

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

Образовательно-научный институт  
физико-химических технологий и материаловедения (ИФХТиМ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_/Ж.В. Мацулевич/

подпись                      ФИО

“16” мая 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.2.2 Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники**  
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)  
**для подготовки бакалавров/специалистов/магистров**

Направление подготовки: 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

\_\_\_\_\_  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность: «Физика, химия и технология поверхностей и межфазных границ»

\_\_\_\_\_  
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: НиБ

Кафедра-разработчик НиБ

Объем дисциплины: 216/6

Промежуточная аттестация: экзамен, зачет

экзамен, зачет с оценкой, зачет

Разработчик(и): Мочалов Георгий Михайлович, д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Нижний Новгород, 2023

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ

от 22 сентября 2017 г. № 959 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ  
протокол от 18.05.2023 г. № 21.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 11.05.2023 г № 7.

Зав. кафедрой: к.х.н., доцент Калинина А.А.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИФХТиМ, протокол от 16.05.2023 г № 9.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 11.04.04-м-13

Начальник МО

\_\_\_\_\_/Н.Р. Булгакова/  
(подпись)

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_/Н.И. Кабанина/  
(подпись)

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. Цели и задачи освоения дисциплины .....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....	5
4. Структура и содержание дисциплины.....	10
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	20
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	25
7. Информационное обеспечение дисциплины .....	26
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	28
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	28
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	30
11.Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	33

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**1.1. Целью освоения дисциплины «Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники»** является формирование у магистров представлений о современных материалах, применяемых в микро- и нанoeлектронике, технологиях их получения и очистки, методах контроля основных параметров, а также компетенций, предусмотренных образовательным стандартом, и готовности обучаемого к выполнению различных видов профессиональной деятельности.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины:**

- изучение способов получения чистых и особо чистых веществ для микроэлектроники и методов анализа на содержание примесей;
- приобретение умений обоснованно выбрать необходимую чистоту материала для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности и экономичности;
- изучение физико-химической сущности, особенности и структуры процессов очистки веществ и способах их производства;
- выработка навыков обоснованного выбора необходимой чистоты материала для экономически надежного использования;
- формирование умений использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса и осуществлять контроль качества;
- изучение методик анализа и сертификационных испытаний чистых и особо чистых веществ.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

**2.1. Учебная дисциплина «Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники»** включена в перечень дисциплин по выбору вариативной части образовательной программы «Физика, химия и технология поверхностей и межфазных границ». Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

В ходе освоения данной дисциплины необходимы базовые знания, которые студенты получили в ходе обучения по программе бакалавриата по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», где освоены такие дисциплины как «Химия», «Органическая химия», «Технологии летучих высокочистых веществ для производства электронной техники», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Материалы электронной техники», «Компоненты электронной техники», либо схожие по содержанию дисциплины. Для успешного освоения дисциплины студенты должны владеть основами высшей математики и физики в объеме вузовского курса, а также иметь твердые знания по общей, аналитической, неорганической и органической химии, полученными в курсе бакалавриата.

Знание физико-химических законов и закономерностей позволяет описать и раскрыть процессы, лежащие в основе технологических операций глубокой очистки вещества для нужд микроэлектроники.

В результате изучения курса «Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники» магистры получают знания о современных материалах, применяемых в микро- и нанoeлектронике, технологиях их получения и очистки, методах контроля основных параметров; навыки и умения быть готовыми к самостоятельному освоению и грамотному использованию результатов новых экспериментальных и теоретических

исследований в области материалов и структур, к самостоятельному выбору методов и объектов исследования.

Знания, умения и навыки, полученные учащимся при изучении дисциплины – «Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники» необходимы для освоения последующих курсов профессионального цикла дисциплин: «Специальные процессы и аппараты производства изделий электронной техники», «Физико-химические методы контроля процессов производства ИЭТ», «Проектирование, технология и электронная гигиена в электронной компонентной базе», «Технология и производство печатных плат» и др., при прохождении практик, а также при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы, при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

В содержании дисциплины сбалансировано соотношение между различными видами учебной работы: объем лекций достаточен для магистрантов данной магистерской программы, для получения практических навыков, ознакомления с компонентами современной электронной техники, их характеристиками и применением.

Рабочая программа дисциплины «Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины (модуля) «Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники» направлен на:

- формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»:

а) профессионально-специализированные компетенции (ПКС): ПКС-1, 3, 5.

**Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами**

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i>	<i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<b>ПКС-1</b>				
Специальные процессы и аппараты производства изделий электронной техники (Б1.В.ОД.3)			✓	
Процессы микро- и нанотехнологии (Б1.В.ОД.5)	✓	✓		
Методы исследования материалов и структур электронной техники (Б1.В.ДВ.2.1)	✓	✓		
<b>Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники (Б1.В.ДВ.2.2)</b>	✓	✓		
Технология и производство печатных плат (Б1.В.ДВ.3.1)		✓		
Технология печатных плат		✓		

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i>	<i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
последнего поколения (Б1.В.ДВ.3.2)				
Наночастицы в двухфазных системах (ФТД.1)		✓		
Практика по получению профессиональных умений и опыта научно-исследовательской деятельности (Б2.П.2)		✓		
Выполнение и защита ВКР (Б3.Д.1)				✓
<b>ПКС-3</b>				
Физико-химические методы контроля процессов производства ИЭТ (Б1.В.ОД.1)		✓		
Технология автоматизации производства (Б1.В.ОД.4)	✓	✓		
Методы исследования материалов и структур электронной техники (Б1.В.ДВ.2.1)	✓	✓		
<b>Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники (Б1.В.ДВ.2.2)</b>	✓	✓		
Наночастицы в двухфазных системах (ФТД.1)		✓		
Научно-исследовательская работа (Б2.П.1)	✓	✓	✓	
Практика по получению профессиональных умений и опыта проектной деятельности (Б2.П.2)				✓
Преддипломная практика (Б2.П.5)				✓
Выполнение и защита ВКР (Б3.Д.1)				✓
<b>ПКС-5</b>				
Технология, оборудование и производство материалов и изделий электронной техники (Б1.В.ДВ.1.1)	✓	✓		
Диагностика материалов, структур и приборов электронной техники (Б1.В.ДВ.1.2)	✓	✓		
Методы исследования материалов и структур электронной техники (Б1.В.ДВ.2.1)	✓	✓		
<b>Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники (Б1.В.ДВ.2.2)</b>	✓	✓		
Научно-исследовательская работа (Б2.П.4)				✓

<i>Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно</i>	<i>Семестры, формирования компетенций дисциплинами</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Преддипломная практика (Б2.П.5)				✓
Выполнение и защита ВКР (Б3.Д.1)				✓

**ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С  
ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП**

*Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения*

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПКС–1. Способен к измерению и анализу результатов измерений параметров технологических операций	Тип профессиональной деятельности: научно-исследовательский; производственно-технологический Трудовая функция: А/02.7 (ПС 40.006) Контроль параметров технологической операции					
	ИПКС – 1.4. Анализирует электрофизические параметры изделий микро- и нанoeлектроники в процессе изготовления и по его завершении	ЗНАТЬ: – физические, физико-химические и электрофизические свойства твердых тел; - особенности влияния размера примесных частиц на электрофизические свойства полупроводников	УМЕТЬ: – эффективно подбирать и применять методы измерения электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники; - анализировать результаты измерений электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники	ВЛАДЕТЬ: – современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях нанотехнологии; - навыками анализа электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники	- Задания к контрольным работам по разделам - Перечень вопросов к практическим занятиям	Вопросы для устного экзамена (1 семестр); зачета (2 семестр)
ПКС–3. Способен к расчёту режимов и контролю	Тип профессиональной деятельности: научно-исследовательский; производственно-технологический Трудовая функция: В/03.7 (ПС 40.006) Освоение и внедрение технологических процессов и необходимых режимов производства на выпускаемую продукцию					



Код и наименование компетенции  конкретного технологического процесса	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
	<i>ИПКС – 3.3. Определяет режимы проведения процессов микро- и нанoeлектроники с учетом чистоты веществ, свойств материалов и структур электронной техники</i>	<b>ЗНАТЬ:</b> – возможные источники погрешностей при контроле и анализе физических и физико-химических свойств полупроводников, а также способы их исключения, минимизации и учета	<b>УМЕТЬ:</b> – эффективно подбирать и применять методы глубокой очистки веществ при определении режимов проведения процессов микро- и нанoeлектроники	<b>ВЛАДЕТЬ:</b> – навыками подбора эффективных алгоритмов решения сформулированных задач по подбору методов исследования материалов и структур изделий электронной техники	- Задания к контрольным работам по разделам - Перечень вопросов к практическим занятиям	Вопросы для устного экзамена (1 семестр); зачета (2 семестр)
<b>ПКС–5.</b> Способен к модернизации технологического оборудования микро- и нанoeлектроники	<b>Тип профессиональной деятельности: производственно-технологический, проектно-конструкторский</b> Трудовая функция: А/05.7 (ПС 40.006) Разработка рекомендаций по модернизации технологического оборудования и технологической оснастки на выпускаемую организацией продукцию					
	<i>ИПКС -5.1. Применяет методики исследования материалов и структур электронной техники для оценки характеристик нового технологического оборудования микро- и нанoeлектроники</i>	<b>ЗНАТЬ:</b> – особенности влияния наноразмерных примесей на функциональные и эксплуатационные характеристики технологического оборудования микро- и нанoeлектроники	<b>УМЕТЬ:</b> – эффективно подбирать и применять методы глубокой очистки для оценки характеристик технологического оборудования	<b>ВЛАДЕТЬ:</b> – навыками прогноза функциональных и эксплуатационных характеристик технологического оборудования микро- и нанoeлектроники в зависимости от физических свойств материалов и структур в его составе	- Задания к контрольным работам по разделам - Перечень вопросов к практическим занятиям	Вопросы для устного экзамена (1 семестр); зачета (2 семестр)

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

*Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам*

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час		
	Всего часов	в т.ч. по семестрам	
		1 сем	2 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	с использованием элементов электронного обучения		
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>216</b>	<b>144</b>	<b>72</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>92</b>	<b>55</b>	<b>37</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>85</b>	<b>51</b>	<b>34</b>
занятия лекционного типа (Л)	51	34	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др)	34	17	17
лабораторные работы (ЛР)			
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)			
текущий контроль, консультации по дисциплине	5	2	3
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2	
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>97</b>	<b>62</b>	<b>35</b>
реферат/эссе (подготовка)	5		5
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)			
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	92	62	30
<b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
1 СЕМЕСТР									
ПКС-1: ИПК-1.4 ПКС-3: ИПК-3.3 ПКС-5: ИПК-5.1	Раздел 1 Введение. Основные понятия, подходы и требования к веществам высокой чистоты								
	Тема 1.1 Предмет курса и его задачи. Основные определения, подходы и требования к веществам высокой чистоты. Понятия «индивидуального вещества» и «высокочистого вещества».	1			3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		
	Тема 1.2 Основное вещество и примеси. Типы примесей (лимитирующие, химические, технологические, специфические, сопутствующие) и их определение	2			3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		
	Итого по 1 разделу	3			6				
ПКС-1:	Раздел 2 Методы кристаллизации и осаждения из растворов								

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ИПК-1.4 ПКС-3: ИПК-3.3 ПКС-5: ИПК-5.1	Тема 2.1 Равновесный и неравновесный процесс кристаллизации. Перекристаллизация, определение условий перекристаллизации, фракционная (дробная) перекристаллизация.	3			4	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		
	Тема 2.2 Эффект высаливания. Фильтрование. Промывка осадка. Высушивание. Перекристаллизация и фильтрование с использованием неводных растворителей. Характеристика и классификация процессов разложения.	4			3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		
	Практическое занятие 2.1 Определение условий перекристаллизации при фракционная (дробная) перекристаллизации			4	4	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта		
	Итого по 2 разделу	7		4	11				
ПКС-1: ИПК-1.4 ПКС-3: ИПК-3.3 ПКС-5: ИПК-5.1	Раздел 3 Физико-химические основы очистки веществ. Энтропия смешения. Классификация веществ высокой чистоты и методов очистки								
	Тема 3.1 Классификация веществ высокой чистоты. Маркировка материалов по чистоте	3			3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Тема 3.2</b> Классификация, общая характеристика методов и оценка предельных возможностей очистки веществ. Сравнительная характеристика химических и физико-химических методов очистки веществ.	3			4	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		
	<b>Тема 3.3</b> Предельные возможности методов. Пределы влияния примесей на свойства веществ.	3			4	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		
	<b>Практическое занятие 3.1</b> Оценка предельных возможностей химических и физико-химических методов очистки веществ			3	4	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта		
	<b>Практическое занятие 3.2</b> Пределы влияния примесей на свойства веществ			4	4	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта		
	<b>Итого по 3 разделу</b>	<b>9</b>		<b>7</b>	<b>19</b>				
ПКС-1: ИПК-1.4 ПКС-3: ИПК-3.3 ПКС-5: ИПК-5.1	<b>Раздел 4 Физические методы очистки веществ. Дистилляционные и экстракционные методы очистки</b>								
	<b>Тема 4.1</b> Диффузионные методы разделения. Метод удаления примесей в форме частиц.	4			4	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная рабога студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Тема 4.2</b> Ректификация. Оценка глубины ректификационной очистки. Ректификация под пониженным давлением. Использование ректификационных методов в технологии очистки полупроводниковых материалов.	4			4	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		
	<b>Тема 4.3</b> Фракционная перегонка. Однократная и многократная перегонка	3			4	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		
	<b>Практическое занятие 4.1</b> Коэффициент разделения. Теоретическая и экспериментальные оценки коэффициента разделения.			3	4	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта		
	<b>Итого по 4 разделу</b>	<b>11</b>		<b>3</b>	<b>16</b>				
ПКС-1: ИПК-1.4 ПКС-3: ИПК-3.3 ПКС-5: ИПК-5.1	<b>Раздел 5 Способы адсорбционной очистки веществ</b>								
	<b>Тема 5.1</b> Адсорбция, абсорбция, хемосорбция. Основные закономерности и особенности. Адсорбция на поверхности твердых тел.. Практическое применение адсорбционных методов для глубокой очистки веществ.	4			4	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Практическое занятие 5.1</b> Практическое применение адсорбционных методов для глубокой очистки веществ.			3	5	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта		
	<b>Итого по 5 разделу</b>	<b>4</b>		<b>3</b>	<b>9</b>				
<b>Итого за 1 семестр</b>		<b>34</b>		<b>34</b>	<b>62</b>				
2 СЕМЕСТР									
ПКС-1: ИПК-1.4 ПКС-3: ИПК-3.3 ПКС-5: ИПК-5.1	Раздел 6 Химические методы очистки веществ. Кристаллизационные методы глубокой очистки								
	<b>Тема 6.1</b> Химические методы разделения смесей и очистки, основанные на различиях в свойствах основного вещества и примеси. Избирательное осаждение примесей. Реакции избирательного окисления / восстановления	2			2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		
	<b>Тема 6.2</b> Метод химических транспортных реакций. Термодинамическая оценка эффективности очистки. Перенос вещества потоком газа-реагента и перенос вещества молекулярной диффузией.	2			2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная рабога студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Тема 6.3</b> Гидридный, хлоридный и карбонильные методы. Метод с использованием металлооргани-ческих соединений. Основные критерии очистки и предельные возможности химических и физико-химических методов.	2			2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		
	<b>Практическое занятие 6.1</b> Термодинамическая оценка эффективности очистки.			3	3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта		
	<b>Тема 6.4</b> Кристаллизационная очистка. Физико-химические основы метода. Виды и их предельные возможности. Кристаллизация из расплава. Равновесный и эффективный коэффициенты распределения примесей.	2			2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		
	<b>Тема 6.5</b> Направленная кристаллизация. Распределение примесей по длине слитка при однократной и многократной направленной кристаллизации.	2			2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Тема 6.6</b> Зонная перекристаллизация (плавка). Типы зонной плавки (с различными способами нагрева) и их использование в технологии полупроводниковых материалов. Распределение примеси по длине слитка. Факторы, влияющие на эффективность процесса: скорость передвижения зоны, варианты ее перемещения, длина зоны, температура на границе раздела фаз.	2			2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		
	<b>Тема 6.7</b> Зонное замораживание (затвердевание). Противоточная кристаллизация из расплава	2			2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		
	<b>Практическое занятие 6.2</b> Определение эффективного коэффициента распределения примеси при кристаллизационной очистке.			2	2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта		
	<b>Практическое занятие 6.3</b> Расчет профиля распределения примеси по длине слитка при направленной кристаллизации и зонной плавке.			3	2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Практическое занятие 6.4</b> Определение влияния размеров зоны и скорости перекристаллизации на профиль распределения примеси по длине слитка.			3	2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта		
	<b>Практическое занятие 6.5</b> Распределение примеси по длине слитка после одного и нескольких проходов расплавленной зоны.			3	2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта		
	<b>Итого по 6 разделу</b>	<b>14</b>		<b>14</b>	<b>25</b>				
ПКС-1: ИПК-1.4 ПКС-3: ИПК-3.3 ПКС-5: ИПК-5.1	<b>Раздел 7 Условия проведения очистки веществ. Методы контроля степени чистоты химических соединений</b>								
	<b>Тема 7.1</b> Требования к помещениям и оборудованию для очистки веществ. Зависимость процесса глубокой очистки веществ от выбора материала для изготовления химической аппаратуры и степени изоляции от воздушной среды. Коррозия конструкционных материалов.	3			2	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, лекция-визуализация		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий <sup>12</sup>	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) <sup>13</sup>	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) <sup>14</sup>
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<b>Практическое занятие 7.1</b> Критерии выбора методов анализа. Методы термогравиметрии. Рентгенофазовый анализ. Методы оптической спектроскопии и люминесценции: атомно-эмиссионный спектральный анализ; масс- спектрометрия; атомно-абсорбционная спектроскопия; атомно-флюоресцентный метод; люминесцентный метод анализа. Хромато-масс-спектрометрия.			3	3	подготовка к занятиям [1.1 – 1.3]	обучение на основе опыта		
	<b>Итого по 7 разделу</b>	3		3	5				
ПКС-1: ИПК-1.4 ПКС-3: ИПК-3.3 ПКС-5: ИПК-5.1	<b>Подготовка и выполнение реферата</b>				5				
<b>ИТОГО за 2 семестр</b>		17		17	35				
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		51		34	97				

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.**

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- выполнение групповых заданий на практических занятиях;
- тестирование по темам лекционных занятий;
- решение практических задач;
- подготовка и защита реферата;
- домашние контрольные работы.

### **5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

Вопросы, индивидуальные задания, задачи и тесты представлены в методических указаниях к практическим занятиям, представленных в п. 6.3.

### **5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

При промежуточном контроле (экзамен – 1 семестр) успеваемость студентов оценивается по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Отлично «5» – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки, показана способность быстро реагировать на уточняющие вопросы;

Хорошо «4» – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен в терминах науки. Однако допущены незначительные ошибки или недочеты, исправленные студентом с помощью «наводящих» вопросов;

Удовлетворительно «3» – дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания студентом их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции;

Неудовлетворительно «2» – студент демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить, даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятии.

При промежуточном контроле (зачет – 2 семестр) успеваемость студентов оценивается по системе: «зачтено», «незачтено».

«Зачтено» – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая

последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки, показана способность быстро реагировать на уточняющие вопросы;

«Зачтено» – дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен в терминах науки. Однако допущены незначительные ошибки или недочеты, исправленные магистрантом с помощью «наводящих» вопросов;

«Зачтено» – дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания магистрантом их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции;

«Не зачтено» – магистрант демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить, даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятии.

**Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
<b>ПКС–1.</b> Способен к измерению и анализу результатов измерений параметров технологических операций	<i>ИПКС – 1.4. Анализирует электрофизические параметры изделий микро- и нанoeлектроники в процессе изготовления и по его завершении</i>	Не знает физические, физико-химические и электрофизические свойства твердых тел; особенности влияния размера примесных частиц на электрофизические свойства полупроводников. Не умеет эффективно подбирать и применять методы измерения электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники; анализировать результаты измерений электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники. Не владеет современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях нанотехнологии; навыками анализа электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники.	Частично знает физические, физико-химические и электрофизические свойства твердых тел; особенности влияния размера примесных частиц на электрофизические свойства полупроводников. Умеет эффективно подбирать и применять методы измерения электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники; анализировать результаты измерений электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники. Частично владеет современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях нанотехнологии; навыками анализа электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники.	Хорошо знает физические, физико-химические и электрофизические свойства твердых тел; особенности влияния размера примесных частиц на электрофизические свойства полупроводников. Умеет эффективно подбирать и применять методы измерения электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники; анализировать результаты измерений электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники. Хорошо владеет современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях нанотехнологии; навыками анализа электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники.	Знает в совершенстве физические, физико-химические и электрофизические свойства твердых тел; особенности влияния размера примесных частиц на электрофизические свойства полупроводников. Уверенно умеет эффективно подбирать и применять методы измерения электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники; анализировать результаты измерений электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники. Уверенно владеет современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях нанотехнологии; навыками анализа электрофизических параметров изделий микро- и нанoeлектроники.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
<b>ПКС–3.</b> Способен к расчёту режимов и контролю конкретного технологического процесса	<i>ИПКС – 3.3. Определяет режимы проведения процессов микро- и наноэлектроники с учетом чистоты веществ, свойств материалов и структур электронной техники</i>	<p>Не знает возможные источники погрешностей при контроле и анализе физических и физико-химических свойств полупроводников, а также способы их исключения, минимизации и учета.</p> <p>Не умеет эффективно подбирать и применять глубокой очистки веществ при определении режимов проведения процессов микро- и наноэлектроники.</p> <p>Не владеет навыками подбора эффективных алгоритмов решения сформулированных задач по подбору методов исследования материалов и структур изделий электронной техники</p>	<p>Имеет представление о возможных источниках погрешностей при контроле и анализе физических и физико-химических свойств полупроводников, а также способы их исключения, минимизации и учета. Умеет, но с ошибками эффективно подбирать и применять глубокой очистки веществ при определении режимов проведения процессов микро- и наноэлектроники.</p> <p>Плохо владеет навыками подбора эффективных алгоритмов решения сформулированных задач по подбору методов исследования материалов и структур изделий электронной техники</p>	<p>Хорошо знает возможные источники погрешностей при контроле и анализе физических и физико-химических свойств полупроводников, а также способы их исключения, минимизации и учета. Достаточно хорошо умеет эффективно подбирать и применять глубокой очистки веществ при определении режимов проведения процессов микро- и наноэлектроники.</p> <p>Хорошо владеет навыками подбора эффективных алгоритмов решения сформулированных задач по подбору методов исследования материалов и структур изделий электронной техники</p>	<p>Отлично знает возможные источники погрешностей при контроле и анализе физических и физико-химических свойств полупроводников, а также способы их исключения, минимизации и учета. Уверенно умеет эффективно подбирать и применять глубокой очистки веществ при определении режимов проведения процессов микро- и наноэлектроники.</p> <p>Отлично владеет навыками подбора эффективных алгоритмов решения сформулированных задач по подбору методов исследования материалов и структур изделий электронной техники</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
<b>ПКС–5.</b> Способен к модернизации технологического оборудования микро- и нанoeлектроники	<i>ИПКС -5.1. Применяет методики исследования материалов и структур электронной техники для оценки характеристик нового технологического оборудования микро- и нанoeлектроники</i>	Не знает особенности влияния наноразмерных примесей на функциональные и эксплуатационные характеристики технологического оборудования микро- и нанoeлектроники. Не умеет эффективно подбирать и применять методы глубокой очистки веществ для оценки характеристик технологического оборудования. Не владеет навыками прогноза функциональных и эксплуатационных характеристик технологического оборудования микро- и нанoeлектроники в зависимости от физических свойств материалов и структур в его составе.	Частично знает особенности влияния наноразмерных примесей на функциональные и эксплуатационные характеристики технологического оборудования микро- и нанoeлектроники. Умеет эффективно подбирать и применять методы глубокой очистки веществ для оценки характеристик технологического оборудования. Частично владеет навыками прогноза функциональных и эксплуатационных характеристик технологического оборудования микро- и нанoeлектроники в зависимости от физических свойств материалов и структур в его составе.	Хорошо знает особенности влияния наноразмерных примесей на функциональные и эксплуатационные характеристики технологического оборудования микро- и нанoeлектроники. Умеет эффективно подбирать и применять методы глубокой очистки веществ для оценки характеристик технологического оборудования. Хорошо владеет навыками прогноза функциональных и эксплуатационных характеристик технологического оборудования микро- и нанoeлектроники в зависимости от физических свойств материалов и структур в его составе.	Знает в совершенстве особенности влияния наноразмерных примесей на функциональные и эксплуатационные характеристики технологического оборудования микро- и нанoeлектроники. Уверенно умеет эффективно подбирать и применять методы глубокой очистки веществ для оценки характеристик технологического оборудования. Уверенно владеет навыками прогноза функциональных и эксплуатационных характеристик технологического оборудования микро- и нанoeлектроники в зависимости от физических свойств материалов и структур в его составе.



## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда**

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

1.1 Ежовский, Ю.К. Чистые и особо чистые вещества./ Ю.К Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010.- 91 с. СПбГТИ(ТУ). (электронный вариант: <https://technolog.bibliotech.ru>)

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

1.3 Пасынков, В.В. Материалы электронной техники./В.В Пасынков, , В.С. Сорокин. - М.-СПб.-Кр.: Высшая школа, 2004.- 366 с. (электронный вариант)

### **6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

В список «Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям» включаются методические указания и рекомендации по проведению практических учебных занятий по дисциплине «Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники»:

#### **6.2.1 Методические указания:**

6.2.1.1 Орликов Л.Н. Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 1: учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 98 с. (электронное издание: [www.iprbookshop.ru/13990.html](http://www.iprbookshop.ru/13990.html))

6.2.1.2. Орликов Л.Н. Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 2: учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 100 с. (электронное издание: [www.iprbookshop.ru/13991.html](http://www.iprbookshop.ru/13991.html))

6.2.1.3 Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 108 с. // СПбГТИ(ТУ). (электронный вариант: <https://technolog.bibliotech.ru>)

#### **6.2.2 Методические указания, разработанные НГТУ**

6.2.2.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_aydit\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20).

Дата обращения 24.04.2023.

6.2.2.2 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный

адрес:[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/met\\_rekom\\_organiz\\_samoct\\_rab.pdf?20](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samoct_rab.pdf?20).

Дата обращения 24.04.2023.

6.2.2.3 Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес:[http://www.nntu.ru/RUS/otd\\_sl/ymy/metod\\_dokym\\_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf](http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf). Дата обращения 24.04.2023.

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### 7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ):

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.
2. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. [Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса](http://elibrary.ru/defaultx.asp) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgash.ru/> - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
5. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
6. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
7. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
8. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.
9. Компоненты и технологии журнал об электронных компонентах, датчиках, микросхемах, микроконтроллерах, светодиодах, DSP <https://kite.ru/>

### 7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

*Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем*

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

**Таблица 8 - Перечень программного обеспечения**

<b>Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе</b>	<b>Программное обеспечение свободного распространения</b>
Microsoft Windows XP, Prof, S/P3 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	Open Office 4.1.1 (лицензия Apache License 2.0)
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare)
Visual Studio 2008 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14)	
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	
Microsoft Office (лицензия № 43178972)	
Windows XP лиц. № 65609340	
Office 2007 лиц. № 43178971	
Microsoft Windows XP Professional (лицензия № 43178980)	
MicrosoftOffice 2007 (лицензия № 44804588)	
1С предприятие 8.1 (лицензионное соглашение №800908353 с ЗАО «1С»)	
Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135)	
Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.23)	
КонсультантПлюс (Договор № 28-13/16-313 от 27.12.16)	
Техэксперт (Договор №100/860 от 22.12.2016)	

В табл. 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

**Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

<b>№</b>	<b>Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы</b>	<b>Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)</b>
<b>1</b>	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
<b>2</b>	Электронная база избранных статей по философии	<a href="http://www.philosophy.ru/">http://www.philosophy.ru/</a>
<b>3</b>	Единый архив экономических и социологических данных	<a href="http://sophist.hse.ru/data_access.shtml">http://sophist.hse.ru/data_access.shtml</a>
<b>4</b>	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	<a href="http://www.ncva.ru">http://www.ncva.ru</a>
<b>5</b>	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
<b>6</b>	Информационно-справочная система «Техэксперт»	доступ из локальной сети

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В табл. 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

**Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ**

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе.

**Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине**

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	<b>1342</b> Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Доска меловая -1 шт. 2. Рабочее место студента на 22 чел.; 3. Рабочее место преподавателя – 1 шт.; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран, ноутбук)	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024)
2	<b>1221</b> Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского	1. Доска меловая -1 шт. 2. Рабочее место студента на 50 чел.; 3. Рабочее место преподавателя – 1 шт.;	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14);

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран, ноутбук)	2. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024)
3	<b>1334-4</b> Мультимедийная аудитория (компьютерный класс для проведения виртуального лабораторного практикума по процессам и аппаратам) (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Рабочие столы, оснащенные компьютером (10 посадочных мест); 2. Рабочие столы (22 посадочных места); 3. Рабочее место преподавателя; 4. Переносное мультимедийное оборудование (мультимедийный проектор, экран 5. Стенд образовательный «Интегральные микросхемы. Печатные платы»	1. Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); 2. Dr.Web (с/н ZNFC-CR5D-5U3U-JKGP от 20.05.2024)
4	<b>1334-3</b> Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Лабораторные столы (6 посадочных мест); 2. Лабораторное оборудование: - хроматографический комплекс; - исследовательская лаборатория моделирования вакуумных процессов; - спектрофотометр; - плита электрическая; - вытяжной шкаф; - магнитная мешалка; - водяная баня; - цифровой биологический микроскоп; - прибор для измерения удельной поверхности дисперсных пористых материалов. 3. Химическая посуда: чашки Петри, колбы плоскодонные -750мл, колбы Эрленмейера (100-500мл), химические стаканы (50-1000мл), мерные колбы (25мл, 50 мл, 100 мл, 250 мл), мерные цилиндры (50 мл, 100 мл, 500 мл), пробирки, бюретки	
5	<b>1334-1</b> Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Лабораторные столы (6 посадочных мест); 2. Лабораторное оборудование: - лабораторные аналитические весы; - высокочастотный генератор СЭЛТ-ВЧИ-2,0/40; - высокочастотный дуговой плазмотрон; - плита электрическая; - шкаф сушильный; - магнитная мешалка;	

№	Наименование аудиторий и помещений для учебной и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
		- источник водорода с оборудованием для приготовления специальной воды; - спектрофотометр; - поляриметр. 3. Химическая посуда: чашки Петри, колбы плоскодонные -750 мл, колбы Эрленмейера (100-500 мл), химические стаканы (50-1000мл), мерные колбы (25 мл, 50 мл, 100 мл, 250 мл), мерные цилиндры (50 мл, 100 мл, 500 мл), пробирки, бюретки	
6	<b>1330-1</b> Образовательно-научная лаборатория (кафедра "Нанотехнологии и биотехнологии" г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24)	1. Лабораторные столы (10 посадочных мест); 2. Лабораторное оборудование: - вискозимет — плотномер Штабингера SVL3001; - хромато-масс-спектрометр; - планетарная мельница PM100; - комплекс автоматический Porometer metcats plus; - вытяжной шкаф; - магнитная мешалка; - водяная баня; - комплекс хроматографический газовый «Хромос ГХ-1000»; - спектрофотометр ИК-Фурье. 3. Химическая посуда: чашки Петри, колбы плоскодонные -750мл, колбы Эрленмейера (100-500 мл), химические стаканы (50-1000мл), мерные колбы (25 мл, 50 мл, 100 мл, 250 мл), мерные цилиндры (50 мл, 100 мл, 500 мл), пробирки, бюретки	

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина «Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники» состоит из связанных между собой разделов, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, практические занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, практическим занятиям, доклады рефератов с презентациями, индивидуальная консультация с преподавателем).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10- 15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10-15 минут).
3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в электронной библиотечной системе (по 1 часу).
4. При подготовке к лабораторному занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, – предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1-2 задачи.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии с набранными за семестр баллами. Студенты, выполнившие все обязательные виды запланированных учебных занятий к прохождению промежуточной аттестации (экзамен (1 семестр); зачет (2 семестр)).

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме

того, такой метод поможет лучше запомнить, как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план; - уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций; -

связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;

- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;

- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;

- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;

- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и неизвестное, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;

- записывать надо сжато;

- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием курсовой работы, участием в лабораторных работах, подготовкой и сдачей зачета/экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.



### **10.3. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшим видом освоения содержания дисциплины, подготовки к практическим занятиям и к контрольной работе. Сюда же относятся и самостоятельное углубленное изучение тем дисциплины. Самостоятельная работа представляет собой постоянно действующую систему, основу образовательного процесса и носит исследовательский характер, что послужит в будущем основанием для написания выпускной квалификационной работы, практического применения полученных знаний.

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению, с учетом потребностей и возможностей личности.

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

При подготовке к контрольной работе (рубежной аттестации) обучающийся должен повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, используя конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. При необходимости можно обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий – на лекциях, лабораторных занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания – на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в табл. 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

### **11.1.1. Примерные типовые вопросы (задания) к практическим занятиям**

1. Зонная перекристаллизация (плавка). Типы зонной плавки и их использование в технологии полупроводниковых материалов.

2. Распределение примеси по длине слитка после бесконечно большого числа проходов расплавленной зоны (конечное распределение).
3. Зонное замораживание (затвердевание).
4. Противоточная кристаллизация из расплава.
5. Влияние загрязняющего действия материала аппаратуры на глубину очистки веществ кристаллизационными методами.
6. Безтигельные методы глубокой очистки веществ.
7. Кристаллизация из раствора. Способы осуществления процесса. Коэффициент разделения (сокристаллизации).
8. Фракционированная (дробная) кристаллизация. Противоточная кристаллизация из раствора.
9. Требования к помещениям и оборудованию для очистки веществ.
10. Зависимость процесса глубокой очистки веществ от выбора материала для изготовления химической аппаратуры и степени изоляции от воздушной среды.
11. Методы анализа чистых веществ и критерии выбора.

#### **11.1.2. Типовые вопросы (задания) для устного (письменного) опроса**

1. Какие критерии используются при термодинамической классификации чистых веществ?
2. Какие критерии используются при технической классификации чистых веществ?
3. Назовите основные причины ограничения получения абсолютно чистых веществ
4. Какие требования предъявляются к чистым комнатам при работе с чистыми веществами?
5. Назовите критерии нормировки примесей при получении особо чистых элементарных полупроводниковых материалов
6. Назовите критерии нормировки примесей при получении особо чистых полупроводниковых материалов АПВ
7. На каком этапе получения полупроводниковых материалов используются дистилляционные и ректификационные методы очистки?
8. Назовите физико-химические механизмы перераспределения примеси при кристаллизации из расплава полупроводниковых материалов
9. Перечислите пфановские приближения при направленной кристаллизации и зонной плавки
10. Эффективность очистки при направленной кристаллизации
11. Эффективность очистки при зонной плавки

#### **11.1.3 Примерные тестовые задания к практическим занятиям**

1. Что является поверхностью контакта фаз (основной областью массообмена) в насадочных абсорберах?
  - а) смоченная поверхность насадки;
  - б) перераспределитель жидкости;
  - в) опорные решетки;
  - г) слой пены на тарелке.
2. Что является поверхностью контакта фаз (основной областью массообмена) в тарельчатых абсорберах?

- а) смоченная поверхность насадки;
- б) распределитель жидкости;
- в) слой пены на тарелке;
- г) трубы.

3. При какой схеме абсорбционных установок газ проходит через абсорбер снизу вверх, а жидкость стекает сверху вниз?

- а) прямоточной;
- б) одноступенчатой с частичной рециркуляцией;
- в) многоступенчатой с рециркуляцией;
- г) противоточной.

4. При какой схеме абсорбционных установок уходящий газ соприкасается с жидкостью?

- а) прямоточной;
- б) одноступенчатой с частичной рециркуляцией;
- в) многоступенчатой с рециркуляцией;
- г) противоточной.

5. В каких случаях применяется простая перегонка?

- а) только для разделения смесей, летучести компонентов которых одинаковы;
- б) только для разделения смесей, летучести компонентов которых существенно различны;
- в) для жидкостей и газов, летучесть которых не имеет значение;
- г) для жидкостей, летучесть которых не имеет значение и для газов, летучести которых существенно различны.

6. Что такое флегма?

- а) это жидкость, возвращаемая для орошения ректификационной колонны и взаимодействия с поднимающимися по колонне парами;
- б) остаток (нижний продукт);
- в) ректификат (верхний продукт);
- г) это восходящий поток пара из нижней части колонны.

7. Что такое экстракт?

- а) исходный раствор;
- б) остаточный исходный раствор, из которого с той или иной степенью полноты удалены экстрагируемые компоненты;
- в) избирательный растворитель;
- г) раствор извлеченных веществ в экстрагенте.

8. Что такое рафинат?

- а) остаточный исходный раствор, из которого с той или иной степенью полноты удалены экстрагируемые компоненты;
- б) исходный раствор;
- в) избирательный растворитель;
- г) раствор извлеченных веществ в экстрагенте.

9. В каком случае экстракция заключается в извлечении твердой фазы, причем извлекаемый компонент последовательно растворяется в жидкости (избирательным растворителем), проникающей в поры исходного сложного твердого вещества,

диффундирует к наружной поверхности последнего и затем диффундирует от этой поверхности в основную массу жидкости?

а) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в растворенном состоянии;

б) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в газообразном состоянии;

в) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в твердом виде;

г) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в летучем состоянии.

10. В каком случае экстракция заключается в извлечении компонента, который диффундирует из пор твердого вещества в основную массу жидкости?

а), если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в растворенном состоянии;

б) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в твердом виде;

в) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в газообразном состоянии;

г) если извлекаемый компонент содержится в порах твердого вещества в летучем состоянии.

11. Через какие приспособления в непрерывно действующих многокамерных адсорберах с кипящим слоем твердые частицы адсорбента стекают со ступени на ступень?

а) перфорированные тарелки;

б) распределительные решетки;

в) трубы для вывода отработанного адсорбента;

г) переточные трубы.

12. Через какие приспособления в непрерывно действующих многокамерных адсорберах с кипящим слоем газ проходит со ступени на ступень?

а) штуцера для отвода отработанного газа;

б) перфорированные тарелки;

в) трубы для вывода отработанного адсорбента;

г) переточные трубы.

13. Диэлектрическая сушка — это

а) сушка, осуществляемая в замороженном состоянии при глубоком вакууме;

б) сушка, осуществляемая путем передачи тепла от теплоносителя к материалу через разделяющую их стенку;

в) сушка, осуществляемая путем передачи тепла инфракрасными лучами;

г) сушка, осуществляемая путем нагревания в поле токов высокой частоты.

14. Сублимационная сушка — это

а) сушка, осуществляемая в замороженном состоянии при глубоком вакууме.

б) сушка, осуществляемая путем передачи тепла от теплоносителя к материалу через разделяющую их стенку;

в) сушка, осуществляемая путем передачи тепла инфракрасными лучами;

г) сушка, осуществляемая путем нагревания в поле токов высокой частоты.

15. Как называется рабочее тело, при помощи которого осуществляется перенос тепла в холодильных установках?

- а) тепловым агентом;
- б) охладителем;
- в) нагревателем;
- г) холодильным агентом.

16. Закончите фразу: искусственное охлаждение

а) связано с переносом тепла от тела с менее низкой температурой к телу с более высокой температурой;

б) связано с переносом тепла от тела с более высокой температурой к телу с менее высокой температурой;

в) связано с переносом тепла от тела с более низкой температурой к телу с более высокой температурой;

г) связано с переносом тепла от тела с более высокой температурой к телу с более низкой температурой.

17. В каком аппарате технологической схемы умеренного охлаждения холодильный агент превращается из пара в жидкость?

- а) в компрессоре;
- б) в конденсаторе;
- в) в дросселе;
- г) в испарителе.

18 В каком аппарате технологической схемы умеренного охлаждения холодильный агент превращается из жидкости в пар?

- а) в компрессоре;
- б) в конденсаторе;
- в) в дросселе;
- г) в испарителе.

19. Дробление твердых и хрупких материалов производят

- а) раздавливанием, истиранием и ударом;
- б) раздавливанием, раскалыванием и истиранием;
- в) истиранием, раскалыванием и ударом;
- г) раздавливанием, раскалыванием и ударом.

20. Дробление твердых и вязких производят

- а) истиранием и ударом;
- б) раздавливанием и истиранием;
- в) истиранием и раскалыванием;
- г) раздавливанием и ударом.

#### **11.1.4 Примерные типовые темы рефератов**

Учебным планом по дисциплине «Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники» предусмотрено выполнение реферата с целью выработки у обучающихся опыта самостоятельного получения углубленных теоретических знаний, а также приобретение навыков практической реализации результатов исследования в области технологии конкретного вида продукции.

Задачи курсового проектирования:

- формирование у обучающихся навыков аналитического мышления;
- воспитание чувства ответственности за качество принятых решений;
- закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных обучающимися ранее;
- формирование профессиональных навыков, связанных с самостоятельной деятельностью будущего магистра;
- развитие умения ориентироваться в источниках новой информации, навыков работы с научной, справочной литературой и нормативной документацией;
- формирование практических навыков применения норм проектирования, методик расчетов, технологических инструкций, типовых проектов, стандартов и других нормативных материалов;
- оформление материалов (четкое, ясное, технически грамотное и качественное литературное изложение пояснительной записки);
- развитие творческого мышления и умения самостоятельно принимать решения в исследуемой области.

При подготовке реферата студент должен частично использовать литературу из библиографического списка, а также заниматься самостоятельным подбором информационных источников, большое внимание, уделив периодическим изданиям.

Работа выполняется в печатном виде, оформляется титульным листом с указанием названия университета, института, кафедры, дисциплины и названия темы, а также фамилии и группы студентов.

При оформлении реферата используется стандартный формат листа А4 (297 × 210 мм) с односторонним заполнением. Страницы нумеруются арабскими цифрами в центре или правом нижнем углу. Титульный лист включается в общую нумерацию, но номер на нем не прописывается. Рекомендуется использовать текстовый редактор Microsoft Word, шрифт Times New Roman, размер шрифта 14 пт, интервал полуторный. Абзацный отступ 4 знака (1,25 см). Поля страницы: левое – 3 см, правое – 1,5, верхнее и нижнее – 2 см.

Общий объем реферата не должен превышать 20-25 страниц печатного текста.

При оформлении презентации представляются следующие требования:

Текстовая информация

- размер шрифта: 24–54 пункта (заголовки), 18–36 пунктов (обычный текст);
- цвет шрифта и цвет фона должны контрастировать (текст должен хорошо читаться), но не резать глаза;
- тип шрифта: для основного текста гладкий шрифт без засечек (Arial, Tahoma, Verdana), для заголовка можно использовать декоративный шрифт, если он хорошо читаем;
- курсив, подчеркивание, жирный шрифт, прописные буквы рекомендуется использовать только для смыслового выделения фрагмента текста.

Графическая информация

- рисунки, фотографии, диаграммы призваны дополнить текстовую информацию или передать ее в более наглядном виде;
- желательно избегать в презентации рисунков, не несущих смысловой нагрузки, если они не являются частью стилевого оформления;
- цвет графических изображений не должен резко контрастировать с общим стилевым оформлением слайда;
- иллюстрации рекомендуется сопровождать пояснительным текстом;

- если графическое изображение используется в качестве фона, то текст на этом фоне должен быть хорошо читаем.

Единое стилевое оформление

- стиль может включать: определенный шрифт (гарнитура и цвет), цвет фона или фоновый рисунок, декоративный элемент небольшого размера и др.;

- не рекомендуется использовать в стилевом оформлении презентации более 3 цветов и более 3 типов шрифта;

- оформление слайда не должно отвлекать внимание слушателей от его содержательной части;

- все слайды презентации должны быть выдержаны в одном стиле;

Содержание и расположение информационных блоков на слайде

- информационных блоков не должно быть слишком много (3-6);

- рекомендуемый размер одного информационного блока — не более 1/2 размера слайда;

- желательно присутствие на странице блоков с разнотипной информацией (текст, графики, диаграммы, таблицы, рисунки), дополняющей друг друга;

- ключевые слова в информационном блоке необходимо выделить;

- информационные блоки лучше располагать горизонтально, связанные по смыслу блоки — слева направо;

- наиболее важную информацию следует поместить в центр слайда;

- логика предъявления информации на слайдах и в презентации должна соответствовать логике ее изложения.

Реферат выполняется в соответствии с требованиями. Представляется с устным докладом и сопровождающей доклад презентацией. Сдача рефератов осуществляется в соответствии с графиком проведения практических занятий.

Примерные темы рефератов:

1. Классификация веществ особой чистоты
2. Классификация методов глубокой очистки веществ
3. Сравнительная характеристика химических и физико-химических методов очистки веществ
4. Метод испарения небольших количеств раствора
5. Метод релеевской дистилляции
6. Нестационарные процессы в ректификационной колонне
7. Зонная кристаллизация
8. Противоточная кристаллизация из расплава
9. Кристаллизация из раствора
10. Метод термодиффузии
11. Термодиффузионные колонны
12. Метод ионного обмена

**11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине**

Экзамен и зачет проводится в устной форме по материалу изучаемого курса

**Перечень примерных тематических вопросов для подготовки к экзамену и зачету**

(ПКС-1: ИПКС-1.4; ПКС-3: ИПКС-3.3; ПКС-5: ИПК-5.1):

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.
8. Методики расчета выхода продуктов по уравнениям реакций.
9. Учет константы устойчивости и произведения растворимости при синтезе комплексных соединений.
10. Виды выражения концентраций.
11. Коэффициент разделения. Теоретическая и экспериментальные оценки коэффициента разделения.
12. Равновесный и неравновесный процесс кристаллизации.
13. Перекристаллизация, определение условий перекристаллизации, фракционная (дробная) перекристаллизация.
14. Эффект высаливания. Фильтрование. Промывка осадка. Высушивание.
15. Перекристаллизация и фильтрование с использованием неводных растворителей.
16. Гидротермальный метод выращивания монокристаллов
17. Однократная и многократная перегонка.
18. Ректификация. Ректификация в тарельчатых и насадочных колоннах.
19. Ректификация под пониженным давлением.
20. Использование ректификационных методов в технологии очистки полупроводниковых материалов.
21. Химические методы глубокой очистки веществ. Их классификация и характерные особенности.
22. Метод химических транспортных реакций. Перенос вещества потоком газа-реагента и перенос вещества молекулярной диффузией.
23. Гидридный, хлоридный и карбонильные методы очистки.
24. Метод с использованием металлоорганических соединений.
25. Основные критерии очистки и предельные возможности химических методов.