

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1161077	Материалы и устройства водородной энергетики

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Материалы и технологии водородной энергетики	Код ОП 1. 22.04.01/33.07
Направление подготовки 1. Материаловедение и технологии материалов	Код направления и уровня подготовки 1. 22.04.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Антонова Екатерина Павловна	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	безопасности жизнедеятельности
2	Ерпалов Михаил Викторович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	обработки металлов давлением
3	Медведев Дмитрий Андреевич	доктор химических наук, без ученого звания	Профессор	технологии электрохимических производств
4	Тарасова Наталия Александровна	доктор химических наук, доцент	Доцент	физической и неорганической химии

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Материалы и устройства водородной энергетики**

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из трех дисциплин: «Функциональные материалы для топливных элементов и электролизеров», «Дизайн устройств водородной энергетики» и «Технологии керамики и стекла». Модуль направлен на изучение процессов электро- и массопереноса в керамических электродных и электролитных материалах, принципов конструирования электрохимических устройств на их основе, а также особенностей строения и свойств стеклообразных материалов и керамических биоматериалов.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Функциональные материалы для топливных элементов и электролизеров	6
2	Дизайн устройств водородной энергетики	6
3	Технологии керамики и стекла	6
ИТОГО по модулю:		18

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Физико-химические свойства материалов 2. Технологии современных функциональных материалов 3. Методы получения наноматериалов
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3

<p>Дизайн устройств водородной энергетики</p>	<p>ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p>	<p>З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и общинженерных наук</p> <p>З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и общинженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и общинженерных наук</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и общинженерных наук</p> <p>П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и общинженерных наук</p> <p>Д-1 - Проявлять лидерские качества и умения командной работы</p>
	<p>ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>З-1 - Сформулировать основные принципы организации и планирования научного исследования</p> <p>З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения</p> <p>З-3 - Сделать обзор основных методов статистической обработки и анализа результатов измерений</p> <p>З-4 - Перечислить основные нормативные документы, регламентирующие оформление научно-технических отчетов и защиту прав интеллектуальной собственности</p> <p>У-1 - Собирать и анализировать научно-техническую информацию для оптимального планирования исследования и изыскания</p>

		<p>У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>У-3 - Оценивать оформление научно-технических отчетов, публикаций научных результатов, документов защиты интеллектуальной собственности на соответствие нормативным требованиям</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания экспериментальные комплексные научно-технические исследования и изыскания для решения инженерных задач в области профессиональной деятельности, включая обработку, интерпретацию и оформление результатов</p> <p>П-2 - Оформить научно-технический отчет, публикацию научных результатов, документы защиты интеллектуальной собственности в соответствии с нормативными требованиями</p> <p>Д-1 - Проявлять умение видеть детали, упорство, аналитические умения</p>
	<p>ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов</p> <p>З-2 - Изложить принципы расчета экономической эффективности предложенных технических решений</p> <p>З-3 - Привести примеры сравнения предложенных решений с мировыми аналогами</p> <p>З-4 - Описать основные подходы к оценке экологических и социальных последствий внедрения инженерных решений</p> <p>У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>У-2 - Доказать научно-техническую и экономическую состоятельность и конкурентоспособность предложенных инженерных решений</p>

		<p>У-3 - Оценить экологические и социальные риски внедрения предложенных инженерных решений</p> <p>У-4 - Провести всесторонний анализ принятых инженерных решений для выполнения разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>Д-1 - Демонстрировать креативное мышление, творческие способности</p>
	<p>ОПК-5 - Способен планировать, организовывать и контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>З-1 - Изложить основные нормы и правила, регламентирующие работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и типовой порядок планирования, организации и контроля выполнения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-3 - Перечислить основные разделы документов (технического задания, технических условий и т.п.), в соответствии с которыми выполняются работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-4 - Показать возможности использования цифровых технологий (создание цифровых двойников) для оптимизации работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования,</p>

		<p>технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-1 - Обосновать детальный план проведения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-2 - Анализировать задания, распределять и объяснять их работникам коллектива при выполнении работ по созданию, установке и модернизации оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-3 - Оценивать исполнение работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем на соответствие регламентам</p> <p>У-4 - Использовать при необходимости техники цифрового моделирования при выполнении работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>П-1 - Самостоятельно составить план работ в целом по этапам создания, установки и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем либо отдельных этапов этой работы</p> <p>П-2 - Провести контроль выполнения заданий с учетом соответствия регламентам, срокам исполнения и материальным затратам</p> <p>Д-1 - Демонстрировать требовательность и принципиальность в процессе контроля выполнения заданий</p>
	<p>ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p>

	<p>технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта</p>	<p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>З-3 - Объяснить принципы энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p> <p>У-3 - Обоснованно корректировать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов, добиваясь повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Предлагать и аргументированно доказывать целесообразность корректировок параметров эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов для повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности</p>
	<p>ОПК-7 - Способен планировать и управлять жизненным циклом</p>	<p>З-1 - Изложить принципы имитационного моделирования для принятия инженерных решений</p>

	<p>инженерных продуктов и технических объектов, включая стадии замысла, анализа требований, проектирования, изготовления, эксплуатации, поддержки, модернизации, замены и утилизации</p>	<p>З-2 - Дать определение жизненного цикла инженерного продукта, его основных стадий и моделей</p> <p>З-3 - Перечислить принципы и возможные ролевые модели управления командой инженерного проекта</p> <p>У-1 - Формулировать инженерные задачи с учетом формализованных требований</p> <p>У-2 - Определять основные потребности стейкхолдеров (заинтересованных сторон) и формулировать требования к эффективности инженерных продуктов и технических объектов</p> <p>У-3 - Использовать программные пакеты при построении имитационной модели разрабатываемой системы или использующей системы</p> <p>У-4 - Выбрать оборудование и технологическую оснастку при разработке технических заданий на проектирование и изготовление инженерных продуктов и технических объектов</p> <p>П-1 - Освоить практики построения и применения имитационных моделей в процессе проектирования</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт планирования и управления жизненным циклом инженерных продуктов и технических объектов</p> <p>П-3 - Формализовать и согласовывать требования, относящиеся к внешним условиям (эксплуатации, сопровождения, хранения, перевозки, вывода из эксплуатации)</p> <p>П-4 - Разработать технические задания на проектирование и изготовление инженерных продуктов и технических объектов, включая выбор оборудования и технологической оснастки</p> <p>Д-1 - Проявлять настойчивость в достижении цели; Внимательность; Аналитические умения</p>
	<p>ПК-1 - Способен осуществлять,</p>	<p>З-1 - Перечислить показатели эффективности научно-исследовательских</p>

	<p>организовывать и координировать научно-исследовательскую работу по созданию и исследованию материалов для водородной энергетики и изделий из них</p>	<p>работ в области создания материалов для водородной энергетики</p> <p>З-2 - Демонстрировать знание отечественной и международной нормативной документации, патентов и стандартов в области создания материалов для водородной энергетики</p> <p>У-1 - Выбирать оптимальные методы и способы создания материалов для водородной энергетики с заданным комплексом свойств с учетом рационального расходования основных и вспомогательных материалов и экологических последствий применения</p> <p>У-2 - Анализировать результаты научно-исследовательских работ в области создания материалов для водородной энергетики и оценивать эффективность научно-исследовательских работ на основе установленных показателей</p> <p>П-1 - Проводить оценку эффективности научно-исследовательских работ в области создания материалов для водородной энергетики и оформлять в соответствии с требованиями отчеты/презентации по результатам научно-исследовательских работ</p> <p>П-2 - В соответствии с заданием планировать этапы проведения и проводить прикладные научные исследования и испытания в области создания и исследования материалов для водородной энергетики, обработку и анализ их результатов</p>
	<p>ПК-3 - Способен формировать новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок</p>	<p>З-1 - Перечислить основные способы поиска информации в области технологий материалов</p> <p>З-2 - Выполнить обзор отечественных и международных источников информации в области технологий материалов</p> <p>У-1 - Анализировать, систематизировать и правильно интерпретировать полученные в ходе проведения научно-технических разработок, научных исследований в</p>

		<p>области материаловедения и технологии материалов, смежных областях</p> <p>П-1 - Осуществить сбор информации в области технологий материалов</p> <p>П-2 - Разрабатывать рекомендации по проведению анализа результатов экспериментов и наблюдений в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях</p>
	<p>ПК-4 - Способен разрабатывать документацию, предназначенную для описания технологических процессов создания керамических материалов и изделий из них, контроля и измерения их свойств и испытаний</p>	<p>З-1 - Изложить нормативные требования к разработке и оформлению документации, предназначенной для описания технологических процессов создания керамических материалов и изделий из них, контроля и измерения их свойств и испытаний</p> <p>З-2 - Сделать обзор специализированных баз данных и электронных ресурсов по материаловедению, перспективным керамическим материалам, изделиям из них, методов поиска и обработки научно-технической информации</p> <p>У-1 - Выбирать адекватные методы поиска и анализа научно-технической информации о типах, характеристиках и методах создания керамических материалов и изделий из них</p> <p>У-2 - Систематизировать и оценивать научно-техническую информацию о технологических процессах создания керамических материалов и изделий из них, контроля и измерения их свойств и испытаний для разработки и оформления технологической документации</p> <p>П-1 - По заданию осуществлять поиск и обработку научно-технической информации и на ее основе разрабатывать и оформлять в соответствии с нормативными требованиями, документацию, предназначенную для описания технологических процессов создания керамических материалов и изделий из них, контроля и измерения их свойств и испытаний</p>
	<p>ПК-5 - Способность совместного решения</p>	<p>З-1 - Изложить основные принципы и структуру научного и производственного</p>

	<p>научных, производственных и организационных задач с работниками смежных подразделений, связанных с материаловедческим обеспечением технологического процесса</p>	<p>процессов, терминологию и основные понятия</p> <p>З-2 - Сделать обзор методик и способов проведения исследовательской и экспериментальной работы по изучению структуры и свойств керамических материалов</p> <p>З-3 - Изложить требования к формированию и оформлению отчета по проведенным исследованиям</p> <p>У-1 - Формулировать задачи исследовательской и экспериментальной работы</p> <p>У-2 - Выбирать оптимальные методики и способы проведения исследовательской и экспериментальной работы с учетом исследуемых параметров материалов</p> <p>У-3 - Анализировать, систематизировать и правильно интерпретировать полученные в ходе проведения исследовательской и экспериментальной работы данные</p> <p>П-1 - Проводить исследовательские и экспериментальные работы, опираясь на обоснованный выбор оптимальных методик и способов исследования и современных методов обработки данных</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт проведения исследований с применением исследовательского и специализированного оборудования и анализа полученных результатов с использованием современных методов обработки данных</p>
<p>Технологии керамики и стекла</p>	<p>ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p>	<p>З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и инженерных наук</p> <p>З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и инженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы,</p>

		<p>методологические подходы и законы фундаментальных и инженерных наук</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и инженерных наук</p> <p>П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и инженерных наук</p> <p>Д-1 - Проявлять лидерские качества и умения командной работы</p>
	<p>ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов</p> <p>З-2 - Изложить принципы расчета экономической эффективности предложенных технических решений</p> <p>З-3 - Привести примеры сравнения предложенных решений с мировыми аналогами</p> <p>З-4 - Описать основные подходы к оценке экологических и социальных последствий внедрения инженерных решений</p> <p>У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>У-2 - Доказать научно-техническую и экономическую состоятельность и конкурентоспособность предложенных инженерных решений</p> <p>У-3 - Оценить экологические и социальные риски внедрения предложенных инженерных решений</p> <p>У-4 - Провести всесторонний анализ принятых инженерных решений для выполнения разработки технических объектов, систем, в том числе</p>

		<p>информационных, и технологических процессов</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>Д-1 - Демонстрировать креативное мышление, творческие способности</p>
	<p>ОПК-5 - Способен планировать, организовывать и контролировать работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования и технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>З-1 - Изложить основные нормы и правила, регламентирующие работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и типовой порядок планирования, организации и контроля выполнения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-3 - Перечислить основные разделы документов (технического задания, технических условий и т.п.), в соответствии с которыми выполняются работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>З-4 - Показать возможности использования цифровых технологий (создание цифровых двойников) для оптимизации работы по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-1 - Обосновать детальный план проведения работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p>

		<p>У-2 - Анализировать задания, распределять и объяснять их работникам коллектива при выполнении работ по созданию, установке и модернизации оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>У-3 - Оценивать исполнение работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем на соответствие регламентам</p> <p>У-4 - Использовать при необходимости техники цифрового моделирования при выполнении работ по созданию, установке и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем</p> <p>П-1 - Самостоятельно составить план работ в целом по этапам создания, установки и модернизации технологического оборудования, технологических процессов и информационных систем либо отдельных этапов этой работы</p> <p>П-2 - Провести контроль выполнения заданий с учетом соответствия регламентам, срокам исполнения и материальным затратам</p> <p>Д-1 - Демонстрировать требовательность и принципиальность в процессе контроля выполнения заданий</p>
	<p>ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>З-3 - Объяснить принципы энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению</p>

		<p>технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p> <p>У-3 - Обоснованно корректировать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов, добиваясь повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Предлагать и аргументированно доказывать целесообразность корректировок параметров эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов для повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности</p>
	<p>ПК-1 - Способен осуществлять, организовывать и координировать научно-исследовательскую работу по созданию и исследованию материалов для водородной энергетики и изделий из них</p>	<p>З-1 - Перечислить показатели эффективности научно-исследовательских работ в области создания материалов для водородной энергетики</p> <p>З-2 - Демонстрировать знание отечественной и международной нормативной документации, патентов и стандартов в области создания материалов для водородной энергетики</p> <p>У-1 - Выбирать оптимальные методы и способы создания материалов для водородной энергетики с заданным</p>

		<p>комплексом свойств с учетом рационального расходования основных и вспомогательных материалов и экологических последствий применения</p> <p>У-2 - Анализировать результаты научно-исследовательских работ в области создания материалов для водородной энергетики и оценивать эффективность научно-исследовательских работ на основе установленных показателей</p> <p>П-1 - Проводить оценку эффективности научно-исследовательских работ в области создания материалов для водородной энергетики и оформлять в соответствии с требованиями отчеты/презентации по результатам научно-исследовательских работ</p> <p>П-2 - В соответствии с заданием планировать этапы проведения и проводить прикладные научные исследования и испытания в области создания и исследования материалов для водородной энергетики, обработку и анализ их результатов</p>
	<p>ПК-2 - Способен создавать новые материалы для водородной энергетики с заданным комплексом свойств для конкретных изделий с учетом рационального расходования основных и вспомогательных материалов и экологических последствий применения</p>	<p>З-1 - Сделать обзор основных достижений и проблем современного материаловедения</p> <p>З-2 - Классифицировать материалы для водородной энергетики по типу, комплексу механических и физических свойств</p> <p>З-3 - Сделать обзор методов поиска и анализа научно-технической информации о перспективных материалах для водородной энергетики</p> <p>З-4 - Соотнести тип материала для водородной энергетики с видом изделия, изготавливаемого на его основе</p> <p>З-5 - Изложить принципы, методы и способы создания новых материалов для водородной энергетики</p> <p>З-6 - Привести примеры экологических последствий применения основных и вспомогательных материалов и рисков их нерационального расходования</p>

		<p>У-1 - Выбирать оптимальные методы и способы создания новых материалов для водородной энергетики с заданным комплексом свойств с учетом рационального расходования основных и вспомогательных материалов и экологических последствий применения</p> <p>У-2 - Анализировать и систематизировать информацию об имеющихся материалах для водородной энергетики, их типах, механических и физических свойствах и выбирать тип материала с заданным комплексом свойств для создания конкретного вида изделия</p> <p>П-1 - Разрабатывать (моделировать) процесс создания новых материалов для водородной энергетики с заданным комплексом свойств на основе анализа типов материалов и обоснованного выбора их с учетом конкретного вида изделия</p> <p>П-2 - Разрабатывать предложения по созданию новых материалов для водородной энергетики и изделий из них на основе анализа экологических последствий их применения и оптимизации расходования основных и вспомогательных материалов</p>
	<p>ПК-5 - Способность совместного решения научных, производственных и организационных задач с работниками смежных подразделений, связанных с материаловедческим обеспечением технологического процесса</p>	<p>З-1 - Изложить основные принципы и структуру научного и производственного процессов, терминологию и основные понятия</p> <p>З-2 - Сделать обзор методик и способов проведения исследовательской и экспериментальной работы по изучению структуры и свойств керамических материалов</p> <p>З-3 - Изложить требования к формированию и оформлению отчета по проведенным исследованиям</p> <p>У-1 - Формулировать задачи исследовательской и экспериментальной работы</p> <p>У-2 - Выбирать оптимальные методики и способы проведения исследовательской и экспериментальной работы с учетом исследуемых параметров материалов</p>

		<p>У-3 - Анализировать, систематизировать и правильно интерпретировать полученные в ходе проведения исследовательской и экспериментальной работы данные</p> <p>П-1 - Проводить исследовательские и экспериментальные работы, опираясь на обоснованный выбор оптимальных методик и способов исследования и современных методов обработки данных</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт проведения исследований с применением исследовательского и специализированного оборудования и анализа полученных результатов с использованием современных методов обработки данных</p>
Функциональные материалы для топливных элементов и электролизеров	<p>ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания</p>	<p>З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и инженерных наук</p> <p>З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и инженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и инженерных наук</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и инженерных наук</p> <p>П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и инженерных наук</p> <p>Д-1 - Проявлять лидерские качества и умения командной работы</p>
	<p>ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и</p>	<p>З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых</p>

<p>технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>технических объектов, систем, технологических процессов</p> <p>З-2 - Изложить принципы расчета экономической эффективности предложенных технических решений</p> <p>У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>Д-1 - Демонстрировать креативное мышление, творческие способности</p>
<p>ПК-1 - Способен осуществлять, организовывать и координировать научно-исследовательскую работу по созданию и исследованию материалов для водородной энергетики и изделий из них</p>	<p>З-1 - Перечислить показатели эффективности научно-исследовательских работ в области создания материалов для водородной энергетики</p> <p>З-2 - Демонстрировать знание отечественной и международной нормативной документации, патентов и стандартов в области создания материалов для водородной энергетики</p> <p>У-1 - Выбирать оптимальные методы и способы создания материалов для водородной энергетики с заданным комплексом свойств с учетом рационального расходования основных и вспомогательных материалов и экологических последствий применения</p> <p>У-2 - Анализировать результаты научно-исследовательских работ в области создания материалов для водородной энергетики и оценивать эффективность научно-исследовательских работ на основе установленных показателей</p> <p>П-1 - Проводить оценку эффективности научно-исследовательских работ в области создания материалов для водородной энергетики и оформлять в соответствии с требованиями отчеты/презентации по</p>

		<p>результатам научно-исследовательских работ</p> <p>П-2 - В соответствии с заданием планировать этапы проведения и проводить прикладные научные исследования и испытания в области создания и исследования материалов для водородной энергетики, обработку и анализ их результатов</p>
	<p>ПК-2 - Способен создавать новые материалы для водородной энергетики с заданным комплексом свойств для конкретных изделий с учетом рационального расходования основных и вспомогательных материалов и экологических последствий применения</p>	<p>З-1 - Сделать обзор основных достижений и проблем современного материаловедения</p> <p>З-2 - Классифицировать материалы для водородной энергетики по типу, комплексу механических и физических свойств</p> <p>З-3 - Сделать обзор методов поиска и анализа научно-технической информации о перспективных материалах для водородной энергетики</p> <p>З-4 - Соотнести тип материала для водородной энергетики с видом изделия, изготавливаемого на его основе</p> <p>З-5 - Изложить принципы, методы и способы создания новых материалов для водородной энергетики</p> <p>З-6 - Привести примеры экологических последствий применения основных и вспомогательных материалов и рисков их нерационального расходования</p> <p>У-1 - Выбирать оптимальные методы и способы создания новых материалов для водородной энергетики с заданным комплексом свойств с учетом рационального расходования основных и вспомогательных материалов и экологических последствий применения</p> <p>У-2 - Анализировать и систематизировать информацию об имеющихся материалах для водородной энергетики, их типах, механических и физических свойствах и выбирать тип материала с заданным комплексом свойств для создания конкретного вида изделия</p> <p>П-1 - Разрабатывать (моделировать) процесс создания новых материалов для водородной</p>

		<p>энергетики с заданным комплексом свойств на основе анализа типов материалов и обоснованного выбора их с учетом конкретного вида изделия</p> <p>П-2 - Разрабатывать предложения по созданию новых материалов для водородной энергетики и изделий из них на основе анализа экологических последствий их применения и оптимизации расходования основных и вспомогательных материалов</p>
	<p>ПК-3 - Способен формировать новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок</p>	<p>З-1 - Перечислить основные способы поиска информации в области технологий материалов</p> <p>З-2 - Выполнить обзор отечественных и международных источников информации в области технологий материалов</p> <p>У-1 - Анализировать, систематизировать и правильно интерпретировать полученные в ходе проведения научно-технических разработок, научных исследований в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях</p> <p>П-1 - Осуществить сбор информации в области технологий материалов</p> <p>П-2 - Разрабатывать рекомендации по проведению анализа результатов экспериментов и наблюдений в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях</p>
	<p>ПК-5 - Способность совместного решения научных, производственных и организационных задач с работниками смежных подразделений, связанных с материаловедческим обеспечением технологического процесса</p>	<p>З-1 - Изложить основные принципы и структуру научного и производственного процессов, терминологию и основные понятия</p> <p>З-2 - Сделать обзор методик и способов проведения исследовательской и экспериментальной работы по изучению структуры и свойств керамических материалов</p> <p>З-3 - Изложить требования к формированию и оформлению отчета по проведенным исследованиям</p> <p>У-1 - Формулировать задачи исследовательской и экспериментальной работы</p>

		<p>У-2 - Выбирать оптимальные методики и способы проведения исследовательской и экспериментальной работы с учетом исследуемых параметров материалов</p> <p>У-3 - Анализировать, систематизировать и правильно интерпретировать полученные в ходе проведения исследовательской и экспериментальной работы данные</p> <p>П-1 - Проводить исследовательские и экспериментальные работы, опираясь на обоснованный выбор оптимальных методик и способов исследования и современных методов обработки данных</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт проведения исследований с применением исследовательского и специализированного оборудования и анализа полученных результатов с использованием современных методов обработки данных</p>
--	--	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Функциональные материалы для
топливных элементов и электролизеров

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Антонова Екатерина Павловна	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	безопасности жизнедеятельност и
2	Тарасова Наталия Александровна	доктор химических наук, доцент	Доцент	физической и неорганической химии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Химико-технологический

Протокол № 6 от 15.06.2022 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Антонова Екатерина Павловна, Доцент, безопасности жизнедеятельности
- Тарасова Наталия Александровна, Доцент, физической и неорганической химии

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Электрохимические устройства на ион-проводящих твердых мембранах: классификация, принцип работы, применение.	Электрохимические устройства и их классификация. Общие принципы работы электрохимических устройств. Электрохимические устройства для генерации и преобразования электроэнергии (топливные элементы и электролизеры), их виды и классификация. Высокотемпературные электрохимические устройства на твердых электролитах: топливные элементы, электролизеры, газовые сенсоры, мембраны для парциального окисления, устройства для получения газов абсолютной чистоты. Особенности изготовления и использования высокотемпературных твердооксидных элементов (ТОЭ). Классификация ТОЭ по типу электролита и конструкции: протонкерамические ТОЭ, симметричные ТОЭ, обратимые электрохимические устройства, ТОЭ на несущем электролите, ТОЭ на несущем электроде, ТОЭ на несущем токовом коллекторе, ТОЭ на несущей инертной основе.
2	Материалы для электрохимических устройств.	Требования к функциональным материалам для ТОЭ: химическая и термомеханическая совместимость материалов. Методы изготовления функциональных слоев электрохимических устройств. Твердые электролиты. Кислород-проводящие электролиты со структурой флюорита, перовскита, апатита. Поликристаллы. Объемная и зернограничная проводимость. Блочная модель поликристаллов. Протонпроводящие электролиты со

		структурой перовскита, пироклора, браунмиллерита. Материалы для кислородных электродов ТОЭ: благородные металлы, сложные оксиды. Материалы для топливных электродов ТОЭ: благородные и неблагородные металлы, керметы, сложные оксиды. Особенности выбора электродных материалов для протонкерамических ТОЭ. Композитные электроды. Импрегнация и экссолюция как способы повышения эффективности электродов ТОЭ.
3	Кинетика электродных реакций.	Разделы. Общие понятия о механизмах электродных реакций. Трехфазная граница и ее роль в кинетике электродных реакций. Скоростопределяющая (лимитирующая) стадия электродного процесса. Параллельные маршруты электродного процесса. Кинетика реакции восстановления кислорода на металлических электродах и оксидных электродах со смешанной проводимостью. Модель Адлера-Лэйна-Стилла. Кинетика реакции окисления водорода и оксида углерода на металлических, металл–керамических и оксидных электродах. Особенности кинетики электродных реакций на композитных электродах, спилловер эффекты. Деградиационные процессы в ТОЭ: интердиффузия, сегрегация, спекание, испарение, химическое взаимодействие.
4	Методы изучения функциональных и электрохимических характеристик э/х устройств	Рентгенофазовый анализ. Дилатометрия. Вольтамперометрия, выход по току. Методы измерения электропроводности (двух-, четырехконтактный). Определение ионной и электронной составляющих проводимости. Термогравиметрический анализ для определения кислородной нестехиометрии. Кулонометрическое титрование. Импедансная спектроскопия, основы метода. Эквивалентные электрические схемы. Методы анализа спектров импеданса - нелинейный метод наименьших квадратов, распределение времен релаксации.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Функциональные материалы для топливных элементов и электролизеров

Электронные ресурсы (издания)

1. ; Кинетика электродных процессов; Издательство Московского университета, Москва; 1952; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=220899> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Радченко, Р. В., Мокрушин, А. С., Тюльпа, В. В., Щеклеин, С. Е.; Водородная энергетика : конспект лекций.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2007 (6 экз.)

2. Анимица, И. Е.; Материалы для водородной энергетики : учеб. пособие [для вузов].; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2009 (101 экз.)

3. , Анимица, И. Е., Кочетова, Н. А., Нейман, А. Я.; Электрохимические методы исследования свойств материалов. Числа переноса носителей заряда и дифференциация проводимости на составляющие : метод. рук. по спец. курсу "Электрохимические методы исследования свойств материалов".; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2011 (100 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Не используются

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Не используются

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Функциональные материалы для топливных элементов и электролизеров

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Браузер Google Chrome или Mozilla</p>
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Не требуется
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Не требуется
5	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Браузер Google Chrome или Mozilla</p>

		Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	
--	--	--	--

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Дизайн устройств водородной энергетики

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Ерпалов Михаил Викторович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	обработки металлов давлением
2	Медведев Дмитрий Андреевич	доктор химических наук, без ученого звания	Профессор	технологии электрохимически х производств
3	Тарасова Наталия Александровна	доктор химических наук, доцент	Доцент	физической и неорганической химии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Химико-технологический

Протокол № 6 от 15.06.2022 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Ерпалов Михаил Викторович, Доцент, обработки металлов давлением
- Медведев Дмитрий Андреевич, Профессор, технологии электрохимических производств
- Тарасова Наталия Александровна, Доцент, физической и неорганической химии

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Электрохимические устройства (ЭХУ)	Классификация и принцип работы ЭХУ в зависимости от типа используемого электролита и температурного окна работы. Низко-, средне- и высокотемпературные ЭХУ. Электрохимические процессы, протекающие в устройствах. Возможности применения ЭХУ для генерации электроэнергии и получения химических продуктов с надбавленной стоимостью.
2	Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) и электролизеры (ТОЭ). Фундаментальные аспекты	Принципы функционирования ТОТЭ и ТОЭ в зависимости от типа электролита (кислородионный, протонный, со-ионный). Характеристики ТОТЭ и ТОЭ (вольтамперные зависимости, выходная мощность, эффективность). Понятие теоретического ЭДС, его взаимосвязь с выходным напряжением и потерями на электролите и электродах. Термодинамика ТОТЭ: энтальпия электрохимической реакции, свободная энергия Гиббса, электрическая работа, КПД ТОТЭ. Термодинамика обратимых твердооксидных элементов (термонеutralное напряжение, тепловой баланс). Перенос заряда в ТОТЭ и ТОЭ, омические и поляризационные сопротивления, методы оценки этих компонентов. Внутреннее замыкание в электролите, влияние электронной проводимости электролита на характеристики ТОТЭ.
3	Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) и	Конструкция и компоненты стеков ТОТЭ и ТОЭ. Используемые материалы, их эксплуатационные свойства и

	электролизеры (ТОЭ). Прикладные аспекты	общие сведения о технологии изготовления. Способы защиты от коррозии. Газодинамические и теплотехнические характеристики ТОТЭ и ТОЭ. Схемы установок на базе ТОТЭ и ТОЭ. Примеры использования ТОТЭ и ТОЭ для водородной энергетики.
4	Электрохимические устройства на основе смешанных ионно-электронных проводников (СИЭП)	СИЭП для газового разделения. СИЭП для выделения иди конверсии CO ₂ . СИЭП для выделения водорода из газовых смесей. Проводимость и диффузия в СИЭП. Понятие амбиполярного переноса. Кислородопроницаемость (КП), объемные и поверхностные стадии КП. Модели к описанию экспериментальных данных КП. Конструкции мембранных ячеек на основе СИЭП. Трансфер мембранных ячеек от лабораторных до коммерческих масштабов. Основные классы СИЭП и методы повышения амбиполярной проводимости.
5	Электрохимическая сенсорика	Особенности конструкций и принципов работы электрохимических датчиков. Датчики потенциометрического, амперометрического и резистивного типов. Аналитические возможности электрохимических датчиков и их характеристики: чувствительность, воспроизводимость, время отклика.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дизайн устройств водородной энергетики

Электронные ресурсы (издания)

1. Лысенко, В. А.; История и методология химической технологии. Системное проектирование углеродных пористых композитов для топливных элементов водородной энергетики : учебное пособие.; Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/102519.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Анимиди, И. Е.; Протонный транспорт в сложных оксидах : [учебное пособие для студентов, обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры по направлению подготовки 020100 "Химия", по специальности 020201 "Фундаментальная и прикладная химия"].; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2014 (30 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Не используются

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Не используются

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дизайн устройств водородной энергетики

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Браузер Google Chrome или Mozilla
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Не требуется
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Браузер Google Chrome или Mozilla
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Технологии керамики и стекла

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Тарасова Наталия Александровна	доктор химических наук, доцент	Доцент	физической и неорганической химии
2	Шардаков Николай Тимофеевич	доктор технических наук, доцент	Заведующий кафедрой	технологии стекла

Рекомендовано учебно-методическим советом института Химико-технологический

Протокол № 6 от 15.06.2022 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Тарасова Наталия Александровна, Доцент, физической и неорганической химии
- Шардаков Николай Тимофеевич, Заведующий кафедрой, технологии стекла

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1.1	Строение и свойства керамики	Фазовый состав, микро- и макроструктура керамики. Физические и гидрофизические свойства: плотность, пористость, водо-, газо- и паропроницаемость. Механические и упругие свойства. Прочность при различных видах механических воздействий. Механизм образования и торможения трещин. Упругие свойства. Ударная вязкость. Износостойкость (истираемость). Твердость. Зависимость механических и упругих свойств от температуры и других технологических факторов. Теплофизические свойства: теплопроводность, теплоемкость, термическое расширение. Зависимость от химического, минерального и фазового состава. Расчет термического коэффициента линейного расширения (ТКЛР) керамики и глазури. Термостойкость. Методы определения термостойкости. Огнеупорность. Методы определения огнеупорности. Высокотемпературная ползучесть керамики и ее физические основы. Электрофизические свойства: проводимость, ее зависимость от температуры. Керамические диэлектрики, полупроводники, проводники, ВТСП. Диэлектрическая проницаемость ϵ и термический коэффициент диэлектрической проницаемости ТК ϵ . Расчет ТК ϵ . Диэлектрические потери. Температурная и частотная зависимость диэлектрических потерь. Пробой керамических диэлектриков. Виды и механизм пробоя. Эффект перколяции.

1.2	Сырьевые материалы и формование изделий	Пластичные сырьевые материалы. Химический, минеральный, гранулометрический состав сырья. Порог структурообразования и показатель упругости каолиновой суспензии. Пластичность глин, каолинов, бентонитов. Разжижение глин и каолинов под действием электролитов. Отощающие материалы. Плавни. Полевые шпаты и пегматиты. Процессы просеивания и смешения. Виды керамических масс. Полусухое прессование. Формование изделий из пластичных масс. Упругая, эластическая и пластическая деформация керамических материалов. Литье керамических изделий в гипсовые формы. Свойства керамического шликера для литья.
1.3	Сушка керамических материалов	Роль и значение сушки в технологии керамики. Внешняя и внутренняя диффузия влаги. Основные периоды сушки. Тепло- и массообмен при сушке. Способы сушки: конвективная, радиационная, СВЧ, электросушка, комбинированные.
1.4	Спекание и обжиг керамических материалов	Понятие о температуре спекания. Классификация процессов спекания. Механизм переноса вещества при спекании. Припекание взаимно нерастворимых тел. Твердофазное спекание. Собирательная рекристаллизация. Кинетика спекания. Правило Ферсмана и критерий Верещагина для выбора добавок. Обжиг керамики.
1.5	Глазури	Классификация глазурей: легкоплавкие и тугоплавкие, сырые и фриттованные, глушеные и прозрачные, матовые и блестящие, окрашенные и бесцветные. Сырьевые материалы для глазурей. Шихтовый и химический составы глазурей. Основные свойства глазурей. Подбор глазурей для керамики. Методы нанесения глазурей на поверхность керамики. Свойства глазурного шликера. Виды брака глазурного покрытия.
1.6	Металлизация керамических материалов	Физико-химические основы создания надёжных спаев керамики с металлом. Использование для металлизации керамики молибден-марганцевых и платина-палладиевых паст, паст, содержащих Ag_2O . Определение силы сцепления металлизационных паст и керамики. Присоединение токопроводов к керамике в процессе пайки.
1.7	Свойства керамики на основе ZrO_2	Свойства ZrO_2 . Получение ZrO_2 . Полиморфизм ZrO_2 . Стабилизация ZrO_2 . Мартенситное превращение ZrO_2 . Керамические материалы системы $CaTiO_4 - CaZrO_3$. Синтез и свойства исходных компонентов системы $CaTiO_3 - CaZrO_3$.
2.1	Стеклообразное состояние вещества	Стеклообразное состояние как одна из форм существования твердых тел. Рентгеноаморфность и изотропность стекол. Классификация стекол по составу. Условия стеклообразования. Деление оксидов на модификаторы, промежуточные оксиды и стеклообразователи.
2.2	Строение и структура стекол	Структура стекол и методы ее изучения. Влияние состава на степень связности кремнекислородного каркаса в силикатных стеклах. Координационные эффекты в стеклах. Координационное состояние катионов. Правило Соболева. Алюмный эффект. Борный координационный эффект.

		Структура натриевоборосиликатных стекол. Алюмоборный эффект. Координационный эффект титана. Поляризация ионов.
2.3	Микронеоднородное строение стекол	Скорость образования центров кристаллизации и скорость линейного роста кристаллов в стекле. Катализаторы кристаллизации. Ситаллы и фотоситаллы. Методы изучения кристаллизации. Ликвация в стеклах. Стабильная и метастабильная ликвации. Бинодальный и спинодальный механизмы распада. Ликвация в силикатных и боратных стеклах. Методы изучения ликвации.
2.4	Свойства стекол и стеклообразующих расплавов	Вязкость стекол и стеклообразующих расплавов. Длинные и короткие стекла. Характеристические температуры: стеклования, размягчения, текучести, Литтлттона, низшая и высшая температуры отжига. Зависимость вязкости силикатных стекол от состава. Поверхностное натяжение расплавов стекла. Термические свойства стекол: термический коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость, теплопроводность, термостойкость стекол. Химическая устойчивость стекол. Механические свойства стекол: упругость, внутреннее трение, прочность, твердость, хрупкость. Расчет свойств силикатных стекол.
2.5	Сырьевые материалы и расчет состава шихты	Главные сырьевые материалы. Материалы для ввода кремнезёма, оксида бора, оксида алюминия, других кислотных оксидов. Материалы для ввода щелочных и щёлочноземельных оксидов, оксидов свинца и цинка. Вспомогательные сырьевые материалы. Ускорители процессов стекловарения. Окислители и восстановители. Красители. Обесцвечиватели. Глушители. Расчёт состава шихты.
2.6	Стадии варки стекла	Стадия силикатообразования. Последовательность и особенности реакций в содовых, сульфатных, боросиликатных и свинецсодержащих шихтах. Стадия стеклообразования. Влияние размера зерен кварца, состава расплава, температуры на скорость стеклообразования. Стадия осветления стекломассы. Источники газов в стекломассе. Зависимость растворимости газов от состава расплава, температуры, парциального давления. Гомогенизация стекломассы. Физико-химические причины неоднородности стекломассы. Влияние конвекции и диффузии на гомогенизацию стекломассы. Оценка степени однородности стекла. Студка стекломассы. Способы охлаждения стекломассы. Технологический контроль процесса варки стекломассы.
2.7	Огнеупорные материалы и пороки стекломассы	Виды огнеупоров. Механизмы разъедания огнеупоров стекломассой. Классификация пороков: природа и причины их появления. Газообразные включения. Стекловидные включения. Кристаллические включения.
2.8	Отжиг стекла	Временные и остаточные термические напряжения в стеклах. Образование временных термических напряжений в стеклах при охлаждении и нагревании, расчет их величины. Определение допустимых скоростей нагревания и охлаждения стекла. Остаточные термические напряжения, схема их возникновения. Релаксация временных и остаточных напряжений. Отжиг стекла. Методы определения верхней и нижней температуры отжига. Стадии отжига. Расчет режимов

		отжига. Вычисление величины напряжений в стеклянных изделиях по значению двойного лучепреломления.
2.9	Классификация стекломалей	Классификация стекломалей по назначению, химическому составу, материалу подложки, эксплуатационным свойствам.
2.10	Эмалевый шликер и его свойства	Реология шликеров. Свойства шликера: тонина помола, плотность, кроющая способность. Методы нанесения шликера (стеклопорошка).
2.11	Основные этапы формирования стекломалевого покрытия	Уплотнение частиц порошка и образование зон уплотнения. Оплавление частиц и начало их слияния. Образование герметичных полостей (пузырьков) в покрытии. Выравнивание поверхности и слияние зон.
2.12	Нанесение эмалевого покрытия	Подготовка металлической поверхности. Нанесение шликера на поверхность металла. Сушка слоя шликера. Обжиг. Оценка качества покрытия.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Технологии керамики и стекла

Электронные ресурсы (издания)

1. Нифталиев, С. И.; Технология керамики : учебное пособие.; Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=255913> (Электронное издание)
2. Горохова, Е. В.; Материаловедение и технология керамики : пособие.; Высшая школа, Минск; 2009; <http://www.iprbookshop.ru/20090.html> (Электронное издание)
3. ; Расчеты в технологии керамики, стекла и вяжущих материалов : учебное пособие.; Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=601576> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Гузман, И. Я.; Химическая технология керамики : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Хим. технология тугоплавких неметал. и силикат. материалов".; СТРОЙМАТЕРИАЛЫ, Москва; 2012 (5 экз.)
2. Толкачева, А. С., Михайлова, Н. А.; Ч. 1 : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 18.03.01 и 18.04.01 - Химическая технология.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2019 (15 экз.)
3. Власова, С. Г.; Основы химической технологии стекла : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 240304 - Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург;

2013 (10 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Не используются

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Не используются

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Технологии керамики и стекла

Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Браузер Google Chrome или Mozilla
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Не требуется
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Браузер Google Chrome или Mozilla</p>

