

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 03.10.2023 16:25:58  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной и  
методической работе

\_\_\_\_\_ Б.В. Пекаревский  
«25» марта 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**

## **Получение и анализ чистых и особо чистых веществ**

Направление подготовки

**22.04.01 Материаловедение и технологии материалов**

Направленности образовательных программ

**Высокотемпературные наноструктурированные композиционные материалы**

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург

2019

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Профессор		Профессор Ежовский Ю.К.

Рабочая программа дисциплины «Получение и анализ чистых и особоочиствых веществ»  
обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной  
техники

протокол от «23» 01. 2019 № 3

Заведующий кафедрой

А.А. Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов  
протокол от «21» марта 2019 № 6

Председатель

С.Г. Изотова

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Материаловедение и технологии материалов»		Н.О. Тагильцева
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 .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	05
3. Объем дисциплины .....	06
4. Содержание дисциплины .....	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	06
4.2.. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины .....	07
4.3 Занятия лекционного типа .....	
4.4. Занятия семинарского типа .....	08
4.5. Самостоятельная работа .....	09
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	10
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины .....	11
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	12
10.1. Информационные технологии .....	12
10.2. Программное обеспечение .....	12
10.3. Базы данных и информационные справочные системы .....	12
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	12
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	13
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации....	14

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

Для освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-2</b> Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения.</p>	<p><b>ПК-2.1.</b> Знание основных требований по чистоте материалов в заданных условиях его эксплуатации.</p>	<p><b>Знать:</b> способы получения чистых и особо чистых веществ, областей их использования и методов анализа на содержание примесей.(ЗН-1)  <b>Уметь:</b> обоснованно выбрать необходимую чистоту материала для заданных условий эксплуатации. (У-1)  <b>Владеть:</b> навыками обоснованного выбора необходимой чистоты материала для экономически надежного использования. (Н-1)</p>
<p><b>ПК-6</b> Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики.</p>	<p><b>ПК-6.1</b>  Знание основных способов производства чистых веществ и методик исследования свойств новых материалов на их основе.</p>	<p><b>Знать:</b>  - современные методы получения чистых веществ; (ЗН-2)  - свойства и области применения чистых и особо чистых веществ; (ЗН-3)  - технологические процессы получения чистых материалов; (ЗН-4)  <b>Уметь:</b>  - формулировать требования к свойствам чистых веществ для конкретного применения (У-2);  - выбрать чистоту материалы для решения конкретной задачи (У-3);  <b>Владеть:</b>  - методами очистки и анализа твердых веществ (Н-2).</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части формируемого участниками образовательных отношений блока учебных дисциплин ООП (Б1. В. 01)).

Дисциплина изучается на первом году обучения в 1 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных в ходе обучения по программам бакалавриата по направлению подготовки 22.03.01 при изучении курсов физики, неорганической химии, "Основ научных исследований", "Общей химической технологии".

Компетенции, приобретенные в результате освоения дисциплины, будут использованы при выполнении магистерских диссертаций по тематике, связанной с разработкой и инновационным внедрением наукоемких процессов, материалов и технологий, созданием функциональных или конструкционных наноматериалов и разработкой нанотехнологических процессов.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	ЗЕ/ Всего, академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц / академических часов)	<b>5/180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>81</b>
занятия лекционного типа	32
занятия семинарского типа, в т.ч.	45
семинары, практические занятия	45
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	4
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>72</b>
<b>Формы текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе, КР, КП)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (зачет, экзамен)	<b>Экзамен/27</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение. Основные понятия, подходы и требования к веществам высокой чистоты	2			2	ПК-2
2	Физико-химические основы очистки веществ. Энтропия смешения. Классификация веществ высокой чистоты и методов очистки.	4	2		4	ПК-2, ПК-6
3	Дистилляционные методы очистки	2	8		16	ПК-2, ПК-6
4	Химические методы очистки веществ.	8	10		10	ПК-6
5	Процессы кристаллизации. Критический зародыш. Кинетика и механизм роста кристаллов. Получение монокристаллов, в том числе разлагающихся соединений.	8	12		10	ПК-6
6	Кристаллизационная очистка. Физико-химические основы метода. Виды и их предельные возможности.	8	13		30	ПК-6,

##### 4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ПК-2.1	Введение. Основные понятия, подходы и требования к веществам высокой чистоты.
2.	ПК-2.1, ПК-6.1	Физико-химические основы очистки веществ. Энтропия смешения. Классификация веществ высокой чистоты и методов очистки.
3	ПК-2.1, ПК-6.1	Дистилляционные методы очистки
4	ПК-6.1	Химические методы очистки веществ
5	ПК-6.1	Процессы кристаллизации. Критический зародыш. Кинетика и механизм роста кристаллов. Получение монокристаллов, в том числе разлагающихся соединений
6	ПК-6.1	Кристаллизационная очистка. Физико-химические основы метода. Виды и их предельные возможности.

### 4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Предмет курса и его задачи. Основные понятия, определения, подходы и требования к веществам высокой чистоты. Типы примесей и их определение.	2	Лекция-беседа
2	Классификация веществ высокой чистоты. Общая характеристика и оценка предельных возможностей. Сравнительная характеристика химических и физико-химических методов очистки веществ.	4	Лекция-беседа
3	Дистилляционные методы очистки. Коэффициент разделения. Теоретическая и экспериментальные оценки коэффициента разделения. Однократная и многократная перегонка. Ректификация. Ректификация в тарельчатых и насадочных колоннах. Ректификация под пониженным давлением. Использование ректификационных методов в технологии очистки полупроводниковых материалов.	2	Лекция-беседа
4	Химические методы очистки веществ. Метод химических транспортных реакций. Перенос вещества потоком газа-реагента и перенос вещества молекулярной диффузией. Гидридный, хлоридный и карбонильные методы, Метод с использованием металлоорганических соединений. Основные критерии очистки и предельные возможности методов.	8	Лекция-беседа
5	Процессы кристаллизации. Термодинамика образования зародышей твердой фазы. Критический зародыш. Кинетика и механизм роста кристаллов. Типы кристаллических граней, их скорость роста и влияние на огранку кристалла. Получение монокристаллов. Методы направленной кристаллизации и вытягивания кристаллов из расплава. Получение монокристаллов разлагающихся соединений. Направленная кристаллизация из нестехиометрических расплавов и градиентная кристаллизация.	8	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6	<p>Кристаллизационная очистка. Физико-химические основы метода. Виды и их предельные возможности. Кристаллизация из расплава.</p> <p>Термодинамика образования зародышей твердой фазы. Равновесный и эффективный коэффициенты распределения примесей. Метод направленной кристаллизации. Распределение примесей по длине слитка при однократной и многократной направленной кристаллизации.</p> <p>Зонная перекристаллизация (плавка). Типы зонной плавки и их использование в технологии полупроводниковых материалов и изделий электронной техники. Распределение примеси по длине слитка после одного и бесконечно большого числа проходов расплавленной зоны (конечное распределение).</p> <p>Зонное замораживание (затвердевание). Противоточная кристаллизация из расплава.</p>	8	Лекция-беседа

#### 4.4. Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия).

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	Оценка глубины ректификационной очистки	4	Групповая научная дискуссия
	Ректификация под пониженным давлением в технологии очистки полупроводниковых материалов.	4	Групповая научная дискуссия
4	Оценка предельных возможностей химических и физико-химических методов очистки веществ.	8	
	Метод с использованием металлоорганических соединений.	4	
	Химических транспортных реакций. Перенос вещества потоком газа-реагента и перенос вещества молекулярной диффузией.	4	



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6	Определение эффективного коэффициента распределения примеси при кристаллизационной очистке.	4	
	Расчет профиля распределения примеси по длине слитка при направленной кристаллизации и зонной плавке.	6	
	Определение влияния размеров зоны и скорости перекристаллизации на профиль распределения примеси по длине слитка.	4	
	Зонная перекристаллизация (плавка). Распределение примеси по длине слитка после одного и бесконечно большого числа проходов расплавленной зоны.	4	
	Противоточная кристаллизация из расплава.	3	

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Типы примесей и их определение. Методы анализа на содержания примесей	6	Доклад по теме вопроса
2	Классификация веществ высокой чистоты. Маркировка материалов по чистоте	8	Доклад по теме вопроса
3	Теоретическая и экспериментальные оценки коэффициента разделения	10	Доклад по теме вопроса
4	Гидридный, хлоридный и карбонильные методы.	10	Доклад по теме вопроса
5	Термодинамика образования зародышей твердой фазы. Равновесный и эффективный коэффициенты распределения примесей.	14	Доклад по теме вопроса
	Типы зонной плавки и их использование в технологии полупроводниковых материалов и изделий электронной техники.	16	Доклад по теме вопроса
	Противоточная кристаллизация из расплава.	8	Доклад по теме вопроса

## **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.**

Аттестация по дисциплине – в конце 1 семестра в виде экзамена в устной форме. К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

Примеры вопросов, предлагаемых на экзамене:

1. Классификация веществ высокой чистоты и типы примесей.
2. Классификация методов глубокой очистки веществ. Общая характеристика и предельные возможности методов.
3. Энтропия смешения и оценка термодинамических условий разделения смеси веществ.
4. Химические методы очистки веществ. Общая характеристика методов.
5. Химические методы очистки веществ. Метод химических транспортных реакций.
6. Химические методы очистки веществ. Гидридный, хлоридный и карбонильный методы.
7. Очистка веществ с использованием элементарно-органических соединений. (МОС-гидридная технология).
8. Термодиффузионная очистка.
9. Ректификационные методы разделения и очистки веществ.
10. Кристаллизационная очистка. Общая характеристика методов и предельные возможности.
11. Кристаллизация из расплава. Представление о зарождении и росте кристаллов. Термодинамика образования зародышей твердой фазы.
12. Методы выращивания монокристаллов особо чистых веществ.
13. Термодинамическая теория роста кристаллов. Формирование граней монокристаллов.
14. Типы граней и их роль в огранке монокристалла.
15. Равновесный и эффективный коэффициенты распределения примесей при кристаллизационной очистке.
16. Очистка направленной кристаллизацией. Распределение примесей по длине слитка при однократной направленной кристаллизации.
17. Зонная перекристаллизация (зонная плавка). Распределение примесей по длине слитка при однократной и многократной зонной перекристаллизации.
18. Зонная перекристаллизация. Виды зонной перекристаллизации и их использование в технологии полупроводниковых материалов.

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.**

### **а) печатные издания:**

7.1 Ежовский, Ю.К. Чистые и особо чистые вещества: учебное пособие/ Ю.К. Ежовский.- СПб.: ГОУ ВПО СПбГТИ (ТУ), 2010.- 91с.

7.2 Ежовский, Ю.К. Физико-химические основы технологии материалов электронной техники/ Ю.К. Ежовский. – СПб.: ИК СИНТЕЗ, 2007. – 125с. (ЭБ)

### **б) электронные издания:**

7.3 Ежовский, Ю.К. Основы технологии монокристаллов и особо чистых веществ: учебное пособие/ Ю.К. Ежовский.-СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2017. - 91с.

7.4 Ежовский, Ю.К. Физико-химические основы технологии материалов электронной техники/ Ю.К. Ежовский. – СПб.: ИК СИНТЕЗ, 2007. – 125с. (ЭБ)

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru) и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий;

<http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань», коллекции «Химия» (книги издательств «Лань», «Бином», «НОТ»), «Нанотехнологии» (книги издательства «Бином. Лаборатория знаний»);

[www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) - КонсультантПлюс - база законодательных документов по РФ и Санкт-Петербургу;

[www.scopus.com](http://www.scopus.com) - База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier;

<http://webofknowledge.com> - Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters;

<http://iopscience.iop.org/journals?type=archive>, <http://iopscience.iop.org/page/subjects> - Издательство ИОР (Великобритания);

[www.oxfordjournals.org](http://www.oxfordjournals.org) - Архив научных журналов издательства Oxford University Press;

<http://www.sciencemag.org/> - Полнотекстовый доступ к журналу Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS));

<http://www.nature.com> - Доступ к журналу Nature (Nature Publishing Group);

<http://pubs.acs.org> - Доступ к коллекции журналов Core + издательства American Chemical Society;

<http://journals.cambridge.org> - Полнотекстовый доступ к коллекции журналов Cambridge University Press.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

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

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 039-2013. Магистратура. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2013.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 25 с.

2. СТП СПбГТИ 040-02. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2002.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.- 7 с.

3. СТО СПбГТИ(ТУ) 018-2014. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2014.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 16 с.

4. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2010.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 6 с.

5. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.

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;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Для проведения занятий имеются персональные компьютеры с программным обеспечением:

- Windows,
- OpenOffice.

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

1. <http://prometeus.nse.ru> – база ГПНТБ СО РАН.
2. <http://borovic.ru> - база патентов России.
3. <http://1.fips.ru/wps/portal/Register> - Федеральный институт промышленной собственности
4. <http://google.com/patent>- база патентов США.
5. <http://freepatentsonline.com>- база патентов США.
6. <http://patentmatie.com/welcome> - база патентов США.
7. [http://patika.ru/Epasenet\\_patentnie\\_poisk.html](http://patika.ru/Epasenet_patentnie_poisk.html) - европейская база патентов.
8. <http://gost-load.ru>- база ГОСТов.
9. <http://worlddofaut.ru/index.php> - база ГОСТов.
10. <http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.
11. <http://springer.com> – англоязычная поисковая система научных публикаций.
12. <http://dissforall.com> – база диссертаций.
13. <http://diss.rsl.ru> – база диссертаций.
14. <http://webbook.nist.gov/chemistry> - NIST Standard Reference Database.
15. <http://riodb.ibase.aist.go.jp/riohomee.html> - база спектров химических соединений.
16. <http://markmet.ru> – марочник сталей.

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.**

Для проведения занятий в интерактивной форме, чтения лекций в виде презентаций, демонстрации видео материалов используется мультимедийная техника.

Для проведения практических занятий используют компьютерный класс с персональными компьютерами.

Для проведения мастер классов и демонстрации практической исследовательской работы используется следующее оборудование:

Практические занятия проводятся в учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам, а его оборудование – следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.

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

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допущенные по медицинским показаниям к обучению по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, изучают дисциплину в полном объеме. Учебный процесс осуществляется в соответствии с "Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ФГБОУ ВПО СПбГИ(ТУ)", утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
Получение и анализ чистых и особо чистых веществ**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
ПК-2	Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения.	промежуточный
ПК-6	Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики.	промежуточный

Формирование компетенций происходит на базе лекционного материала в процессе работы на практических занятиях и самостоятельной работы обучающихся.

## 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)
<p><b>ПК-2.1.</b> Знание основных требований по чистоте материалов в заданных условиях его эксплуатации.</p> <p><b>ПК-6.1</b> Знание основных способов производства чистых веществ и методик исследования свойств новых материалов на их основе.</p>	<p><b>Знает</b> о способах получения чистых и особо чистых веществ, областей их использования и методов анализа на содержание примесей.(ЗН-1)</p> <p><b>Умеет</b> обоснованно выбрать необходимую чистоту материала для заданных условий эксплуатации. (У-1)</p> <p><b>Владеет</b> навыками обоснованного выбора необходимой чистоты материала для экономически надежного использования. (Н-1)</p>	<p>Ответы на задания №1-3 к экзамену</p>	<p>Имеет представление о теоретических исследованиях по технологии чистых и особо чистых веществ</p>	<p>Знает свойства и области применения чистых и особо чистых веществ, технологические процессы их производства, владеет методами анализа чистых и особо чистых веществ.</p>	<p>Знает основные направления работ в области получения чистых и особо чистых веществ..</p>
	<p><b>Знает</b> современные методы производства основных видов чистых и особо чистых веществ (ЗН-2);</p>	<p>Ответы на задания №4-10 к экзамену</p>	<p>Имеет представление о методах производства основных видов чистых и особо чистых веществ.</p>	<p>Знает современные методы производства основных видов чистых и особо чистых веществ.</p>	<p>Знает особенности различных методов производства основных видов чистых и особо чистых веществ.</p>
	<p><b>Знает</b> свойства и области применения чистых и особо чистых веществ (ЗН-3);</p>	<p>Ответы на задания № 4-10, 16-18 к экзамену</p>	<p>Имеет представление об областях применения чистых и особо чистых веществ.</p>	<p>Знает набор свойств и области применения чистых и особо чистых веществ.</p>	<p>Способен предложить набор свойств, необходимых для применения чистых и особо чистых веществ в конкретной области.</p>

	<b>Знает</b> технологические процессы при производстве основных чистых и особо чистых веществ (ЗН-4);	Ответы на задания № 4-10 к экзамену	Имеет представление о технологических процессах при производстве основных чистых и особо чистых веществ.	Знает основы технологии основных чистых и особо чистых веществ.	Знает оборудование и технологические приемы при производстве чистых и особо чистых веществ.
	<b>Умеет</b> формулировать требования к чистоте материала и их свойствам для конкретного применения (У-1)	Ответы на задания № 1-2 к экзамену	Имеет представление о свойствах чистых материалов, необходимых для конкретного их применения	Способен предъявить требования к наноматериалам для конкретного применения, способен перечислить необходимые для этого свойства	Способен сформулировать набор требований и соответствующих свойств для нового вида материалов
	<b>Умеет</b> формулировать требования к свойствам чистых веществ для конкретного применения (У-2);	Ответы на задания №4-18 к экзамену	Имеет представление о технических задачах, решаемых с помощью чистых и особо чистых веществ	Может выбрать подходящий материал из ряда предложенных материалов для решения поставленных задач.	Способен предложить материал необходимой чистоты для конкретной области применения.
	<b>Владеет</b> методами очистки и анализа твердых веществ (Н-2).	Ответы на задания №18-30 к экзамену	Имеет представление о методах очистки анализа твердых веществ	Может предложить подходящий метод очистки из ряда предложенных для решения поставленных задач.	Способен предложить метод очистки для получения материала необходимой чистоты для конкретной области применения.



Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачёта. Для получения зачёта должен быть достигнут «пороговый» уровень сформированности компетенций.

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:**

1. Понятие чистые вещества. Подходы к оценке чистоты и типы примесей.
2. Классификация веществ высокой чистоты и их маркировка.
3. Физико-химические основы очистки веществ. Энтропия смешения и оценка термодинамических условий разделения смеси веществ.
4. Классификация методов глубокой очистки веществ.
5. Общая характеристика и оценка предельных возможностей метода.
6. Сравнительная характеристика химических и физико-химических методов очистки веществ.
7. Дистилляционные методы. Виды и физико-химическая сущность методов.

#### **б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-6:**

8. Коэффициент разделения. Теоретическая и экспериментальные оценки коэффициента разделения.
9. Однократная и многократная перегонка.
10. Ректификация под пониженным давлением.
11. Использование ректификационных методов в технологии очистки полупроводниковых материалов.
12. Химические методы очистки веществ. Их классификация и характерные особенности.
13. Метод химических транспортных реакций. Перенос вещества потоком газа-реагента и перенос вещества молекулярной диффузией.
14. Гидридный, хлоридный и карбонильные методы очистки.
15. Метод с использованием металлоорганических соединений.
16. Основные критерии очистки и предельные возможности химических методов.
17. Кристаллизационная очистка. Физико-химические основы метода.
18. Зарождение и рост кристаллов. Пересыщение, его физико-химический смысл.
19. Критический зародыш. Определение параметров критического зародыша.
20. Термодинамика гомогенного образования зародышей твёрдой фазы. Энергия и скорость образования критического зародыша.
21. Кристаллизация из расплава. Равновесный и эффективный коэффициенты распределения примесей.
22. Метод направленной кристаллизации. Распределение примесей по длине слитка при однократной и многократной направленной кристаллизации.
23. Зонная перекристаллизация (плавка). Типы зонной плавки и их использование в технологии полупроводниковых материалов.
24. Распределение примеси по длине слитка после бесконечно большого числа проходов расплавленной зоны (конечное распределение).
25. Зонное замораживание (затвердевание).
26. Противоточная кристаллизация из расплава.
27. Влияние загрязняющего действия материала аппаратуры на глубину очистки веществ кристаллизационными методами.
28. Безтигельные методы глубокой очистки веществ.

29. Кристаллизация из раствора. Способы осуществления процесса. Коэффициент разделения (сокристаллизации).
30. Фракционированная (дробная) кристаллизация. Противоточная кристаллизация из раствора.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше и задание на освоение методов решения инженерных задач.

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.**

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.