

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 15.11.2023 13:37:37
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В. Пекаревский
«31» мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ИОНООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕХНОЛОГИИ РЕДКИХ И
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ
(Начало подготовки – 2021 год)

Специальность
18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

Специализация
№ 07 Химическая технология редких и редкоземельных металлов

Квалификация

Инженер

Форма обучения

Очная

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **технологии редких элементов и наноматериалов на их основе**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.07.01

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
зав. кафедрой ТРЭНМ		профессор А.А. Блохин

Рабочая программа дисциплины «Ионообменные процессы в технологии редких и редкоземельных металлов» обсуждена на заседании кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе
протокол от «10» марта 2021г. № 5

А.А. Блохин

Заведующий кафедрой

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета
протокол от «27» мая 2021 № 8

А.П. Сула

Председатель

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология материалов современной энергетики»		профессор И.В. Юдин
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины	5
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	7
4.3. Занятия семинарского типа.....	10
4.4. Самостоятельная работа.....	12
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	13
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	13
7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	13
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	14
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	14
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	15
10.2. Программное обеспечение.....	15
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	15
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	15
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	15
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	16

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

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

Код и наименование компетенции ¹	Код и наименование индикатора достижения компетенции ²	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) ³
<p>ПК-5 Способен к разработке технологических процессов извлечения редких и редкоземельных металлов из природного, вторичного и техногенного сырья, их разделения и очистки</p>	<p>ПК-5.1 Разработка новых ионообменных процессов извлечения и разделения редких, редкоземельных благородных и цветных металлов, металлов из растворов и пульп, получаемых при переработке различного сырья</p>	<p>Знать: классификацию и свойства ионообменных сорбентов, теоретические основы ионообменных процессов. Уметь: разработать эффективный ионообменный процесс извлечения ценных компонентов из растворов и пульп, получаемых при переработке минерального сырья. Владеть: методами проведения поисковых и технологических исследований при разработке новых ионообменных процессов извлечения редких, редкоземельных благородных и цветных металлов,</p>
<p>ПК-5 Способен к разработке технологических процессов извлечения редких и редкоземельных металлов из природного, вторичного и техногенного сырья, их разделения и очистки</p>	<p>ПК-5.2 Применение ионообменных процессов для глубокой очистки растворов различного состава</p>	<p>Знать: современное состояние развития ионообменных технологий очистки растворов; Уметь: выявить наиболее избирательные ионообменные сорбенты для решения той или иной практической задачи и подобрать оптимальные условия процесса. Владеть: навыками подбора ионообменников для очистки растворов того или иного состава.</p>

¹ Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

² Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчикам РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

³ Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Ионообменные процессы в технологии редких и редкоземельных металлов» (Б1.В.07.01) относится к дисциплинам специализации части, формируемой участниками образовательных отношений, и изучается на 4 и 5 курсах в 8 и 9 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Общая химическая технология», «Процессы и аппараты химической технологии», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа». Полученные в процессе изучения дисциплины знания и умения могут быть использованы при изучении последующих учебных дисциплин, прохождении практик, при выполнении выпускной квалификационной работы и в дальнейшей трудовой деятельности.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академических часов	Семестр	
		8	9
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	8/288	4/144	4/144
Контактная работа с преподавателем:	138	66	72
занятия лекционного типа	36	36	-
занятия семинарского типа, в т.ч.	18	18	-
семинары, практические занятия	18	18	-
лабораторные работы (в т.ч. практическая подготовка)	72 (21)	-	72 (21)
курсовое проектирование (КР или КП)	-	-	-
КСР (КР)	12	12	=
другие виды контактной работы (контроль)	-		
Самостоятельная работа	123	51	72
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе))	-		
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, <u>зачет, экзамен</u>)	экзамен (27), зачет	экзамен (27)	зачет

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение. Основные понятия и терминология	2	-	-	5	ПК-5	ПК-5.1
2.	Классификация ионообменных материалов.	4	2	-	-	ПК-5	ПК-5.1
3.	Общие сведения о синтезе ионообменных материалов.	4	-	-	10	ПК-5	ПК-5.1
4.	Физико-химические свойства и основные характеристики ионитов.	2	2	16	10	ПК-5	ПК-5.1
5.	Механическая, термическая, химическая и радиационная стойкость ионитов, отравление ионитов.	2	-	-	10	ПК-5	ПК-5.1
6.	Равновесие ионного обмена, селективность ионитов.	4	2	20	15	ПК-5	ПК-5.1, ПК-5.2
7.	Кинетика ионного обмена.	2	2		10	ПК-5	ПК-5.1
8.	Динамика ионного обмена. Ионообменная хроматография	4	2	36	15	ПК-5	ПК-5.1, ПК-5.2
9.	Основные стадии ионообменных процессов. Способы реализации ионообменных процессов на практике. Аппаратурное оформление ионообменных процессов.	2	2	-	15	ПК-5	ПК-5.1, ПК-5.2
10.	Общие принципы, лежащие в основе выбора ионообменных процессов для решения технологических задач. Методики проведения экспериментальных технологических исследований.	2	2	-	10	ПК-5	ПК-5.1, ПК-5.2
11.	Ионообменные процессы в технологии отдельных редких, цветных, благородных металлов, радиоактивных элементов, высокочистых веществ, в процессах водоподготовки, очистки сбросных растворов	8	4	-	23	ПК-5	ПК-5.1, ПК-5.2
	ИТОГО	36	18	72	123		

4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	<p>Введение. Основные понятия и терминология. Понятие ионного обмена, основная терминология. Матрицы и функциональные группы ионитов. Историческая справка. Роль ионного обмена в гидрометаллургии редких, и радиоактивных элементов, благородных и цветных металлов, процессах водоподготовки, технологии высокочистых веществ, утилизации отходов. Цель и задачи курса.</p>	2	ЛВ
2.	<p>Классификация ионообменных материалов. Неорганические иониты (глины, цеолиты, гидратированные оксиды поливалентных металлов, малорастворимые соли поливалентных металлов, ферроцианиды, соли гетерополикислот, малорастворимые сульфиды) органические иониты (сульфоугли, активированные угли, иониты на основе целлюлозы, ионообменные смолы, включая катиониты, аниониты, амфолиты, комплексообразующие иониты, электроно- и электроноионообменники, ионообменные мембраны, ионообменные ткани, комбинированные иониты–импрегнанты и твэкссы.</p>	4	ЛВ
3.	<p>Общие сведения о синтезе ионообменных материалов. Принципы синтеза конденсационных и полимеризационных ионообменных смол. Особенности синтеза гелевых макросетчатых и макропористых ионообменных смол. Методы синтеза неорганических ионитов. Способы получения комбинированные ионитов. Твэкссы и импрегнанты. Получения активированных углей и способы изменения их ионообменных свойств.</p>	4	ЛВ
4.	<p>Физико-химические свойства и основные характеристики ионитов. Явления, происходящие при контакте ионитов с водными растворами. Основные характеристики ионитов: влажность, емкость, удельный объем, влагоемкость, зернение ионитов. Взаимосвязь набухания ионитов с их емкостью, сшитостью, концентрацией и кислотностью раствора. Донановское равновесие. Кислотно-основные свойства ионитов, потенциметрическое титрование ионитов.</p>	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
5.	<p>Механическая, термическая, химическая и радиационная стойкость ионитов, отравление ионитов. Механическая прочность ионитов – стойкость к истиранию и осмотическая стойкость. Явление осмотического шока. Термическая стойкость органических и неорганических ионитов. Изменения в ионитах, происходящие при повышенных температурах. Химическая стойкость органических и неорганических ионитов в растворах солей, кислот, щелочей, окислителей. Радиационная стойкость ионитов. Явление отравления ионитов и способы его устранения.</p>	2	ЛВ
6.	<p>Равновесие ионного обмена, селективность ионитов. Общие сведения о структуре водных растворов, состоянии ионов в растворах и образовании координационных соединений в растворах. Константа равновесия и селективность ионного обмена. Электроселективность. Взаимосвязь селективности ионного обмена с взаимодействиями в фазе раствора и фазе ионита. Уравнение Эйзенмана. Природа селективности катионного и анионного обмена. Особенности ионного обмена на комплексообразующих ионитах, комплексообразование ионов металлов с функциональными группами ионитов. Понятие изотермы сорбции. Влияние состава растворов и строения ионитов на селективность ионного обмена. Ситовой эффект. Закономерности катионного обмена и анионного обмена в разбавленных и концентрированных водных растворах. Влияние лигандов, способных к комплексообразованию с ионами металлов, на селективность ионитов. Влияние органических растворителей и температуры на избирательные свойства ионитов. Природа селективности ионного обмена на неорганических ионитах и активированных углях.</p>	4	ЛВ
7.	<p>Кинетика ионного обмена. Скорость ионного обмена, ионный обмен как многостадийный процесс, скоростьлимитирующая стадия. Коэффициенты диффузии ионов, эффективные коэффициенты диффузии, время полуобмена. Методы определения стадии, лимитирующей скорость ионного обмена. Уравнения, описывающие пленочную и гелевую кинетику. Экспериментальное определение эффективных коэффициентов диффузии ионов. Влияние заряда обменивающихся ионов, концентрации растворов, набухания, пористой структуры и природы функциональных групп ионитов на величину коэффициентов внутренней диффузии. Влияние температуры на скорость ионного обмена, энергия активации ионообменных процессов. Особенности кинетики ионного обмена на неорганических и комбинированных ионитах.</p>	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
8.	<p>Динамика ионного обмена. Ионообменная хроматография. Явления, происходящие при протекании раствора через колонку с ионитом, формирование фронта сорбции ионов в колонне и его перемещение по высоте слоя. Выходные кривая сорбции и десорбции ионов, емкость до проскока и полная динамическая обменная емкость. Уравнение Шилова. Основные виды ионообменной хроматографии: фронтальная, элюентная (обычная элюентная, ступенчатая, селективная, вытеснительная, с замедлителем,). Представления о тарелочной теории.</p>	4	ЛВ
9.	<p>Основные стадии ионообменных процессов. Способы реализации ионообменных процессов на практике (сорбция из пульпы, сорбция из растворов). Аппаратурное оформление ионообменных процессов. Основные стадии ионообменного процесса: подготовка ионита, сорбция, десорбция, регенерация ионита, промывка. Особенности проведения десорбции ионов металлов из ионитов различной природы. Сорбция из растворов и сорбция из пульпы. Применение колонных аппаратов с неподвижным слоем ионита, с движущимся слоем ионита, каскадов аппаратов с перемешиванием ионита.</p>	2	ЛВ
10.	<p>Общие принципы, лежащие в основе выбора ионообменных процессов для решения технологических задач. Методики проведения экспериментальных технологических исследований. Основные факторы, определяющие выбор ионита, технологическую схему процесса и его аппаратное оформление: состав растворов, степень, состояние извлекаемых и посторонних ионов в исходных растворах (катионы, анионы, нейтральные молекулы, коллоидные частицы), допустимость изменения параметров исходных растворов, легкость десорбции извлекаемых компонентов из ионитов и возможность простого выделения ценных компонентов из десорбатов в виде товарных продуктов или полупродуктов, удобных для дальнейшей переработки (или выделения вредных компонентов в виде компактных соединений, пригодных для захоранивания). Общий порядок и методика проведения исследований для выбора ионита и принципиальной технологической схемы процесса.</p>	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
11.	Ионообменные процессы в технологии отдельных редких, цветных, благородных металлов, радиоактивных элементов, высокочистых веществ, в процессах водоподготовки, очистки сбросных растворов. Примеры применения ионного обмена в процессах водоочистки, в гидрометаллургии урана, молибдена, вольфрама, рения, редкоземельных элементов, золота, получения высокочистых соединений различных элементов, извлечения и очистки плутония и нептуния в процессах переработки облученного ядерного горючего, очистки жидких радиоактивных отходов от цезия-137, очистки отработанных растворов и промывных вод гальванического производства.	8	ЛВ
	Итого	36	

4.3. Занятия семинарского типа

4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2.	Классификация ионообменных материалов. Особенности строения неорганических ионитов. Состав функциональных групп ионообменных смол. Ионообменные мембраны	2	Слайд-презентация
4.	Физико-химические свойства и основные характеристики ионитов. Способы определения основных характеристики ионитов. Особенности проведения потенциометрического титрования ионитов.	2	Слайд-презентация. Групповая дискуссия.
6.	Равновесие ионного обмена, селективность ионитов. Особенности селективности катионного и анионного обмена. Ряды сродства ионов к катионитам, анионитам и комплексообразующим ионитам. Коэффициенты распределения, разделения, константы обмена.	2	Слайд-презентация. Групповая дискуссия
7.	Кинетика ионного обмена. Основные количественные характеристики, описывающие кинетику ионного обмена. Экспериментальное определение времени полубомена, эффективных коэффициентов диффузии ионов.	2	Слайд-презентация.
8.	Динамика ионного обмена. Ионообменная хроматография.	2	Слайд-презентация.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Факторы, влияющие на форму выходной кривой: селективность и кинетика ионного обмена, скорость подачи раствора, зернение сорбента, отношение высоты слоя сорбента к диаметру колонны, температура. Применение различных видов хроматографии для решения практических задач.		тация. Групповая дискуссия
9.	Основные стадии ионообменных процессов. Способы реализации ионообменных процессов на практике (сорбция из пульп, сорбция из растворов). Аппаратурное оформление ионообменных процессов. Особенности проведения процессов сорбции из пульп. Сорбционное выщелачивание. Типы колонных аппаратов.	2	Слайд-презентация.
10.	Общие принципы, лежащие в основе выбора ионообменных процессов для решения технологических задач. Методики проведения экспериментальных технологических исследований. Последовательность проведения отдельных экспериментов при выборе ионообменной технологии (на примерах из практики).	2	Слайд-презентация. Групповая дискуссия
11.	Ионообменные процессы в технологии отдельных редких, цветных, благородных металлов, радиоактивных элементов, высокочистых веществ, в процессах водоподготовки, очистки сбросных растворов. Умягчение и деионизации воды. Ионный обмен в технологии рассеянных редких элементов. Особенности хроматографического разделения редкоземельных металлов.	4	Слайд-презентация. Групповая дискуссия
	ИТОГО	18	

4.3.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Объем, акад. часы	
		Всего	В том числе на практ. подгот.
4.	Основные физико-химические характеристики ионитов.	16	4
6.	Равновесие ионного обмена, селективность ионитов. Изотермы сорбции.	20	5
8.	Динамика ионного обмена. Выходные кривые сорбции и десорбции	36	12
	ИТОГО	72	21

Контроль освоения компетенций проводится по результатам собеседования по выполненным лабораторным работам.

4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1.	История развития практики применения ионообменных процессов. Области применения органических и неорганических ионитов.	5	Устный опрос №1
3.	Общие принципы синтеза полимеризационных ионообменных смол. Виды функциональных групп и способы их введения в полимерную матрицу. Побочные реакции, протекающие при синтезе анионитов.	10	Устный опрос №2
4.	Кислотно-основные свойства катионитов и анионитов различного типа.	10	Устный опрос №3
5.	Радиационная стойкость ионитов. Радиолиз воды. Прямое и косвенное действия ионизирующего излучения на иониты.	10	Устный опрос №4
6.	Основные факторы, влияющие на необменное поглощение электролита. Виды изотерм сорбции. Основные способы регулирования избирательности ионитов к тем или иным ионам.	10	Устный опрос №5
7.	Влияние степени сшивки и морфологией матрицы ионитов на кинетику ионного обмена.	10	Устный опрос №6
8.	Форма выходных сорбции и десорбции. Применение метода элюентной хроматографии для разделения лантанидов.	10	Устный опрос №7
9.	Виды колонных аппаратов, принципы их работы. Оценка числа ступеней сорбции при извлечении ионов металлов из пульп.	15	Устный опрос №8
10.	Порядок действий при выборе ионообменного сорбента для технологий, основанных на сорбции из осветленных растворов и на сорбции из пульп.	10	Устный опрос №9
11.	Ионообменные процессы извлечения урана из сульфатных и карбонатных растворов и пульп.	23	Устный опрос №10
ИТОГО		123	

Контроль освоения компетенций проводится в форме устных опросов.

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

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

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена и зачета.

К сдаче экзамена и зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

И экзамен, и зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами.

Сдача зачета проводится в форме собеседования по результатам выполнения лабораторных работ, оформленных в виде отчетов по каждой работе.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Классификация ионообменных смол. Типы полимерных матриц ионообменных смол, функциональные группы катионитов, анионитов, комплексообразующих ионитов. Маркировка ионообменных смол.
2. Основные принципы, лежащие в основе выбора ионообменной технологии. Методика проведения технологических исследований.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Копырин, А.А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива /А.А. Копырин, А.И. Карелин, В.А. Карелин.- Москва: Атомэнергиздат, 2006.- 576 с. - ISBN 5-98532-004-9.
2. Поляков, Е.Г. Металлургия редкоземельных металлов // Е.Г. Поляков, А.В. Нечаев, А.В. Смирнов. Москва: Metallurgizdat, 2018. - 732 с. - ISBN 978-5-902194-97-2.

б) электронные учебные издания

1. Мурашкин, Ю.В. Расчет материальных балансов и основных параметров ионообменной установки по извлечению редких элементов из водных растворов. Аппаратурное оформление: учебное пособие /Ю.В. Мурашкин, А.А. Блохин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра

технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 68 с.// СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.03.2021) – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. Блохин, А.А. Ионнообменный метод извлечения ванадия(V) из сульфатных растворов: практикум / А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2017. – 30 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.03.2021) – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3. Экстракционные и сорбционные процессы радиохимической технологии: учебное пособие / В. А. Винницкий, А.Ф. Нечаев, В.В. Прояев [и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерной радиозологии и радиохимической технологии. – Санкт Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 69 с. //СПбГТИ. Электронная библиотека.- URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.03.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

4. Блохин, А.А. Кинетика ионного обмена: методические указания /А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин, А.А. Копырин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких и рассеянных элементов. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2009. – 22 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека.-URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.03.2021) – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

5. Блохин, А.А. Технология молибдена и вольфрама: текст лекций /А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 93 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека.- URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.03.2021) – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>
«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;
«Лань » <https://e.lanbook.com/books/>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

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

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

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

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

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

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

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

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

10.1. Информационные технологии

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- видеоматериалы и учебные фильмы;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение

Microsoft Office (Microsoft Excel);

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лекционных и практических занятий, выполнения курсовых работ используется учебная аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории, на 25 посадочных мест.

Лаборатории, укомплектованные специализированной мебелью, оснащены лабораторным оборудованием: фотокolorиметры, весы технические и аналитические, рН-метры, бюретки для титрование, сорбционные колонки. бюретки для титрование, пипетки, лабораторная посуда.

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащены специализированной мебелью и техническими средствами.

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

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

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
«Ионообменные процессы в технологии редких и редкоземельных металлов»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования

Индекс	Содержание	Этап формирования
ПК-5	Способен к разработке технологических процессов извлечения редких и редкоземельных металлов из природного, вторичного и техногенного сырья, их разделения и очистки	промежуточный

...

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-5.1 Разработка новых ионообменных процессов извлечения и разделения редких, редкоземельных благородных и цветных металлов, металлов из растворов и пульп, получаемых при переработке различного сырья	Знает: классификацию и свойства ионообменных сорбентов, теоретические основы ионообменных процессов.	Правильные ответы на вопросы № 1-13, 20-26, 31-38 к экзамену	Ориентируется в основных типах ионообменных сорбентов, их свойствах и теоретических основах ионообменных процессов, но слабо и с ошибками.	Ориентируется в основных типах ионообменных сорбентов, их свойствах и теоретических основах ионообменных процессов, но не всегда уверенно отвечает на вопросы.	Уверенно ориентируется в основных типах ионообменных сорбентов, их свойствах, знает теоретические основы ионообменных процессов.
	Умеет: разрабатывать эффективный ионообменный процесс извлечения ценных компонентов из растворов и пульп, получаемых при переработке минерального сырья.	Правильные ответы на вопросы № 14-19, 29-35, 39-51 к экзамену	Имеет представление о типовых ионообменных процессах, используемых для извлечения ценных компонентов из растворов и пульп, но вызывает затруднения использование этой информации для решения конкретной задачи.	Владеет информацией об основных ионообменных процессах, используемых для извлечения ценных компонентов из растворов и пульп, но не уверенно использует имеющуюся информацию для решения конкретной задачи.	Владеет информацией об основных ионообменных процессах, используемых для извлечения ценных компонентов из растворов и пульп, и демонстрируют способность использовать имеющуюся информацию для решения конкретной задачи.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Владеет: методами проведения поисковых и технологических исследований при разработке новых ионообменных процессов извлечения редких, редкоземельных благородных и цветных металлов	Правильные ответы на вопрос № 14 к экзамену.	Имеет общее представление о методике проведения исследований в области ионообменных технологий, но затрудняется исходя из состава растворов (пульп) предварительно выбрать тип ионита для решения той или иной задачи,	Владеет методикой проведения поисковых и технологических исследований в области ионообменных технологий, но вызывает затруднения интерпретация результатов	Владеет методикой проведения поисковых и технологических исследований в области ионообменных технологий, проявляет способность обоснованно выбирать тип ионита для решения той или иной задачи
ПК-5.2 Применение ионообменных процессов для глубокой очистки растворов различного состава	Знает: современное состояние развития ионообменных технологий очистки растворов	Правильные ответы на вопросы № 39, 43, 44, 46-48 к экзамену	Имеет общее представление в современном состоянии развития ионообменных технологий очистки растворов, но неполное.	Ориентируется в современном состоянии ионообменных технологий очистки растворов различного состава, но не вполне уверенно.	Ориентируется в современном состоянии ионообменных технологий очистки растворов различного состава и основных тенденций их совершенствования.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Умеет: выявлять наиболее избирательные ионообменные сорбенты для решения той или иной практической задачи и подобрать оптимальные условия процесса.	Правильные ответы на вопросы № 20-33 к экзамену	Имеет общее представление об избирательности ионообменных сорбентов различной функциональности, но вызывает затруднение выбор ионита.	Владеет информацией об избирательности ионообменных сорбентов различной функциональности, но не всегда умеет подобрать оптимальные условия процесса.	Владеет информацией об избирательности ионообменных сорбентов различной функциональности, может подобрать наиболее эффективный тип ионита и оптимальные условия процесса.
	Владеет: навыками подбора ионообменников для очистки растворов того или иного состава.	Правильные ответы на вопросы № 20-33, 39-51 к экзамену.	Ориентируется в принципах подбора ионита для решения поставленной задачи. Но допускает ошибочные решения.	Имеет навыки подбора ионита для решения поставленной задачи, но не полностью учитывает параметры растворов.	Обладает навыками подбора ионообменников для очистки растворов конкретного состава.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-5.

1. Основные области использования ионного обмена в современной химической технологии и гидрометаллургии.
2. Общая классификация ионообменных материалов.
3. Классификация неорганических ионитов. Принципиальные методы синтеза гранулированных неорганических ионитов.
4. Ионообменные свойства неорганических ионитов различного типа, природа селективности неорганических ионитов.
5. Классификация ионообменных смол. Типы полимерных матриц ионообменных смол, функциональные группы катионитов, анионитов, комплексообразующих ионитов. Маркировка ионообменных смол.
6. Синтез конденсационных и полимеризационных ионообменных смол (принципиальные основы). Гелевые и макропористые ионообменные смолы, сравнительные характеристики. Основы синтеза макропористых ионообменных смол.
7. Способы введения функциональных групп в полимерные матрицы полимеризационных ионитов.
8. Ионообменные мембраны. Типы ионообменных мембран, принципиальные способы синтеза гомогенных и гетерогенных мембран. Применение ионообменных мембран.
9. Активные угли. Получение, строение, ионообменные свойства, применение.
10. Твэкссы и импрегнанты. Способы введения экстрагентов в полимерные матрицы.
11. Основные характеристики ионитов: полная обменная емкость, удельный объем, набухаемость, и способы их определения. Взаимосвязь набухания ионитов с их емкостью, шитостью, видом противоиона, концентрацией и кислотностью раствора.
12. Необменная сорбция электролитов (Доннановское поглощение). Факторы, от которых зависит величина необменной сорбции электролитов.
13. Кислотно-основные свойства ионитов, форма кривых потенциометрического титрования (зависимостей емкости от pH растворов) сильно- и слабокислотных катионитов, сильно- и слабоосновных анионитов.
14. Механическая стойкость ионитов: механическая прочность и осмотическая устойчивость. Факторы, влияющие на механическую стойкость ионитов, методы оценки.
15. Термическая устойчивость ионитов. Процессы, происходящие при нагревании или замораживании ионообменных смол и неорганических ионитов. Основные факторы, определяющие термическую устойчивость ионитов, критерии оценки.
16. Химическая устойчивость ионообменных смол и неорганических ионитов. Реакции, протекающие при взаимодействии ионитов с растворами различных реагентов. Методы оценки химической устойчивости ионитов.
17. Радиационная стойкость ионитов. Реакции в ионитах, протекающие под действием радиационного облучения. Методы оценки радиационной стойкости ионитов. Сравнительные данные о радиационной стойкости ионитов различной природы.
18. Отравление ионитов и способы его устранения.

19. Основные принципы, лежащие в основе выбора ионообменной технологии. Методика проведения технологических исследований.
20. Понятие селективности ионного обмена. Константа равновесия ионного обмена, коэффициент распределения, коэффициент разделения. Понятие электроселективности.
21. Взаимосвязь селективности ионного обмена с взаимодействиями в фазе раствора и в фазе ионита.
22. Основные факторы, определяющие селективность катионного и анионного обмена. Ряды сродства катионов к сильно- и слабокислотным катионитам, анионов к анионитам.
23. Влияние строения ионитов (природы матрицы и сшитости) на селективность ионного обмена. Ситовой эффект.
24. Особенности ионного обмена на комплексообразующих ионитах. Комплексообразование ионов металлов с функциональными группами ионитов.
25. Общие особенности ионного обмена в концентрированных растворах. Влияние концентрации и состава растворов на селективность катионного обмена и анионного обмена.
26. Анионообменная сорбция ионов металлов в растворах с переменной концентрацией кислот или солей, анионы которых способны к комплексообразованию с ионами металлов (на примере соляной кислоты).
27. Стадии ионообменного процесса. Основные способы осуществления ионообменных процессов (статический, динамический, неподвижный, движущийся слой ионита), их достоинства и недостатки, критерии, лежащие в основе выбора способа.
28. Основные типы ионообменных аппаратов.
29. Понятие изотермы сорбции. Принцип расчета числа аппаратов при проведении ионообменного процесса в каскаде аппаратов статических условиях (в аппаратах с перемешиванием).
30. Сорбция в каскаде аппаратов статических условиях. Сорбция из пульпы, сорбционное выщелачивание
31. Динамика ионного обмена. Формирование фронта сорбции ионов в колонне и его перемещение по высоте слоя. Полная динамическая обменная емкость и емкость до проскока. Выходные кривые сорбции.
32. Уравнение Шилова. Основные факторы, оказывающие влияние на форму выходных кривых.
33. Десорбция (элюирование) ионов. Выходные кривые десорбции. Факторы, оказывающие влияние на форму выходных кривых десорбции. Основы тарелочной теории.
34. Виды ионообменной хроматографии (фронтальная, элюентная). Критерии применимости того или иного вида хроматографии для разделения ионов металлов.
35. Элюентная хроматография и ее разновидности. Применение различных видов хроматографии для решения практических задач
36. Кинетика ионного обмена. Понятие скоростylimитирующей стадии. Характер зависимостей степени достижения равновесия от времени при пленочной и гелевой диффузии. Методы определения стадии, лимитирующей скорость ионного обмена.

37. Коэффициенты диффузии ионов, взаимное влияние обменивающихся ионов, эффективные коэффициенты диффузии, время полуобмена. Основные факторы, влияющие на скорость ионного обмена.

38. Влияние температуры на равновесие и кинетику ионного обмена.

39. Ионный обмен в процессах водоподготовки (декатионирование, деионизация).

40. Применение активных углей в гидрометаллургии золота.

41. Применение ионообменных смол в гидрометаллургии золота.

42. Ионный обмен в технологии урана.

43. Ионный обмен в технологии молибдена.

44. Ионный обмен в технологии вольфрама.

45. Ионный обмен в технологии рения.

46. Ионный обмен в технологии редкоземельных элементов (извлечение и получения соединений индивидуальных редкоземельных элементов).

47. Ионный обмен в гидрометаллургии меди.

48. Ионный обмен в гидрометаллургии никеля и кобальта.

49. Ионообменные процессы очистки промышленных сбросных растворов и сточных вод предприятий обработки цветных металлов, гальванических установок.

50. Ионный обмен в технологии плутония

51. Ионный обмен в процессах обезвреживания жидких радиоактивных отходов в атомной энергетике.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и зачёта. Сдача зачета проводится в форме собеседования по результатам выполнения лабораторных работ, оформленных в виде отчетов по каждой работе.

При сдаче экзамена студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями Положения о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463) и СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена или зачёта в форме собеседования по результатам выполнения лабораторных работ, оформленных в виде отчетов по каждой работе.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»), на зачёте – «зачёт», «незачёт». При этом «зачёт» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.