

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.11.02.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	3 семестр - 16 часов;
Практические занятия	3 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Смирнов С.Е.
	Идентификатор	Rb75d7171-SmirnovSY-bebf2b9b

(подпись)

С.Е. Смирнов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ланская И.И.
	Идентификатор	R3db6324d-Lanskyall-6f410db9

(подпись)

И.И. Ланская

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кулешов Н.В.
	Идентификатор	Re9c42de9-KuleshovNV-bc390ed6

(подпись)

Н.В. Кулешов

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение научно-технических основ создания химических источников тока и автономных энергетических установок для последующей их разработки, проектирования и эксплуатации

Задачи дисциплины

- изучение физико-химических основ процессов, протекающих в химических источниках тока и автономных энергетических системах;
- ознакомление с энергосберегающими технологиями, реализуемыми в автономной энергетике;
- ознакомление со способами оптимизации процессов в химических источниках тока;
- изучение физико-химических основ процессов, протекающих в химических источниках тока и автономных энергетических системах;
- овладение методами проведения расчетов, анализа процессов и выбора оптимальных решений;
- приобретение навыков принимать и обосновывать конкретные технические решения по подбору материалов, их синтезу и обработке, а также энергосберегающих технологий создания элементов, узлов и агрегатов автономных энергетических систем.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации и разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	ИД-3 _{ПК-3} Выполняет сбор, обработку, анализ и обобществление отечественного и международного опыта в области исследований и разработки автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	знать: - ИД-3 ПК-3 материалы, применяемые в химических источниках тока, их свойства, классификацию и маркировку. уметь: - ИД-3 ПК-3 выбирать новые конструкционные материалы для изготовления основных и вспомогательных элементов химических источников тока для обеспечения их бесперебойной эксплуатации.
ПК-4 Способен к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	ИД-1 _{ПК-4} Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	знать: - ИД-1 ПК-4 методы определения потребности химических источников тока в топливе способы уменьшения расхода топлива в установках электрохимической энергетики. уметь: - ИД-1 ПК-4 проводить расчеты энергетических параметров химических источников тока, автономных энергетических установок и их элементов проводить разработки по энерго- и ресурсосбережению для химических источников тока, автономных энергетических установок

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
в энергоресурсах		и их элементов.
ПК-4 Способен к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов в энергоресурсах	ИД-2 _{ПК-4} Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению для автономных энергетических систем, установок водородной, электрохимической энергетики и их элементов	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ИД-2 ПК-4 способы уменьшения расхода топлива в установках электрохимической энергетики.. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ИД-2 ПК-4 проводить разработки по энерго- и ресурсосбережению для химических источников тока, автономных энергетических установок и их элементов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать физико.-математический аппарат по дисциплинам химия, физика, теоретическая электрохимия
- уметь самостоятельно работать, принимать решения в рамках своей профессиональной деятельности ; использовать информационные технологии в своей предметной области

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Термодинамика ХИТ	20	3	4	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Термодинамика ХИТ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Термодинамика ХИТ" <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизадоч по разделу "Термодинамика ХИТ". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 7–20, 32–41 [2], стр. 5–27 [3], стр. 355-363
1.1	Термодинамика ХИТ.	11		2	-	4	-	-	-	-	-	5	-	
1.2	Восстановители и окислители. Ионные проводники ХИТ.	9		2	-	2	-	-	-	-	-	-	5	
2	Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ	24		4	-	8	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ" подготовка к выполнению заданий на практических

2.1	Кинетика электродных процессов.	12		2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ" <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.21-32, 42-46 [2], стр. 42-54, 54-87 [3], стр. 364-370
2.2	Параметры и характеристики ХИТ	12		2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	дополнительного материала по разделу "Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ" <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.21-32, 42-46 [2], стр. 42-54, 54-87 [3], стр. 364-370
3	Первичные ХИТ. Аккумуляторы.	32		4	-	10	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Первичные ХИТ. Аккумуляторы." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
3.1	Первичные ХИТ. Резервные ХИТ.	15		2	-	4	-	-	-	-	-	9	-	ИЗУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА ПО РАЗДЕЛУ "Первичные ХИТ. Аккумуляторы." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
3.2	Основные понятия об аккумуляторах. Аккумуляторы с водными и неводными растворами электролитов	17		2	-	6	-	-	-	-	-	9	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Первичные ХИТ. Аккумуляторы." <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Первичные ХИТ. Аккумуляторы.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:

													<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 87–189, 199-252, 255-284, 567-594 [2], стр.5-27, 208-280 [3], стр. 386-398
4	Электрохимические конденсаторы. Топливные элементы.	32	4	-	8	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Электрохимические конденсаторы. Топливные элементы." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
4.1	Электрохимические конденсаторы	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Электрохимические конденсаторы. Топливные элементы.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:
4.2	Топливные элементы. Топливные элементы с щелочными и твердополимерным электролитами. Высокотемпературные топливные элементы. Портативные ХИТ на основе топливных элементов.	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 629-664 [2], стр. 9-33,106-262
	Экзамен	36.00	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.50	
	Всего за семестр	144.00	16	-	32	-	2	-	-	0.5	60	33.50	
	Итого за семестр	144.00	16	-	32		2		-	0.5		93.50	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Термодинамика ХИТ

1.1. Термодинамика ХИТ.

Определение ХИТ. Электродные реакции в ХИТ. Электрохимические системы. Типы ХИТ: первичные и вторичные ХИТ. Топливные элементы. Первый, второй и объединенный законы Фарадея. Электродвижущая сила (ЭДС) ХИТ и ее расчет. Зависимость ЭДС от активностей и парциальных давлений реагентов и продуктов токообразующей реакции. Стандартная ЭДС ХИТ. Зависимость ЭДС ХИТ от температуры. Равновесные потенциалы электродов и ЭДС ХИТ. Измерение ЭДС и электродных потенциалов. Электроды сравнения. Термодинамически идеальный КПД ХИТ..

1.2. Восстановители и окислители. Ионные проводники ХИТ.

Требования, предъявляемые к восстановителю ХИТ. Теоретические параметры восстановителей: электродные потенциалы и удельные значения емкостей. Коэффициенты диффузии восстановителей. Основные виды восстановителей ХИТ: водород, цинк, железо, кадмий, магний, алюминий, литий, борогидрид натрия. Органические восстановители: метанол, этанол. Кислород, Свойства. Стехиометрическая реакция восстановления кислорода в различных средах . Образование промежуточных частиц при восстановлении кислорода. Электродные потенциалы кислорода: равновесный и стационарный. Воздух и его состав. Особенности восстановления кислорода воздуха. Твердые оксидные, гидроксидные сульфидные и сульфоксидные окислители ХИТ. Диоксид серы.. Требования к ионным проводникам ХИТ Физическая , химическая и электрохимическая устойчивость растворов электролитов. Классификация ионных проводников ХИТ. Зависимость электропроводности ионных проводников от температуры. Уравнение Аррениуса. Водные растворы электролитов. Коэффициенты переноса. Зависимость электропроводности водных растворов электролитов от концентрации и типа ионов.. Особый случай электропроводности растворов электролитов. Требования к неводным растворителям. Свойства неводных растворов электролитов. Требования к неводным растворителям. Выбор растворителей и солей для ионных проводников. Органические и неорганические растворители. Электропроводность неводных растворов электролитов. Расплавленные электролиты и их электропроводность. Бинарные расплавленные электролиты. Матричные. Свойства матричных электролитов. Электропроводность матричных электролитов. Классификация твердых электролитов. Свойства твердых электролитов Механизм проводимости твердых неорганических электролитов .Влияние температуры и других факторов на проводимость твердых электролитов.. Полимерные электролиты и их классификация. Ионообменные полимерные электролиты, механизм проводимости. Зависимость проводимости от температуры и других факторов. Мембраны типа нафион. Твердые полимерные электролиты- растворители солей. Величины и механизм проводимости..

2. Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ

2.1. Кинетика электродных процессов.

Причины и виды поляризации. Диффузионная поляризация. Коэффициент диффузии, предельный диффузионный ток. Скорость процесса электрохимического разряда. Уравнение скорости процесса. Плотность тока обмена. Уравнение Тафеля. Химическая поляризация . Предельный ток при химической поляризации. Электрокатализ. Нанокатализаторы. Макрокинетика электродных процессов. Пористые электроды и их параметры. Особенности кинетики. Характерная длина процесса. Жидкостный пористый электрод. Гидрофильный и гидрофобный газодиффузионный электрод. Газогенерирующий электрод..

2.2. Параметры и характеристики ХИТ

Напряжение ХИТ. Вольтамперная и разрядная кривые. Мощность, Емкость и энергия ХИТ. Нормированный ток. Удельные параметры и эксплуатационные характеристики ХИТ. Удельные энергия и мощность ХИТ., глубина разряда. Саморазряд ХИТ. Сохраняемость и ресурс ХИТ. Тепловые процессы в ХИТ..

3. Первичные ХИТ. Аккумуляторы.

3.1. Первичные ХИТ. Резервные ХИТ.

Классификация первичных ХИТ. Основные характеристики и параметры . первичных ХИТ. Традиционные первичные ХИТ. Марганцево-цинковые ХИТ с соевым и щелочным электролитом. Серебряно-цинковые и ртутно-цинковые ХИТ. Воздушно-металлические первичные ХИТ. Механизм процессов восстановления кислорода воздуха в ХИТ. Воздушно-цинковые и воздушно-алюминиевые ХИТ. Резервные ХИТ. Водоактивируемые ХИТ. Ампульные ХИТ. Тепловые ХИТ. Анодные компоненты. Катодные компоненты. Электролиты. Механизмы процессов Параметры ХИТ..

3.2. Основные понятия об аккумуляторах. Аккумуляторы с водными и неводными растворами электролитов

Классификация. Процессы в аккумуляторах и параметры аккумуляторов. Основные проблемы и достижения. Области применения. Аккумуляторы с водными растворами электролитов. Свинцовые аккумуляторы. Компоненты. Процессы. Типы аккумуляторов. Параметры. Щелочные аккумуляторы. Классификация. Разрядно - зарядные процессы. Параметры. Никель-водородные и никель-металл гидридные аккумуляторы. Аккумуляторы с неводными электролитами.. Интеркаляция. Анодные процессы. Катодные компоненты и процессы. Наноматериалы для аккумуляторов. Литиевые аккумуляторы. Параметры аккумуляторов. Литий- ионные и литий- полимерные аккумуляторы.

4. Электрохимические конденсаторы. Топливные элементы.

4.1. Электрохимические конденсаторы

Классификация .Типы конденсаторов. Процессы. Компоненты. Параметры. Основные проблемы и достижения. Области применения..

4.2. Топливные элементы. Топливные элементы с щелочными и твердополимерным электролитами. Высокотемпературные топливные элементы. Портативные ХИТ на основе топливных элементов.

Классификация. Процессы и параметры. Электрохимические генераторы и энергоустановки. Области применения. Топливные элементы с щелочными и твердополимерным электролитами. Процессы и виды топливных элементов. Топливные элементы первого поколения. Топливные элементы космического назначения. Электрохимические энергоустановки (ЭЭУ). Полимерные электролиты для ТЭ. Основные компоненты. Параметры ТЭ и ЭЭУ. Топливные элементы с фосфорнокислым электролитом. Основные понятия и процессы. Электроды, электролит. Параметры ТЭ. Электрохимические энергоустановки и их параметры. Высокотемпературные топливные элементы. Топливные элементы с расплавленным электролитом. Процессы в ТЭ. Топливные элементы. ЭЭУ и их параметры. Топливные элементы с твердооксидным электролитом. Процессы в ТЭ. Типы ТЭ. Параметры ТЭ и ЭЭУ. Гибридные ЭЭУ.. Портативные ХИТ на основе топливных элементов. Метанольные топливные элементы. Процессы в ТЭ. Проблемы ТЭ. Типы и параметры ТЭ. Особенности и типы ПИТТЭ. Восстановители для ПИТТЭ. Параметры

ПИТТЭ.Перспективы применения ЭЭУ на основе ТЭ. Сравнение параметров ЭЭУ с параметрами других энергоустановок. Стационарные ЭЭУ. Транспортные ЭЭУ..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет термодинамических параметров ХИТ (6 час);
2. Расчет кинетических параметров электродов (4 час);
3. Расчет параметров первичных элементов (4 час);
4. Расчет параметров аккумуляторов (4 час);
5. Расчет параметров топливных элементов (6 час);
6. Расчет параметров конденсаторов (2 час);
7. Расчет параметров энергоустановок (6 час).

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термодинамика ХИТ"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Первичные ХИТ. Аккумуляторы."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электрохимические конденсаторы. Топливные элементы."

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
ИД-3 ПК-3 материалы, применяемые в химических источниках тока, их свойства, классификацию и маркировку	ИД-3ПК-3	+				Тестирование/Равновесные потенциалы электродов
ИД-1 ПК-4 методы определения потребности химических источников тока в топливе способы уменьшения расхода топлива в установках электрохимической энергетики	ИД-1ПК-4			+		Тестирование/Химические источники тока
ИД-2 ПК-4 способы уменьшения расхода топлива в установках электрохимической энергетики.	ИД-2ПК-4		+			Тестирование/Поляризация электродов. Поляризационные кривые
Уметь:						
ИД-3 ПК-3 выбирать новые конструкционные материалы для изготовления основных и вспомогательных элементов химических источников тока для обеспечения их бесперебойной эксплуатации	ИД-3ПК-3			+		Тестирование/Химические источники тока
ИД-1 ПК-4 проводить расчеты энергетических параметров химических источников тока, автономных энергетических установок и их элементов проводить разработки по энерго- и ресурсосбережению для химических источников тока, автономных энергетических установок и их элементов	ИД-1ПК-4				+	Расчетно-графическая работа/Защита расчетных заданий
ИД-2 ПК-4 проводить разработки по энерго- и ресурсосбережению для химических источников тока, автономных энергетических установок и их элементов	ИД-2ПК-4		+			Тестирование/Поляризация электродов. Поляризационные кривые

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита расчетных заданий (Расчетно-графическая работа)
2. Поляризация электродов. Поляризационные кривые (Тестирование)
3. Равновесные потенциалы электродов (Тестирование)
4. Химические источники тока (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Химические источники тока : Справочник / Ред. Н. В. Коровин, А. М. Скундин . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 740 с. - ISBN 5-7046-0899-X .;
2. Коровин, Н. В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н. В. Коровин . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 280 с. - ISBN 5-7046-1185-0 .;
3. Коровин Н. В., Кулешов Н. В., Гончарук О. Н., Камышова В. К., Ланская И. И., Мясникова Н. В., Осина М. А., Удрис Е. Я., Яштулов Н. А.- "Общая химия. Теория и задачи", (5-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (492 с.)
<https://e.lanbook.com/book/158949>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
12. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Химические источники тока

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Равновесные потенциалы электродов (Тестирование)
 КМ-2 Поляризация электродов. Поляризационные кривые (Тестирование)
 КМ-3 Химические источники тока (Тестирование)
 КМ-4 Защита расчетных заданий (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Термодинамика ХИТ					
1.1	Термодинамика ХИТ.		+			
1.2	Восстановители и окислители. Ионные проводники ХИТ.		+			
2	Кинетика электродных процессов. Параметры и характеристики ХИТ					
2.1	Кинетика электродных процессов.			+		
2.2	Параметры и характеристики ХИТ			+		
3	Первичные ХИТ. Аккумуляторы.					
3.1	Первичные ХИТ. Резервные ХИТ.				+	
3.2	Основные понятия об аккумуляторах. Аккумуляторы с водными и неводными растворами электролитов				+	
4	Электрохимические конденсаторы. Топливные элементы.					
4.1	Электрохимические конденсаторы					+
4.2	Топливные элементы. Топливные элементы с щелочными и твердополимерным электролитами. Высокотемпературные топливные элементы. Портативные ХИТ на основе топливных элементов.					+
Вес КМ, %:			15	15	35	35