

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шевчик Андрей Павлович
Должность: Врио ректора
Дата подписания: 23.06.2021 14:49:50
Уникальный программный ключ:
e1e4bb0d4ab042490a99c40e31641575580ad1a202c444b0f04635f200db7603



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
« ____ » _____ 2017 г.

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ
ВЫСОКОЧИСТЫХ ВЕЩЕСТВ
(Начало подготовки – 2017 год)

Специальность
18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

Специализация:
№ 01 Химическая технология материалов ядерного топливного цикла (ЯТЦ)

Квалификация

Инженер

Форма обучения

Очная

Факультет **инженерно-технологический**

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

Санкт-Петербург

2017

Б1.В.ДВ.03.02

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

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
4.3.2. Лабораторные занятия.....	11
4.4. Самостоятельная работа.....	12
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	13
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.....	15
10.2. Программное обеспечение.....	15
10.3. 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
Приложение:1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации...16	

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

Для получения планируемых результатов освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	должен обладать способностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	<p>Знать: основные методы, используемые при получении высокочистых веществ. и физико-химические явления, лежащие в основе процессов глубокой очистки веществ;</p> <p>Уметь: осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса.</p> <p>Владеть: теоретическими основами процессов, используемых при получении высокочистых веществ, включая процессы кристаллизации из растворов и расплавов, осаждения и соосаждения, дистилляции и ректификации, химических транспортных реакций, сорбции и экстракции, электрохимические процессы и др.</p>
ПСК-1.1	должен обладать способностью к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов	<p>Знать: основы управления технологическими процессами получения высокочистых веществ, требования к материалам, используемых при изготовлении аппаратуры в производстве высокочистых веществ, особенности аппаратурного оформления процессов</p> <p>Уметь: основываясь на полученных знаниях о принципиальных возможностях существующих методов очистки правильно выбирать и обосновывать технологические схемы очистки конкретных веществ.</p> <p>Владеть: основными критериями, лежащими в основе выбора технологических процессов получения конкретных высокочистых веществ</p>
ПСК-1.2	должен обладать способностью осуществлять контроль за сбором, хранением и переработкой радиоактивных	<p>Знать: требования, изложенные в основных нормативных документах по сбору, хранению и переработке радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РА</p> <p>Уметь: осуществлять контроль за сбором, хранением и переработкой радиоактивных отходов</p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
	отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО	различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО. Владеть: основными критериями, лежащими в основе выбора методики контроля за сбором, хранением и переработкой радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к вариативной части дисциплин по выбору (Б1.В.ДВ.03.02), и изучается на 4 курсе в 8 семестре и на 5 курсе в 9 и 10 семестрах.

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, академических часов	Семестр		
		8	9	10
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	12/432	2/72	4/144	6/216
Контактная работа с преподавателем:	229	50	76	103
занятия лекционного типа	32	32	-	-
занятия семинарского типа, в т.ч.				
семинары, практические занятия	16	16	-	-
лабораторные работы	162	--	72	90
КСР	19	2	4	13
другие виды контактной работы			-	-
Самостоятельная работа	203	22	68	113
Форма текущего контроля (КР, реферат, РГР, эссе)				
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Зачет (3)	зачет	зачет	зачет

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение. Общая характеристика и квалификация чистых веществ.	2				ПК-1
2	Особенности технологии высокочистых веществ. Влияние внешних загрязнений.	2	2		14	ПК-1, ПСК-1.1
3	Конструкционные материалы, используемые в технологии высокочистых веществ.	2				ПК-1
4	Кристаллофизические методы очистки	6	2	24	35	ПК-1, ПСК-1.1
5	Электроннолучевая и плазменная плавка металлов.	2			22	ПК-1, ПСК-1.1
6	Дистилляционно-ректификационные методы очистки.	2	2	20	20	ПК-1, ПСК-1.1
7	Метод химических транспортных реакций	2	2		22	ПК-1, ПСК-1.1
8	Сорбционные методы очистки.	4	2	32	24	ПСК-1.1
9	Экстракционные методы очистки.	2		32	24	ПК-1
10	Электрохимические методы очистки	4	2	16	30	ПК-1, ПСК-1.1
11	Химические методы очистки (осаждение и соосаждение примесей с коллектором)	2	2	12	12	ПК-1, ПСК-1.1 ПСК-1.2
12	Комплексные схемы получения высокочистых веществ	2	2	26		ПСК-1.1 ПСК-1.2
	ИТОГО	32	16	162	203	

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	Слайд-презентация
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	Слайд-презентация
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	

№ 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>	6	Слайд-презентация

№ 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	Слайд-презентация
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	Слайд-презентация
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	Слайд-презентация

№ 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.	4	Слайд-презентация
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	Слайд-презентация
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	Слайд-презентация
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	Слайд-презентация
12	Комплексные схемы получения высокочистых веществ. Комплексные схемы получения высокочистых веществ на примере полупроводникового германия	2	Слайд-презентация
	Итого	32 ч	

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела Дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудо- емкость (час)	Инновационная форма
2	Мероприятия по устранению загрязнений извне.	2	Слайд-презентация. Групповая дискуссия.
4	Особенности проведения процессов направленной кристаллизации и зонной плавки при получении монокристаллов.	2	Слайд- презентация. Групповая дискуссия.
6	Разновидности и способы осуществления дистилляционных и ректификационных процессов очистки.	2	Слайд-презентация.
7	Виды транспортных реакций	2	Слайд- презентация.
8	Особенности проведения ионообменной деионизации воды.	2	Слайд-презентация
10	Анодное рафинирование как способ очистки металлов.	2	Слайд-презентация. Групповая дискуссия.
11	Разновидности способа очистки, основанного на соосаждении примесей с коллектором	2	Слайд-презентация.
12	Примеры комплексной очистки при получении отдельных высокочистых веществ.	2	Слайд-презентация. Групповая дискуссия
Итого		16	

4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо- емкость (час)
4.	Очистка солей лития методом кристаллизации из раствора	24
6	Очистка селена методом сублимации.	20
8	Сорбционные методы очистки растворов солей металлов.	32
9	Экстракционные методы очистки растворов солей металлов.	32
10	Электрохимическое рафинирование индия	16
11	Очистка растворов солей металлов путем осаждения примесей в виде малорастворимых соединений.	12
12	Комплексные схемы получения высокочистых веществ на примере вольфрама и молибдена.	26
	Итого	162

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.	14	Устный опрос №1
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	35	Устный опрос №1
5	Практика применения электроннолучевой и плазменной плавки металлов.	22	Устный опрос №2
6	Особенности дистилляции и ректификации металлов..	20	Устный опрос №3
7	Иодидный метод рафинирования циркония	22	Устный опрос №2
8	Основные способы, позволяющие повысить эффективность очистки солей металлов от примесей. Разделение лантанидов с получением высокочистых соединений индивидуальных металлов.	24	Устный опрос №3
9	Экстракция хелатов как способ очистки растворов солей от примесей. Виды используемых экстрагентов.	24	Устный опрос №3
10	Предварительный электролиз и цементация как методы очистки веществ.	30	Устный опрос №3
11	Учет образования растворимых гидрококомплексов при очистке растворов путем осаждения примесей в виде гидроксидов.	12	Устный опрос №4
Итого		203	

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 3-х зачетов.

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

Зачеты предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и/или защита лабораторной работы (для проверки умений и навыков).

При сдаче зачета в 8 семестре студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 20 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

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

При сдаче зачета по лабораторному практикуму, студент получает вопросы по теме лабораторной работы

Пример варианта вопросов на зачете по лабораторному практикуму:

Вариант № 1

1. Какова природа селективного поглощения примеси меди иминодиацетатным ионом?

2. Как оценивался коэффициент очистки при проведении сорбционной очистки?

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Ежовский, Ю.К. Чистые и особо чистые вещества: Учебное пособие /Ю. К. Ежовский. СПбГТИ(ТУ). - СПб., 2010. - 91 с.
2. Блохин, А.А. Кристаллизация из растворов как метод очистки неорганических веществ: Учебное пособие /А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин, А.А. Копырин. СПбГТИ (ТУ). СПб, 2009. 26 с. (ЭБ)
3. 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. СПбГТИ (ТУ). СПб., 2009. 37 с.

б) дополнительная литература:

1. Блохин, А.А. Гидрометаллургия вольфрама: учебное пособие / А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин, А.А. Копырин.- СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2009. 91 с. (ЭБ)

в) вспомогательная литература:

1. Гельперин, Н.И. Основы техники кристаллизации расплавов /Н.И. Гельперин, Г.А. Носов. - М.: Химия, 1975. - 351с.
2. Шеффер, Г. Химические транспортные реакции /Г. Шеффер. - М.: Мир, 1964. - 179 с.
3. Мовчан, В.А., Электроннолучевая плавка и рафинирование металлов и сплавов/ В.А. Мовчан, А.Л. Тихоновский. – Киев.: Наукова думка, 1973. - 237с.
4. Девярых, Г.Г. Высокочистые тугоплавкие и редкие металлы/ Г.Г. Девярых, Г.С. Бурханов.- М.: Наука, 1993. - 224с.
5. Тихинский, Г.Ф. Получение редких сверхчистых металлов/ Г.Ф. Тихинский, Г.П. Ковтун, В.М. Ажажа. -М.: Metallurgy, 1986. - 160 с.
6. Девярых, Г.Г. Введение в теорию глубокой очистки веществ /Г.Г. Девярых, Ю.Е. Еллиев. - М.: Наука, 1981. - 320 с.
7. Беляев, А.И. Физико-химические основы очистки металлов и полупроводников /А.И. Беляев. - М.: Metallurgy., 1973. - 222 с.
8. Степин, Б.Д., Методы получения особо чистых веществ /Б.Д. Степин, И.Г. Горштейн., И.П. Оглоблина и др. М.: Химия. 1969. 450 с.
9. Вольдман, Г.М. Теория гидрометаллургических процессов/ Г.М. Вольдман, А.Н. Зеликман – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. - 464 с.
10. Блохин, А.А. Ионнообменный метод извлечения соединений редких элементов: методические указания/ А.А. Блохин, Ю.В. Мурашкин, А.А. Копырин.- СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2003. 20 с.

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/>.

1. Химические реактивы и высокочистые химические вещества. Каталог. -М.: Химия, 1990. - 687 с. - Режим доступа – <http://meo.ostrovdet.ru/shkolnye/himicheskie-reaktivu-i-vysokochistye-himicheskie-veschestva-katalog.html>.

2. Смолеговский, А.М. КРАТКИЙ ОЧЕРК ИСТОРИИ ХИМИИ ВЫСОКОЧИСТЫХ ВЕЩЕСТВ / А.М.Смолеговский, А.Н.Харитоновна –М. ВИНТИ, 2013. 70 с. Режим доступа: http://ihst.ru/files/pdfs/ams_anh-chemhistory.pdf

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 УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463).

При изучении дисциплины предусматривается использование активных форм проведения занятий: с разбором конкретных ситуаций, сложившихся в зонах воздействия опасных и вредных факторов, и возможных принципов и методов защиты.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, необходимо 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.

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 электронной почты.

10.2. Программное обеспечение.

Операционные системы Windows, стандартные офисные программы (Microsoft Office).

10.3. 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.

Для проведения лекционных и практических занятий используются видеоматериалы и учебные фильмы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду СПбГТИ(ТУ).

Лаборатории, укомплектованные специализированной мебелью, оснащены лабораторным оборудованием: спектрофотометры СФ-46, спектрограф PGS-2, фотоколориметр, весы технические и аналитические, рН-метры.

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 учебный 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.

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-1	должен обладать способностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	промежуточный
ПСК-1.1	должен обладать способностью к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов	промежуточный
ПСК-1.2	должен обладать способностью осуществлять контроль за сбором, хранением и переработкой радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО	промежуточный

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела №1. Введение. Общая характеристика и квалификация чистых веществ.	Знание области применения высокочистых веществ. Умение оценить влияние микропримесей на ядерно-физические, оптические, физико-механические, электрические и другие свойства материалов Владение классификацией чистых веществ и критериями оценки необходимого уровня чистоты при получении материалов с заданными свойствами.	Правильные ответы на вопросы к зачету № 1, 2	ПК-1, ПСК-1.1
Освоение раздела №2. Особенности технологии высокочистых веществ. Влияние внешних загрязнений.	Знание роли внешних и внутренних загрязнений на процессы получения, хранения, транспортировки и анализа чистых веществ. Умение предотвратить загрязнение готовой продукции. Владение требованиями к планировке и отделке производственных помещений,	Правильные ответы на вопросы к зачету № 3-5	ПК-1, ПСК-1.1

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	вентиляции, освещению при получении высокочистых веществ.		
Освоение раздела №3. Конструкционные материалы, используемые в технологии высокочистых веществ.	Знание основных конструкционных материалов, используемых в технологии высокочистых веществ.. Умение выбрать материал аппаратуры для проведения процесса очистки тем или иным методом. Владение критериями, лежащими в основе выбора материала аппаратуры.	Правильные ответы на вопрос к зачету № 6	ПК-1, ПКС-1.1
Освоение раздела №4. Кристаллофизические методы очистки	Знание физико-химических основ методов кристаллизации из растворов и из расплавов. Умение по данным о значениях коэффициентов распределения примесей оценить достигаемые коэффициенты очистки.. Владение основными приемами, позволяющими повысить чистоту веществ при очистке кристаллизацией из растворов и из расплавов.	Правильные ответы на вопросы к зачету № 7-10, 13-20	ПК-1, ПКС-1.1
Освоение раздела №5. Электроннолучевая и плазменная плавка металлов.	Знание физико-химических основ методов. Умение выбрать метод для плавки определенного металла. Владение основными критериями, лежащими в основе выбора метода плавки.	Правильные ответы на вопрос к зачету №21-24	ПК-1, ПКС-1.1
Освоение раздела №6. Дистилляционно-ректификационные методы очистки.	Знание физико-химических основ методов. Умение по значениям относительной летучести компонентов оценить необходимое число ступеней ректификации. Владение способами повышения чистоты конечного продукта за счет применения методов экстрактивной и сорбционной ректификации. .	Правильные ответы на вопросы к зачету № 25-28	ПК-1, ПКС-1.1
Освоение раздела №7. Метод химических транспортных реакций	Знание физико-химических основ метода. Умение оценить границы применения метода. Владение информацией об основных разновидностях транспортных реакций..	Правильные ответы на вопросы к зачету № 29-32	ПК-1, ПКС-1.1
Освоение раздела №8. Сорбционные методы очистки.	Знание разновидностей сорбционных методов, используемых в технологии высокочистых веществ. Умение подобрать сорбент и условий проведения очистки конкретных систем. Владение практическими навыками при	Правильные ответы на вопросы к зачету № 40-41	ПКС-1.1

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	осуществлении процессов сорбционной очистки.		
Освоение раздела №9. Экстракционные методы очистки.	Знание экстрагентов, применяемых в технологии получения высокочистых веществ и способов осуществления экстракционной очистки. Умение выбрать экстрагент и условия экстракционной очистки тех или иных веществ. Владение практическими навыками при осуществлении процессов экстракционной очистки.	Правильные ответы на вопросы к зачету № 38,-39	ПК-1,
Освоение раздела №10. Электрохимические методы очистки	Знание физико-химических основ методов. Умении выбрать метод для решения практических задач. Владение основными приемами, позволяющими повысить чистоту веществ при очистке электрохимическими методами.	Правильные ответы на вопросы № 33-37	ПК-1, ПКС-1.1
Освоение раздела №11. Химические методы очистки (осаждение и соосаждение примесей с коллектором)	Знание физико-химических основ методов. Умение выбрать способ осаждения примесей и вид коллектора при очистке тех или иных веществ. Владение основными приемами, позволяющими повысить чистоту веществ при очистке осадительными методами	Правильные ответы на вопросы к зачету № 11-12	ПК-1, ПКС-1.1 ПКС-1.2
Освоение раздела №12. Комплексные схемы получения высокочистых веществ	Знание потенциальных возможностей различных методов. Умение разработать принципиальную технологическую схему получения определенного вещества ввысоко чистом состоянии. Владение основными навыками разработки технологии глубокой очистки веществ.	Правильные ответы на вопросы к зачету № 42	ПКС-1.1 ПКС-1.2

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):
промежуточная аттестация проводится в форме зачета.
Результат оценивания зачета – «зачтено», «не зачтено».

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1, ПКС-1.1, ПКС-1.2

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, Чохральского-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, подвергаемым 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. Электродиализ. Сущность процесса и области его применения. Требования к ионообменным мембранам.

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1:

38. Особенности экстракции применительно к глубокой очистке веществ. Способы проведения экстракционной очистки. Количественные характеристики процесса экстракции. Кинетика 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.

в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПКС-1.1, ПКС-1.2:

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 высокочистого германия.

К зачету допускаются студенты, выполнившие все запланированные лабораторные работы. При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 20 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.

