

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
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ
ВЫСОКОЧИСТЫХ ВЕЩЕСТВ
(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.07.06

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Физико-химические основы технологии высокочистых веществ» 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

Председатель

А.П. Сула

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.....	4
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.....	11
4.3.1. Семинары, практические занятия	11
4.4. Самостоятельная работа.....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	12
7. Перечень основной и дополнительной 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.....	14
10.2. Программное обеспечение.....	14
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	14
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	14
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	15
Приложение: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-7</p> <p>Способен анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию</p>	<p>ПК-7.3</p> <p>Выбор и обоснование наиболее рациональной технологии производства конкретного высокочистого материала</p>	<p>Знать: основные методы, используемые при получении высокочистых веществ, и физико-химические явления, лежащие в их основе.</p> <p>Уметь: выбирать и обосновывать рациональные технологические схемы очистки конкретных веществ.</p> <p>Владеть: основными критериями, лежащими в основе выбора технологических процессов получения конкретных высокочистых веществ,</p>
<p>ПК-7</p> <p>Способен анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию</p>	<p>ПК-7.4</p> <p>Анализ технических решений, используемых при получении тех или иных высокочистых веществ, нахождение стадии, нуждающейся в совершенствовании, и разработка предложений по ее корректировке</p>	<p>Знать: принципиальные возможности известных методов очистки неорганических веществ.</p> <p>Уметь: анализировать технологический процесс и внести предложения по его корректировке.</p> <p>Владеть: навыками критического анализа при рассмотрении технологии получения конкретных высокочистых веществ</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 «Физико-химические основы технологии высокочистых веществ» (Б1.В.07.06) относится к дисциплинам специализации части, формируемой участниками образовательных отношений, и изучается на 5 курсе, в 10 семестре

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «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 (государственной итоговой аттестации) и в дальнейшей трудовой деятельности.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академиче- ских часов	Семестр 10
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	2/108	2/108
Контактная работа с преподавателем:	52	52
занятия лекционного типа	26	26
занятия семинарского типа, в т.ч.	26	26
семинары, практические занятия (в т.ч. практическая подготовка)	26 (7)	26 (7)
лабораторные работы	-	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-	-
КСР (КР)	-	-
другие виды контактной работы (контроль)	-	-
Самостоятельная работа	29	29
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, <u>экзамен</u>)	Экзамен (27 ч)	Экзамен (27 ч)

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

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. Общая характеристика и квалификация чистых веществ.	2	-	-	-	ПК-7	ПК-7.3
2	Особенности технологии высокочистых веществ. Влияние внешних загрязнений.	2	2	-	2	ПК-7	ПК-7.3
3	Конструкционные материалы, используемые в технологии высокочистых веществ.	2	-	-	3	ПК-7	ПК-7.3. ПК-7.4
4	Кристаллофизические методы очистки	4	6	-	4	ПК-7	ПК-7.3. ПК-7.4
5	Дуговая, электроннолучевая и плазменная плавка металлов.	2	-	-	2	ПК-7	ПК-7.3. ПК-7.4
6	Дистилляционно-ректификационные методы очистки.	2	2	-	2	ПК-7	ПК-7.3. ПК-7.4
7	Метод химических транспортных реакций	2	2	-	4	ПК-7	ПК-7.3. ПК-7.4
8	Сорбционные методы очистки.	2	2	-	4	ПК-7	ПК-7.3. ПК-7.4
9	Экстракционные методы очистки.	2	2	-	2	ПК-7	ПК-7.3. ПК-7.4
10	Электрохимические методы очистки	4	4	-	4	ПК-7	ПК-7.3. ПК-7.4
11	Химические методы очистки (осаждение и соосаждение примесей с коллектором)	2	4	--	2	ПК-7	ПК-7.3. ПК-7.4
12	Комплексные схемы получения высокочистых веществ	-	2	-		ПК-7	ПК-7.4
	ИТОГО	26	26	-	29	-	-

4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p>Введение. Общая характеристика и квалификация чистых веществ. Цель и задачи курса и его связь с другими дисциплинами Влияние микропримесей на ядерно-физические, оптические, физико-механические, электрические и другие свойства материалов. Критерии оценки необходимого уровня чистоты при получении материалов с заданными свойствами. Значение высокочистых веществ в развитии современной науки и техники. Понятие чистое вещество. Относительность этого понятия в зависимости от требований практики, уровня развития технологии очистки, чувствительности и точности методов анализа примесей. Классификация примесей в чистых веществах. Химические, физические, радиохимические и изотопные примеси. Способы выражения концентрации примесей. Классификация чистых веществ с точки зрения термодинамики разбавленных растворов. Принятая в СНГ классификация чистых веществ. Четыре категории химических препаратов, выпускаемых отечественной промышленностью, их обозначение и маркировка. Классификация чистых веществ в зарубежных странах.</p> <p>Методологические аспекты проблемы получения, сохранения и использования особо чистых веществ.</p>	2	ЛВ
2	<p>Объем производства и характеристика исходного сырья. Стоимость готовой продукции. Внешние и внутренние загрязнения и их влияние на процессы получения, хранения, транспортировки и анализа чистых веществ. Роль атмосферных загрязнений. Общие мероприятия и специальные технические решения наиболее распространенных технологических операций, обеспечивающие глубокую очистку веществ. Требования к планировке и отделке производственных помещений, вентиляции, освещению, проводке различных коммуникаций. Особенности аппаратуры, используемой в технологии чистых веществ. Требования к вспомогательным материалам и реактивам.</p>	2	ЛВ
3	<p>Конструкционные материалы, используемые в технологии высокочистых веществ. Коррозионно-стойкие материалы, используемых в технологии высокочистых веществ, их термическая и химическая устойчивость: металлы, сплавы, стекла, кварц, разновидности графита, керамика, эмали, разновидности графита, полимерные синтетические материалы (политетра- и политрифторэтилен, полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полиметилметакрилат</p>	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<p>Кристаллофизические методы очистки. <i>Кристаллизация из раствора.</i></p> <p>Основные закономерности кристаллизации из растворов. Условия создания и свойства пересыщенных растворов. Способы снятия пересыщения. Возникновение зародышей кристаллов. Влияние различных факторов на скорость роста кристаллов. Количественные характеристики процесса кристаллизации. Степень кристаллизации. Равновесная и неравновесная кристаллизация. Фракционирование примесей в процессе кристаллизации. Коэффициент распределения. Коэффициент очистки. Причины захвата микропримесей твердой фазой. Роль явления изоморфизма в процессах распределения микропримесей. Влияние различных факторов на фракционирование микропримесей и возможности регулирования величины коэффициента распределения. Примеры практического применения процессов кристаллизации из раствора при получении чистых соединений редких элементов.</p> <p><i>Кристаллизация из расплава.</i></p> <p>Физико-химические основы метода.</p> <p><u>Направленная кристаллизация.</u> Объемная и линейная скорости кристаллизации. Равновесный и эффективный коэффициенты разделения и их связь с диаграммой состояния. Распределение примесей по длине образца. Аппаратурное оформление процесса.</p> <p><u>Зонная перекристаллизация (зонная плавка).</u> Особенности проведения процесса зонной плавки. Распределение примесей по длине слитка. Уравнение Лорда-Рея. Влияние различных факторов на процесс зонной плавки (ширины зоны, скорости перемещения фронта кристаллизации, интенсивности перемешивания). Предельное распределение примесей. Массоперенос. Аппаратурное оформление процесса. Горизонтальное и вертикальное расположение образца. Бестигельная зонная плавка. Схемы перемещения зон. Контейнеры. Способы нагрева. Пути совершенствования зонной плавки. Примеры применения зонной плавки в технологии высокочистых германия и кремния.</p> <p><u>Выращивание монокристаллов</u> Методы получения монокристаллов. Выращивание монокристаллов из растворов и расплавов. Методы Бриджмена-Стокбаргера, Киропулоса-Чохральского, Вернейля. Схемы аппаратов. Режим работы. Выращивание монокристаллов из газовой фазы.</p>	4	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
5	<p>Электроннолучевая и плазменная плавка металлов. Назначение метода. Физико-химические основы процесса рафинирования металлов методами электродуговой, электроннолучевой и плазменной плавки. Термодинамика и кинетика испарения металлов. Очистка металлов от примесей газообразных веществ. Конструкции электронных плавильных установок. Вакуумные системы плавильных печей. Установки для плазменной плавки металлов. Получение чистых ниобия, тантала, вольфрама и других редких металлов. Вопросы техники безопасности.</p>	2	ЛВ
6	<p>Дистилляционно-ректификационные методы очистки. <i>Дистилляция.</i> Равновесие в системе жидкость-пар для разбавленных растворов. Коэффициент разделения. Простая перегонка. Молекулярная дистилляция. <i>Ректификация.</i> Общая характеристика метода. Особенность ректификации чистых веществ. Принципы расчета колонн. Азеотропная, экстрактивная и сорбционная ректификация. Высокотемпературная ректификация неорганических веществ. Ректификация при умеренных температурах. Низкотемпературная ректификация. <i>Сублимация.</i> Равновесие в системе твердое вещество-пар. Кинетика сублимации. Роль остаточного давления. Основные закономерности процесса конденсации. Возможные варианты аппаратного оформления процесса сублимации.</p>	2	ЛВ
7.	<p>Метод химических транспортных реакций сырья. Основные определения. Требования к транспортным реакциям. Способы осуществления транспорта газовой фазы: диффузия и способ потока. Три типа химических реакций, используемых для транспорта вещества. Обменные обратимые эндотермические реакции. Реакции образования субсоединений. Реакции синтеза и разложения летучих соединений. Иодидное рафинирование. Сущность метода. Влияние различных факторов на эффективность переноса очищенного металла. Аппаратурное оформление.</p>	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
8.	Сорбционные методы очистки. Классификация сорбционных методов разделения веществ. Требования, предъявляемые к сорбентам, используемым для глубокой очистки растворов. Виды хроматографии: р, молекулярная, ионообменная, осадительная и адсорбционно-комплексообразовательная хроматография. Влияние природы сорбента и состава раствора на величину коэффициента распределения ионов. Применение фронтальной и элюентной хроматографии для глубокой очистки некоторых редких и радиоактивных элементов. Получения особо чистой воды.	2	ЛВ
9.	Экстракционные методы очистки. Преимущества и недостатки экстракции применительно к глубокой очистке веществ Основные характеристики экстракционных систем. Коэффициент распределения. Коэффициент очистки Способы проведения экстракционной очистки: экстракция макрокомпонента, экстракция микрокомпонентов. Особенности экстракции микропримесей. Наиболее распространенные экстракционные системы для группового и избирательного извлечения микропримесей.	2	ЛВ
10.	Электрохимические методы очистки. Теоретические основы глубокой очистки металлов с помощью электрохимических методов. Скорость электродного процесса Электрохимическая и диффузионная кинетика. Поляризационные кривые индивидуальных ионов и смесей ионов. Катодные и анодные процессы. Цементация. Предварительный электролиз. Совместный разряд ионов примесей и основного металла. Анодное рафинирование Электрохимические процессы с использованием твердых и жидких электродов. Электродиализ	4	ЛВ
11	Химические методы очистки (осаждение и соосаждение примесей с коллектором). Химические методы очистки растворов путем осаждения примесей или основного вещества и методы соосаждения примесей с коллекторами. Разновидности метода соосаждения примесей с коллекторами. Количественное описание процессов. Необходимость учета состояния примесей в растворах и кислотно-основных свойств осадителей.	2	ЛВ
12	Комплексные схемы получения высокочистых веществ. Комплексные схемы получения высокочистых веществ на примере полупроводникового германия		ЛВ я
	Итого		26 ч

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		Всего	В том числе на практ. подгот.	
2	Мероприятия по устранению загрязнений извне.	2	-	-
4	Особенности проведения процессов направленной кристаллизации и зонной плавки при получении монокристаллов.	6	2	Д
6	Разновидности и способы осуществления дистилляционных и ректификационных процессов очистки.	2	1	Д
7	Виды транспортных реакций	2	1	-
8	Особенности проведения ионообменной деионизации воды.	2	1	-
9	Экстракция хелатов	2	-	-
10	Анодное рафинирование как способ очистки металлов.	4	2	МШ
11	Разновидности способа очистки, основанного на соосаждении примесей с коллектором	4	-	Д
12	Примеры комплексной очистки при получении отдельных высокочистых веществ.	2	-	-
Итого		26	7	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Особенности технологии высокочистых веществ. Влияние внешних и внутренних загрязнений на качество готовой продукции.	2	Устный опрос
3	Химическая и термическая стойкость полимерных материалов	3	Устный опрос
4	Явление изоморфизма и его роль во фракционирования примесей в процессах кристаллизации из растворов. Распределение примесей по длине слитка при проведении процессов направленной кристаллизации и зонной плавки	4	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
5	Практика применения электроннолучевой и плазменной плавки металлов.	2	Устный опрос
6	Особенности дистилляции и ректификации металлов..	2	Устный опрос
7	Иодидный метод рафинирования циркония	4	Устный опрос
8	Основные способы, позволяющие повысить эффективность очистки солей металлов от примесей. Хроматографическое разделение лантанидов с получением высокочистых соединений индивидуальных	4	Устный опрос
9	Виды экстрагентов, используемых в технологии чистых веществ.	2	Устный опрос
10	Предварительный электролиз и цементация как методы очистки веществ.	4	Устный опрос
11	Учет образования растворимых гидрокомплексов при очистке растворов путем осаждения примесей в виде гидроксидов.	2	Устный опрос
Итого		29	

Контроль освоения компетенций проводится в форме устных опросов, по результатам лабораторных работ.

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.

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

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами.

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 Фракционирование примесей в процессе кристаллизации основного вещества. Количественные характеристики процесса фракционирования примесей. Причины захвата микропримесей твердой фазой. Влияние различных факторов на степень захвата неизоморфных примесей твердой фазой.

2 Физико-химические основы метода химических транспортных реакций. Требования к транспортным реакциям. Связь знака теплового эффекта прямой реакции с направлением переноса веществ. Типы химических транспортных реакций.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) печатные учебные издания:

1. 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.

2. Ежовский, Ю.К. Чистые и особо чистые вещества: Учебное пособие /Ю. К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии материалов и изделий электроники и нанoeлектроники. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. - 91 с.

б) электронные учебные издания:

1. Блохин, А.А. Кристаллизация из растворов как метод очистки неорганических веществ: Учебное пособие /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. – 26 с.// СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.032021) - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. Мурашкин, Ю.В. Очистка карбоната лития методом кристаллизации из растворов. Пламенно-фотометрический метод анализа: Методические указания. / Ю.В. Мурашкин, А.А. Блохин, 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. – 37с.// СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.032021) - 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:

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 УКДВ. 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 используется учебная аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории, на 25 посадочных мест.

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
«Физико-химические основы технологии высокочистых веществ»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс	Содержание	Этап формирования
ПК-7	Способен анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию	промежуточный

1. 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-7.3 Выбор и обоснование наиболее рациональной технологии производства конкретного высокочистого материала	Знает: основные методы, используемые при получении высокочистых веществ, и их физико-химическую основу.	Правильные ответы на вопросы № 7-41 к экзамену	Ориентируется в основных методах, используемых при получении высокочистых веществ, но не всегда понимает их физико-химическую основу.	Ориентируется в основных методах, используемых при получении высокочистых веществ и их физико-химическую основу, но не уверенно отвечает на вопросы.	Уверенно ориентируется в основных методах, используемых при получении высокочистых веществ и понимает их физико-химическую основу
	Умеет: выбирать и обосновывать рациональные технологические схемы очистки конкретных веществ.	Правильные ответы на вопросы № 10-12, 16-21, 25-28, 34-37, 39, 41 к экзамену	Имеет представление о принципах, лежащих в основе выбора технологических схем очистки веществ, но вызывает затруднения выбор схемы очистки конкретного вещества	Обладает информацией о принципах, лежащих в основе выбора технологических схем очистки веществ, но не уверенно использует имеющуюся информацию для решения конкретной задачи.	Обладает информацией о принципах, лежащих в основе выбора технологических схем очистки веществ, 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: основными критериями, лежащими в основе выбора технологических процессов получения конкретных высокочистых веществ	Правильные ответы на вопрос № 1-6 к экзамену.	Имеет представления о критериях, лежащие в основе выбора технологических процессов получения того или иного высокочистого вещества, но затрудняется зная свойства вещества выбрать рациональный технологический процесс очистки	Имеет представления о критериях, лежащие в основе выбора технологических процессов получения того или иного высокочистого вещества, но не всегда может обосновать выбранный процесс.	Владеет основными критериями, лежащими в основе выбора технологических процессов получения конкретных высокочистых веществ, и проявляет способность рационально выбрать технологический процесс очистки того или иного вещества.
ПК-7.4 Анализ технических решений, используемых при получении тех или иных высокочистых веществ, нахождение стадии, нуждающейся в совершенствовании, и разработка предложений по ее	Знает принципиальные возможности известных методов очистки неорганических веществ.	Правильные ответы на вопросы № 7-41, 42 к экзамену	Имеет общее представление о результативности известных методов очистки, но неполное.	Ориентируется в потенциальных результатах, которые могут быть достигнуты при использовании различных методах очистки, но не всегда может выбрать метод очистки конкретного вещества.	Ориентируется в потенциальных результатах, которые могут быть достигнуты при использовании различных методах очистки, и может выбрать метод очистки конкретного вещества..

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
корректировке					
	Умеет: анализировать технологический процесс и внести предложения по его корректировке.	Правильные ответы на вопросы № 9-12, 14-21, 25-29, 34-37, 39-42 к экзамену	Имеет общее представление о стадиях различных процессов очистки веществ, но вызывает затруднение их определение последовательностей..	Владеет информацией о стадиях различных процессов очистки веществ, но не всегда умеет обосновать последовательность проведения различных операций.	Владеет информацией о стадиях различных процессов очистки веществ и умеет обосновать последовательность проведения различных операций
	Владеет: навыками критического анализа при рассмотрении технологии получения конкретных высокочистых веществ	Правильные ответы на вопросы № 10-12, 16-18, 21-28, 34-37, 38, 40, 42к экзамену.	Ориентируется в известных технологиях получения высокочистых веществ, но зачастую допускает ошибки при их анализе.	Имеет навыки критического анализа при рассмотрении технологии получения конкретных высокочистых веществ, но не всегда учитывает особенности рассматриваемого объекта.	Обладает навыками критического анализа при рассмотрении технологии получения конкретных высокочистых веществ.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):
промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.
Результат оценивания экзамена– балльный.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-7.

1. Влияние микропримесей на ядерно-физические, оптические, физико-механические, электро-физические и другие свойства материалов. Критерии оценки необходимого уровня чистоты при получении материалов с заданными свойствами. Значение высокочистых веществ в развитии современной науки и техники.
2. Понятие чистое вещество и относительность этого понятия. Виды примесей в чистых веществах. Способы выражения концентрации примесей. Принятая в странах СНГ классификация чистых веществ
3. Особенности технологии чистых веществ. Внешние и внутренние загрязнения и их влияние на процессы получения, хранения, транспортировки и анализа чистых веществ.
4. Внешние (атмосферные) загрязнения. Общие мероприятия, обеспечивающие устранения внешних загрязнений.
5. Требования к планировке и отделке производственных помещений, вентиляции, освещению, проводке различных коммуникаций. Особенности аппаратуры, используемой в технологии чистых веществ. Требования к вспомогательным материалам и реактивам.
6. Конструкционные материалы, используемые в технологии высокочистых веществ.
7. Кристаллизация из растворов. Закономерности кристаллизации основного вещества. Пересыщенные растворы, и способы снятия пересыщения. Возникновение зародышей и рост кристаллов. Количественные характеристики процесса кристаллизации основного вещества.
8. Фракционирование примесей в процессе кристаллизации основного вещества. Количественные характеристики процесса фракционирования примесей. Причины захвата микропримесей твердой фазой. Влияние различных факторов на степень захвата неизоморфных примесей твердой фазой.
9. Роль явления изоморфизма в процессах распределения микропримесей. Виды изоморфизма. Прогнозирование значений коэффициентов распределения примесей (уравнение Ратнера- Хилла).
10. Влияние различных факторов на фракционирование микропримесей и возможность регулирования величины коэффициента распределения. Равновесная и неравновесная кристаллизация. Приемы проведения процесса кристаллизации. Примеры практического применения процессов кристаллизации из раствора при получении чистых соединений редких элементов
11. Метод осаждения из растворов и его разновидности. Сопоставление методов кристаллизации из растворов и осаждения. Основные критерии при оценке возможности выделения примесей в виде малорастворимых соединений. Основные процессы, используемые на практике.
12. Очистка растворов путем осаждения и соосаждения примесей с коллекторами, разновидности способа.
13. Физико-химические основы кристаллизации из расплавов как способа очистки веществ. Поведение примесей и его связь с диаграммой состояния. Коэффициент распределения. Виды кристаллизации из расплава. Объемная и линейная скорости кристаллизации
14. Направленная кристаллизация и способы ее проведения. Распределение примесей по длине образца. Аппаратурное оформление процесса.
15. Зонная перекристаллизация (зонная плавка). Особенности проведения процесса зонной плавки. Распределение примесей по длине слитка. Основы расчета распределения

примесей по длине слитка при многократном проходе зоны. Предельное распределение примесей.

16. Равновесный и эффективный коэффициенты распределения. Причины отклонения значений эффективного коэффициента распределения от идеального. Влияние различных факторов (основных и аппаратурных) на процесс зонной плавки.

17. Аппаратурное оформление зонной плавки. Горизонтальное и вертикальное расположение образца. Бестигельная зонная плавка. Схемы перемещения зон. Массоперенос.

18. Способы создания расплавленной зоны при проведении зонной перекристаллизации (способы нагрева). Контейнеры. Примеры применения зонной плавки в технологии высокочистых веществ.

19. Понятие монокристалл. Классификация методов выращивания монокристаллов. Выращивание монокристаллов из растворов и из газовой фазы.

20. Методы выращивания монокристаллов из расплавов (Бриджмена-Стокбаргера, Чохральско-Киропулоса, Вернейля, зонной перекристаллизации). Сравнительный анализ различных методов.

21. Вакуумная плавка металлов как метод рафинирования металлов. Очистка металлов от примесей легколетучих веществ. Дуговая, электронно-лучевая и плазменная плавка.

22. Дуговая плавка, сущность процесса и его разновидности (расходуемый и нерасходуемый электроды).

23. Физико-химические основы процесса рафинирования металлов методом электроннолучевой плавки. Принципиальные конструкции электронных пушек. Требования к системам вакуумирования. Вопросы техники безопасности.

24. Плазменная плавка металлов. Сравнение с электроннолучевой плавкой.

25. Сублимация как метод очистки веществ. Варианты проведения очистки. Достоинства и ограничения метода. Аппаратурное оформление.

26. Физико-химические основы дистилляции как метода очистки веществ. Равновесие в системе жидкость-пар для разбавленных растворов. Коэффициент разделения. Относительная летучесть. Простая перегонка, молекулярная и фракционная дистилляция.

27. Общая характеристика метода ректификации. количественные характеристики. Особенность ректификации разбавленных по примесям растворов. Принципы расчета числа теоретических тарелок.

28. Азеотропная, экстрактивная и сорбционная ректификация. Требования к веществам, поддаваемым очистке ректификацией. Высокотемпературная, низкотемпературная ректификация, ректификация, при умеренных температурах. Примеры применения.

29. Физико-химические основы метода химических транспортных реакций. Требования к транспортным реакциям. Связь знака теплового эффекта прямой реакции с направлением переноса веществ. Типы химических транспортных реакций.

30. Обменные обратимые эндотермические реакции с образованием паробразных соединений. Принцип метода и примеры использования.

31. Реакции образования неустойчивых субсоединений с их последующим диспропорционированием. Сущность метода и примеры использования.

32. Реакции синтеза и термической диссоциации летучих соединений. Иодидное рафинирование циркония. Термодинамика и кинетика. Параметры, влияющие на эффективность очистки.

33. Электрохимические методы очистки веществ. Теоретические предпосылки. Классификация электрохимических методов. Скорость электродного процесса. Электрохимическая и диффузионная кинетика.
34. Поляризационные кривые индивидуальных ионов и смесей ионов. Способы проведения катодного процесса. Основные факторы, влияющие на эффективность очистки. Твердые и жидкие катоды.
35. Цементация как разновидность катодного процесса. Сущность процесса цементации. Факторы, влияющие на эффективность очистки. Аппаратурное оформление.
36. Анодное рафинирование. Сущность процесса. Причины растворения электроположительных примесей. Твердые и амальгамные аноды.
37. Электролиз. Сущность процесса и области его применения. Требования к ионообменным мембранам.
38. Особенности экстракции применительно к глубокой очистке веществ. Способы проведения экстракционной очистки. Количественные характеристики процесса экстракции.
39. Наиболее распространенные экстракционные системы для группового и избирательного извлечения микропримесей или макрокомпонента. Факторы, влияющие на эффективность очистки, и пути ее регулирования. Примеры использования экстракции в технологии высокочистых веществ.
40. Классификация сорбционных процессов очистки веществ. Сорбенты, используемые в технологии высокочистых веществ. Способы подготовки сорбентов.
41. Влияние природы сорбентов и состава растворов на величину коэффициента распределения ионов. Факторы, влияющие на эффективность сорбционной очистки веществ, и пути ее регулирования. Фронтальная и элюэнтная хроматография. Адсорбционно-комплексобразовательная хроматография. Примеры использования сорбции в технологии высокочистых веществ.
42. Комплексная технология получения высокочистых веществ (на примере германия).

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

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.