина, Г. С. Александрова ; СПбГТИ(ТУ). Каф.технологии электрохим. пр-в. - Электрон.текстовые дан. - СПб., 2015. - 17 с.(ЭБ)
9. Использование потенциостата-гальваностата "ELINS P-20X" в электрохимических исследованиях: Практикум / Д. С. Дмитриев [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф.технологии электрохим. производств. - Электрон.текстовые дан. - СПб., 2016.-19 с.(ЭБ)

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

Учебный план, РПД, учебно-методические материалы, размещенные на <http://media.technolog.edu.ru>.

Электронно-библиотечные системы:

ЭБС «Лань»: <https://e.lanbook.com/books/>;

электронный читальный зал – БиблиоТех фундаментальной библиотеки СПбГТИ(ТУ): <http://bibl.lti-gti.ru/ЭБС.>, <https://technolog.bibliotech.ru/>.

справочно-информационный портал «Научная электронная библиотека»: <http://elibrary.ru>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Термодинамика и кинетика электрохимических процессов» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

WindowsXPStarterEdition. (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно),

MicrosoftOffice (MicrosoftExcel): Office 2007 RussianOLPNLAE (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно), OfficeStd 2013 Rus OLP NL (Контракт № 02(03)15 от 15.01.2015, срок действия -20 лет),

LibreOffice (открытая лицензия).

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс», база термодинамических свойств веществ ИВТАНТЕРМО.

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

Для проведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 15 посадочных мест.

Для проведения лабораторных занятий используются учебные и учебно-научные лаборатории кафедры физической химии, оснащенные необходимыми установками и приборами и реактивами.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Термодинамика и кинетика электрохимических процессов»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-1	Способен выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам	промежуточный
ПК-2	Владеет базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	промежуточный
ПК-3	Владеет системой фундаментальных химических, физических и математических понятий	промежуточный
ПК-5	Способен получать и обрабатывать результаты научных экспериментов с помощью современных компьютерных технологий	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-1.В.17.1 Выполнение измерений потенциалов электродов, напряжения гальванического элемента, силы тока, электрической проводимости растворов, рН растворов	Знает методы измерения потенциалов электродов относительно электродов сравнения, электрической проводимости растворов, рН растворов, методы получения вольтамперных характеристик	Правильные ответы на вопросы № 1 – 3, 5, 7, 9 к экзамену	Перечисляет методы измерения потенциалов электродов, электрической проводимости растворов, рН растворов, методы получения вольтамперных характеристик с ошибками	Перечисляет методы измерения потенциалов электродов, электрической проводимости растворов, рН растворов, методы получения вольтамперных характеристик но не может оценить преимущества того или другого метода исследования	Перечисляет методы измерения потенциалов электродов, электрической проводимости растворов, рН растворов, методы получения вольтамперных характеристик хорошо ориентируется в достоинствах и недостатках того или другого метода исследования. Может применить эти знания для решения научно-исследовательских задач.
	Умеет собрать гальванический элемент из заданных электродов, схему установки для измерения напряжения разомкнутой цепи, схему	Правильные ответы на вопросы № 4, 6, 8, 10 к экзамену	С ошибками излагает последовательность сборки гальванического элемента, схемы	Правильно излагает алгоритм сборки гальванического элемента, схемы установки для	Правильно излагает алгоритм сборки гальванического элемента, схемы установки для

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	установки для получения вольтамперных характеристик электрохимических процессов		установки для измерения напряжения разомкнутой цепи, схемы установки для получения вольтамперных характеристик электрохимических процессов	измерения напряжения разомкнутой цепи, схемы установки для получения вольтамперных характеристик электрохимических процессов, но затрудняется в выборе измерительных приборов	измерения напряжения разомкнутой цепи, схемы установки для получения вольтамперных характеристик электрохимических процессов, хорошо ориентируется в выборе измерительных приборов
	Владеет методами расчета потенциалов электродов в водородной шкале, калибровки стеклянного электрода для измерения рН, калибровки сосуда для измерения электрической проводимости растворов, построения поляризационных кривых	Правильные ответы на вопросы № 5, 7, 27, 45 к экзамену	Выполняет расчеты потенциалов электродов в водородной шкале, слабо ориентируется в методах калибровки стеклянного электрода для измерения рН, калибровки сосуда для измерения электрической проводимости растворов, делает ошибки в построении поляризационных	Выполняет расчеты потенциалов электродов в водородной шкале, ориентируется в методах калибровки стеклянного электрода для измерения рН, калибровки сосуда для измерения электрической проводимости растворов, строит поляризационные кривые с небольшими ошибками	Демонстрирует правильные расчеты потенциалов электродов в водородной шкале, правильно излагает методы калибровки стеклянного электрода для измерения рН, калибровки сосуда для измерения электрической проводимости растворов, правильно строит

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			кривых		поляризационные кривые
ПК-2.В.17.1 Использование современной аппаратуры при проведении электрохимических исследований	Знает современные приборы для электрохимических измерений: высокоомные вольтметры, миллиамперметры, кондуктометры, потенциостаты,	Правильные ответы на вопросы № 11-15 к экзамену	Путается в перечислении современных приборов для электрохимических измерений	Перечисляет современные приборы для электрохимических измерений с небольшими ошибками	Уверенно и аргументировано выбирает современные приборы для электрохимических измерений
	Умеет подключать измерительные приборы к гальваническому элементу, электролизеру, электролитической ячейке или сосуду для измерения электрической проводимости	Правильный ответ на вопрос № 16 к экзамену	Объясняет, как подключать измерительные приборы к гальваническому элементу, электролизеру, электролитической ячейке или сосуду для измерения электрической проводимости с ошибками	Объясняет, как подключать измерительные приборы к гальваническому элементу, электролизеру, электролитической ячейке или сосуду для измерения электрической проводимости с незначительными ошибками	Объясняет, как подключать измерительные приборы к гальваническому элементу, электролизеру, электролитической ячейке или сосуду для измерения электрической проводимости без ошибок

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Владеет методами определения диапазонов измерений, точности измерений, методами получения вольтамперных характеристик с помощью современных потенциостатов в потенциодинамическом, потенциостатическом, гальванодинамическом и гальваностатическом режимах	Правильные ответы на вопросы № 11-15, 17, 18 к экзамену	Демонстрирует методы определения диапазонов измерений, точности измерений, методы получения вольтамперных характеристик с помощью современных потенциостатов с ошибками	Демонстрирует методы определения диапазонов измерений, точности измерений, методы получения вольтамперных характеристик с помощью современных потенциодинамическом, потенциостатическом, гальванодинамическом и гальваностатическом режимах с незначительными ошибками	Демонстрирует методы определения диапазонов измерений, точности измерений, методы получения вольтамперных характеристик с помощью современных потенциостатов в потенциодинамическом, потенциостатическом, гальванодинамическом и гальваностатическом режимах уверенно и безошибочно
ПК-3.В.17.1 Владение фундаментальными физическими и химическими понятиями для описания физико-химических процессов в электрохимических системах	Знает понятия химического, электрохимического и электродного потенциалов, процессов переноса в ионных проводниках, термодинамические и кинетические параметры процессов в электрохимических системах	Правильные ответы на вопросы № 19, 31-42, к экзамену	Дает определение понятиям химического, электрохимического и электродного потенциалов, называет процессы переноса в ионных проводниках, термодинамические и	Дает определение понятиям химического, электрохимического и электродного потенциалов, называет процессы переноса в ионных проводниках, термодинамические и кинетические параметры процессов в	Дает определение понятиям химического, электрохимического и электродного потенциалов, называет процессы переноса в ионных проводниках, термодинамические и

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			кинетические параметры процессов в электрохимических системах с ошибками	электрохимических системах с небольшими ошибками	кинетические параметры процессов в электрохимических системах уверенно и безошибочно
	Умеет использовать фундаментальные понятия и законы химии и физики: окисление, восстановление, сольватация, принцип Ле Шателье, константы равновесия, законы Фика, законы Фарадея, теория активированного комплекса и др. для анализа физико-химических процессов в электрохимических системах	Правильные ответы на вопросы № 20-29, 41, 42 к экзамену	Объясняет использование фундаментальных понятий и законы химии и физики для анализа физико-химических процессов в электрохимических системах с ошибками	Объясняет использование фундаментальных понятий и законы химии и физики для анализа физико-химических процессов в электрохимических системах недостаточно аргументировано	Анализирует, использование фундаментальных понятий и законы химии и физики для анализа физико-химических процессов в электрохимических системах уверенно и аргументировано
	Владеет методами расчета равновесных потенциалов электродов, ЭДС гальванических элементов, термодинамических параметров реакций, протекающих в гальванических элементах, теоретического выхода продуктов электролиза	Правильные ответы на вопросы № 27,32, 33, 38 к экзамену	Демонстрирует методы расчета равновесных потенциалов электродов, ЭДС гальванических элементов, термодинамических параметров реакций, протекающих в гальванических элементах,	Демонстрирует методы расчета равновесных потенциалов электродов, ЭДС гальванических элементов, термодинамических параметров реакций, протекающих в гальванических элементах, теоретического выхода	Безошибочно демонстрирует методы расчета равновесных потенциалов электродов, ЭДС гальванических элементов, термодинамических параметров реакций, протекающих в гальванических

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			теоретического выхода продуктов электролиза с ошибками	продуктов электролиза с небольшими ошибками	элементах, теоретического выхода продуктов электролиза
ПК-3.В.17.2 Владение фундаментальными математическими понятиями и методами для описания физико-химических процессов в электрохимических системах	Знает методы дифференциального и интегрального исчисления	Правильные ответы на вопросы № 31-37 к экзамену	Называет методы дифференциального и интегрального исчисления, но затрудняется в написании формул	Называет методы дифференциального и интегрального исчисления, записывает соответствующие уравнения с небольшими ошибками	Называет методы дифференциального и интегрального исчисления, правильно записывает соответствующие уравнения, приводит примеры
	Умеет анализировать влияние различных факторов на физико-химические процессы в электрохимических процессах по производным	Правильный ответ на вопрос № 34 к экзамену	Анализирует влияние различных факторов на физико-химические процессы в электрохимических процессах по производным с ошибками	Анализирует влияние различных факторов на физико-химические процессы в электрохимических процессах по производным с небольшими ошибками	Безошибочно анализирует влияние различных факторов на физико-химические процессы в электрохимических процессах по производным
	Владеет методами определения лимитирующей стадии и механизма электрохимических реакций по анализу уравнений электрохимической	Правильные ответы на вопросы № 41-42 к экзамену	Решает задачи определения лимитирующей стадии и механизма электрохимических реакций по анализу уравнений	Демонстрирует методы определения лимитирующей стадии и механизма электрохимических реакций по анализу уравнений	Выполняет алгоритм определения лимитирующей стадии и механизма электрохимических реакций по анализу уравнений

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	кинетики		электрохимической кинетики с ошибками	электрохимической кинетики недостаточно аргументировано	электрохимической кинетики уверенно и безошибочно
ПК-5.В.17.1 Получение и обработка результатов электрохимических исследований с помощью современных компьютерных технологий	Знает возможности программного обеспечения современных потенциостатов и испытательных стендов	Правильный ответ на вопрос № 43 к экзамену	Перечисляет возможности программного обеспечения современных потенциостатов и испытательных стендов с ошибками	Перечисляет возможности программного обеспечения современных потенциостатов и испытательных стендов с незначительными ошибками	Перечисляет возможности программного обеспечения современных потенциостатов и испытательных стендов уверенно и безошибочно
	Умеет задать программу вольтамперных измерений в различных режимах	Правильный ответ на вопрос № 44 к экзамену	Объясняет, как задать программу вольтамперных измерений в различных режимах с ошибками	Поясняет, как задать программу вольтамперных измерений в различных режимах с небольшими неточностями	Уверенно и безошибочно излагает, как задать программу вольтамперных измерений в различных режимах
	Владеет методами обработки вольтамперных измерений с помощью программ Microsoft Office (Microsoft Excel); Mathcad 14. Professional; Origin	Правильный ответ на вопрос № 45 к экзамену	Выполняет алгоритм обработки вольтамперных измерений с помощью программ Microsoft Office (Microsoft Excel); с ошибками	Решает задачи обработки вольтамперных измерений с помощью программ Microsoft Office (Microsoft Excel); Mathcad 14. Professional; Origin с незначительными	Уверенно демонстрирует методы обработки вольтамперных измерений с помощью программ Microsoft Office (Microsoft Excel); Mathcad 14. Professional; Origin

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
				ошибками	

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1:

1. Электрохимические системы. Определение. Примеры
2. Электроды. Определение. Примеры
3. Методы измерения потенциалов электродов и напряжения гальванического элемента
4. Схема установки для измерения потенциалов электродов и напряжения гальванического элемента.
5. Методы измерения pH растворов. Калибровка стеклянного электрода. Буферные растворы. Буферная емкость.
6. Схема установки для измерения pH растворов.
7. Методы измерения электрической проводимости растворов. Калибровка сосуда для измерения электрической проводимости растворов.
8. Схема установки для измерения электрической проводимости растворов.
9. Методы получения вольтамперных характеристик электродов и электрохимических систем.
10. Схема установки для получения вольтамперных характеристик электродов и электрохимических систем.

б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:

11. Современные высокоомные вольтметры. Диапазон измерений, точность измерений
12. Современные миллиамперметры. Диапазон измерений, точность измерений
13. Современные pH-метры. Диапазон измерений, точность измерений
14. Современные кондуктометры. Диапазон измерений, точность измерений
15. Современные потенциостаты. Диапазон измерений, точность измерений
16. Подключение измерительных приборов к гальваническому элементу, электролизеру, электролитической ячейке или сосуду для измерения электрической проводимости
17. Получение вольтамперных характеристик в потенциостатическом и гальваностатическом режимах
18. Получение вольтамперных характеристик в потенциодинамическом и гальванодинамическом режимах

в) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-3

19. Химический, электрохимический и электродный потенциал
20. Равновесие в растворах электролитов. Термодинамические и практические константы ионных равновесий
21. Ионное произведение воды
22. Равновесия в растворах комплексных соединений
23. Ионные равновесия в растворах электролитов в присутствии твердой фазы.
24. Образование двойного электрического слоя
25. Теории строения двойного электрического слоя: Гельмгольца, Гуи-Чапмена, Штерна, Грэма, Фрумкина-Дамаскина.
26. Равновесные потенциалы на границах раздела фаз.
27. Уравнение Нернста для равновесного потенциала. Стандартный электродный потенциал. Водородная шкала электродных потенциалов
28. Классификация электродов

29. Классификация гальванических элементов
30. Диаграмма термодинамической устойчивости воды. Диаграммы Пурбе.
31. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.
32. Расчет термодинамических параметров (ΔH , ΔS , ΔG) и термодинамической константы равновесия химической реакции, протекающей в гальваническом элементе.
33. Термодинамический расчет ЭДС гальванического элемента.
34. Дифференциальные уравнения Кирхгоффа и изобары химической реакции. Их использование для анализа влияния различных факторов на физико-химические процессы в электрохимических системах.
35. Процессы переноса в ионных проводниках.
36. Электрическая проводимость растворов электролитов. Зависимость от концентрации и температуры. Теория Дебая-Хюккеля-Онзагера.
37. Ионная электрическая проводимость твердых тел и расплавов
38. Способы выражения скорости электрохимической реакции. Факторы, влияющие на скорость электрохимической реакции.
39. Стадии электрохимического процесса. Лимитирующая стадия.
40. Поляризация электрода или перенапряжение. Поляризационные кривые
41. Перенапряжение диффузии (концентрационная поляризация). Уравнение поляризационной кривой при концентрационной поляризации. Предельный ток. Зависимость предельного тока от концентрации электролита.
42. Электрохимическая поляризация. Уравнение, поляризационной кривой при электрохимической поляризации. Ток обмена. Уравнение Тафеля.

г) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:

43. Возможности программного обеспечения современных потенциостатов и испытательных стендов.
44. Программы вольтамперных измерений в различных режимах.
45. Методы обработки вольтамперных измерений с помощью программ Microsoft Office (Microsoft Excel); Mathcad 14. Professional; Origin

При сдаче экзамена, студент получает 2 вопроса из перечня, приведенного выше и задачу.

Примеры задач

1. Насыщенный раствор AgCl при $T = 25^\circ\text{C}$ имеет удельную проводимость $\kappa = 2.66 \cdot 10^{-5} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ($\kappa(\text{H}_2\text{O}) = 0,848 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$).
Найдите произведение растворимости AgCl .
2. ЭДС гальванического элемента $\text{Pt, H}_2 | \text{HCl} | \text{AgCl} | \text{Ag}$ при 25°C и давлении водорода 1 атм равна 0.254 В. Определите среднюю ионную активность раствора HCl и средний ионный коэффициент активности при $m = 0.1$ моль/1000г H_2O .
3. Коэффициенты в уравнения Тафеля для двухэлектронной катодной реакции равны:
 $a = -0,85$; $b = 0,120$
Определите кинетические параметры реакции α_k и j_0 .
Какая стадия электрохимического процесса лимитирующая. Какой теорией описывается этот процесс.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).