

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
1152619	Физическая химия и технология ионных и металлических систем

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Технология редких и редкоземельных элементов	<b>Код ОП</b> 1. 18.04.01/33.10
<b>Направление подготовки</b> 1. Химическая технология	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 18.04.01

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Волкович Владимир Анатольевич	к.х.н., доцент	доцент	Редких металлов и наноматериалов
2	Ребрин Олег Иринархович	д.х.н., профессор	профессор	Редких металлов и наноматериалов

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Физическая химия и технология ионных и металлических систем**

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль реализуется в рамках образовательной траектории «Пиро- и электрометаллургические технологии». Данные технологии широко используются в производстве чистых и особо чистых редких и редкоземельных металлов и сплавов, эти металлы содержащих, а также составляют основу ряда специальных технологий, используемых в высокотехнологичных отраслях промышленности. Включенные в состав модуля дисциплины «Термодинамика ионных и металлических систем», «Электрохимия и электрохимические технологии» и «Технологии замкнутого ядерного цикла» сочетают освоение фундаментальных основ термодинамики и электрохимии с выходом на решение практических задач пирометаллургических и электрохимических производств редких и редкоземельных металлов, специальных технологий, таких, например, как технологии регенерации отработавшего ядерного топлива. Хотя акцент в излагаемом в модуле материале сделан на ионные и металлические расплавы, основные закономерности термодинамики и электрохимии имеют универсальное значение и могут быть использованы в решении технологических задач различной направленности. Дисциплины модуля содержат сведения, полученные в результате оригинальных научно-исследовательских работ сотрудников кафедры Редких металлов и наноматериалов, включая авторов модуля. Эти материалы регулярно обновляются и пополняются новыми сведениями. Эффективность освоения дисциплин модуля определяется закреплением полученных во время аудиторных занятий знаний и умений в процессе научно-исследовательской (проектной) работы и производственной практики обучающихся. Важной особенностью освоения модуля является продуманная взаимосвязь включенных в модуль дисциплин, их согласование по заявленным результатам обучения. Цель выбранной образовательной технологии – проблемного обучения, научить студентов критически анализировать предложенные научные и производственные проблемы, аргументировано высказывать свое мнение о возможной сущности и путях их решения, основываясь на полученных фундаментальных знаниях.

## 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	Термодинамика ионных и металлических систем	3
2	Электрохимия и электрохимические технологии	3
3	Технологии замкнутого ядерного цикла	3
4	Химия и технология редких элементов	3
ИТОГО по модулю:		12

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Личностное развитие
---------------------	------------------------

<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методы обработки данных</li> <li>2. Методы исследования материалов</li> <li>3. Производственная практика, преддипломная</li> </ol>
---	--

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

Таблица 2

<b>Перечень дисциплин модуля</b>	<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения (индикаторы)</b>
1	2	3
Термодинамика ионных и металлических систем	ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания	<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>Д-1 - Проявлять лидерские качества и умения командной работы</p>
	ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя	<p>З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных</p>

<p>методы моделирования и математического анализа</p>	<p>программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</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-3 - Привести примеры сравнения предложенных решений с мировыми аналогами</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>Д-1 - Демонстрировать креативное мышление, творческие способности</p>
<p>ПК-5 - Способен организовать разработку пиро- и электрохимических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p>	<p>З-1 - Формулировать научную проблематику в области пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>З-4 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Осуществлять поиск и анализ новой научной проблематики в области совершенствования пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>У-3 - Осуществлять технико-экономическое обоснование методов решения поставленных задач в области совершенствования пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>У-5 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p>

		<p>П-1 - Обоснованно предлагать новые направления исследований в области пирро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>П-4 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p>
	<p>ПК-6 - Способен ставить и решать исследовательские и опытно-конструкторские задачи совершенствования пирро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов, в том числе, в области ядерной энергетики</p>	<p>З-1 - Выполнить обзор отечественных и международных достижений в области пирро- и электрометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>З-2 - Составить список наиболее значимых показателей эффективности и конкурентоспособности пирро- и электрометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>З-4 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Представить критический анализ и обобщение опыта проектирования пирро- и электрометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>У-2 - Обосновать целесообразность разработки новой пирро- и электрометаллургической технологии, в том числе, используя прогнозирование технико-экономических показателей</p> <p>У-4 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Составлять технико-экономические обоснования проектов, технических заданий и предложений на проектирование пирро- и электрометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>П-3 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p>

	<p>ПК-8 - Способен определить необходимые организационные и технические меры для выполнения основных и вспомогательных операций процессов пиро- и электрохимического производства редких и редкоземельных металлов</p>	<p>З-1 - Объяснить устройство, назначение, принцип действия, технические характеристики основного пиро-и электрометаллургического оборудования</p> <p>З-2 - Представить основные аппаратурно-технологические схемы, технологии и физико-химические процессы пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>З-3 - Перечислить требуемые характеристики исходного состояния основных, вспомогательных и расходных материалов пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>З-4 - Характеризовать регламенты основных технологических операций пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>З-5 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Контролировать и управлять параметрами технологического процесса пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>У-3 - Оценить влияние параметров исходного состояния основных, вспомогательных и расходных материалов и реализации процесса пиро-и электрометаллургического производства на ход процесса и свойства получаемого материала</p> <p>У-5 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p>
<p>Технологии замкнутого ядерного цикла</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, 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>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-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>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-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,</p>

		<p>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-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>ПК-5 - Способен организовать разработку пиро- и электрохимических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p>	<p>З-1 - Формулировать научную проблематику в области пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>З-4 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Осуществлять поиск и анализ новой научной проблематики в области совершенствования пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>У-3 - Осуществлять технико-экономическое обоснование методов решения поставленных задач в области совершенствования пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p>

		<p>У-5 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Обоснованно предлагать новые направления исследований в области пирометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>П-4 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p>
	<p>ПК-6 - Способен ставить и решать исследовательские и опытно-конструкторские задачи совершенствования пирометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов, в том числе, в области ядерной энергетики</p>	<p>З-1 - Выполнить обзор отечественных и международных достижений в области пирометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>З-2 - Составить список наиболее значимых показателей эффективности и конкурентоспособности пирометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>З-3 - Перечислить основные нормативные документы в области разработки новых пирометаллургических технологий</p> <p>З-4 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Представить критический анализ и обобщение опыта проектирования пирометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>У-2 - Обосновать целесообразность разработки новой пирометаллургической технологии, в том числе, используя прогнозирование технико-экономических показателей</p> <p>У-3 - Организовать проведение необходимых исследований и экспериментальных работ в области создания новых пирометаллургических технологий</p>

		<p>У-4 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Составлять технико-экономические обоснования проектов, технических заданий и предложений на проектирование пиро- и электрометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>П-2 - Разрабатывать взаимосвязанные части пиро- и электрометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>П-3 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p>
	<p>ПК-8 - Способен определить необходимые организационные и технические меры для выполнения основных и вспомогательных операций процессов пиро- и электрохимического производства редких и редкоземельных металлов</p>	<p>З-1 - Объяснить устройство, назначение, принцип действия, технические характеристики основного пиро-и электрометаллургического оборудования</p> <p>З-2 - Представить основные аппаратно-технологические схемы, технологии и физико-химические процессы пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>З-3 - Перечислить требуемые характеристики исходного состояния основных, вспомогательных и расходных материалов пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>З-4 - Характеризовать регламенты основных технологических операций пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>З-5 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Контролировать и управлять параметрами технологического процесса пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>У-3 - Оценить влияние параметров исходного состояния основных, вспомогательных и расходных материалов и реализации процесса пиро-и</p>

		<p>электрометаллургического производства на ход процесса и свойства получаемого материала</p> <p>У-5 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p>
Химия и технология редких элементов	<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>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-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</p>

		<p>конкурентоспособность предложенных инженерных решений</p> <p>У-3 - Оценить экологические и социальные риски внедрения предложенных инженерных решений</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-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-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>ПК-5 - Способен организовать разработку пиро- и электрохимических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p>	<p>З-1 - Формулировать научную проблематику в области пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>З-4 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Осуществлять поиск и анализ новой научной проблематики в области совершенствования пиро- и</p>

		<p>электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>У-2 - Применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>У-3 - Осуществлять технико-экономическое обоснование методов решения поставленных задач в области совершенствования пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>У-4 - Ставить конкретные научно-технические задачи в области пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов для подчиненного персонала, контролировать и оценивать качество их выполнения</p> <p>У-5 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Обоснованно предлагать новые направления исследований в области пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>П-2 - Формировать программы проведения исследований в новых направлениях пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов в том числе, в области ядерной энергетики</p> <p>П-3 - Организовать или участвовать в организации внедрения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>П-4 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p> <p>Д-1 - Решать задачи аналитического характера, предполагающие выбор и</p>
--	--	--

		<p>многообразии актуальных способов решения задач в области пирометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов (действовать в условиях неопределенности)</p>
<p>ПК-6 - Способен ставить и решать исследовательские и опытно-конструкторские задачи совершенствования пирометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов, в том числе, в области ядерной энергетики</p>	<p>З-1 - Выполнить обзор отечественных и международных достижений в области пирометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>З-2 - Составить список наиболее значимых показателей эффективности и конкурентоспособности пирометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>З-4 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Представить критический анализ и обобщение опыта проектирования пирометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>У-2 - Обосновать целесообразность разработки новой пирометаллургической технологии, в том числе, используя прогнозирование технико-экономических показателей</p> <p>У-4 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Составлять технико-экономические обоснования проектов, технических заданий и предложений на проектирование пирометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>П-3 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p>	
<p>ПК-7 - Способен организовать проведение химического анализа</p>	<p>З-1 - Объяснить назначение, устройство, конструктивные особенности, принципы работы, правила эксплуатации и</p>	

	<p>технологических сред, готовых продуктов и оценку радиационной обстановки объектов пиро- и электрохимических переделов производства редких и редкоземельных металлов</p>	<p>технического обслуживания средств измерения, испытательного и вспомогательного оборудования, для проведения химического анализа состава и структуры объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства</p> <p>З-2 - Объяснить методики статистической обработки результатов анализа технологических сред, готовых продуктов и объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства</p> <p>З-3 - Характеризовать специализированное программное обеспечение лабораторий исследования состава и структуры объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства</p> <p>З-4 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Оценить готовность химической лаборатории к выполнению производственных заданий по проведению химического анализа технологических сред, готовых продуктов и оценку радиационной обстановки объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства редких и редкоземельных металлов</p> <p>У-2 - Обработать и анализировать результаты проведенного анализа состава и структуры объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства</p> <p>У-3 - Применять специализированное программное обеспечение лабораторий исследования состава и структуры объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства</p> <p>У-4 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Организовать материально-техническое обеспечение химических лабораторий для выполнения</p>
--	--	--

		<p>производственных заданий по проведению анализа состава и структуры объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства редких и редкоземельных металлов</p> <p>П-2 - Организовать техническое обслуживание и ремонт средств измерения, испытательного и вспомогательного оборудования для проведения химического анализа состава и структуры объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства</p> <p>П-3 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p>
	<p>ПК-8 - Способен определить необходимые организационные и технические меры для выполнения основных и вспомогательных операций процессов пиро- и электрохимического производства редких и редкоземельных металлов</p>	<p>З-1 - Объяснить устройство, назначение, принцип действия, технические характеристики основного пиро-и электрометаллургического оборудования</p> <p>З-2 - Представить основные аппаратурно-технологические схемы, технологии и физико-химические процессы пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>З-3 - Перечислить требуемые характеристики исходного состояния основных, вспомогательных и расходных материалов пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>З-4 - Характеризовать регламенты основных технологических операций пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>З-5 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Контролировать и управлять параметрами технологического процесса пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>У-2 - Оценивать причины отклонения технологических параметров пиро-и электрометаллургического производства от заданных регламентом производства</p> <p>У-3 - Оценить влияние параметров исходного состояния основных,</p>

		<p>вспомогательных и расходных материалов и реализации процесса пиро-и электрометаллургического производства на ход процесса и свойства получаемого материала</p> <p>У-4 - Предоставлять рекомендации по изменению (корректировке) технологических режимов операций пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>У-5 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Контролировать состояние оборудования и технологической оснастки пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>П-2 - Разрабатывать меры по устранению и профилактике отклонений от установленных режимов работы и неполадок оборудования пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>П-3 - Осуществлять технологические операции пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>П-4 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p> <p>Д-1 - Следовать принципам корпоративной этики, способствовать созданию благоприятного климата в трудовом коллективе пиро-и электрометаллургического производства</p>
<p>Электрохимия и электрохимические технологии</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 общеинженерных наук</p> <p>З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и общеинженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания</p> <p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области</p>

	<p>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>Д-1 - Проявлять лидерские качества и умения командной работы</p>
<p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</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-3 - Привести примеры сравнения предложенных решений с мировыми аналогами</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>Д-1 - Демонстрировать креативное мышление, творческие способности</p>
<p>ПК-5 - Способен организовать разработку пиро- и электрохимических технологий производства редких и редкоземельных</p>	<p>З-1 - Формулировать научную проблематику в области пиро- и электрометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>З-2 - Характеризовать методы, средства и практику планирования, организации,</p>

<p>металлов и их соединений</p>	<p>проведения и внедрения научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области пирометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>З-3 - Обосновать необходимость применения метрологии, стандартизации и сертификации для совершенствования пирометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов</p> <p>З-4 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Осуществлять поиск и анализ новой научной проблематики в области совершенствования пирометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>У-3 - Осуществлять технико-экономическое обоснование методов решения поставленных задач в области совершенствования пирометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>У-5 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Обоснованно предлагать новые направления исследований в области пирометаллургических технологий редких и редкоземельных металлов</p> <p>П-4 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p>
<p>ПК-6 - Способен ставить и решать исследовательские и опытно-конструкторские задачи совершенствования пирометаллургических технологий редких и</p>	<p>З-1 - Выполнить обзор отечественных и международных достижений в области пирометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>З-2 - Составить список наиболее значимых показателей эффективности и конкурентоспособности пирометаллургических технологий</p>

редкоземельных металлов, в том числе, в области ядерной энергетики		<p>производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>З-4 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Представить критический анализ и обобщение опыта проектирования пиро- и электрометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>У-2 - Обосновать целесообразность разработки новой пиро- и электрометаллургической технологии, в том числе, используя прогнозирование технико-экономических показателей</p> <p>У-4 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p> <p>П-1 - Составлять технико-экономические обоснования проектов, технических заданий и предложений на проектирование пиро- и электрометаллургических технологий производства редких и редкоземельных металлов и их соединений</p> <p>П-3 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p>
ПК-7 - Способен организовать проведение химического анализа технологических сред, готовых продуктов и оценку радиационной обстановки объектов пиро- и электрохимических переделов производства редких и редкоземельных металлов		<p>З-1 - Объяснить назначение, устройство, конструктивные особенности, принципы работы, правила эксплуатации и технического обслуживания средств измерения, испытательного и вспомогательного оборудования, для проведения химического анализа состава и структуры объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства</p> <p>З-2 - Объяснить методики статистической обработки результатов анализа технологических сред, готовых продуктов и объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства</p> <p>З-3 - Характеризовать специализированное программное обеспечение лабораторий</p>

		<p>исследования состава и структуры объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства</p> <p>У-1 - Оценить готовность химической лаборатории к выполнению производственных заданий по проведению химического анализа технологических сред, готовых продуктов и оценку радиационной обстановки объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства редких и редкоземельных металлов</p> <p>У-2 - Обработать и анализировать результаты проведенного анализа состава и структуры объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства</p> <p>У-3 - Применять специализированное программное обеспечение лабораторий исследования состава и структуры объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства</p> <p>П-1 - Организовать материально-техническое обеспечение химических лабораторий для выполнения производственных заданий по проведению анализа состава и структуры объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства редких и редкоземельных металлов</p> <p>П-2 - Организовать техническое обслуживание и ремонт средств измерения, испытательного и вспомогательного оборудования для проведения химического анализа состава и структуры объектов пиро- и электрометаллургических переделов производства</p> <p>П-3 - Предлагать способы эффективного поведения в разнообразных ситуациях трудовых конфликтов</p>
	<p>ПК-8 - Способен определить необходимые организационные и технические меры для выполнения основных и вспомогательных</p>	<p>З-1 - Объяснить устройство, назначение, принцип действия, технические характеристики основного пиро-и электрометаллургического оборудования</p>

	<p>операций процессов пиро- и электрохимического производства редких и редкоземельных металлов</p>	<p>З-2 - Представить основные аппаратурно-технологические схемы, технологии и физико-химические процессы пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>З-3 - Перечислить требуемые характеристики исходного состояния основных, вспомогательных и расходных материалов пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>З-4 - Характеризовать регламенты основных технологических операций пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>З-5 - Привести примеры негативного влияния конфликтных ситуаций на качество трудовой жизни коллектива</p> <p>У-1 - Контролировать и управлять параметрами технологического процесса пиро-и электрометаллургического производства</p> <p>У-3 - Оценить влияние параметров исходного состояния основных, вспомогательных и расходных материалов и реализации процесса пиро-и электрометаллургического производства на ход процесса и свойства получаемого материала</p> <p>У-5 - Оценивать последствия конфликтных ситуаций и выбирать эффективные способы предотвращения и разрешения трудовых конфликтов</p>
--	--	--

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Термодинамика ионных и металлических**  
**систем**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Ребрин Олег Иринархович	д.х.н., профессор	профессор	Редких металлов и наноматериалов

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 17.01.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Ребрин Олег Иринархович, профессор, Редких металлов и наноматериалов

## 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
01	Введение	Солевые и металлические расплавы. Значение и роль термодинамических свойств в исследовании процессов взаимодействия компонентов при образовании солевых и металлических расплавов. Термодинамический анализ как инструмент оптимизации технологических процессов.
02	Понятия и основы термодинамики	Температура. Теплота. Адиабатические процессы. Принцип эквивалентности между теплотой и работой. Следствия из принципа эквивалентности. Энергия. Идеальные тепловые машины. Энтропия. Методы вывода термодинамических уравнений. Обратимые и необратимые процессы. Химическая термодинамика
03	Экспериментальное исследование термодинамических свойств расплавов методом ЭДС	Электродные потенциалы. Метод измерения ЭДС. Цепи образования. Стандартное состояние. Расчет стандартной ЭДС цепи образования. Конструкции высокотемпературных ячеек для измерения ЭДС. Электроды сравнения. Особенности метода ЭДС в металлических системах.
04	Определение парциальных термодинамических свойств компонентов расплавленных смесей по давлению пара	Особенности парообразного состояния солевых систем. Расчет термодинамических свойств солевых систем. Экспериментальные методы исследования паровой фазы. Статические методы. Метод точек кипения. Динамические

		методы. Метод потока. Кинетические методы. Экспериментальные методы определения давления пара для металлических расплавов.
05	Калориметрические методы определения термодинамических свойств расплавов	Использование дифференциального термического анализа для определения энтальпии смешения компонентов и образования сплавов. Аппаратура для калориметрических измерений
06	Расчеты термодинамических свойств на основе фазовых диаграмм	Уравнение кривой ликвидуса для идеальных растворов. Обобщенное уравнение Шредера – Ле Шателье. Решение обратной задачи построения фазовых диаграмм по термодинамическим данным. Расчеты термодинамических характеристик жидких сплавов по фазовым диаграммам
07	Термодинамика разбавленных растворов в солевых расплавах	Условный стандартный потенциал. Ряды электродных потенциалов. Расчет термодинамических величин. Равновесие в системах с разновалентными ионами. Окислительно-восстановительный потенциал. Условная константа равновесия.
08	Программные продукты для термодинамических расчетов	ПО HSC 8.0; ПО CHEMCAD; TERMOCALC

### 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

### Термодинамика ионных и металлических систем

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Амирханов, Д. Г., Шевченко, Е. И.; Техническая термодинамика : учебное пособие.; Казанский научно-исследовательский технологический университет, Казань; 2014; <http://biblioclub.ru/index.phppage=book&id=428258> (Электронное издание)
2. Карапетьянц, М. Х.; Химическая термодинамика; Гос. научно-техническое изд-во хим. лит., Москва|Ленинград; 1953; <http://biblioclub.ru/index.phppage=book&id=220563> (Электронное издание)
3. Самойлович, А. Г.; Термодинамика и статистическая физика : учебное пособие.; Государственное технико-теоретическое изд-во, Москва; 1955; <http://biblioclub.ru/index.phppage=book&id=255755> (Электронное издание)

4. ; Молекулярная физика и термодинамика; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2014; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275941> (Электронное издание)
5. Ефремов, Ю. С.; Статистическая физика и термодинамика : учебное пособие.; Директ-Медиа, Москва|Берлин; 2015; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428682> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Сотников, А. И., Ватолин, А. Н., Новиков, В. К.; Элементы физической химии металлургических процессов : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. бакалавров и дипломир. специалистов 550500 и 651300 - Металлургия.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2004 (81 экз.)
2. Морачевский, А. Г.; Термодинамика расплавленных металлических и солевых систем : Учеб. пособие для вузов по специальности "Физ. хим. исслед. металлург. процессов".; Металлургия, Москва; 1987 (11 экз.)
3. , Морачевский, А. Г., Воронин, Г. Ф., Гейдерих, В. А., Куценок, И. Б.; Электрохимические методы исследования в термодинамике металлических систем : А. Г. Морачевский, Г. Ф. Воронин, В. А. Гейдерих, И. Б. Куценов.; Академкнига, Москва; 2003 (7 экз.)
4. Ребрин, О. И.; Краткий обзор теорий строения расплавов : учеб. пособие для студентов дневной формы обучения физико-техн. фак. по специальности 250900 - Хим. технология материалов соврем. энергетики.; [УГТУ-УПИ], Екатеринбург; 2005 (7 экз.)
5. , Белоусов, А. А.; Кинетика обменных взаимодействий и термодинамические свойства металлургических расплавов : Сб. ст.; УНЦ АН СССР, Свердловск; 1983 (3 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

ЭБС "Лань" <http://e.lanbook.com/>

Полнотекстовая БД Oxford University Press <http://www.oxfordjournals.org/en/>

Международная полнотекстовая база данных научных диссертаций и дипломных работ компании ProQuest <http://search.proquest.com/>

Wiley Journal Database <http://onlinelibrary.wiley.com/>

Полнотекстовая БД Химия <http://pubs.acs.org/>

eLibrary ООО Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>

Springer Materials Springer Nature <https://materials.springer.com/>

Web of Science Core Collection <http://apps.webofknowledge.com/>

ВИНИТИ РАН on-line

ЭБС IPRbooks (Библиокомплектатор) ООО «Ай Пи Эр Медиа» <http://www.bibliocomplectator.ru/available>

Национальная электронная библиотека (НЭБ) URL: <https://rusneb.ru>.

Academic Search Ultimate EBSCO publishing <http://search.ebscohost.com>

### **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**

Термодинамика в сети Интернет [http://ihed.ras.ru/~thermo/thermo\\_inet\\_ru.htm](http://ihed.ras.ru/~thermo/thermo_inet_ru.htm)

ТехЛит.ру URL: <http://www.tehlit.ru/>.

<http://en.wikibooks.org> - Химическая литература

<http://books.google.com> – Google books

<http://fcior.edu.ru/> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов

<http://scopus.com> – Scopus

Электронная библиотека по материаловедению: <http://lib-bkm.ru/publ/31-1-0-690>

Поисковые системы: <http://www.yandex.ru>, <http://www.google.com>

Российская электронная научная библиотека: <http://www.elibrary.ru>

Справочник по цветным металлам: <https://tmetally.ru/>

Российская государственная библиотека: <http://www.rsl.ru>

Государственная публичная научно-техническая библиотека: <http://www.gpntb.ru>

Библиотека Академии наук РФ: <http://www.rasl.ru>

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Термодинамика ионных и металлических систем**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с	Thermo-Calc: бессрочная сетевая лицензия на 99 рабочих мест NWL-99 v. 3.0  MOBNI5: Кинетическая База данных для сплавов на основе никеля, Thermo-Calc (обновление с версии MOBNI2)  CHEMCAD

		санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Thermo-Calc: бессрочная сетевая лицензия на 99 рабочих мест NWL-99 v. 3.0 TCNI9: База данных для сплавов на основе никеля, Thermo-Calc (обновление с версии TCNI6). CHEMCAD Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Kaspersky Anti-Virus 2014
3	Самостоятельная работа студентов	Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Thermo-Calc: бессрочная сетевая лицензия на 99 рабочих мест NWL-99 v. 3.0 MOBNI5: Кинетическая База данных для сплавов на основе никеля, Thermo-Calc (обновление с версии MOBNI2) TC-PRISMA: бессрочная сетевая лицензия на 99 рабочих мест NWL-99 v.1 Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Электрохимия и электрохимические**  
**технологии**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Ребрин Олег Иринархович	д.х.н., профессор	профессор	Редких металлов и наноматериалов

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 17.01.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Ребрин Олег Ириархович, профессор, Редких металлов и наноматериалов

## 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
P1	Введение	Предмет электрохимии. Химические и электрохимические реакции. Законы Фарадея. История создания электрохимических цепей. Опыты Гальвани и Вольта. Электрохимические элементы.
P2	Неравновесные явления в растворах электролитов	Диффузия и миграция ионов. Ионные реакции. Уравнение Нернста – Эйнштейна. Диффузионный потенциал. Удельная и эквивалентная электропроводность растворов электролитов. Числа переноса. Измерение чисел переноса. Метод Гитторфа. Предельная электропроводность. Правило Вальдена - Писаржевского. Уравнение Стокса – Эйнштейна.
P3	Расплавы и твердые электролиты	03 Расплавы и твердые электролиты Расплавы неорганических солей. Модели строения расплавленных солей. Автокомплексная модель строения расплавов солей. Электропроводность солевых расплавов. Диффузия в солевых расплавах. Транспортные свойства солевых расплавов. Модель Феллнера. Уравнение Маркова и его развитие. Числа переноса в солевых расплавах. Расплавы оксидов. Полимерная модель строения расплавов. Твердые электролиты. Ионные кристаллы. Примесные твердые электролиты. Суперионики. Твердые полимерные электролиты.
P4	Электрохимия гетерогенных систем. Двойной электрический слой	Электрохимический потенциал. Электрохимические цепи. Электродный потенциал. Классификация электродов. Классификация электрохимических цепей. Двойной электрический слой (ДЭС). Механизмы образования ДЭС.

		Специфическая адсорбция ионов и ДЭС. Методы изучения ДЭС. Модели строения ДЭС. ДЭС в расплавах солей. Знакопеременная теория строения ДЭС в расплавах.
<b>P5</b>	Электрохимическая кинетика	Электродвижущая сила (ЭДС). Стадии электрохимического процесса. Механизмы массопереноса. Диффузионная кинетика. Конвективная диффузия. Полярографический метод. Импеданс Варбурга. Полярограмма на переменном токе. Линейная вольтамперометрия. Циклическая вольтамперометрия. Хронопотенциометрия.
<b>P6</b>	Электрохимическая поляризация	Теория замедленного разряда. Поляризационные кривые стадии переноса заряда. Импеданс стадии переноса заряда. Методы исследования стадии переноса заряда. Импульсный гальваностатический метод. Кулоностатический метод. Метод электродного импеданса. Вольтамперометрия. Кинетика сложных электрохимических реакций.
<b>P7</b>	Электрохимические технологии	Электрометаллургия. Электролиз и электролитическое рафинирование. Получение порошков и сплавов. Получение сплошных слоев тугоплавких металлов (гальваностегия и гальванопластика). Монокристаллы неметаллических материалов. Получение микро и наноструктур.

### 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

### Электрохимия и электрохимические технологии

#### Электронные ресурсы (издания)

1. ; Электрохимия расплавленных солей : учебно-методическое пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/68317.html> (Электронное издание)
2. ; Электрохимия и химическая кинетика : учебное пособие.; Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), Казань; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427844> (Электронное издание)
3. Кабанов, Б. Н.; Электрохимия металлов и адсорбция : монография.; Наука, Москва; 1966; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=476677> (Электронное издание)
4. ; Кинетика электродных процессов; Издательство Московского университета, Москва; 1952; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=220899> (Электронное издание)
5. Федотьев, Н. П., Федотьев, Н. П.; Прикладная электрохимия; Государственное научно-техническое издательство химической литературы, Ленинград; 1962; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222574> (Электронное издание)
6. Подгорнова, Т. В.; Электрохимия : практикум.; Кемеровский государственный университет,

Кемерово; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=600159> (Электронное издание)

7. ; Электролиз в металлургии и гальванотехнике : сб. ст.; Металлургиздат, Свердловск ; Москва; 1947; [ruddeja vuТруды УПИ сб 027сборник.djvu](#) (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Кабанов, Б. Н.; Электрохимия металлов и адсорбция; Наука, Москва; 1966 (5 экз.)
2. Баймаков, Ю. В., Журин, А. И.; Электролиз в гидрометаллургии : Учеб. пособие для вузов.; Металлургия, Москва; 1977 (43 экз.)
3. Сотников, А. И., Ватолин, А. Н., Новиков, В. К.; Элементы физической химии металлургических процессов : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. бакалавров и дипломир. специалистов 550500 и 651300 - Металлургия.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2004 (81 экз.)
4. Беляев, А. И., Рапопорт, М. Б., Фирсанова, Л. А.; Электрометаллургия алюминия; Металлургиздат, Москва; 1953 (2 экз.)
5. Стрелец, Х. Л.; Электролитическое получение магния; Металлургия, Москва; 1972 (4 экз.)
6. Каплан, Г. Е.; Электролиз в металлургии редких металлов; Металлургиздат, Москва; 1963 (2 экз.)
7. Лебедев, В. А.; Теория электрометаллургических процессов : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Металлургия" и специальности "Металлургия цветных металлов".; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2008 (8 экз.)
8. Илющенко, Н. Г.; Взаимодействие металлов в ионных расплавах; Наука, Москва; 1991 (3 экз.)
9. Барабошкин, А. Н.; Электrokристаллизация металлов из расплавленных солей; Наука, Москва; 1976 (2 экз.)
10. Дамаскин, Б. Б., Петрий, О. А.; Введение в электрохимическую кинетику : Учеб. пособие.; Высшая школа, Москва; 1983 (21 экз.)
11. Дамаскин, Б. Б., Петрий, О. А.; Электрохимия : Учеб. пособие для вузов.; Высшая школа, Москва; 1987 (7 экз.)
12. Дамаскин, Б. Б.; Основы теоретической электрохимии : Учеб. пособие для студентов хим. спец. вузов.; Высшая школа, Москва; 1978 (41 экз.)
13. Измайлов, Н. А.; Электрохимия растворов : Учебное пособие для вузов.; Химия, Москва; 1976 (13 экз.)
14. Степанов, В. П., Зайков, Ю. П.; Основные вопросы электрохимии расплавленных солей; УрО РАН, Екатеринбург; 2012 (10 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

ЭБС "Лань" <http://e.lanbook.com/>

Полнотекстовая БД Oxford University Press <http://www.oxfordjournals.org/en/>

Международная полнотекстовая база данных научных диссертаций и дипломных работ компании ProQuest <http://search.proquest.com/>

Wiley Journal Database <http://onlinelibrary.wiley.com/>

Полнотекстовая БД Химия <http://pubs.acs.org/>

eLibrary ООО Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>

Springer Materials Springer Nature <https://materials.springer.com/>

Web of Science Core Collection <http://apps.webofknowledge.com/>

ВИНИТИ РАН on-line

ЭБС IPRbooks (Библиокомплектатор) ООО «Ай Пи Эр Медиа» <http://www.bibliocomplectator.ru/available>

Национальная электронная библиотека (НЭБ) URL: <https://rusneb.ru>.

Academic Search Ultimate EBSCO publishing <http://search.ebscohost.com>

### **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**

ТехЛит.ру URL: <http://www.tehlit.ru/>.

<http://en.wikibooks.org> - Химическая литература

<http://books.google.com> – Google books

<http://fcior.edu.ru/> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов

<http://scopus.com> – Scopus

Поисковые системы: <http://www.yandex.ru>, <http://www.google.com>

Российская электронная научная библиотека: <http://www.elibrary.ru>

Российская государственная библиотека: <http://www.rsl.ru>

Государственная публичная научно-техническая библиотека: <http://www.gpntb.ru>

Библиотека Академии наук РФ: <http://www.rasl.ru>

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Электрохимия и электрохимические технологии**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет	
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Технологии замкнутого ядерного цикла**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Волкович Владимир Анатольевич	к.х.н., доцент	доцент	Редких металлов и наноматериалов

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 17.01.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Волкович Владимир Анатольевич, доцент, Редких металлов и наноматериалов

## 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
P1	Введение	Роль ядерной энергетики в развитии общества. Перспективы строительства быстрых реакторов и создание замкнутых топливных циклов. Обоснование необходимости радиохимической переработки облученного ядерного топлива. Возможности водных и неводных технологий регенерации ОЯТ.
P2	Характеристика ОЯТ. Цели и задачи переработки	Характеристика ТВЭЛов (ТВЭ) и тепловыделяющих сборок (ТВС). Классификация тепловыделяющих элементов в зависимости от материала топлива. Состав облученного ядерного топлива (ОЯТ). Факторы, определяющие состав ОЯТ. Характеристика глубины выгорания и коэффициентов воспроизводства. Содержание актинидов в ОЯТ и их изотопный состав в зависимости от типа реактора и глубины выгорания топлива. Продукты деления, имеющие наибольший выход по массе. Вклад разных продуктов деления в удельную радиоактивность ОЯТ. Изменение активности продуктов деления в процессе выдержки ОЯТ. Задачи радиохимической технологии. Замкнутый топливный ядерный цикл. Целесообразность реализации комплексного подхода к переработке ОЯТ. Концепции организации ядерных топливных циклов.

		Перспективность создания замкнутых топливных циклов. Описание схемы по обращению с ОЯТ в замкнутом ядерном цикле.
<b>P3</b>	Способы вскрытия ОЯТ	Общая характеристика процессов вскрытия отработавших ТВЭЛов. Классификация процессов вскрытия ОЯТ. Вскрытие ТВЭЛов с разделением топлива и конструкционных материалов. Механические, химические и высокотемпературные (пирохимические и пирометаллургические) методы вскрытия. Вскрытие ТВЭЛов без разделения топливных и конструкционных материалов  Общая классификация и характеристика водных методов переработки ОЯТ. Возможность использования водных методов в технологиях замкнутого ядерного топливного цикла. Достоинства и недостатки водных методов.
<b>P4</b>	Водные методы переработки ОЯТ	Общая классификация и характеристика водных методов переработки ОЯТ. Возможность использования водных методов в технологиях замкнутого ядерного топливного цикла. Достоинства и недостатки водных методов.
<b>P5</b>	Неводные методы переработки ОЯТ	Общая классификация и характеристика неводных методов переработки ОЯТ. Возможность использования неводных методов в технологиях замкнутого ядерного топливного цикла. Достоинства и недостатки неводных методов.
<b>P6</b>	Фторидно-газовые технологии регенерации ОЯТ	Характеристика фтористых соединений компонентов ОЯТ. Фторирование ОЯТ. Фторирующие агенты.  Условия фторирования. Аппараты для процессов фторирования. Разделение гексафосфатов урана и плутония. Различные варианты разделения UF <sub>6</sub> и PuF <sub>6</sub> . Термическое разложение гексафторида плутония. Очистка гексафторида урана. Сорбционные методы очистки UF <sub>6</sub> . Применение ректификационных методов для отделения UF <sub>6</sub> от фторидов ПД. Пример технологической схемы. Достоинства и недостатки фторидно-газовой технологии.
<b>P7</b>	Пирохимические способы переработки ОЯТ в галогенидных расплавах	Жидкосолевые и жидкометаллические растворители ОЯТ. Процессы растворения. Растворение оксидного

		<p>топлива посредством хлорирования в солевых расплавах. Электрохимическое растворение металлического или оксидного топлива в солевых расплавах.</p> <p>Особенности физико-химического поведения компонентов ОЯТ в хлоридных расплавах. Сравнительная характеристика электродных потенциалов компонентов ОЯТ в хлоридных расплавах. Селекция компонентов ОЯТ в системах “хлоридный расплав - оксид” и “хлоридный расплав – металл (сплав)”. Обменные реакции между компонентами солевых и металлических систем. Избирательные процессы электролиза.</p> <p>Примеры технологических схем электрохимической переработки оксидного и металлического топлива.</p> <p>Схемы по переработке смешанного оксидного топлива с разделением урана и плутония и совместным выделением оксидов урана и плутония. Схема по переработке металлического уран-плутониевого топлива с использованием жидкого кадмия. Переработка нитридного топлива.</p>
--	--	--

### 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 замкнутого ядерного цикла

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Пронкин, Н. С.; Обеспечение безопасности обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла : учебное пособие.; Логос, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233787> (Электронное издание)
2. Алексеев, С. В.; Дисперсионное ядерное топливо : монография.; Техносфера, Москва; 2015; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444847> (Электронное издание)
3. Алексеев, С. В.; Торий в ядерной энергетике : монография.; Техносфера, Москва; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443315> (Электронное издание)
4. Алексеев, С. В.; Нитридное топливо для ядерной энергетике; Техносфера, Москва; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273782> (Электронное издание)
5. Арутюнян, Р. В.; Чернобыль – Фукусима: ядерное противостояние : научно-популярное издание.; Директ-Медиа, Москва, Берлин; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437140> (Электронное издание)
6. Кац, Д., Д.; Химия урана: уран как элемент, его бинарные соединения, гидраты окислов и оксигалогениды : монография.; Изд-во иностр. лит., Москва; 1954; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222548> (Электронное издание)

7. Егоров, Ю. В., Бетенеков, Н. Д., Пузако, В. Д.; Радиоактивность и смежные проблемы : Учеб. пособие по курсу "Радиоэкология". Ч. 1. Физические основы радиоактивности и методы обработки результатов измерений; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2000 (10 экз.)

8. ; Радиационные характеристики облученного ядерного топлива : справочник.; Энергоатомиздат, Москва; 1983 (12 экз.)

### **Печатные издания**

1. , Васин, Б. Д., Волкович, В. А., Бычков, А. В., Савочкин, Ю. П., Распопин, С. П.; Неводные методы переработки облученного ядерного топлива : учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2004 (2 экз.)

2. Лебедев, В. А.; Избирательность жидкометаллических электродов в расплавленных галогенидах; Metallurgia, Челябинск; 1993 (15 экз.)

3. Илющенко, Н. Г.; Взаимодействие металлов в ионных расплавах; Наука, Москва; 1991 (3 экз.)

4. Зуев, В. А.; Гексафториды актиноидов; Энергоатомиздат, Москва; 1991 (3 экз.)

5. Фелленберг, Г.; Загрязнение природной среды: Введение в экологическую химию : перевод с немецкого.; Мир, Москва; 1997 (2 экз.)

6. Романов, Г. Н., Алексахин, Р. М.; Ликвидация последствий радиационных аварий : справочное руководство.; ИздАТ, Москва; 1993 (3 экз.)

7. Браун, Д., Родин, С. С., Тананаев, И. В.; Галогениды лантаноидов и актиноидов; Атомиздат, Москва; 1972 (3 экз.)

8. Кузнецов, В. И., Кузнецов, В. И.; Концентрирование актиноидов соосаждением с органическими соосаждителями; Атомиздат, Москва; 1968 (2 экз.)

9. ; Подготовка облученного ядерного топлива к химической переработке; Энергоатомиздат, Москва; 1982 (11 экз.)

10. Скачек, М. А.; Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Атом. электр. станции и установки" направления подгот. "Техн. физика"; МЭИ, Москва; 2007 (12 экз.)

11. Половов, И. Б., Ребрин, О. И.; Ядерно-химическая технология тория : учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки: 18.03.01, 18.04.01 - Химическая технология, 18.05.02 - Химическая технология материалов современной энергетики.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2019 (5 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

ЭБС "Лань" <http://e.lanbook.com/>

Полнотекстовая БД Oxford University Press <http://www.oxfordjournals.org/en/>

Международная полнотекстовая база данных научных диссертаций и дипломных работ компании ProQuest <http://search.proquest.com/>

Wiley Journal Database <http://onlinelibrary.wiley.com/>

Полнотекстовая БД Химия <http://pubs.acs.org/>

eLibrary ООО Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>

Springer Materials Springer Nature <https://materials.springer.com/>

Web of Science Core Collection <http://apps.webofknowledge.com/>

ВИНИТИ РАН on-line

ЭБС IPRbooks (Библиокомплектатор) ООО «Ай Пи Эр Медиа» <http://www.bibliocomplectator.ru/available>

Национальная электронная библиотека (НЭБ) URL: <https://rusneb.ru>.

Academic Search Ultimate EBSCO publishing <http://search.ebscohost.com>

### **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**

ТехЛит.ру URL: <http://www.tehlit.ru/>.

<http://en.wikibooks.org> - Химическая литература

<http://books.google.com> – Google books

<http://fcior.edu.ru/> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов

<http://scopus.com> – Scopus

Электронная библиотека по материаловедению: <http://lib-bkm.ru/publ/31-1-0-690>

Поисковые системы: <http://www.yandex.ru>, <http://www.google.com>

Российская электронная научная библиотека: <http://www.elibrary.ru>

Справочник по цветным металлам: <https://tmetally.ru/>

Российская государственная библиотека: <http://www.rsl.ru>

Государственная публичная научно-техническая библиотека: <http://www.gpntb.ru>

Библиотека Академии наук РФ: <http://www.rasl.ru>

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Технологии замкнутого ядерного цикла**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Химия и технология редких элементов**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Ребрин Олег Иринархович	д.х.н., профессор	профессор	Редких металлов и наноматериалов

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 5 от 17.01.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Ребрин Олег Иринархович, профессор, Редких металлов и наноматериалов

## 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
P1	Введение	<p>Краткая характеристика содержания и места дисциплины в программе магистратуры. Образовательная технология смешанного обучения. Результаты обучения и инструментарий проверки их достижения.</p> <p>Редкие элементы в Периодической системе Д.И.Менделеева. Значение редких элементов для развития различных отраслей промышленности.</p> <p>Мировой уровень производства редких металлов. Ведущие производители и мировые запасы сырья.</p> <p>Российские производители редких металлов.</p>
P2	Редкие металлы I группы Периодической системы	<p>Общая характеристика редких металлов I группы Периодической системы. Актуальные области применения редких щелочных металлов. Литий. Соединения лития, имеющие значение для технологии.</p> <p>Применение лития и его соединений.</p> <p>Минералы и сырьевые источники лития.</p> <p>Обогащение литиевых руд. Переработка литиевых концентратов. Получение гидроксида и хлорида лития.</p>

		<p>Получение металлического лития. Основные производители лития.</p> <p>Рубидий и цезий.</p> <p>История открытия рубидия и цезия. Основные соединения Rb и Cs. Применение Rb, Cs и их соединений. Минералы и сырьевые источники Rb и Cs.</p> <p>Переработка концентратов Rb и Cs. Получение Rb и Cs.</p>
<b>P3</b>	Редкие металлы II группы Периодической системы	<p>Бериллий. История открытия. Соединения бериллия</p> <p>Химические свойства. Физические свойства.</p> <p>Применение бериллия. Объем производства.</p> <p>Сырьевые источники. Обогащение руд. Переработка концентратов. Получение бериллия и его сплавов.</p> <p>Рафинирование бериллия. Производство изделий из бериллия.</p> <p>Техника безопасности в бериллиевом производстве.</p>
<b>P4</b>	Редкие металлы III группы Периодической системы	<p>Редкоземельные металлы (РЗМ). История открытия. Особенности электронного строения. Химические и физические свойства. Соединения РЗМ. Применение РЗМ и их соединений. Мировые запасы РЗМ. Минералы и сырьевые источники РЗМ. Производство РЗМ. Обогащение руд, содержащих РЗМ. Переработка лопаритового концентрата. Разделение РЗМ. Получение высокочистых соединений. Получение РЗМ.</p>
<b>P5</b>	Редкие металлы VI группы Периодической системы	<p>Цирконий и гафний. История открытия. Соединения циркония и гафния. Применение металлов. Производство циркония и гафния. Сырьевые запасы. Обогащение руд. Переработка концентратов. Способы получения циркония и гафния. Рафинирование металлов.</p>
<b>P6</b>	Редкие металлы V группы Периодической системы	<p>Ванадий, ниобий, тантал. Общая характеристика элементов. История открытия. Химические свойства.</p> <p>Применение. Сырьевые источники ванадия. Переработка титаномагнетитов. Получение чугуна и стали. Деванадация. Переработка конверторных шлаков. Получение чистых соединений.</p> <p>Технология ниобия и тантала. Химические свойства металлов и их соединений. Применение ниобия и тантала. Сырьевые источники. Уровень производства и потребления. Переработка концентратов. Получение чистых соединений. Способы получения металлов.</p>

### 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**

### **Химия и технология редких элементов**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Закгейм, А. Ю.; Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие.; Логос, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84988> (Электронное издание)
2. Парфенов, В. А., Беляев, А. И.; Редкие металлы : научно-популярное издание.; Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва; 1954; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=108830> (Электронное издание)
3. Богданович, К. И.; Ванадий : монография.; б.и., Петроград; 1918; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469181> (Электронное издание)
4. Лыхин, Д. А.; Западно-Забайкальская бериллиевая провинция: месторождения, рудоносный магматизм, источники вещества : монография.; Издательство ГЕОС, Москва; 2015; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467916> (Электронное издание)
5. Перельман, Ф. М., Ефремов, Н. Н.; Рубидий и цезий : практическое пособие.; Изд-во Акад. наук СССР, Москва, Ленинград; 1941; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=102376> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Коровин, С. С.; Редкие и рассеянные элементы : Химия и технология: В 3 кн.: Учебник для вузов. Кн. 2.; МИСИС, Москва; 1999 (15 экз.)
2. Коленкова, М. А., Крейн, О. Е.; Металлургия рассеянных и легких редких металлов : Учеб. пособие для вузов.; Металлургия, Москва; 1977 (6 экз.)
3. Зеликман, А. Н., Коршунов, Б. Г.; Металлургия редких металлов : Учеб. для вузов по специальности "Металлургия цв. металлов".; Металлургия, Москва; 1991 (29 экз.)
4. Зеликман, А. Н.; Металлургия тугоплавких редких металлов : Учебник для вузов.; Металлургия, Москва; 1986 (11 экз.)
5. ; Ниобий и тантал; Металлургия, Москва; 1990 (2 экз.)
6. Зеликман, А. Н.; Молибден; Металлургия, Москва; 1970 (5 экз.)
7. Зеликман, А. Н.; Вольфрам; Металлургия, Москва; 1978 (3 экз.)
8. Коленкова, М. А., Крейн, О. Е.; Металлургия рассеянных и легких редких металлов : Учеб. пособие для вузов.; Металлургия, Москва; 1977 (6 экз.)
9. Плющев, В. Е.; Химия и технология соединений лития, рубидия и цезия; Химия, Москва; 1970 (5 экз.)
10. Плющев, В. Е., Тананаев, И. В.; Аналитическая химия рубидия и цезия; Наука, Москва; 1975 (2 экз.)
11. Ягодин, Г. А., Громов, Б. В.; Технология редких металлов в атомной технике : [учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов].; Атомиздат, Москва; 1974 (1 экз.)

12. Кийко, В. С., Макурин, Ю. Н., Ивановский, А. Л.; Керамика на основе оксида бериллия: получение, физико-химические свойства и применение; УрО РАН, Екатеринбург; 2006 (3 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

ЭБС "Лань" <http://e.lanbook.com/>

Полнотекстовая БД Oxford University Press <http://www.oxfordjournals.org/en/>

Международная полнотекстовая база данных научных диссертаций и дипломных работ компании ProQuest <http://search.proquest.com/>

Wiley Journal Database <http://onlinelibrary.wiley.com/>

Полнотекстовая БД Химия <http://pubs.acs.org/>

eLibrary ООО Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>

Springer Materials Springer Nature <https://materials.springer.com/>

Web of Science Core Collection <http://apps.webofknowledge.com/>

ВИНИТИ РАН on-line

ЭБС IPRbooks (Библиокомплектатор) ООО «Ай Пи Эр Медиа» <http://www.bibliocomplectator.ru/available>

Национальная электронная библиотека (НЭБ) URL: <https://rusneb.ru>.

Academic Search Ultimate EBSCO publishing <http://search.ebscohost.com>

### **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**

ТехЛит.ру URL: <http://www.tehlit.ru/>.

<http://en.wikibooks.org> - Химическая литература

<http://books.google.com> – Google books

<http://fcior.edu.ru/> - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов

<http://scopus.com> – Scopus

Поисковые системы: <http://www.yandex.ru>, <http://www.google.com>

Российская электронная научная библиотека: <http://www.elibrary.ru>

Справочник по цветным металлам: <https://tmetally.ru/>

Российская государственная библиотека: <http://www.rsl.ru>

Государственная публичная научно-техническая библиотека: <http://www.gpntb.ru>

Библиотека Академии наук РФ: <http://www.rasl.ru>

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Химия и технология редких элементов

#### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость 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 Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES