Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 02.09.2023 15:24:12
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДЕНО
Декан Факультета урбанистики и
городского хозяйства
К.И. Лушин
«__» _____ 2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теоретические основы электрохимического преобразования энергии»

Направление подготовки
13.03.03 Энергетическое машиностроение

Профиль
Автоматизированные энергетические установки

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва
2022

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Теоретические основы электрохимического преобразования энергии» следует отнести:

– формирование знаний о теоретических основах электрохимического преобразования энергии;

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований и разработке новых, более эффективных электрохимических генераторов.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Теоретические основы электрохимического преобразования энергии» следует отнести:

– выработать у студентов навыки самостоятельного решения задач проектирования и оценки эффективности электрохимических преобразователей энергии;

– научить мыслить системно на примерах повышения энергетической эффективности электрохимических преобразователей энергии с учетом технологических, экологических и экономических факторов;

– научить анализировать существующие электрохимические преобразователи энергии и их элементы, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их структуре с позиций повышения эффективности и энергосбережения;

– дать информацию о новых направлениях в совершенствовании данных систем в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки систем и их элементов, как отечественных, так и зарубежных;

– научить анализировать результаты моделирования, производить поиск оптимизационного решения электрохимических преобразователей энергии.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Теоретические основы электрохимического преобразования энергии» относится к числу профессиональных учебных дисциплин базового цикла основной образовательной программы бакалавриата.

«Теоретические основы электрохимического преобразования энергии» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В базовом цикле:

– Физика;

– Химия;

– Общие вопросы энергетики;

– Электротехника и электроника.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-5	Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	**знать:** Методы расчета электрохимических преобразователей энергии **уметь:** Проводить расчеты электрохимических преобразователей энергии и анализировать результаты этих расчетов результатов **владеть:** Методами расчета электрохимических преобразователей энергии

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5** зачетных единиц, т.е. **180** академических часа (из них 90 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Теоретические основы электрохимического преобразования энергии» изучаются на четвертом курсе в **седьмом** семестре.

Структура и содержание дисциплины «Теоретические основы электрохимического преобразования энергии» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины

Седьмой семестр

Введение

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Теория электролитической диссоциации. Взаимодействие между электролитом и растворителем. Теория межионного взаимодействия. Основные термины и определения.

Электродное равновесие

Равновесные электродные потенциалы. Электрохимические системы. Электрохимические цепи. Природа ЭДС и электродного потенциала. Электрокинетические и электрокапиллярные явления. Двойной

электрический слой на границе между электродом и электролитом.

Неравновесные электродные процессы.

Химическое действие электрического тока. Кинетика электродных процессов. Концентрационная поляризация. Фазовое перенапряжение. электрохимическое перенапряжение.

Электрохимические элементы и установки.

Основные виды электрохимических элементов и установок. Термодинамика электрохимических элементов и ячеек. Электрохимическая кинетика. Электрокатализиторы. Диффузионная поляризация. Ионные проводники и их электрическая проводимость.

Электрохимическая генерация энергии

Топливные элементы (ТЭ). Кислородно-водородные ТЭ. Термодинамика и кинетика процессов. ТЭ с щелочным электролитом. ТЭ с кислотными электролитами. Электрохимические генераторы. Высокотемпературные топливные элементы. Системы подготовки и хранения реагентов. Электрохимические энергоустановки и электростанции. Их области применения.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Теоретические основы электрохимического преобразования энергии» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению практических работ в аудиториях вуза и на мощностях предприятий-партнеров;

– защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов расчетного задания;

– обсуждение и защита рефератов по дисциплине;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;

– использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного и внеаудиторного интернет-тестирования;

– проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам современного проектирования и 3D-моделирования электрохимических установок.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Теоретические основы электрохимического преобразования энергии».

Проведение занятий предусматривается также на сайте http://online.mospolytech.ru на основе разработанных кафедрой

«Промышленная теплоэнергетика» электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем темам дисциплины.

Разработанные ЭОР включают промежуточные и итоговые тесты.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

В четвертом семестре

- подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением на тему «Теоретические основы электрохимического преобразования энергии» (индивидуально для каждого обучающегося);
- выполнение расчетного задания (по индивидуальному заданию для каждого обучающегося);

Расчетная работа посвящена выполнению упрощенных проектных расчетов установок по производству сжатых и сжиженных газов в объеме, предусматривающем реализацию теоретических и практических навыков, обучающихся по направлению.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита отчетов по расчетной работе.

Образцы тестовых заданий, заданий расчетных работ, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, приведены в приложениях.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-5	Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-5 - Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	Оценка «неудовлетворительно» или отсутствие сформированности компетенции	**Оценка «удовлетворительно» или низкой уровень освоения компетенции**	**Оценка «хорошо» или повышенный уровень освоения компетенции**	**Оценка «отлично» или высокий уровень освоения компетенции**
знать: Методы расчета электрохимических преобразователей энергии	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний методов расчета электрохимических преобразователей энергии	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний методов расчета электрохимических преобразователей энергии. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний методов расчета электрохимических преобразователей энергии, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний методов расчета электрохимических преобразователей энергии, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях

		их переносе на новые ситуации.		
уметь: Проводить расчеты электрохимических преобразователей энергии и анализировать результаты этих расчетов результатов	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет проводить расчеты электрохимических преобразователей энергии и анализировать результаты этих расчетов результатов	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений проводить расчеты электрохимических преобразователей энергии и анализировать результаты этих расчетов результатов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умений проводить расчеты электрохимических преобразователей энергии и анализировать результаты этих расчетов результатов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений проводить расчеты электрохимических преобразователей энергии и анализировать результаты этих расчетов результатов. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: Методами расчета электрохимических преобразователей энергии.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами расчета электрохимических преобразователей энергии.	Обучающийся владеет методами расчета электрохимических преобразователей энергии. в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется	Обучающийся частично владеет методами расчета электрохимических преобразователей энергии. Навыки освоены, но допускаются незначитель	Обучающийся в полном объеме владеет методами расчета электрохимических преобразователей энергии. свободно применяет полученные навыки в ситуациях

		недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	ные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Теоретические основы электрохимического преобразования энергии» (прошли промежуточный контроль, выполнили весь объем заданий на семинарских занятиях, выступили с докладом на семинарском занятии, защитили курсовую работу)

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

Хорошо	Студент показывает достаточный уровень теоретических и практических знаний, свободно оперирует категориальным аппаратом. Умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается грамотно.
Удовлетворительно	Студент показывает знание основного лекционного и практического материала. В ответе не всегда присутствует логика изложения. Студент испытывает затруднения при приведении практических примеров.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложениях к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) дополнительная литература:

1. Елистратов, В.В. Возобновляемая энергетика [Электронный ресурс]: монография — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: СПбГПУ, 2011. — 239 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/50583. — Загл. с экрана.

б) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте (http://lib.mami.ru/ebooks/ в разделе «Библиотека».

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

http://window.edu.ru/catalog/resources?p_nr=50&p_rubr=2.2.75.27.7&p_page=3;

http://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-laboratornoy-ustanovki-po-spetsialnosti-promyshlennaya-teploenergetika.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий, самостоятельной работы. АВ2402, АВ2403, АВ2414. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16. Комплекты мебели для учебного процесса.

АВ2404. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16. Комплекты мебели для учебного процесса. Проектор, интерактивная доска, ПК.

АВ2406. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16. Комплекты мебели для учебного процесса.

Маркерная доска. Ноутбук.

Лабораторные установки:

- «Определение коэффициента теплоотдачи методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости на цилиндре»;
- «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя».

Лабораторная установка («Valtec») «Модель системы отопления и теплоснабжения индивидуального жилого дома».

Элементы теплоэнергетического оборудования и систем.

АВ2415. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16. Комплекты мебели для учебного процесса.

Лабораторные установки:

- «Определение коэффициента температуропроводности стали методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе (труба в трубе)».

Комплект образцов технических средств измерений теплотехнологических параметров.

Проектор, маркерная доска, ПК, экран

Модель паровой котельной установки с механическим приводом.

Теплотехнические средства измерения для учебного процесса.

Элементы теплоэнергетического оборудования и систем.

Операционная система, Windows 7 (или ниже) – MicrosoftOpenLicense

Лицензия № 61984214, 61984216, 61984217, 61984219, 61984213, 61984218, 61984215

Офисные приложения, Microsoft Office 2013 (или ниже) – MicrosoftOpenLicense

Лицензия № 61984042

Антивирусное ПО, KasperskyEndpointSecurity для бизнеса – Стандартный

Лицензии № 1752161117060156960164.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Дисциплина предусматривает лекции и практические занятия. Курс завершается зачетом.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с литературой.

Во время лекции студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом рекомендуется помечать материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

При подготовке к практическим занятиям необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

В ходе выполнения индивидуального задания практического занятия студент готовит отчет о работе (в программе MS Word или любом другом текстовом редакторе). В отчет заносятся результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы (графики), таблицы, расчеты, ответы на вопросы пунктов задания, выводы и т.п.).

Самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

При подготовке реферата и докладов используются электронные библиотеки «КнигаФонд» и «Лань», а также информация с открытых официальных сайтов разработчиков гибридных установок.

10. Методические рекомендации для преподавателя

При проведении лекций используются наглядные пособия, раздаточный материал, электронные презентации, видеоматериал. Текущий контроль осуществляется с помощью тестирования, контрольных работ и устного опроса.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ПрООП ВО по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» и профилю «Автоматизированные энергетические установки»

Авторы

Ст. преподаватель
кафедры «Промышленная теплоэнергетика» И.Л. Савельев

Программа обсуждена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика». Протокол от 26 мая 2022 г. № 11.

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Руководитель ООП И.Л. Савельев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Теоретические основы электрохимического преобразования энергии» по направлению подготовки 13.03.03 Энергомашиностроение (бакалавр)

	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	Т	Э	З
	Седьмой семестр														
Тема 1	**Введение** Предмет, задачи и содержание дисциплины. Теория электролитической диссоциации. Взаимодействие между электролитом и растворителем. Теория межионного взаимодействия. Основные термины и определения.	7	1-2	4			8								
	Семинарское занятие «Взаимодействие между электролитом и растворителем»	7	1-2		6		8								
Тема 2	**Электродное равновесие** Равновесные электродные потенциалы. Электрохимические системы. Электрохимические цепи. Природа ЭДС и электродного потенциала. Электрокинетические и электрокапиллярные явления. Двойной электрический слой на границе между электродом и электролитом.	7	4-6	6			8								
	Семинарское занятие «Электродное равновесие»	7	4-6		10		8								
Тема	**Неравновесные электродные**	7	7-9	6			8								

3	**процессы.** Химическое действие электрического тока. Кинетика электродных процессов. Концентрационная поляризация. Фазовое перенапряжение. электрохимическое перенапряжение.														
	Семинарское занятие «Неравновесные электродные процессы»	7	7-9		10		8						+		
Тема 4	**Электрохимические элементы и установки.** Основные виды электрохимических элементов и установок. Термодинамика электрохимических элементов и ячеек. Электрохимическая кинетика. Электрокатализиторы. Диффузионная поляризация. Ионные проводники и их электрическая проводимость.	7	10-12	6			10								
	Семинарское занятие «Электрохимические элементы и установки»	7	10-12		10										
Тема 5	**Электрохимическая генерация энергии** Топливные элементы (ТЭ). Кислородно-водородные ТЭ. Термодинамика и кинетика процессов. ТЭ с щелочным электролитом. ТЭ с кислотными электролитами. Электрохимические генераторы. Высокотемпературные топливные элементы. Системы подготовки и хранения реагентов. Электрохимические энергоустановки и	7	14-16	6			8								

	электростанции. Их области применения.														
	Семинарское занятие. Прием расчетной работы.	7	14-16		10		8				+				
	Форма аттестации	7	17-18	8	8									Э	
	Всего часов по дисциплине в семестре		180	36	54		90								

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 13.03.03 Энергетическое машиностроение
ОП (профиль): Автоматизированные энергетические установки
Форма обучения: очная

Кафедра: «Промышленная теплоэнергетика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Теоретические основы электрохимического преобразования энергии»

Москва
2022

Таблица 1
к приложению 2

Паспорт фонда оценочных средств

Теоретические основы электрохимического преобразования энергии					
ФГОС ВО **13.03.03 Энергетическое машиностроение**					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ОПК-5	Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	**знать:** Методы расчета электрохимических преобразователей энергии **уметь:** Проводить расчеты электрохимических преобразователей энергии и анализировать результаты этих расчетов результатов **владеть:** Методами расчета электрохимических преобразователей энергии	лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия	УО, ДИ, К, К/Р, Т, РТ	**Базовый уровень** - способен применять методы расчета электрохимических преобразователей энергии в стандартных учебных ситуациях **Повышенный уровень** -способен проводить расчеты электрохимических преобразователей энергии и анализировать результаты этих расчетов результатов

Приложение 3

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Перечень практических работ по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Расчетная работа. «Расчет ЭДС свинцового аккумулятора по значениям равновесных потенциалов и различной плотности раствора H_2SO_4»	Практическая работа направлена на формирование умений и навыков по расчету характеристик электрохимических преобразователей энергии	Результатом работы являются значения ЭДС электрохимического генератора.

Приложение 4

Примеры задач для семинарских занятий

Пример 1. При электролизе раствора данной соли металла током *I*, А, масса катода возросла на *m* грамм. Учитывая, что выход по току металла B_i, %, рассчитайте, какое количество электричества и в течение какого времени пропущено. Составьте схему электролиза.

Дано: $CoSO_4$; I = 1,25 А; m = 1,0883 г; B_i = 72 %.

Р е ш е н и е

Составляем схему электролиза с нерастворимым анодом.

Электрохимическая система имеет следующий вид

$$(-)\ Fe \mid CoSO_4, H_2O \mid Ti\ (+).$$

В качестве покрываемого металла выбрано железо; нерастворимого анода – титан.

В растворе присутствуют следующие ионы и молекулы

$CoSO_4 \Leftrightarrow Co^{2+} + SO_4^{2-}$ (электролитическая диссоциация);

$CoSO_4 + 2H_2O = Co(OH)_2 + H_2SO_4$ (гидролиз);

$Co^{2+} + 2H_2O = Co(OH)_2\downarrow + 2H^+$, pH < 7, среда кислая.

Следовательно, при составлении схемы электролиза надо учитывать ионы Co^{2+}, SO_4^{2-}, H^+, молекулы $CoSO_4$, H_2O, $Co(OH)_2$.

Реакции на электродах

А: $2H_2O = O_2 + 4H^+ + 4\bar{e}$;

К: $Co^{2+} + 2\bar{e} = Co^0$; $2H^+ + 2\bar{e} = H_2$.

Из-за выделения водорода на катоде совместно с восстановлением ионов Co(II) выход по току металла меньше 100 %.

Схема электролиза водного раствора $CoSO_4$ с нерастворимым анодом:

$CoSO_4$

Катод

$\leftarrow Co^{2+}$

$\leftarrow H^+$

$Co^{2+} + 2\bar{e} = Co,$

$2H^+ + 2\bar{e} = H_2.$

Анод

$SO_4^{2-} \rightarrow$

$H_2O \rightarrow$

$$2H_2O = O_2 + \begin{matrix} 2SO_4^{2-} \\ 4H^+ \end{matrix}.$$

Далее составляем схему электролиза с растворимым анодом.
Электрохимическая система:

$$(-)\ Fe \mid CoSO_4, H_2O \mid Co\ (+).$$

Реакции на электродах:

А: $2Co^0 = 2Co^{2+} + 4\bar{e}$.

К: $Co^{2+} + 2\bar{e} = Co^0$,
$2H^+ + 2\bar{e} = H_2$.

Схема электролиза водного раствора $CoSO_4$ с растворимым анодом:

$CoSO_4$

Катод $\leftarrow Co^{2+}$, $\leftarrow H^+$ Анод $SO_4^{2-} \rightarrow$

$Co^{2+} + 2\bar{e} = Co^0$,

$2H^+ + 2\bar{e} = H_2$.

$2Co^0 = 2$ $2SO$ $2SO_4^{2-}$; $4H^+$ $4H^+$

Количество электричества по закону Фарадея составит

$$Q = I \cdot t = \frac{mzF}{A \cdot B_i} = \frac{1{,}0883 \cdot 2 \cdot 96500}{58{,}9332 \cdot 0{,}72} = 4925{,}99 \text{ Кл.}$$

Оно пропущено в течение времени *t*:

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{4925{,}9868}{1{,}25 \cdot 3600} = 1{,}0946637 \text{ ч} \approx 1{,}1 \text{ ч.}$$

Пример 2. Установите, в какой последовательности вероятно восстановление на катоде при электролизе данных ионов, пользуясь значениями стандартных электродных потенциалов и перенапряжений. Объясните, когда возможно совместное восстановление металла и водорода на катоде. Чем отличается последовательность электрохимических реакций на аноде от аналогичной последовательности на катоде?

В растворе присутствуют следующие ионы: Ag^+, Cr^{3+}, Zn^{2+}, Sn^{2+}, H^+.

Р е ш е н и е

Находим значения стандартных электродных потенциалов соответствующих электрохимических систем и перенапряжений.

Ион	Ag^+	Cr^{3+}	Zn^{2+}	Sn^{2+}	H^+
Электрохимическая система	Ag^+/Ag^0	Cr^{3+}/Cr^0	Zn^{2+}/Zn^0	Sn^{2+}/Sn^0	$2H^+/H_2^0$
φ^0, В	0,799	-0,744	-0,763	-0,136	0
$\eta_к$, В	0,18	0,41	0,03	0,01	0,18 (на Ag)

Рассчитываем значения катодных потенциалов в реальных условиях электролиза, под током

$$\varphi_{ik} = \varphi_k^0 - \eta_k .$$

Электрохимическая система	Ag^+/Ag^0	Cr^{3+}/Cr^0	Zn^{2+}/Zn^0	Sn^{2+}/Sn^0	$2H^+/H^0_2$
$\varphi_{iк}$, В	0,619	-1,154	-0,766	-0,146	-0,18 (на Ag)

Последовательность разряда ионов на катоде устанавливаем исходя из того, что на катоде восстанавливаются в первую очередь ионы с наиболее положительным электродным потенциалом соответствующей электрохимической системы.

$\varphi_{iк}$, В	0,619	-0,146	-0,18	-0,766	-1,154
Электрохимическая система	Ag^+/Ag^0	Sn^{2+}/Sn^0	$2H^+/H_2^0$	Zn^{2+}/Zn^0	Cr^{3+}/Cr^0
Ион	Ag^+	Sn^{2+}	H^+	Zn^{2+}	Cr^{3+}

Отсюда видно, что на катоде будут восстанавливаться в первую очередь ионы Ag^+. При повышенных плотностях тока в случае, если достигается предельный ток по ионам Ag^+, может начаться восстановление ионов Sn^{2+}, что используют, в частности, при электролитическом рафинировании металлов – можно отдельно выделить серебро, затем олово. Восстановления водорода в обычных условиях совместно с металлом – серебром не происходит, оно возможно лишь при плотностях тока, намного превышающих предельную по ионам Ag^+.

Анодное поведение рассматриваемых ионов прямо противоположно катодному: на аноде в первую очередь будут идти процессы окисления в электрохимических системах с наиболее отрицательным электродным потенциалом.